

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____Петро ПЛІШКОВ
“ ____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**«Проектування системи електропостачання
промислових споживачів м. Помічна»**

Виконав здобувач вищої освіти
ІІІ курсу, групи ЕЕ-23мб,
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Андрій МИКОЛЮК
« 12 » _____ червня 2026 р.

Керівник роботи
доц., канд. техн. наук
_____Олександр КОЗЛОВСЬКИЙ
« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

« ____ » _____ 2026 р.

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

Петро Плешков

«__» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Миколуку Павлу Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Проектування системи електропостачання промислових споживачів м. Помічна.

Design of a power supply system for industrial consumers in Pomichna»

2. Керівник роботи (проекту) Козловський Олександр Антонович, к.т.н., доц.

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 10.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: Проектування системи електропостачання групи промислових споживачів згідно сучасних вимог надійності та економічності.

1. Вступ. Характеристика споживачів 2. Електричні навантаження. 3. Картограма електричних навантажень. 4. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання. 5. Режимы реактивної потужності в СЕП. 6. Трансформаторні підстанції. 7. Розрахунок струмів КЗ і вибір обладнання. 8. Спеціальний розділ. 9. Висновки. 10. Перелік джерел.

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н. Ю. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи (проекту)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Вступ. Характеристика споживачів</i>	<i>17.04.26</i>	
<i>2</i>	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>20.04.26</i>	
<i>3</i>	<i>Картограма електричних навантажень</i>	<i>27.04.26</i>	
<i>4</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем ел. пост.</i>	<i>28.04.26</i>	
<i>5</i>	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>1.05.26</i>	
<i>6</i>	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>4.05.26</i>	
<i>7</i>	<i>Розрахунок струмів КЗ і вибір обладнання</i>	<i>6.05.26</i>	
<i>8</i>	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>11.05.26</i>	
<i>9</i>	<i>Висновки</i>	<i>22.05.26</i>	
<i>10</i>	<i>Складання переліку бібліографічних посилань</i>	<i>25.05.26</i>	
<i>11</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки роботи</i>	<i>26.05.26</i>	
<i>12</i>	<i>Оформлення слайдів (графічна частина роботи)</i>	<i>28.05.26</i>	

Дата видачі завдання

« 11 » « квітня » 2026 року

Підпис керівника

_____ Олександр КОЗЛОВСЬКИЙ

Задання прийнято до виконання

« 11 » « квітня » 2026 року

Підпис здобувача

_____ Павло МИКОЛЮК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: загальний обсяг 107 с., основний текст 85 с.; 14 рис., 29 табл., 13 джерел, 3 додатки на 22 с.

Миколук П. В. Проектування системи електропостачання промислових споживачів м. Помічна. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2026 рік.

У роботі розроблено комплексне технічне рішення для електропостачання групи промислових підприємств м. Помічна, з акцентом на трьох критеріях – економічній доцільності, надійності та зручності подальшої експлуатації. З цією метою було визначено електричні навантаження промислових об'єктів, побудовано графіки електроспоживання, проведене техніко-економічне обґрунтування варіантів виконання розподільної мережі 10 кВ. На основі розрахунку струмів короткого замикання здійснено вибір необхідного електричного обладнання: вакуумних вимикачів, роз'єднувачів, вимикачів навантаження, а також кабельних ліній для мереж напругою 35 та 10 кВ.

Окрему увагу в роботі приділено створенню автоматизованої системи обліку електроенергії комерційного і технічного призначення. Обґрунтовано загальну архітектуру системи, типи каналів зв'язку, схеми підключення лічильників. Система обліку побудована на базі двох контролерів збору даних NIK KC-02. В якості первинних вимірювальних перетворювачів використано трансформатори струму серій ТФЗМ35А і ТЛК-10-1, а також трансформатори напруги серій НАМІ-35 та НАМІ-10. Для комерційного обліку застосовано лічильник модель Honeywell A1800, тоді як технічний облік забезпечують прилади NIK 2303.

Ключові слова: електричне навантаження, головна знижувальна підстанція, центральна розподільна установка, електроапарат, кабельна лінія, автоматизована система обліку електроенергії

ABSTRACT

Qualification work: 107 p.; 14 Fig.; 29 tables; 13 sources; 3 add. on 22 p.

Mykoliuk, P. V. Design of a power supply system for industrial consumers in Pomichna. – Manuscript.

Bachelor's thesis in the specialization 141 'Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics', study programme «Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics». – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2026.

This study develops a comprehensive technical solution for the electricity supply to a group of industrial enterprises in the town of Pomichna, focusing on three criteria: economic viability, reliability and ease of future operation. To this end, the electrical loads of the industrial facilities were determined, electricity consumption profiles were drawn up, and a technical and economic justification was carried out for the design options for the 10 kV distribution network. Based on short-circuit current calculations, the necessary electrical equipment was selected: vacuum circuit-breakers, isolators, load break switches, as well as cable lines for 35 kV and 10 kV networks.

Particular attention in this work was paid to the development of an automated electricity metering system for commercial and technical purposes. The general architecture of the system, types of communication channels and meter connection diagrams were justified. The metering system is based on two NIK KS-02 data acquisition controllers. Current transformers of the TFZM35A and TLK-10-1 series, as well as voltage transformers of the NAMI-35 and NAMI-10 series, are used as primary measuring transducers. A Honeywell A1800 meter is used for commercial metering, whilst technical metering is provided by NIK 2303 devices.

Keywords: electrical load, main step-down substation, central electrical distribution unit, cable line, electrical apparatus, automated electricity metering system

ЗМІСТ

	стр.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПИ ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ	11
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	12
2.1. Низьковольтні силові електричні навантаження.....	12
2.2. Освітлювальні навантаження.....	16
2.3. Високовольтні електричні навантаження.....	18
2.4. Графіки електричних навантажень.....	32
3. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРУ, ГЗП.....	38
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРО- ПОСТАЧАННЯ.....	40
4.1. Вибір напруги та схеми приєднання.....	40
4.2. Вибір напруги та схеми внутрішнього електропостачання.....	41
5. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	48
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір ЗКРП у високовольтних та низьковольтних мережах	48
5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування конденсаторних установок».....	50

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	Проектування системи електропостачання промислових споживачів м. Помічна Design of a power supply system for industrial consumers in Pomichna				Літера	Стор.	Аркушів
Розроб.	Миколок П.В.								Д	6	107
Перевір.	Козловський О.А.								ЦНТУ ЕЕ-23мб		
Н.контр.											
Затв.	Плешков П. Г.										

6. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ.....	51
6.1. Вибір трансформаторів ГЗП	51
6.2. Вибір кількості, потужності трансформаторів ЦТП.....	51
6.3. Компоновка та місце розташування трансформаторних підстанцій.....	52
7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР	
ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК І СИЛОВИХ МЕРЕЖ...	54
7.1. Розрахунок струмів КЗ.....	54
7.2. Вибір кабельних ліній	59
7.3. Вибір високовольтного електрообладнання.....	61
8. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО	
І ТЕХНІЧНОГО ОБЛІКУ.....	66
8.1. Мета та завдання впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії.....	66
8.2 Вибір вимірювальних трансформаторів.....	67
8.3 Вибір багатофункціональних лічильників електроенергії та схем їх підключення.....	73
8.4. Вибір архітектури АСКОЕ.....	77
8.5. Вибір пристрою збору та передачі даних	80
8.6. Вибір каналів зв'язку в АСКОЕ.....	82
ВИСНОВКИ.....	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	85
ДОДАТКИ.....	86
Додаток А. Перелік умовних позначень, символів, одиниць.....	87
Додаток Б. Розрахунок графіків електроспоживання.....	89
Додаток В. Розрахунок електричних навантажень магістральних ліній 10 кВ	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВСП – відокремлений структурний підрозділ;

ГЗП – головна знижувальна підстанція;

ГУАР – універсальний гідравлічний автомобільний розвантажувач;

ДП – державне підприємство;

ЕП – електроприймач;

КЛ – кабельна лінія;

КУ – конденсаторна установка;

ОСР – оператор системи розподілу;

РУ – розподільна установка;

ТВП – трансформатор власних потреб;

ТН – трансформатор напруги;

ТП – трансформаторна підстанція;

ТС – трансформатор струму;

ЦЕН – центр електричних навантажень;

ЦРУ – центральна розподільна установка;

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція;

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		8

ВСТУП

Останніми роками в галузі електропостачання промислових підприємств відбулися суттєві трансформації. Впроваджено інноваційні конструктивні рішення для розподільних пристроїв та розроблено енергоефективні цехові трансформатори. Крім того, інтегровано високоточні комплексні системи обліку енергоспоживання, імplementовано мережі підвищеної частоти, а також значно вдосконалено математичний апарат електротехнічних розрахунків. Окремою тенденцією стало масове застосування частотно-регульованого електропривода.

Основними споживачами електричної енергії на сучасному виробництві є не лише електроприводи металообробних верстатів, пресового обладнання, вентиляторів, компресорів та підйимально-транспортних механізмів, а й значний масив різноманітних електротехнологічних установок – насамперед електротермічного та електрозварювального призначення.

Електротехнічні комплекси сучасних підприємств є складними системами, які вимагають забезпечення високих техніко-економічних показників на основі передових інженерних досягнень. Основою організації промислового електропостачання має стати використання надійних комутаційних апаратів, прогресивних топологій живлення, тотальна автоматизація елементів мережі та розподільних пристроїв, а також залучення сучасних методик проектування.

Системний підхід до розв'язання багатокритеріальних технічних задач на сьогодні беззаперечно довів свою ефективність. Безперервність і тісний взаємозв'язок процесів генерування, передавання та споживання електроенергії, наявність факторів невизначеності та широкого спектра допустимих рішень вимагають синтезу адаптивних систем електропостачання, здатних мінімізувати втрати та пристосовуватися до нестабільних режимів роботи.

Рациональний розподіл електроенергії зводиться переважно до мінімізації її втрат в елементах електричних мереж під час транспортування. Важливу роль у цьому процесі відіграють компенсація реактивної потужності, перехід на вищі класи номінальних напруг, а також експлуатація екологічно безпечного електрообладнання та матеріалів. Визначальними характеристиками будь-якої системи електропостачання залишаються її експлуатаційна надійність та здатність забезпечувати нормовані показники якості електроенергії.

Метою даного проекту є розв'язання питань комплексного проектування системи електропостачання групи промислових підприємств.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		9

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ

На території міста Помічна знаходяться промислові споживачі:

- ПрАТ «Завод залізобетонних виробів»;
- ВСП «Локомотивне депо Помічна» філії «Одеська залізниця»;
- ВСП «Ремонтне вагонне депо Помічна» філії «Одеська залізниця»;
- ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій»;
- ПАТ «Помічнянський елеватор».

ПрАТ «Завод залізобетонних виробів» орієнтований на серійне виготовлення підкранових і фундаментних балок, а також колон, плит перекриття. До складу підприємства входять такі виробничі підрозділи: цех бетонних сумішей, формувальний, арматурний, інертних заповнювачів, столярний, а також об'єкти енергетичного господарства – котельня та компресорна станція. Основне обладнання складають бетонозмішувальні установки, формувальні агрегати, вібромайданчики, зварювальні машини й трансформатори, а також потужні електроприводи компресорів і вентиляторів. Переважна більшість технологічного устаткування класифікується як споживачі II-ї категорії надійності електропостачання. Спеціалізацією ВСП «Локомотивне депо Помічна» є проведення комплексних ремонтних робіт та модернізація тепловозів. Основні виробничі потужності підприємства зосереджені у двох головних одноповерхових корпусах, тоді як допоміжні служби винесені в окремі малогабаритні споруди. Головне електротехнологічне устаткування представлене металообробними верстатами, випробувальними стендами та зварювальними апаратами, а допоміжне – електроприводами насосних агрегатів та вентиляційних систем. Робота депо у 3 зміни зумовлює рівномірний характер споживання електроенергії протягом доби з вимогою забезпечення відповідного рівня резервування.

Головним профілем діяльності ВСП «Ремонтне вагонне депо Помічна» є відновлення та комплексна реконструкція рухомого складу. Головні виробничі підрозділи підприємства (вагоноскладальний, колісно-роликовий ремонтно-комплектовочний та ремонтно-експлуатаційний цехи) розміщені в одному одноповерховому корпусі, допоміжні (компресорна станція, деревообробний цех, склад та ін.) – в окремих одноповерхових приміщеннях. Основним обладнанням депо є металообробні верстати, компресори, вентилятори і насоси, а також мостові крани та зварювальні установки. Наявність значної кількості підйимального та зварювального устаткування зумовлює різкозмінний характер добового графіка навантаження, що вимагає ретельного врахування пікових струмів під час проектування розподільної мережі.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		10

Номенклатура продукції ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій» охоплює серійне виготовлення фундаментних блоків для промислового устаткування, стінових блоків підвалів, ригелів, прогонів, залізобетонних балок і колон. Виробнича інфраструктура характеризується високим ступенем просторової централізації: формувальна, зварювальна та арматурна ділянки, ремонтно-механічний цех і цементний склад скомпоновані в межах єдиного головного корпусу. Енергоємні та допоміжні служби, зокрема компресорна станція, котельня й опалубна майстерня, винесені у відокремлені споруди. Основним електричним навантаженням заводу є переважно бетонозмischувальні та вібраційні установки, насосно-компресорні агрегати, системи вентиляції, а також мостові крани й зварювальні трансформатори. Наявність значної частки устаткування з повторно-короткочасним режимом роботи зумовлює різкозмінний характер енергоспоживання зі значними піковими струмами та генерацією реактивної потужності, що вимагає передбачення встановлення компенсувальних пристроїв реактивної потужності на етапі проєктування.

Підприємство ПАТ «Помічнянський елеватор» скомпоновано з двох восьми-поверхових робочих будівель (елеватори №1 та №2), двадцяти шести складських терміналів та групи допоміжних інфраструктурних об'єктів. Безперервний технологічний цикл оброблення зернових культур інтегрує стадії приймання, автоматизованого вагового контролю, очищення, сушіння, фракційного сортування (калібрування за розмірами) для доведення до кондиції, а також потокового транспортування з метою завантаження у залізничний та автомобільний рухомий склад. Споживачами підприємства є переважно приводи механізмів потоково-транспортної системи (норій, стрічкових і скребкових конвеєрів), потужних аспіраційних і вентиляційних установок, а також гідравлічних автомобілерозвантажувачів (ГУАР). Цілодобова та цілорічна (без вихідних) експлуатація формує щільний і відносно рівномірний графік електричного навантаження. За ступенем вимог до безперебійності живлення, згідно з нормативною базою [1], електроприймачі всіх розглянутих вище об'єктів належать до II категорії надійності.

Електропостачання розглянутих промислових споживачів доцільно реалізувати від ПС «Помічна-Тягова», де встановлено два трансформатори потужністю 40 МВ·А 150/35/27 кВ. Надперехідний струм $K3 I''_k$ на збірних шинах 35 кВ для умов максимального режиму енергосистеми становить рівні 4,7 кА.

З огляду на розташування підприємств відносно джерела живлення, об'єкти проєктування формують дві окремі групи. Відстань до першої групи підприємств (ПрАТ «Завод залізобетонних виробів» спільно з ВСП «Локомотивне депо Помічна» та ВСП «Ремонтне вагонне депо») становить 0,4 км, а до другої групи споживачів (ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій» і ПАТ «Помічнянський елеватор») становить 2,7 км.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		
						11

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Низьковольтні силові електричні навантаження

Для знаходження електричних навантажень у мережах до 1000 В використано метод впорядкованих діаграм [2-5]. Виконаємо детально розрахунок електричного навантаження арматурного цеху заводу залізобетонних виробів.

Розрахунковий максимум повної потужності:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{403,9^2 + 432,6^2} = 591,8 \text{ кВА};$$

де P_p – розрахункове активне навантаження цеху:

$$P_p = K_M \cdot P_{\text{сзм}} = 1,27 \cdot 317,2 = 403,9 \text{ кВт},$$

$P_{\text{сзм}}$ – сумарна середньозмінна потужність споживана цехом:

$$P_{\text{сзм}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{смз},i} = 1,2 + 29,3 + 26,0 + 225,0 + 35,8 = 317,2 \text{ кВт};$$

Q_p – розрахункове реактивне навантаження електроприймачів цеху $n_{\text{еф}} > 10$ то

$$Q_p = Q_{\text{сзм}} = 432,6 \text{ квар},$$

$Q_{\text{сзм}}$ – сумарна середньозмінна реактивна потужність споживана цехом:

$$Q_{\text{сзм}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{смз},i} = 2,0 + 34,2 + 69,6 + 300 + 26,8 = 432,6 \text{ квар};$$

$n_{\text{еф}}$ – ефективне число електроприймачів у цеху, з урахуванням $m \geq 3$, $K_B > 0,2$

$$n_{\text{еф}} = 2 \sum_{i=1}^k P_{\text{вст},i} / P_{\text{ном},\text{max}} = \frac{2 \cdot 630,0}{100} = 12,6 \approx 13 \text{ шт.},$$

k_B – груповий коефіцієнт використання

$$k_B = P_{\text{сзм}} / \sum_{i=1}^n P_{\text{ном},i} = 317,2 / 630 = 0,5,$$

m – відношення активних потужностей найбільшого $P_{\text{уст},\text{max}}$ та найменшого $P_{\text{уст},\text{min}}$ електроприймачів, що встановлені у цеху

$$m = \frac{P_{\text{уст},\text{max}}}{P_{\text{уст},\text{min}}} = \frac{100}{4} = 25.$$

Розрахунок електричних навантажень для решти підрозділів та цехів заводу залізобетонних виробів, а також інших промислових споживачів м. Помічна виконано за аналогічною методикою, а проміжні дані та результати розрахунку представлено в табл. 2.1.

					Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	

Таблиця 2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

№ п/п	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кільк. ЕСП	Встановлена потужність, кВт		K_B	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Середнє навантаження за зміну, кВт			n_e	K_M	Розрахункова потужність,		
			одного	сумарна				P_{cp} , кВт	Q_{cp} , квар	P_{cp} , кВт			P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	ЗАВОД З/Б ВИРОБІВ														
1	Адмінбудинок	12	1,5 - 4,0	31,0	3,0	0,50	0,62	1,26	15,6	19,5	12	1,29	20,1	19,5	28,0
2	Столярний цех	14	2,2 - 7,5	61,7	3,0	0,23	0,57	1,45	14,4	20,9	14	1,61	23,2	20,9	31,2
3	Котельна	11	3,0 - 30,0	135,0	10,0	0,70	0,80	0,75	94,5	70,9	9	1,17	110,9	78,0	135,5
4	Компресорна	11	2,2 - 37,0	145,6	17,0	0,70	0,80	0,75	101,3	76,0	8	1,19	120,7	83,5	146,8
5	Цех бетонних сумішей	6	6,3 - 37,0	164,3	6,0	0,57	0,70	1,02	94,1	96,3	6	1,38	129,8	105,9	167,5
6	Формовочний цех	11	4,0 - 22,0	176,5	6,0	0,20	0,64	1,19	36,1	43,1	11	1,82	65,6	43,1	78,4
7	Арматурний цех														
	Кран-балка ТВ=40%	2	5,2 - 6,3	11,5	0,0	0,10	0,50	1,73	1,2	2,0					
	Ножиці	6	4,0 - 22,0	58,5	0,0	0,50	0,65	1,17	29,3	34,2					
	Зварювальні трансформатори	4	25,0 - 40,0	130,0	0,0	0,20	0,35	2,68	26,0	69,6					
	Стіко-зварювальні машини	4	75,0 - 100,0	375,0	0,0	0,60	0,60	1,33	225,0	300,0					
	Вентилятори	10	5,5 - 5,5	55,0	0,0	0,65	0,80	0,75	35,8	26,8					
	Всього по цеху	26	4,0 - 100,0	630,0	25,0	0,5	0,6	1,4	317,2	432,6	13,0	1,27	403,9	432,6	591,8
8	Цех інертних наповнювачів	18	2,0 - 22,0	115,5	11	0,72	0,74	0,91	82,7	74,9	11	1,14	94,2	74,9	120,4
9	Склад готових виробів	8	5,2 - 35,2	200,6	7	0,44	0,76	0,87	88,0	76,1	8	1,48	130,2	83,8	154,8
10	Ремонтно-механічний цех	16	1,1 - 40,0	161,6	36	0,31	0,47	1,87	49,8	93,1	8	1,72	85,8	102,4	133,6
	Всього на напрузі 0,4 кВ														
	силове	133	1,1 - 100	1821,8	>3	0,49	0,67	1,12	893,4	1003,3	36	1,13	1009,1	1003,3	1423,0
	освітлювальне												265,8	397,1	
	Всього по заводу з/б виробів												1274,9	1400,4	1893,8
	ЛОКОМОТИВНЕ ДЕПО														
	Корпус №1														
1.1	Механічне відділення	45	2,1 - 76	681,4	36	0,28	0,49	1,77	189,29	334,8	18	1,43	271,1	334,8	430,8
1.2	Кузнечно-терм. відділення	36	2,8 - 160	957,9	57	0,53	0,54	1,58	504,16	795,8	12	1,27	640,1	795,8	1021,3
1.3	Електротехнічне відділення	25	0,5 - 15	108	30	0,57	0,84	0,65	61,85	40,1	14	1,21	74,6	40,1	84,7
1.4	Гальванічне відділення	15	2,2 - 80	190	36	0,69	0,87	0,56	130,5	72,9	5	1,28	166,6	80,2	184,8
	Всього по корпусу №1	121	1,5 - 160	1937,3	107	0,46	0,58	1,40	885,8	1243,6	24	1,20	1060,4	1243,6	1634,3

продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<i>Корпус №2</i>														
2.1	Заготівельний цех	45	0,5 - 85	500,1	170	0,32	0,68	1,09	162	176,4	12	1,51	244,4	176,4	301,4
2.2	Дизельагрегатне відділення	43	2,1 - 22	412,4	10	0,34	0,64	1,19	138,892	165,8	37	1,2	166,6	165,8	235,0
2.3	Колісне відділення	53	2,1 - 32	662,4	15	0,26	0,55	1,54	175,16	269,2	41	1,23	215,5	269,2	344,8
2.4	Акумуляторне відділення	15	2,3 - 42	337,6	18	0,52	0,71	0,98	174,76	171,2	15	1,23	215,8	171,2	275,5
	<i>Всього по корпусу №2</i>	156	0,5 - 85	1912,5	170	0,34	0,64	1,2	650,812	782,6	45	1,17	759,8	782,6	1090,8
3	Плотницький цех	15	2,3 - 10	94,3	4	0,26	0,66	1,15	24,215	27,9	15	1,53	37,2	27,9	46,5
4	Дальня	17	1,5 - 41	189,6	27	0,69	0,98	0,22	131,31	29,1	9	1,18	154,8	32,1	158,1
5	Пральня	11	2,2 - 5,5	33,2	3	0,53	0,65	1,16	17,59	20,3	11	1,28	22,6	20,3	30,4
	Всього на напрузі 0,4 кВ														
	силове	320	0,5 - 160	4166,9	>3	0,41	0,63	1,23	1709,727	2103,6	52	1,12	1916,8	2103,6	2845,9
	освітлювальне												200,3	322,9	
	Всього по локомотивне депо на												2117,1	2426,5	3220,3
III	РЕМОНТНЕ ВАГОННЕ ДЕПО														
1	Копресорна станція	20	5,5 - 160,0	872,5	29	0,70	0,80	0,75	609,4	457,0	11	1,15	701,7	457,0	837,4
2	Вагоноскладальний цех	14	3 - 74,0	346,0	25	0,28	0,49	1,78	95,7	170,1	9	1,74	166,0	187,1	250,1
3	Колісно-роликний цех	33	1 - 160,0	700,5	160	0,27	0,62	1,28	188,9	241,8	9	1,75	331,0	265,9	424,6
4	Деревообробний цех	16	2,15 - 94,5	377,2	44	0,19	0,58	1,40	71,8	100,5	8	2,09	149,8	110,5	186,2
5	Рем.-комплектувальний цех	34	0,8 - 74,0	352,0	93	0,28	0,48	1,85	99,4	184,0	10	1,67	165,7	202,4	261,5
6	Рем.-експлуатаційний цех	24	0,75 - 32,0	187,2	43	0,30	0,58	1,40	55,7	78,2	12	1,55	86,5	78,2	116,6
7	Склад	4	1,7 - 7,5	16,4	4	0,60	0,79	0,77	9,8	7,5	4	1,46	14,3	8,3	16,5
8	АПК	6	2,2 - 3,0	15,6	1	0,68	0,80	0,75	10,6	7,9	6	1,25	13,3	8,7	15,9
	Всього на напрузі 0,4 кВ														
	силове	151	0,75 - 160,0	2867,4	>3	0,40	0,68	1,09	1141,3	1247,0	36	1,17	1335,1	1247,0	1826,9
	освітлювальне												286,0	480,5	
	Всього по вагонне депо на												1621,1	1727,6	2369,1
IV	ЗАВОД З/Б КОНСТРУКЦІЙ														
1	Відділення ін.наповнювачів	7	4,0 - 49,0	79	12	0,41	0,69	1,05	32,6	34,074098	3	2,02	66,0	37,5	75,9
2	Головний виробничий корпус														
2.1	Цементний склад	5	4,2 - 30,0	67,2	7	0,43	0,76	0,86	28,9	24,8	4	1,8	52,1	27,3	58,8
2.2	Зварювальне відділення	8	2,2 - 75,0	155,1	34	0,24	0,41	2,25	36,7	82,7	4	2,48	91,0	90,9	128,7
2.3	Формувальне відділення	6	7,5 - 60,0	183,8	8	0,21	0,49	1,76	38,5	67,9	6	2,24	86,1	74,7	114,0
2.4	Рем.-механічне відділення	11	1,0 - 7,5	52,5	8	0,16	0,49	1,78	8,6	15,4	11	1,96	16,9	15,4	22,8
2.5	Арматурне відділення	19	2,5 - 120,0	407,9	48	0,47	0,65	1,18	190,3	225,1	7	1,48	282,4	247,6	375,6
	<i>Всього по головному корпусу</i>	49	1,0 - 120,0	866,5	120	0,35	0,59	1,37	303,0	415,9	14	1,42	429,4	415,9	597,7

продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	Склад	4	28,3 - 33,7	124	1	0,15	0,4	2,29	19,1	43,9	4	3,01	57,6	48,2	75,1
4	Опалубочна майстерня	12	1,0 - 7,5	50,6	8	0,42	0,56	1,47	21,3	31,3	12	1,38	29,3	31,3	42,9
5	Котельня	8	2,2 - 15,0	84,7	7	0,77	0,8	0,75	65,3	49,0	8	1,13	73,9	53,9	91,5
6	Компресорна	15	2,5 - 75,0	313,5	30	0,69	0,8	0,75	216,4	162,4	8	1,2	259,0	178,7	314,6
	Всього на напрузі 0,4 кВ														
	силове	95	1,0 - 120,0	1518,3	>3	0,43	0,67	1,12	657,8	736,5	25	1,21	792,7	736,5	1082,1
	освітлювальне												80,2	139,0	
	Всього по заводу б/к на напрузі												873,0	875,5	1236,3
V	ЕЛЕВАТОР														
1	Еlevator №1	34	2,2 - 40,0	329,4	18	0,52	0,72	0,97	169,7	165,1	16	1,23	207,9	165,1	265,5
2	Автогрийом елеватора №1	14	7,5 - 22,0	177,5	3	0,43	0,69	1,05	76,3	80,4	14	1,33	101,1	80,4	129,2
3	Еlevator №2	54	2,2 - 40,0	742,7	18	0,51	0,72	0,97	381,8	369,9	37	1,12	426,8	369,9	564,8
4	Автогрийом елеватора №2	13	7,5 - 30,0	229,5	4	0,45	0,70	1,02	103,8	105,9	13	1,32	137,1	105,9	173,3
5	Склади №1, 3, 5, 6	12	15 - 30,0	268,0	2	0,47	0,71	0,99	125,2	123,9	12	1,33	166,0	123,9	207,1
6	Склади №2, 4	6	15 - 30,0	134,0	2	0,47	0,71	0,99	62,6	62,0	6	1,54	96,3	68,1	118,0
7	Склади №23, 24, 25, 26	21	15 - 30,0	538,0	2	0,41	0,68	1,07	219,7	234,4	21	1,25	275,5	234,4	361,7
8	Склади №22, 21, 20	19	15 - 30,0	501,0	2	0,40	0,68	1,08	198,9	215,7	19	1,28	255,4	215,7	334,3
9	Склад №19	3	15 - 30,0	67,0	2	0,47	0,71	0,99	31,3	31,0	3	1,86	58,3	34,1	67,5
10	Склади №17, 16, 15	9	15 - 30,0	201,0	2	0,47	0,71	0,99	93,9	92,9	9	1,4	131,7	102,2	166,7
11	Склади № 7, 8, 9	9	15 - 30,0	201,0	2	0,47	0,71	0,99	93,9	92,9	9	1,4	131,7	102,2	166,7
12	Склад №12	3	15 - 30,0	67,0	2	0,47	0,71	0,99	31,3	31,0	3	1,86	58,3	34,1	67,5
13	Склади №14, 13, 18	6	15 - 30,0	135,0	2	0,50	0,72	0,98	67,5	66,0	6	1,48	100,2	72,6	123,8
14	Склади №10, 11	6	15 - 30,0	134,0	2	0,47	0,71	0,99	62,6	62,0	6	1,54	96,3	68,1	118,0
17	Котельня	14	2,2 - 11,0	104,4	5	0,67	0,77	0,82	70,3	57,5	14	1,14	80,3	57,5	98,7
18	Плотницький цех	21	2,2 - 7,5	123,4	3	0,28	0,60	1,32	34,1	45,1	21	1,38	47,2	45,1	65,3
19	Насосна станція	8	2,2 - 15,0	63,1	7	0,70	0,80	0,76	44,0	33,3	8	1,19	52,4	36,7	63,9
	Всього на напрузі 0,4 кВ														
	силове	252	2,2 - 40,0	4016	>3	0,46	0,71	1,00	1866,9	1868,8	201	1,03	1930,0	1868,8	2686,5
	освітлювальне												605,8	1049,3	
	Всього по елеватору на напрузі												2335,8	2918,0	3865,9
	Всього на напрузі 0,4 кВ														
	силове	951	0,5 - 160	14390,35	>3	0,44	0,67	1,11	6269,071	6959,2152	180	1,04	6518,81	6959,215	9535,49
	освітлювальне												1438,13	2388,801	
	Всього по промислових споживачах на напрузі 0,4 кВ												7956,94	9348,016	12275,9

2.2 Освітлювальні навантаження

Обчислення навантажень системи робочого освітлення виробничих зон та прилеглих територій підприємств виконано за методом питомої потужності на одиницю корисної площі.

Детально розглянемо розрахунок освітлювального навантаження для арматурного цеху заводу бетонних виробів. У цьому цеху планується встановлення світильників з лампами ДРЛ.

Установлена активна потужність освітлювальних приймачів:

$$P_B = n \cdot p_0 \cdot F_{M,II} \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 16 \cdot 10028 \cdot 10^{-3} = 160,4 \text{ кВТ.}$$

Розрахункова потужність освітлювальних установок:

- активна

$$P_{\text{p.oc}} = k_1 \cdot k_{\text{II}} \cdot P_{\text{B}} = 1,12 \cdot 0,95 \cdot 160,4 = 170,7 \text{ кВТ},$$

- реактивна

$$Q_{p.oc} = P_{p.oc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 170,7 \cdot 1,732 = 295,7 \text{ кВар.}$$

- ПОВНА

$$S_{\text{p.oc}} = \sqrt{P_{\text{p.oc}}^2 + Q_{\text{p.oc}}^2} = \sqrt{170,7^2 + 295,7^2} = 341,4 \text{ кВА.}$$

Методика розрахунку для інших підрозділів заводу ЗБВ, та інших підприємств аналогічна розглянутій, проміжні дані та результати розрахунку освітлювальних навантажень представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

№ п/п	Назва	n, шт	F, м²	p _o , Вт/м	P _y , кВт	cosφ	Q _y , квар	k _c ,	k _l ,	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	ЗАВОД З/Б ВИРОБІВ											
1	Адміндбудунок	2	2400,0	22,0	52,8	0,9	25,6	0,8	1,20	50,7	24,5	56,3
2	Столярний цех	1	360,0	16	5,8	0,5	10,0	0,85	1,12	5,5	9,5	11,0
3	Котельна	1	960,0	14	13,4	0,5	23,3	0,85	1,12	12,8	22,2	25,6
4	Компресорна	1	360,0	14	5,0	0,5	8,7	0,85	1,12	4,8	8,3	9,6
5	Цех бетонних сумішей	4	1056,0	12	12,7	0,5	21,9	0,85	1,12	12,1	20,9	24,1
6	Формовочний цех	1	2928,0	14	41,0	0,5	71,0	0,85	1,12	39,0	67,6	78,0
7	Арматурний цех	1	4200,0	14	58,8	0,5	101,8	0,85	1,12	56,0	97,0	112,0
8	Цех інертних наповнювачів	1	4000,0	14	56,0	0,5	97,0	0,85	1,12	53,3	92,3	106,6
9	Склад готових виробів	1	2400,0	7	16,8	0,5	29,1	0,6	1,12	11,3	19,6	22,6
10	Ремонтно-механічний цех	1	600,0	18	10,8	0,5	18,7	0,85	1,12	10,3	17,8	20,6
	Освітлення території	1	42736,0	0,3	12,8	0,5	22,2	0,7	1,12	10,1	17,4	20,1
	Всього по заводу									265,8	397,1	477,8

						Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

продовження табл. 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
II	ЛОКОМОТИВНЕ ДЕПО											
1	Корпус №1	1	1404,0	18	25,3	0,5	43,8	0,95	1,12	26,9	46,6	53,8
2	Корпус №2	1	6084,0	18	109,5	0,5	189,7	0,95	1,12	116,5	201,8	233,0
3	Злотницький цех	1	900,0	16	14,4	0,5	24,9	0,85	1,12	13,7	23,7	27,4
4	Їдальня	1	627,0	19	11,9	0,9	5,8	0,8	1,20	11,4	5,5	12,7
5	Пральня	1	480,0	16	7,7	0,9	3,7	0,85	1,20	7,8	3,8	8,7
	Освітлення території	1	38505,0	0,3	11,6	0,5	20,0	1,85	1,12	23,9	41,5	47,9
	Всього по локомотивному депо									200,3	322,9	380,0
III	РЕМОНТНЕ ВАГОННЕ ДЕПО											
1	Компресорна станція	1	1102,5	14	15,4	0,5	26,7	0,85	1,12	14,7	25,5	29,4
2	Вагоноскладальний цех	1	3375,0	18	60,8	0,5	105,2	0,85	1,12	57,8	100,2	115,7
3	Колісно-роликовий цех	1	6048,0	18	108,9	0,5	188,6	0,85	1,12	103,6	179,5	207,3
4	Деревообробний цех	1	945,0	16	15,1	0,5	26,2	0,85	1,12	14,4	24,9	28,8
5	Ремонтно-комплектовочний цех	1	2700,0	18	48,6	0,5	84,2	0,85	1,12	46,3	80,1	92,5
6	Ремонтно-експлуатаційний цех	1	1350,0	18	24,3	0,5	42,1	0,85	1,12	23,1	40,1	46,3
7	Склад	1	810,0	10	8,1	0,5	14,0	0,6	1,12	5,4	9,4	10,9
8	АПК	1	618,8	20	12,4	0,9	6,0	0,8	1,20	11,9	5,8	13,2
	Освітлення території	1	37050,8	0,3	11,1	0,5	19,3	0,7	1,12	8,7	15,1	17,4
	Всього по вагонному депо									286,0	480,5	559,2
IV	ЗАВОД З/Б КОНСТРУКЦІЙ											
1	Відділення ін.наповнювачів	1	756,0	14	10,6	0,5	18,3	0,85	1,12	10,1	17,5	20,2
2	Головний виробничий корпус	1	2400,0	18	43,2	0,5	74,8	0,95	1,12	46,0	79,6	91,9
3	Склад	1	288,0	8	2,3	0,5	4,0	0,6	1,12	1,5	2,7	3,1
4	Опалубочна майстерня	1	696,0	18	12,5	0,5	21,7	0,85	1,12	11,9	20,7	23,9
5	Котельня	1	108,0	14	1,5	0,5	2,6	0,85	1,12	1,4	2,5	2,9
6	Компресорна	1	247,0	14	3,5	0,5	6,0	0,85	1,12	3,3	5,7	6,6
	Освітлення території	1	25505,0	0,3	7,7	0,5	13,3	0,7	1,12	6,0	10,4	12,0
	Всього по заводу									80,2	139,0	
V	ЕЛЕВАТОР											
1	Елеватор №1	8	13200,0	10	132,0	0,5	228,6	0,85	1,12	125,7	217,7	251,3
3	Елеватор №2	8	13200,0	10	132,0	0,5	228,6	0,85	1,12	125,7	217,7	251,3
5	Склади №1, 3, 5, 6	4	6600,0	5	33,0	0,5	57,2	0,6	1,12	22,2	38,4	44,4
6	Склади №2, 4	2	3300,0	5	16,5	0,5	28,6	0,6	1,12	11,1	19,2	22,2
7	Склади №23, 24, 25, 26	4	9800,0	5	49,0	0,5	84,9	0,6	1,12	32,9	57,0	65,9
8	Склади №22, 21, 20	3	11025,0	5	55,1	0,5	95,5	0,6	1,12	37,0	64,2	74,1
9	Склад №19	2	7350,0	5	36,8	0,5	63,7	0,6	1,12	24,7	42,8	49,4
10	Склади №17, 16, 15	3	11025,0	5	55,1	0,5	95,5	0,6	1,12	37,0	64,2	74,1
11	Склади № 7, 8, 9	1	15225,0	5	76,1	0,5	131,9	0,6	1,12	51,2	88,6	102,3
12	Склад №12	1	2700,0	5	13,5	0,5	23,4	0,6	1,12	9,1	15,7	18,1
13	Склади №14, 13, 18	3	10500,0	5	52,5	0,5	90,9	0,6	1,12	35,3	61,1	70,6
14	Склади №10, 11	1	7350,0	5	36,8	0,5	63,7	0,6	1,12	24,7	42,8	49,4
17	Котельня	1	2250,0	14	31,5	0,5	54,6	0,6	1,12	21,2	36,7	42,3
18	Плотницький цех	1	375,0	18	6,8	0,5	11,7	0,85	1,12	6,4	11,1	12,9
19	Насосна станція	1	900,0	12	10,8	0,5	18,7	0,85	1,12	10,3	17,8	20,6
	Освітлення території	1	133553,0	0,3	40,1	0,5	69,4	0,7	1,12	31,4	54,4	62,8
	Всього по елеватору									605,8	1049,3	
	РАЗОМ ПО ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧАХ									1438,1	2388,8	2788

2.3 Високовольтні електричні навантаження

Розрахунок електричних навантажень у високовольтних мережах проводиться за тотожною методикою, як і на стороні низької напруги (0,4 кВ). При цьому розрахунковими вузлами виступають шини 10 кВ ЦТП, тому попередньо визначається їх розташування на генеральних планах підприємств та здійснюється вибір номінальної потужності та кількості трансформаторів. Обґрунтування останньої спирається на величину сумарного розрахункового навантаження з обов'язковим дотриманням вимог щодо резервування живлення відповідної категорії споживачів та умов компенсації реактивної потужності. Якщо навантаження підрозділу лежить у діапазоні 250...350 кВА, а відстань до ЦТП сусіднього підрозділу знаходиться у межах 100 м, то в такому випадку від однієї ЦТП отримують живлення одразу декілька підрозділів. На першому етапі розрахунки та знаходження втрат потужності виконано з припущенням повної компенсації реактивної складової в межах мережі напругою до 1 кВ.

Розрахунок навантажень для однієї чи групи ТП проводиться наступним чином:

- 1) визначається сума номінальних потужностей всіх встановлених силових ЕП напругою до 1000 В і вище, які живляться від даної ЦТП;
- 2) визначаються середні навантаження і груповий коефіцієнт використання;
- 3) визначається ефективне число ЕП, коефіцієнт максимуму та розрахункові навантаження по ЦТП на стороні 0,4 кВ;
- 4) знаходиться сумарна потужність всіх освітлювальних навантажень;
- 5) визначаються втрати у силових трансформаторах даної ЦТП:

$$\Delta P_T = n \cdot (\Delta p_{xx} + \Delta p_{k3} \cdot k_3^2); \quad (2.1)$$

$$\Delta Q_T = n \cdot \left(\frac{i_{xx}, \%}{100} \cdot S_{ном} + \frac{u_{k3}, \%}{100} \cdot S_{ном} \cdot k_3^2 \right), \quad (2.2)$$

- 6) визначається розрахункове навантаження на стороні ВН ЦТП, як сума силового навантаження на стороні НН, освітлювального та втрат у трансформаторах.

Параметри попередньо вибраних трансформаторів ТМГ-630-10/0,4 ЦТП наступні: $\Delta p_{xx} = 1,31$ кВт, $i_{x,x} = 2,0\%$, $\Delta p_{k,3} = 7,6$ кВт, $u_{k3} = 5,5\%$.

Серед промислових споживачів м. Помічна можливо виділити дві зосереджені групи споживачів: перша – ПАТ «Завод залізобетонних виробів», ВСП «Локомотивне депо Помічна», ВСП «Ремонте вагонне депо Помічна»; друга

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		18

– ПАТ «Завод залізобетонних конструкцій» та ПАТ «Помічнянський елеватор». Тому навантаження в цілому визначається спочатку для другої групи споживачів (навантаження на шинах 10 кВ ЦРУ), а потім по всіх промислових споживачах – на шинах 10 кВ ГЗП. Оскільки від одного ЦРУ, ГЗП отримують живлення підприємства, технологічні процеси яких носять різний характер, а отже максимуми їх добових графіків електричних навантажень не співпадають, то розрахункове навантаження на шинах 10 кВ, визначається шляхом підсумовування кожного ступеня відповідних добових графіків.

Розрахунок електричних навантажень у високовольтній мережі системи електропостачання промислових споживачів м. Помічна виконано із врахуванням дійсних рівнів компенсації реактивної потужності та оформлено у вигляді табл. 2.3.

						Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

Таблиця 2.3. Розрахунок силових електричних навантажень в мережах 10 кВ промислових споживачів

№ п/п	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кільк. ЕСП	Встановлена потужність, кВт		m	K _в	cosφ	tgφ	Середнє навантаження		n _с	K _м	Розрахункова потужність,		
			одного	сумарна					P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ЗАВОДЗ/Б ВИРОБІВ														
	ТП-1 (2х630 кВА)														
5	Цех бетонних сумішей														
	силове	6	6,3 - 37,0	164,3	6	0,57	0,70	1,02	94,1	96,3	6	1,38	129,8	105,9	167,5
	освітлювальне								12,7	21,9			12,1	20,9	
									106,7	118,3			141,9	126,8	190,3
6	Формовочний цех														
	силове	11	4,0 - 22,0	176,5	6	0,20	0,64	1,19	36,1	43,1	11	1,82	65,6	43,1	78,4
	освітлювальне								41,0	71,0			39,0	67,6	
	Всього по цеху								77,1	114,1			104,6	110,7	152,3
7	Арматурний цех														
	силове	26	4,0 - 100	630,0	25	0,50	0,59	1,36	317,2	432,6	13	1,27	403,9	432,6	591,8
	освітлювальне								58,8	101,8			56,0	97,0	
	Всього по цеху								376,0	534,4			459,9	529,5	701,3
8	Цех інертних наповнювачів														
	силове	18	2,0 - 22,0	115,5	11	0,72	0,74	0,91	82,7	74,9	11	1,14	94,2	74,9	120,4
	освітлювальне								56,0	97,0			53,3	92,3	
	Всього по цеху								138,7	171,9			147,5	167,2	223,0
10	Ремонтно-механічний цех														
	силове	16	1,1 - 40,0	161,6	36	0,31	0,47	1,87	49,8	93,1	8	1,72	85,8	102,4	133,6
	освітлювальне								10,8	18,7			10,3	17,8	
	Всього по цеху								60,6	111,8			96,1	120,2	153,9
	Освітлення території								12,8	22,2			10,1	17,4	

Арк.

20

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис.

Дата

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по ТП -1 (2х630 кВА)														
	силове	77	1,1 - 100	1247,9	91	0,46	0,62	1,28	579,8	739,9	25	1,19	688,0	739,9	1010,4
	освітлювальне								192,1	332,7			180,7	313,0	
	батарей конденсаторів													-975,0	
	всього								771,8	1072,6			868,7	77,9	872,2
	втрати у трансформаторах												9,9	58,4	
	Всього по ТП -1 на шинях 10 кВ												878,6	136,3	889,1
	ТП-2 (1х630 кВА)														
1	Адмінбудинок														
	силове	12	1,5 - 4,0	31,0	3	0,50	0,62	1,26	15,6	19,5	12,0	1,29	20,1	19,5	28,0
	освітлювальне								52,8	25,6			50,7	24,5	
									68,4	45,1			70,8	44,1	83,4
2	Столярний цех														
	силове	14	2,2 - 7,5	61,7	3	0,23	0,57	1,45	14,4	20,9	14,0	1,61	23,2	20,9	31,2
	освітлювальне								5,8	10,0			5,5	9,5	
	Всього по цеху								20,2	30,9			28,7	30,4	41,8
3	Котельня														
	силове	11	3,0 - 30,0	135,0	10	0,70	0,80	0,75	94,5	70,9	9,0	1,17	110,9	78,0	135,5
	освітлювальне								13,4	23,3			12,8	22,2	
	Всього по котельній								107,9	94,2			123,7	100,1	159,1
4	Компресорна														
	силове	11	2,2 - 37,0	145,6	17	0,70	0,80	0,75	101,3	76,0	8,0	1,19	120,7	83,5	146,8
	освітлювальне								5,0	8,7			4,8	8,3	
	Всього по КС								106,3	84,7			125,5	91,9	155,5
9	Склад готових виробів														
	силове	8	5,2 - 35,2	200,6	7	0,44	0,76	0,87	88,0	76,1	8,0	1,48	130,2	83,8	154,8
	освітлювальне								16,8	29,1			11,3	19,6	
	Всього по складу								104,8	105,2			141,5	103,3	175,2

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по ТП-2 (1х630 кВА)														
	силове	56	1,5 - 37,0	573,9	25	0,55	0,77	0,84	313,7	263,4	31	1,12	352,2	263,4	439,8
	освітлювальне								93,8	96,7			85,1	84,1	
	батареї конденсаторів													-300,0	
	всього								407,5	360,0			437,2	47,5	439,8
	втрати у трансформаторах												5,0	29,5	
	Всього по ТП-2 на шинях 10 кВ												442,2	77,0	448,9
	Всього по заводу бетонних виробів														
	силове	133	1,1 - 100	1821,8	91	0,49	0,67	1,12	893,4	1003,3	36	1,13	1009,1	1003,3	1423,0
	освітлювальне								285,9	429,4			265,8	397,1	
	батареї конденсаторів													-1275,0	
	всього								1179,4	1432,7			1274,9	125,4	1281,0
	втрати у трансформаторах												14,9	87,9	
	Всього по заводу на напрузі 10 кВ												1289,8	213,3	1307,3
	<u>ЛОКОМОТИВНЕ ДЕПО</u>														
	ТП-3 (2х630 кВА)														
2	Корпус №2														
	силове	156	0,5 - 85,0	1912,5	170	0,34	0,64	1,20	650,8	782,6	45	1,17	759,8	782,6	1090,8
	освітлювальне по корп. №2								109,5	189,7			116,5	201,8	
	Всього по корпусу №2								760,3	972,3			876,3	984,4	
	Всього по ТП - 3 (2х630 кВА)														
	силове	156	0,5 - 85,0	1912,5	170	0,34	0,64	1,20	650,8	782,6	45	1,17	759,8	782,6	1090,8
	освітлювальне								109,5	189,7			116,5	201,8	
	батареї конденсаторів													-900,0	
	всього								760,3	972,3			876,3	84,4	880,4
	втрати у трансформаторах												10,0	59,0	
	Всього на шинях 10 кВ ТП-3												886,4	143,5	897,9

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТП-4 (2х630 кВА), ТП-5 (1х630 кВА)														
	Корпус №1														
	силове	121	1,5 - 160	1937,3	107	0,46	0,58	1,40	885,8	1243,6	24	1,20	1060,4	1243,6	1634,3
	освітлювальне по корпусу №1								25,3	43,8			26,9	46,6	
	Всього по корпусу №1								911,1	1287,4			1087,3	1290,2	1687,3
3	Плотницький цех														
	силове	15	2,3 - 10,0	94,3	4	0,26	0,66	1,15	24,2	27,9	15	1,53	37,2	27,9	46,5
	освітлювальне								14,4	24,9			13,7	23,7	
	Всього по цеху								38,6	52,8			50,9	51,6	72,5
4	Їдальня														
	силове	17	1,5 - 41,0	189,6	27	0,69	0,98	0,22	131,3	29,1	9	1,18	154,8	32,1	158,1
	освітлювальне								11,9	5,8			11,4	5,5	
	Всього по їдальні								143,2	34,9			166,3	37,6	170,5
5	Пральня														
	силове	11	2,2 - 5,5	33,2	3	0,53	0,65	1,16	17,6	20,3	11	1,28	22,6	20,3	30,4
	освітлювальне								7,7	3,7			7,8	3,8	
	Всього по пральні								25,3	24,1			30,4	24,1	38,8
	освітлення території депо								11,6	20,0			23,9	41,5	
	Всього по ТП-4, ТП-4 (3х630)														
	силове	164	1,5 - 160	2254,4	107	0,47	0,63	1,25	1058,9	1321,0	28	1,17	1236,9	1321,0	1809,7
	освітлювальне								70,8	98,2			83,8	121,1	
	батареї конденсаторів													-1350,0	
	всього								1129,7	1419,2			1320,7	92,1	1323,9
	втрати у трансформаторах												15,1	88,8	
	Всього на шинах 10 кВ ТП-4, ТП-5												1335,9	180,9	1348,1

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по локомотивному депо														
	силове	320	0,5 - 160	4166,9	320	0,41	0,63	1,23	1709,7	2103,6	52	1,12	1916,8	2103,6	2845,9
	освітлювальне								180,3	287,9			200,3	322,9	
	батареї конденсаторів													-2250,0	
	Всього								1890,1	2391,5			2117,1	176,5	2124,4
	втррати у трансформаторах												25,1	147,8	
	Всього на напрузі 10 кВ по ЛД												2142,2	324,4	2166,6
	РЕМОНТНЕ ВАГОННЕ ДЕПО														
	<u>ТП-6 (2х630 кВА)</u>														
2	Вагоноскладальний цех														
	силове	14	3,0 - 74,0	346,0	25	0,28	0,49	1,78	95,7	170,1	9,0	1,74	166,0	187,1	250,1
	освітлювальне								60,8	105,2			57,8	100,2	
	Всього по цеху								156,4	275,3			223,8	287,2	364,2
3	Колісно-роликівий цех														
	силове	33	1,0 - 160	700,5	160	0,27	0,62	1,28	188,9	241,8	9,0	1,75	331,0	265,9	424,6
	освітлювальне								108,9	188,6			103,6	179,5	
	Всього по цеху								297,8	430,3			434,7	445,5	
5	Рем.-комплектівочний цех														
	силове	34	0,8 - 74,0	352	93	0,28	0,48	1,85	99,4	184,0	10,0	1,67	165,7	202,4	261,5
	освітлювальне								48,6	84,2			46,3	80,1	
	Всього по цеху								148,0	268,2			211,9	282,5	
6	Рем.-експлуатаційний цех														
	силове	24	0,75 - 32,0	187,2	43	0,30	0,58	1,40	55,7	78,2	12,0	1,55	86,5	78,2	116,6
	освітлювальне								24,3	42,1			23,1	40,1	
	Всього по цеху								80,0	120,3			109,7	118,3	

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	АПК														
	силове	6	2,2 - 3,0	15,6	1	0,68	0,80	0,75	10,6	7,9	6,0	1,25	13,3	8,7	15,9
	освітлювальне								12,4	6,0			11,9	5,8	
	Всього по АПК								23,0	13,9			25,1	14,5	
	освітлення території								11,1	19,3			8,7	15,1	
	Всього по ТП -6 (2х630 кВА)														
	силове	111	0,75 - 160	1601,3	25	0,28	0,49	1,78	450,2	682,0	20	1,40	629,9	682,0	928,4
	освітлювальне								266,0	445,3			251,5	420,7	
	батарей конденсаторів													-1050,0	
	всього								716,3	1127,2			881,4	52,7	883,0
	втрати у трансформаторах												10,1	59,2	
	Всього на шинах 10 кВ ТП-6												891,5	111,9	898,5
	ТП-7 (2х630 кВА)														
1	Компресорна станція														
	силове	20	5,5 - 160	872,5	29	0,70	0,80	0,75	609,4	457,0	11	1,15	701,7	457,0	837,4
	освітлювальне								15,4	26,7			14,7	25,5	
	Всього по компресорній								624,8	483,8			716,4	482,5	863,7
	Деревообробний цех														
4	силове	16	2,15 - 94,5	377,2	44	0,19	0,58	1,40	71,8	100,5	8	2,09	149,8	110,5	186,2
	освітлювальне								15,1	26,2			14,4	24,9	
	Всього по цеху								87,0	126,7			164,2	135,5	212,9
7	Склад														
	силове	4	1,7 - 7,5	16,4	4	0,60	0,79	0,77	9,8	7,5	4	1,46	14,3	8,3	16,5
	освітлювальне								8,1	14,0			5,4	9,4	
	Всього по складу								17,9	21,6			19,7	17,7	26,5

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по ТП -7 (2х630 кВА)														
	силове	40	1,7 - 160	1266,1	94	0,55	0,77	0,82	691,0	565,1	16	1,20	832,0	565,1	1005,7
	освітлювальне								38,7	67,0			34,5	59,8	
	батареї конденсаторів													-550,0	
	всього								729,7	632,0			866,5	74,9	869,7
	втрати у трансформаторах												9,9	58,2	
	Всього на шинях 10 кВ ТП-7												876,4	133,1	886,4
	Всього по вагонному депо														
	силове	151	0,8 - 160	2867,4	213	0,40	0,68	1,09	1141,3	1247,0	36	1,17	1335,1	1247,0	1826,9
	освітлювальне								304,7	512,2			286,0	480,5	
	батареї конденсаторів													-1600,0	
	всього								1445,9	1759,3			1621,1	127,6	1626,1
	втрати у трансформаторах												19,9	117,5	
	Всього на напрузі 10 кВ по ВД												1641,0	245,0	1659,2
	ЗАВОД 3/Б КОНСТРУКЦІЙ														
	ТП-8 (2х630 кВА)														
1	Відділення ін.наповнювачів														
	силове	7	4,0 - 49,0	79,0	12	0,41	0,69	1,05	32,6	34,1	3	2,02	66,0	37,5	75,9
	освітлювальне								10,6	18,3			10,1	17,5	
	Всього по відділенню								43,2	52,4			76,0	54,9	93,8
2	Головний виробничий корпус														
	силове	49	1,0 - 120	866,5	120	0,35	0,59	1,37	303,0	415,9	14	1,42	429,4	415,9	597,7
	освітлювальне								43,2	74,8			46,0	79,6	
	Всього по ГВК								346,2	490,7			475,3	495,5	686,6
3	Склад														
	силове	4	28,3 - 33,7	124,0	1	0,15	0,40	2,29	19,1	43,9	4	3,01	57,6	48,2	75,1
	освітлювальне								2,3	4,0			1,5	2,7	
	Всього по складу								21,4	47,8			59,1	50,9	78,0

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	Опалубочна майстерня														
	силове	12	1,0 - 7,5	50,6	8	0,42	0,56	1,47	21,3	31,3	12	1,38	29,3	31,3	42,9
	освітлювальне								12,5	21,7			11,9	20,7	
	Всього по майстерні								33,8	53,0			41,2	52,0	66,3
5	Котельня														
	силове	8	2,2 - 15,0	84,7	7	0,77	0,80	0,75	65,3	49,0	8	1,13	73,9	53,9	91,5
	освітлювальне								1,5	2,6			1,4	2,5	
	Всього по котельній								66,8	51,6			75,4	56,4	94,1
6	Компресорна														
	силове	15	2,5 - 75,0	313,5	30	0,69	0,80	0,75	216,4	162,4	8	1,20	259,0	178,7	314,6
	освітлювальне								3,5	6,0			3,3	5,7	
	Всього по компресорній								219,9	168,4			262,2	184,4	320,6
	Освітлення території								7,7	13,3			6,0	10,4	
	Всього по ТП-8 (2х630 кВА)														
	силове	95	1,0 - 120	1518,3	120	0,43	0,67	1,12	657,8	736,5	25	1,21	792,7	736,5	1082,1
	освітлювальне								81,2	140,7			80,2	139,0	
	компенсуючі пристрої													-800,0	
	всього								739,0	877,2			873,0	75,5	876,2
	втррати у трансформаторах												10,0	58,7	
	Всього на шинах 10 кВ ТП-8												882,9	134,2	893,1
	Всього на напрузі 10 кВ поЗБК												882,9	134,2	893,1
3	Елеватор №2														
	ЕЛЕВАТОР														
	ТП-9 (2х630 кВА)														
	силове	54	2,2 - 40,0	742,7	18	0,51	0,72	0,97	381,8	369,9	37	1,12	426,8	369,9	564,8
	освітлювальне								132,0	228,6			125,7	217,7	
	Всього по елеватору								513,8	598,5			552,5	587,5	806,5

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	Автоприйм елеватора №2														
	силове	13	7,5 - 30,0	229,5	4	0,45	0,70	1,02	103,8	105,9	13	1,32	137,1	105,9	173,3
	освітлювальне								0,0	0,0			0,0	0,0	
	Всього по автоприйому								103,8	105,9			137,1	105,9	
5	Склади №1, 3, 5, 6														
	силове	12	15,0 - 30,0	268	2	0,47	0,71	0,99	125,2	123,9	12	1,33	166,0	123,9	207,1
	освітлювальне								33,0	57,2			22,2	38,4	
	Всього по складах								158,2	181,1			188,1	162,3	
6	Склади №2, 4														
	силове	6	15,0 - 30,0	134	2	0,47	0,71	0,99	62,6	62,0	6	1,54	96,3	68,1	118,0
	освітлювальне								16,5	28,6			11,1	19,2	
	Всього по складах								79,1	90,5			107,4	87,4	
	Всього по ТП -9 (2х630 кВА)														
	силове	85	2,2 - 40,0	1374,2	18	0,51	0,72	0,97	673,4	661,6	69	1,07	721,7	661,6	979,1
	освітлювальне								181,5	314,4			158,9	275,3	
	компенсуючі пристрої													-900,0	
	всього								854,9	976,0			880,6	36,9	881,4
	втрати у трансформаторах												10,1	59,1	
	Всього на шинях 10 кВ ТП-9												890,7	96,0	895,8
	ТП-10 (2х630 кВА)														
7	Склади №23, 24, 25, 26														
	силове	21	15,0 - 30,0	538	2	0,41	0,68	1,07	219,7	234,4	21	1,25	275,5	234,4	361,7
	освітлювальне								49,0	84,9			32,9	57,0	
	Всього по складах								268,7	319,3			308,4	291,4	424,3
8	Склади №22, 21, 20														
	силове	19	15,0 - 30,0	501	2	0,40	0,68	1,08	198,9	215,7	19	1,28	255,4	215,7	334,3
	освітлювальне								55,1	95,5			37,0	64,2	
	Всього по складу								254,0	311,2			292,5	279,8	404,8

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	Склад №19														
	силове	3	15,0 - 30,0	67	2	0,47	0,71	0,99	31,3	31,0	3	1,86	58,3	34,1	67,5
	освітлювальне								36,8	63,7			24,7	42,8	
	Всього по складу								68,1	94,6			83,0	76,8	113,1
13	Склади №14, 13, 18														
	силове	6	15,0 - 30,0	135	2	0,50	0,72	0,98	67,5	66,0	6	1,48	100,2	72,6	123,8
	освітлювальне								52,5	90,9			35,3	61,1	
	Всього по складах								120,0	156,9			135,5	133,7	190,4
10	Склади №17, 16, 15														
	силове	9	15,0 - 30,0	201	2	0,47	0,71	0,99	93,9	92,9	9	1,40	131,7	102,2	166,7
	освітлювальне								55,1	95,5			37,0	64,2	
	Всього по складах								149,0	188,4			168,8	166,4	237,0
	освітлення території								40,1	69,4			31,4	54,4	
	Всього по ТП -10 (2х630 кВА)														
	силове	58	15,0 - 30,0	1442	2	0,42	0,69	1,05	611,3	640,0	58	1,11	676,4	640,0	931,1
	освітлювальне								248,5	430,4			198,4	343,6	
	компенсуючі пристрої													-850,0	
	всього								859,8	1070,4			874,8	133,6	884,9
	втрати у трансформаторах												10,1	59,4	
	Всього на шинях 10 кВ ТП-10												884,9	193,0	905,7
	ТП-11 (2х630 кВА)														
1	Еlevator №1														
	силове	34	2,2 - 40,0	329,4	18	0,52	0,72	0,97	169,7	165,1	16	1,23	207,9	165,1	265,5
	освітлювальне								132,0	228,6			125,7	217,7	
	Всього по елеватору								301,7	393,7			333,6	382,7	507,7

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Автоприйм елеватора №1														
	силове	14	7,5 - 22,0	177,5	3	0,43	0,69	1,05	76,3	80,4	14	1,33	101,1	80,4	129,2
	освітлювальне								0,0	0,0			0,0	0,0	
	Всього по автоприйому								76,3	80,4			101,1	80,4	129,2
11	Склади № 7, 8, 9														
	силове	9	15,0 - 30,0	201	2	0,47	0,71	0,99	93,9	92,9	9	1,40	131,7	102,2	166,7
	освітлювальне								76,1	131,9			51,2	88,6	
	Всього по складах								170,0	224,8			182,9	190,8	264,3
14	Склади №10, 11														
	силове	6	15,0 - 30,0	134	2	0,47	0,71	0,99	62,6	62,0	6	1,54	96,3	68,1	118,0
	освітлювальне								36,8	63,7			24,7	42,8	
	Всього по складах								99,4	125,6			121,0	110,9	164,2
12	Склад №12														
	силове	3	15,0 - 30,0	67	2	0,47	0,71	0,99	31,3	31,0	3	1,86	58,3	34,1	67,5
	освітлювальне								13,5	23,4			9,1	15,7	
	Всього по складах								44,8	54,4			67,4	49,8	83,8
17	Котельня														
	силове	14	2,2 - 11,0	104,4	5	0,67	0,77	0,82	70,3	57,5	14	1,14	80,3	57,5	98,7
	освітлювальне								31,5	54,6			21,2	36,7	
	Всього по котельній								101,8	112,0			101,5	94,1	138,4
18	Плотницький цех														
	силове	21	2,2 - 7,5	123,4	3	0,28	0,60	1,32	34,1	45,1	21	1,38	47,2	45,1	65,3
	освітлювальне								6,8	11,7			6,4	11,1	
	Всього по плотні								40,9	56,8			53,6	56,2	77,7
19	Насосна станція														
	силове	8	2,2 - 15,0	63,1	7	0,70	0,80	0,76	44,0	33,3	8	1,19	52,4	36,7	63,9
	освітлювальне								10,8	18,7			10,3	17,8	
	Всього по насосній								54,8	52,0			62,6	54,5	83,0

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по ТП -11 (2х630 кВА)														
	силове	109	2,2 - 40,0	1199,8	18	0,49	0,72	0,97	582,2	567,2	60	1,09	633,0	567,2	849,9
	освітлювальне								307,4	532,5			248,5	430,4	
	компенсуючі пристрої													-950,0	
	всього								889,6	1099,6			881,4	47,5	882,7
	втрати у трансформаторах												10,1	59,2	
	Всього на шинах 10 кВ ТП-11												891,5	106,7	897,9
	Всього по елеватору														
	силове	252	2,2 - 40,0	4016	18	0,46	0,71	1,00	1866,9	1868,8	201	1,03	1930,0	1868,8	2686,5
	освітлювальне								737,4	1277,3			605,8	1049,3	
	компенсуючі пристрої													-2700,0	
	всього								2604,3	3146,0			2535,8	218,0	2545,1
	втрати у трансформаторах												30,3	177,7	
	Всього на напрузі 10 кВ по елеватору												2566,0	395,7	2596,4

2.4 Графіки електричних навантажень

Режими електроспоживання промислових підприємств характеризуються значною нерівномірністю, тому для коректного вибору елементів мережі здійснюється побудова добових графіків навантажень $P(t)$, $Q(t)$ та $S(t)$. На основі типових добових графіків для відповідного періоду підприємств формуються зимові та літні графіки для робочих і вихідних днів. Переведення із відносних одиниць до абсолютних фізичних величин виконувався за допомогою виразів

$$P_i = \frac{n_{P,i}}{100} \cdot P_p; \quad (2.3)$$

$$Q_i = \frac{n_{Q,i}}{100} \cdot Q_p. \quad (2.4)$$

З огляду на сезонне зниження інтенсивності роботи систем освітлення, опалення розрахункові навантаження для літньої доби приймаються зі знижувальним коефіцієнтом:

$$P_{p,l} = 0,85P_p; \quad (2.5)$$

$$Q_{p,l} = 0,85Q_p. \quad (2.6)$$

Кожний ступінь графіку повного навантаження розраховуються як

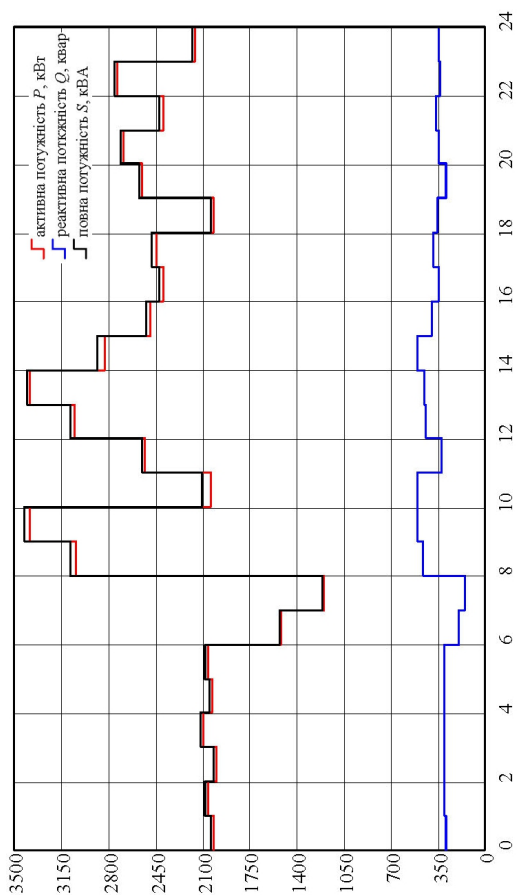
$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2} \text{ кВ} \cdot \text{А}. \quad (2.7)$$

Розрахунок добових графіків для всіх підприємств, також ЦРУ 10 кВ і ГЗП проведено табличному вигляді. Числові значення ординат типових графіків (у відсотках) та результати їх переведення в іменовані фізичні одиниці зведено до додатка А: табл. Б.1–Б.22 відображають дані по окремих підприємствах, а табл. Б.19–Б.22 – по ЦРУ 10 кВ і ГЗП відповідно. Графічна візуалізація отриманих добових профілів активної, реактивної та повної потужностей для ЦРУ 10 кВ і ГЗП наведена на рис. 2.1 та 2.2.

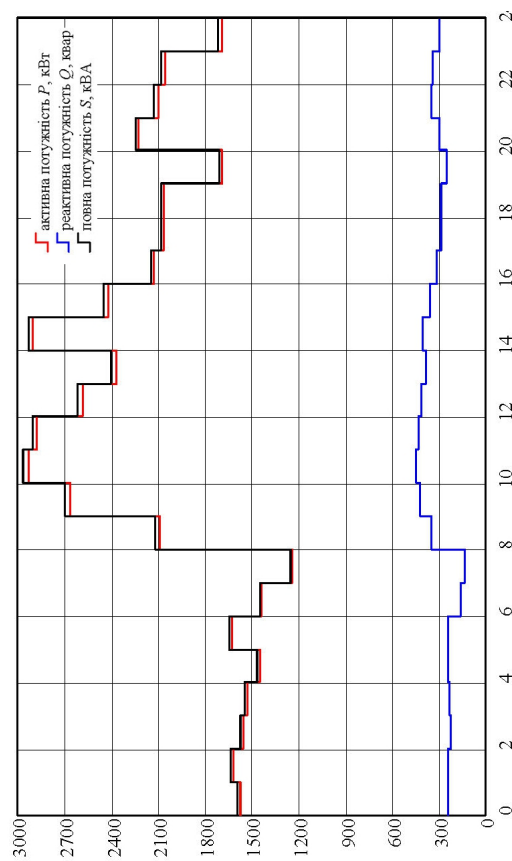
Спираючись на отримані добові графіки були розраховані річні графіки за тривалістю. При цьому річний календарний фонд часу жорстко розподіляється таким чином: тривалість зимового періоду приймається на рівні 147 робочих та 65 вихідних днів, тоді як літній сезон охоплює 105 робочих і 48 вихідних днів. Цей аналітичний етап є необхідним для комплексного визначення техніко-економічних показників експлуатації системи

Вихідні параметри та результати розрахунку річних графіків електроспоживання за тривалістю для ЦРУ 10 кВ і ГЗП зведено до табл. Б. 23-Б.24, а їх графічне зображення представлено на рис. 2.3 і 2.4.

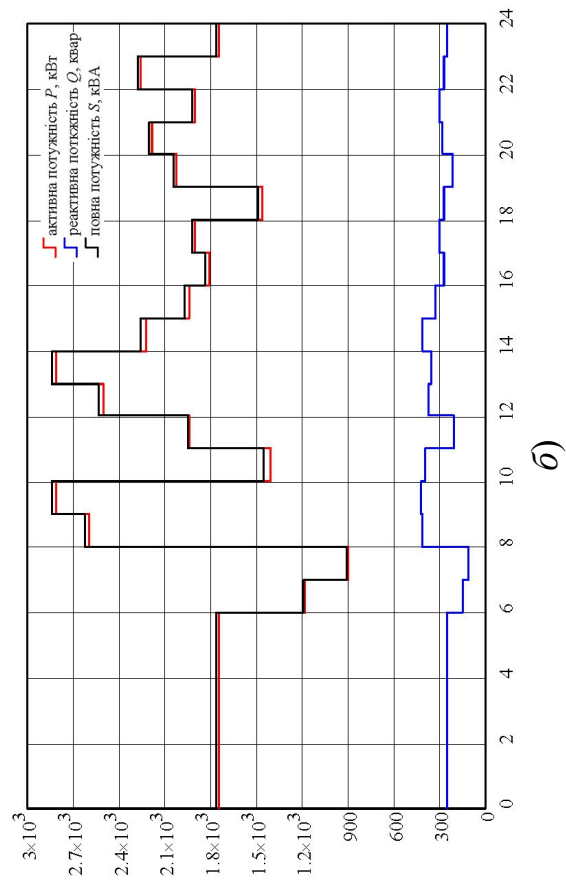
						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		32



a)



(b)



6

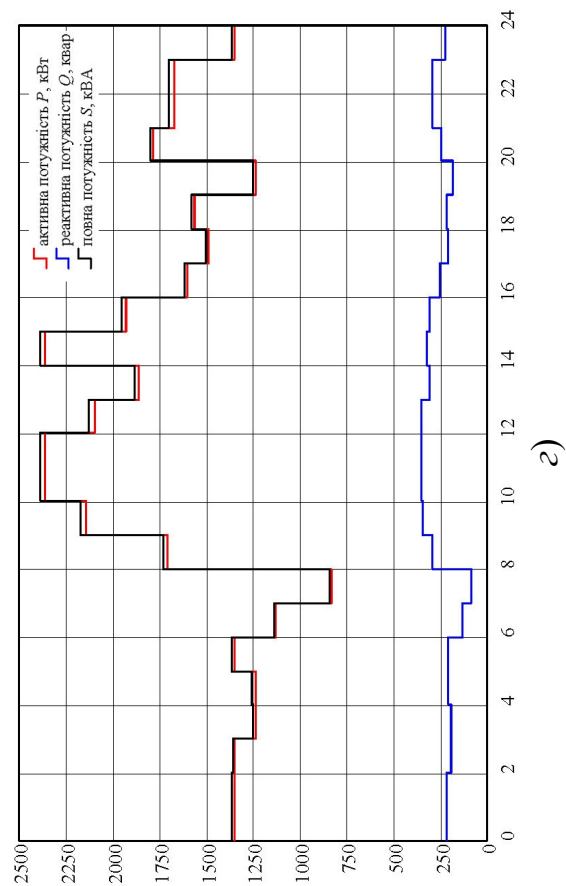

$$(2)$$

Рисунок 2.1 – Залежності $P(t)$, $Q(t)$ і $S(t)$ по ЦРУ 10 кВ:

зимовий період: а) робоча, б) вихідна доба; літній період: в) робоча г) вихідна доба

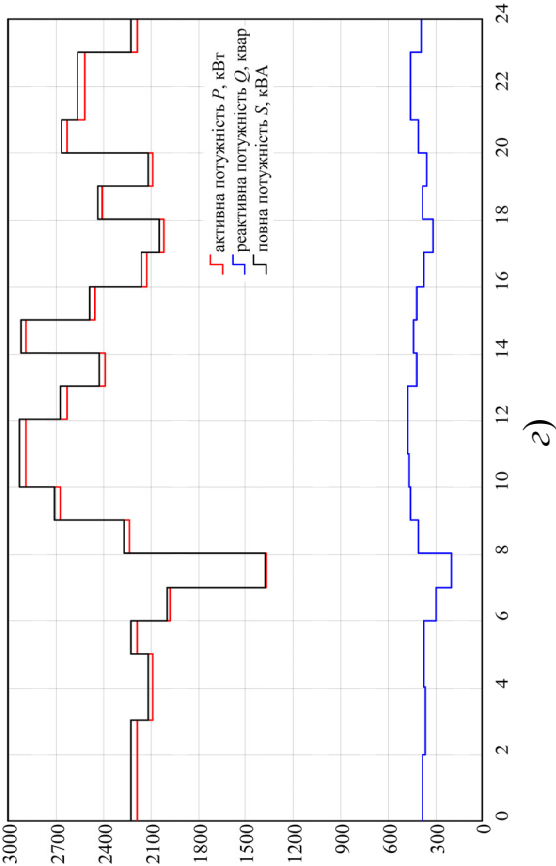
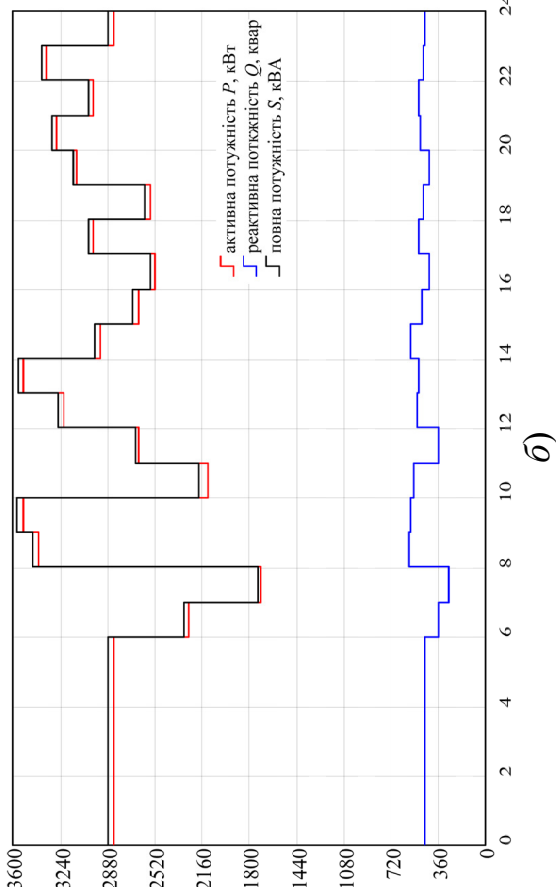
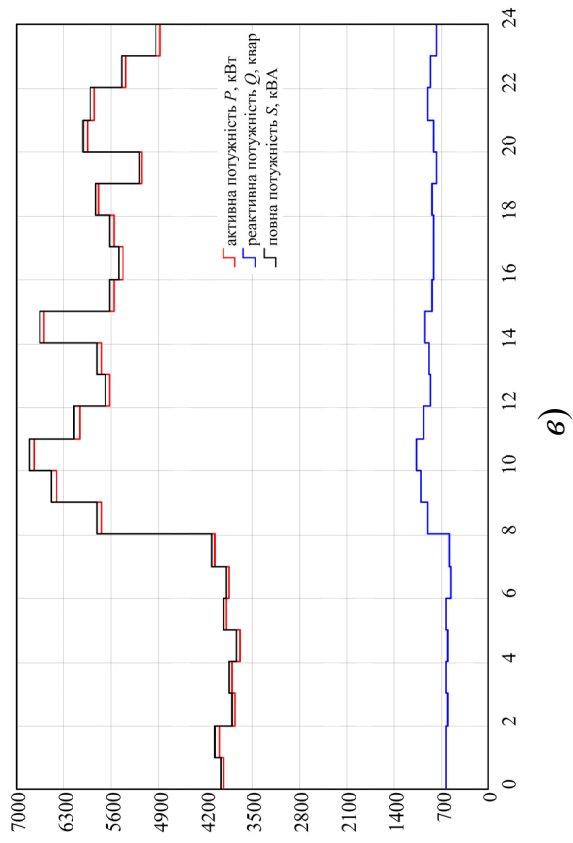
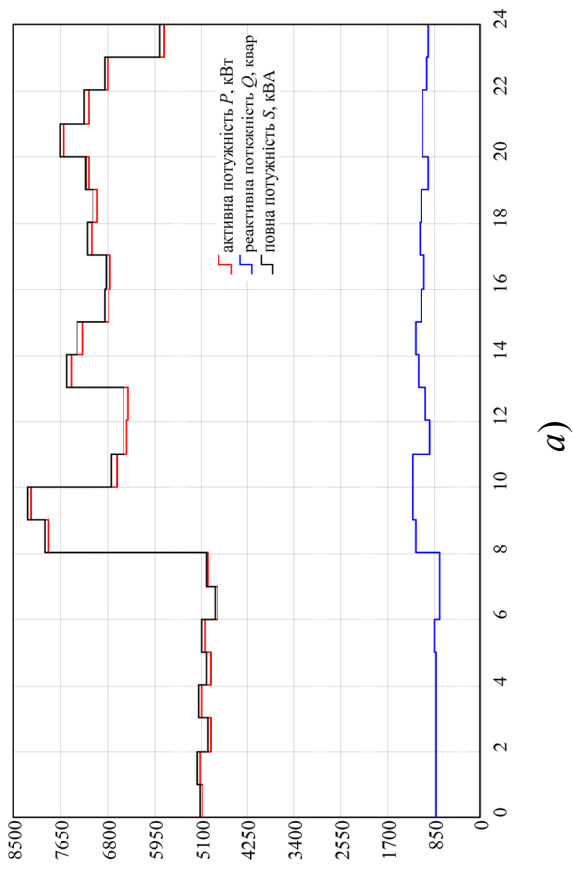


Рисунок 2.2 – Залежності $P(t)$, $Q(t)$ і $S(t)$ на шинах 35 кВ ГЗП:
зимовий період: а) робоча, б) вихідна доба; літній період: в) робоча г) вихідна доба

За отриманими добовими графіками активної та реактивної потужностей визначаємо розрахункові потужності по ЦРУ 10 кВ та ГЗП:

$$P_{p.црп} = 3387,2 \text{ кВт}; Q_{p.црп} = 504,4 \text{ квар}; S_{p.црп} = 3424,5 \text{ кВт};$$

$$P_{p.гп} = 8155,7 \text{ кВт}; Q_{p.гп} = 1228,2 \text{ квар}; S_{p.гп} = 8247,7 \text{ кВт}.$$

Втрати потужності у трансформаторах ГЗП:

$$\Delta P_{т.гзп} = n(\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot k_3^2) = 2(8 + 46,5 \cdot 0,67^2) = 57,7 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{т.гзп} = n\left(\frac{i_{xx}}{100} \cdot S_{ном} + \frac{u_{кз}}{100} \cdot S_{ном} \cdot k_3^2\right) = 2\left(\frac{0,8}{100} 6300 + \frac{6,5}{100} 6300 \cdot 0,67^2\right) = 468,4 \text{ квар}.$$

Таким чином, розрахункове навантаження на напрузі 35 кВ складе:

$$P_{p.35} = P_{p.гзп} + \Delta P_{т.гзп} = 8155,7 + 57,7 = 8213,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.35} = Q_{p.гзп} + \Delta Q_{т.гзп} = 1228,2 + 468,4 = 1696,6 \text{ квар};$$

$$S_{p.35} = \sqrt{P_{p.35}^2 + Q_{p.35}^2} = \sqrt{8213,4^2 + 1696,6^2} = 8386,8 \text{ кВА}.$$

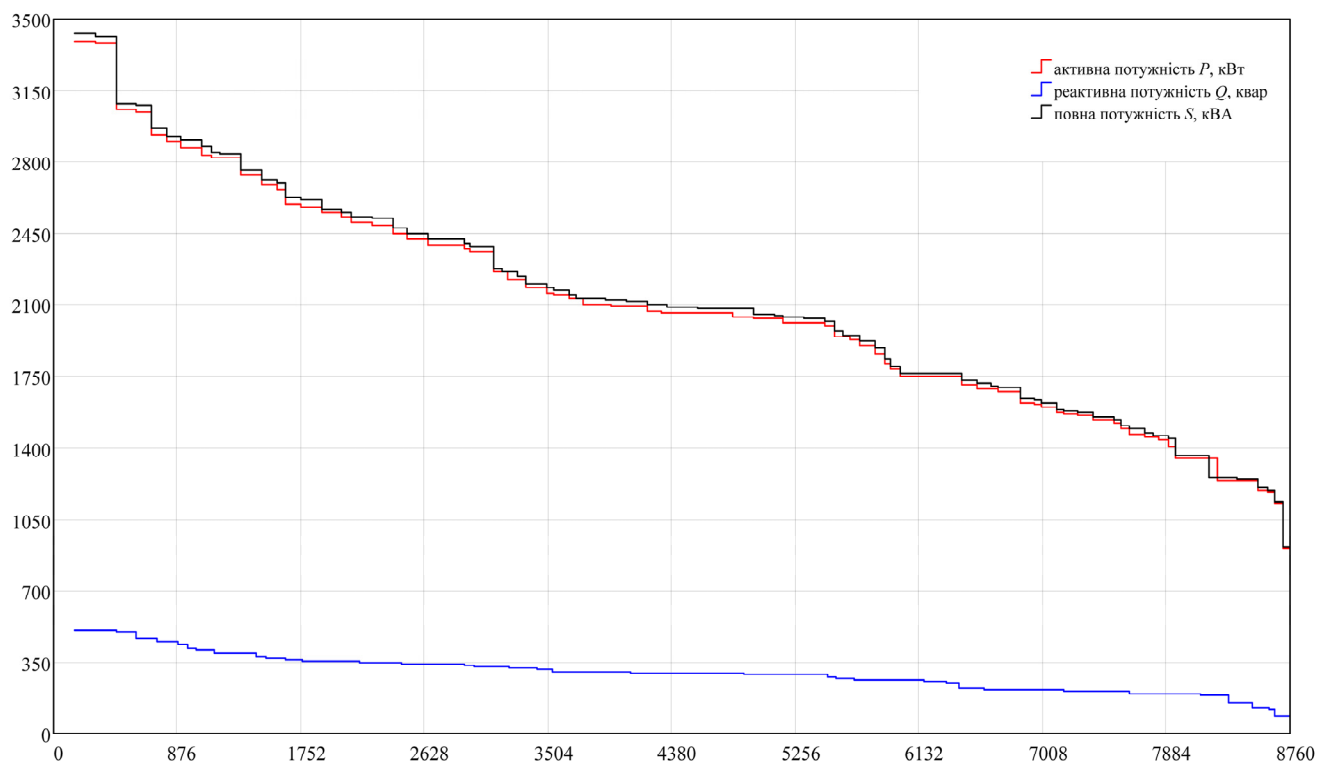


Рисунок 2.3 – Річні графіки електроспоживання за тривалістю (ЦРУ 10 кВ)

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		
						35

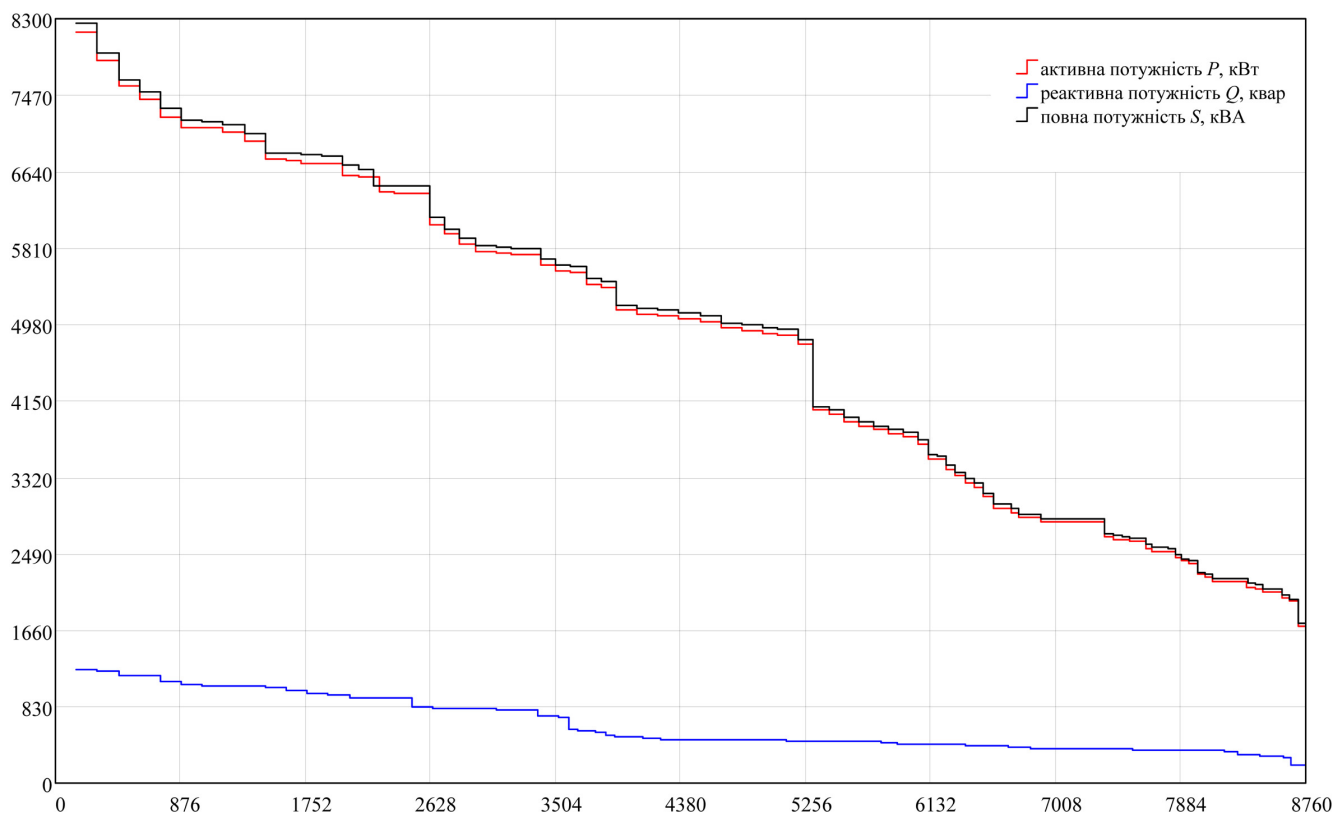


Рисунок 2.4 – Річні графіки електроспоживання за тривалістю (ГЗП 35 кВ)

За допомогою річних графіків обчислюються сумарні обсяги річних витрат активної та реактивної енергії в умовах проектування по ГЗП:

$$W_{\text{р.ГЗП}} = \sum_{i=1}^n [147P_{\text{з.р}_i} + 65P_{\text{з.в}_i} + 105P_{\text{л.р}_i} + 48P_{\text{л.в}_i}] = 42371,8 \text{ Мвар}\cdot\text{год};$$

$$V_{\text{р.ГЗП}} = \sum_{i=1}^n [147Q_{\text{з.р}_i} + 65Q_{\text{з.в}_i} + 105Q_{\text{л.р}_i} + 48Q_{\text{л.в}_i}] = 6559,1 \text{ Мвар}\cdot\text{год};$$

та а також визначальні параметри термічного зносу:

- кількість годин використання максимуму навантаження:

$$T_{\text{м.ГЗП}} = \frac{\sqrt{W_{\text{р}}^2 + V_{\text{р}}^2}}{S_{\text{р}}} = \frac{\sqrt{42371,8^2 + 6559,1^2}}{8247,7} = 5198,6 \text{ год};$$

- час максимальних втрат:

$$\tau_{\text{ГЗП}} = \left[0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right]^2 8760 = \left[0,124 + \frac{5198,6}{10000} \right]^2 8760 = 3631,5 \text{ год.}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для кожного промислового підприємства та ЦРУ 10 кВ, результати зводимо до табл. 2.4.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	
					36

Таблиця 2.4. Результати розрахунку W_p , V_p , $T_{\text{макс}}$, τ для промислових споживачів

Споживач	W_p , МВт·год	V_p , Мвар·год	$T_{\text{макс}}$, год	τ , год
ПрАТ «Завод залізобетонних виробів»	7638,2	893,7	5882,5	4443,9
ВСП «Локомотивне депо Помічна»	9725,5	1641,2	4552,2	2939,0
ВСП «Ремонтне вагонне депо Помічна»	6620,1	1287,4	4064,7	2465,1
ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій»	5017,8	598,0	5658,6	4168,9
ПАТ «Помічнянський елеватор»	2566,0	395,7	5215,2	3650,2
ЦРУ 10 кВ	18388,1	2736,8	5428,6	3895,6

3 КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦРУ, ГЗП

З метою обґрунтування координат розміщення джерел живлення на генеральний план промислових споживачів м. Помічна наноситься картограма електричних навантажень. При побудові картограми для кожного підприємства визначається радіус кола r_i , площа якого $\pi \cdot r_i^2$ у вибраному масштабі дорівнює його розрахунковому навантаженню P_p :

$$r = \sqrt{\frac{P_{p.сум}}{\pi m}} \quad (3.1)$$

де m – масштаб кола, прийнятий 1,0 кВт/мм².

Виділення сектора, який пропорційно відображає частку освітлювального навантаження підприємства у загальному навантаженні, виконується шляхом знаходження його центрального кута:

$$\alpha_i = 360 \cdot \frac{P_{осв(р)i}}{P_{p.сум}}, ^\circ \quad (3.2)$$

Розрахунок картограми навантажень проведено у вигляді табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Розрахунок картограми навантажень

№ п/п	Назва підрозділу	Навантаження, кВт			Радіус кола, мм r_i	Координати центру кола, м		Кут, ° α_i
		$P_{p.i}$	$P_{ос.і}$	$P_{сум.і}$		x_i	y_i	
1	ПрАТ «Завод з/б виробів»	1009,1	265,8	1274,9	20,1	750	2365	75,0
2	ВСП «Локомотивне депо»	1916,8	200,3	2117,1	26,0	690	2680	34,1
3	ВСП «Вагонне депо»	1335,1	286,0	1621,1	22,7	1065	2485	63,5
4	ПрАТ «Завод з/б конструкцій»	792,7	80,2	873,0	16,7	2445	765	33,1
5	ПАТ «Помічнянський Елеватор»	1930,0	605,8	2535,8	28,4	2980	820	86,0

Просторове розміщення ЦРУ (для групи споживачів ПАТ «Помічнянський елеватор» і ПАТ «Завод залізобетонних конструкцій») доцільно розміщувати в умовному ЦЕН, координати якого визначаються за формулами:

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

$$x_{0.цру} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{2445 \cdot 873 + 2980 \cdot 2535,8}{873 + 2535,8} = 2843 \text{ м};$$

$$y_{0.цру} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{765 \cdot 873 + 820 \cdot 2535,8}{873 + 2535,8} = 805,9 \text{ м.}$$

Однак, оптимальне положення ЦРУ буде не в ЦЕН, оскільки стане причиною появи зворотних перетоків енергії, які призводять до збільшення витрати провідникових матеріалів і втрат електроенергії. Тому зміщуємо ЦРУ у напрямку джерела живлення, у точці з координатами $x_{0.цру} = 2480$ м, $y_{0.цру} = 725$ м.

Аналогічно для ГЗП отримаємо раціональне місце розміщення (для групи споживачів ПАТ «Завод залізобетонних виробів», ВСП «Локомотивне депо Помічна», ВСП «Вагонне депо Помічна»):

$$x_{0.гзп} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{750 \cdot 1274,9 + 690 \cdot 2117,1 + 1065 \cdot 1621,1}{1274,9 + 2117,1 + 1621,1} = 826 \text{ м};$$

$$y_{0.гзп} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{2365 \cdot 1274,9 + 2680 \cdot 2117,1 + 2485 \cdot 1621,1}{1274,9 + 2117,1 + 1621,1} = 2536 \text{ м.}$$

Після відповідного коригування координат відносно розрахункового центру навантажень, остаточно фіксується точка розміщення ГЗП $x_{0.гзп} = 959$ м, $y_{0.гзп} = 2315$ м.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		39

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

4.1 Вибір напруги та схеми приєднання

Раціональна побудова схеми приєднання електропостачання багато в чому визначається правильним вибором напруги та конфігурації схеми електропостачання.

Вибір рівня напруги схеми приєднання виконується на основі аналізу основних вихідних факторів:

- величини розрахункового навантаження;
- наявності електроприймачів з напругою 6 кВ;
- відстані до ймовірного джерела живлення;
- рівнів напруги наявних джерел живлення;
- вимог до надійності електропостачання;
- умови розвитку та резервування мережі.

Метою вибору є визначення стандартного рівня напруги, який забезпечує допустимі втрати, необхідну пропускну здатність мережі та мінімальні приведені витрати.

Як джерело живлення промислових споживачів розглядається ПС «Тягова» Помічнянської дистанції електропостачання з класами напруги 150/35/27 кВ. Розрахункове навантаження групи промислових споживачів становить 8,2 МВА. Центр навантаження I-ї групи підприємств розташований на відстані близько 350 м від тягової підстанції. Джерело живлення знаходиться в безпосередній близькості до ПрАТ «Завод залізобетонних виробів», у зоні з розвиненою залізничною інфраструктурою.

З урахуванням невеликої відстані до джерела живлення, рівня напруги існуючої мережі та величини навантаження, приймається схема електропостачання на напрузі 35 кВ. Живлення здійснюється двома кабельними лініями довжиною 0,35 км, що підвищує надійність та забезпечує резервування.

На стороні споживача передбачається ГЗП зі встановленням 2-х трансформаторів 35/10 кВ, що працюють у режимі взаємного резервування. Для підвищення експлуатаційної надійності передбачається також ремонтна перемичка між кабельними лініями з використанням комутаційної апаратури (роз'єднувачів).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		40

4.2 Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання

Рациональна побудова мережі внутрішнього електропостачання промислових споживачів базується на оптимальному виборі напруги та конфігурації мережі. Це необхідно для забезпечення високої надійності, економічності та належної якості електроенергії. Для проектованої розподільної мережі прийнято робочу напругу 10 кВ.

Для досягнення найкращих техніко-економічних показників застосовано змішану схему розподілу електроенергії. Оскільки використання виключно радіальних або магістральних схем на практиці є менш ефективним, їхнє поєднання дозволяє задовольнити вимоги споживачів будь-якої категорії. Зокрема, використання наскрізних магістралей із секціонованими шинами гарантує безперебійність: у нормальному режимі секції працюють роздільно, а в разі аварії навантаження оперативно перемикається на резервну лінію..

Таким чином, електропостачання підприємств ПрАТ «Завод залізобетонних виробів, ВСП «Локомотивне депо Помічна», ВСП «Вагонне депо Помічна», ПАТ «Помічнянський елеватор» здійснюється за магістральними схемами, а ПАТ «Завод залізобетонних конструкцій» – за радіальною.

Отже, з врахуванням вище сказаного приймаємо до розгляду наступні варіанти внутрішнього електропостачання:

1) електропостачання здійснюється від ЗРУ 10 кВ споруджуваної ГЗП. При цьому електропостачання підприємств ПАТ «Завод залізобетонних виробів», ВСП «Локомотивне депо Помічна», ВСП «Вагонне депо Помічна» здійснюється по кабельних лініях від ЗРУ 10 кВ ГЗП за магістральними схемами. Для живлення підприємств ПАТ «Завод залізобетонних конструкцій» та ПАТ «Помічнянський елеватор» споруджується ЦРУ, що отримує живлення від ЗРУ 10 кВ споруджуваної ГЗП по КЛ 10 кВ довжиною 2,6 км. Підприємство ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій» підключається до ЦРУ за радіальною схемою, а ПАТ «Помічнянський елеватор» – за магістральною (рис. 4.1, а);

2) електропостачання здійснюється від ЗРУ 10 кВ споруджуваної ГЗП. При цьому електропостачання підприємств ПрАТ «Завод залізобетонних виробів», ВСП «Локомотивне депо Помічна», ВСП «Вагонне депо Помічна», ПАТ «Помічнянський елеватор» здійснюється по

У всіх розрахунках однакові елементи обох намічених варіантів мережі 10 кВ до уваги не приймаються.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		41

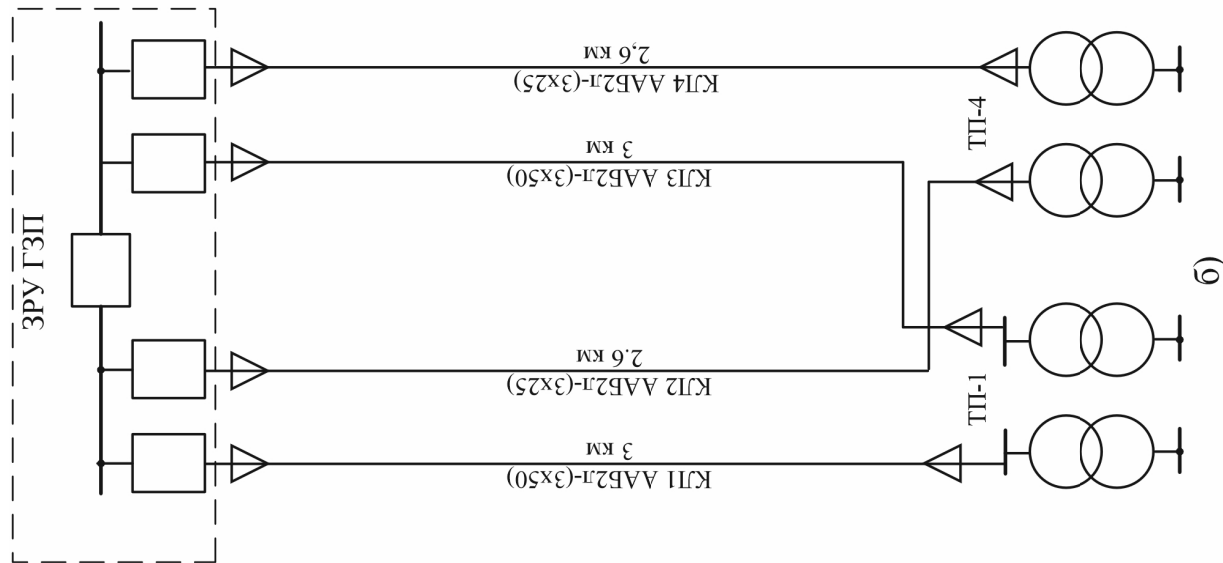
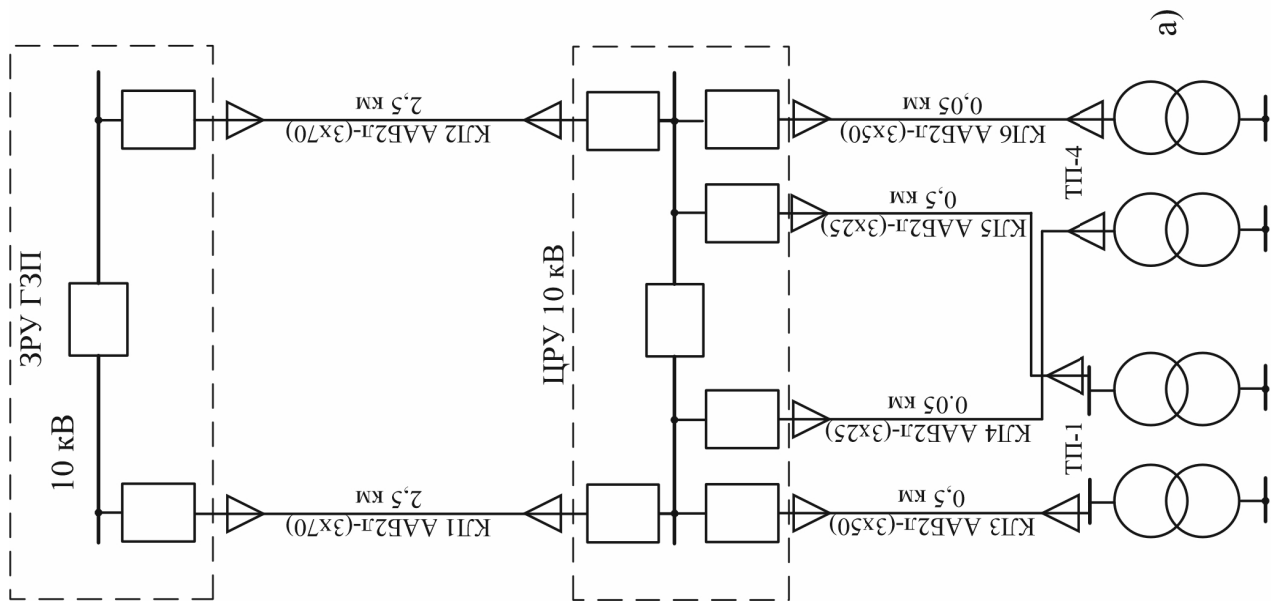


Рисунок 4.1 – Варіанти схем внутрішнього електропостачання

1 Варіант. Вибір кабельних ліній.

Розрахункові струми КЛ-1

-нормальний режим:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{3424,5}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 94,3 \text{ А.}$$

- післяаварійний режим:

$$I_{п.а} = nI_p = 2 \cdot 94,3 = 188,5 \text{ А.}$$

Попередньо приймаємо до розгляду кабель ААБ2л-(3х70).

Допустимий струм з урахуванням прокладання двох кабелів поряд:

$$I'_{доп} = k_{с.з} \cdot I_{доп} = 0,92 \cdot 165 = 151,8 \text{ А.}$$

$I_{доп}$ – допустимий тривалий струм кабелю ААБ2л-(3х70), А.

Коефіцієнт завантаження КЛ-1(2) у нормальному режимі роботи:

$$k_з = \frac{I_p}{I'_{доп}} = \frac{94,3}{165} = 0,57.$$

У післяаварійному режимі роботи КЛ-2 перцюючи з перевантаженням на 25% у продовж 6-ти годин зможе забезпечити всіх споживачів електричною енергією

$$I_{п.а.р} = 188,5 < I'_{доп} \cdot k_{а.п} = 151,8 \cdot 1,25 = 189,8 \text{ А.}$$

Попередній вибір кабелю ААБ2л-(3х70) підтверджує його відповідність заданим умовам, тому він приймається для подальших розрахунків і аналізу.

Вибір інших КЛ представлений в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Вибір КЛ 10 кВ

№ вар.	№ КЛ	Тип КЛ	l, км	I _р , А	k _{с.з}	I' _{доп} , А	k _з	k _{ап}	I _{ав} < I _{д.ав} , А
1	1, 2	ААБ2л-(3х70)	2,50	94,3	0,92	151,8	0,57	1,25	188,5 < 189,8
	3, 6	ААБ2л-(3х50)	0,50	71,5	0,92	123,3	0,53	1,25	142,9 < 154,1
	4, 5	ААБ2л-(3х25)	0,05	24,6	0,92	83,7	0,27	1,25	49,2 < 104,7
2	1, 4	ААБ2л-(3х25)	2,60	24,6	0,84	76,4	0,27	1,25	49,2 < 95,6
	2, 3	ААБ2л-(3х50)	3,00	71,5	0,84	117,6	0,53	1,25	142,9 < 147,0

Для визначення оптимальної схеми електропостачання необхідно мінімізувати розрахункові зведені витрати ЗВ. Вони обчислюються шляхом

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		43

додавання добутку сумарних капітальних вкладень на спорудження мережі K та нормативного коефіцієнта економічної ефективності p_n до річної вартості втрат електроенергії в елементах системи C , експлуатаційних витрат на її утримання B та ймовірних збитків, викликаних перервами у живленні (3). Для першого варіанту вони складуть:

$$3B_1 = E_n \cdot K + C + B + 3 = 0,12 \cdot 10667,4 + 1598,7 + 4083,4 + 17,5 = 6979,7 \text{ тис. грн.}$$

Обчислення сумарних капітальних вкладень для розглянутих варіантів здійснювалося на основі укрупнених вартісних показників усіх елементів мережі, а підсумкові дані цих розрахунків наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Розрахунок капіталовкладень

№ вар.	Елемент схеми	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн.	Вартість всього, тис. грн.
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	шт.	9	515,20	4636,8
	Шафи КРУ з ТН	шт.	2	147,00	294,0
	Шафи КРУ з ТВП	шт.	2	194,50	389,0
	КЛ ААБ2Л-(3х70)	км	5,0	901,70	4508,5
	КЛ ААБ2Л-(3х50)	км	1,0	778,90	778,9
	КЛ ААБ2Л-(3х25)	км	0,1	602,20	60,2
	Разом				10667,4
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	шт.	4	515,20	2060,8
	КЛ ААБ2Л-(3х50)	км	5,2	602,20	3131,4
	КЛ ААБ2Л-(3х25)	км	6	778,90	4673,4
	Разом				9865,6

Річні поточні витрати C обчислюються укрупнено на основі відсоткових норм амортизаційних H_a та експлуатаційних H_e відрахувань для визначення відповідних складових A та E :

$$C = A + E = \frac{K_i \cdot H_a}{100} + \frac{K_i \cdot H_e}{100}$$

Результати обчислень C_i за варіантами зведено в табл. 4.3..

Таблиця 4.3. Розрахунок поточних витрат.

№ вар.	Елемент схеми	Норми, %		Витрати, тис. грн.			
		H_a	H_e	K	A	E	C
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	15,0	5,0	4636,8	695,5	231,8	927,4
	Шафи КРУ з ТН	15,0	5,0	294,0	44,1	14,7	58,8
	Шафи КРУ з ТВП	15,0	5,0	389,0	58,4	19,5	77,8
	КЛ ААБ2л-(3х70)	5,0	5,0	4508,5	225,4	225,4	450,9
	КЛ ААБ2л-(3х50)	5,0	5,0	778,9	38,9	38,9	77,9
	КЛ ААБ2л-(3х25)	5,0	5,0	60,2	3,0	3,0	6,0
	Разом						1598,7
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	15,0	5,0	2060,8	309,1	103,0	412,2
	КЛ ААБ2л-(3х25)	5,0	5,0	3131,4	156,6	156,6	313,1
	КЛ ААБ2л-(3х50)	5,0	5,0	4673,4	233,7	233,7	467,3
	Разом						1192,6

1 Варіант. Вартість втрат електроенергії B обчислюється за чинними тарифами c_0 шляхом поетапного визначення навантажувальних втрат потужності $\Delta P_{н.кл}$ та енергії $\Delta E_{кл.н}$. Розглянемо розрахунок на прикладі КЛ1 (2):

$$\Delta P_{н.кл} = \Delta p_{кл} \cdot l \cdot k_3^2 = 44 \cdot 5 \cdot 0,57^2 = 71,8 \text{ кВт};$$

$$\Delta E_{кл.н} = \Delta P_{н.кл} \cdot \tau = 71,8 \cdot 3895,6 = 279704,7 \text{ кВт·год};$$

$$B = c_0 \cdot \Delta E_{кл.н} = 12,389 \cdot 279704,7 = 3465,3 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок вартості втрат в інших КЛ аналогічний приведену і представлений у табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Розрахунок річної вартості втрат електроенергії

№ вар	№ КЛ	Тип КЛ	Δp , кВт/км	k_3	l , м	ΔP , кВт	ΔE , кВт·год	B , тис. грн
1	1, 2	ААБ2л-(3х70)	44	0,57	5,00	71,80	279704,7	3465,3
		ААБ2л-(3х50)	44	0,53	1,00	12,52	48755,3	604,0
		ААБ2л-(3х25)	40	0,27	0,10	0,29	1137,1	14,1
Разом							329597,2	4083,4
2	КЛ	ААБ2л-(3х25)	40	0,27	5,20	15,2	59129,3	732,6
	КЛ	ААБ2л-(3х50)	44	0,53	6,00	88,0	342813	4247,1
Разом						103,2	401942,1	4979,7

1 Варіант. Очікувані економічні збитки внаслідок недоданої електроенергії із-за аварій:

$$З_1 = З_0 \cdot P_{\text{ср}} \cdot T_a = 132 \cdot 2099 \cdot 0,063 \cdot 10^{-3} = 17,5 \text{ тис. грн.};$$

де $P_{\text{ср}}$ – середньорічне активне навантаження групи підприємств:

$$P_{\text{ср}} = P_p \cdot T_m / 8760 = 3387,2 \cdot 5428,6 / 8760 = 2099 \text{ кВт};$$

T_a – середньорічна тривалість аварійних простоїв

$$T_a = k_a^{(2)} \cdot 8760 = 7,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8760 = 0,063 \text{ год};$$

$k_a^{(2)}$ – коефіцієнт аварійного простою 2-х КЛ

$$k_a^{(2)} = k_a^2 + 2 \cdot k_{\text{ап}} = (6,5 \cdot 10^{-4})^2 + 2 \cdot 3,44 \cdot 10^{-6} = 7,2 \cdot 10^{-6};$$

$k_{\text{ап}}$ – коефіцієнт імовірності накладання аварій

$$k_{\text{ап}} = 0,5 \cdot \lambda_a \cdot k_{\text{п}} = 0,5 \cdot 0,39 \cdot (4,2 \cdot 10^{-3})^2 = 3,44 \cdot 10^{-6};$$

λ_a – сумарний параметр потоку відмов однієї ланки:

$$\lambda_a = \sum n \cdot \lambda_{a,i} = n_p \cdot \lambda_{a,i} + \lambda_{a,\text{кл1}} + \lambda_{a,\text{кл3}} = 3 \cdot 0,05 + 0,02 + 0,04 = 0,39;$$

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт, враховує плановий простій однієї ланки:

$$k_{\text{п}} = 1,2 \cdot k_{\text{п.мах}} = 1,2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} = 4,2 \cdot 10^{-3};$$

k_a – коефіцієнт, що враховує аварійний простій однієї ланки:

$$k_a = \lambda_a \cdot T_b = 0,39 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3} = 6,5 \cdot 10^{-4};$$

T_b – середній час відновлення однієї ланки:

$$T_b = \frac{\sum \lambda_{a,i} \cdot T_{b,i}}{\lambda_a} = \frac{(3 \cdot 0,5 \cdot 0,4 + 0,2 \cdot 0,18 + 0,04 \cdot 0,35) \cdot 10^{-3}}{0,39} = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ год/рік}$$

Розрахунок збитків із-за недоданої електроенергії аналогічний розглянутому і приведений у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок збитків недоданої електроенергії

№ вар.	T_b , год/рік	K_a	$K_{\text{п}}$	λ_a , 1/рік	$K_{\text{ап}}$	$K_a^{(2)}$	T_a , год	$З$, тис. грн
I	$1,67 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	0,39	$3,44 \cdot 10^{-6}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$	0,063	17,5
II	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	0,29	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	0,05	13,8

Підсумкові дані техніко-економічного порівняння розглянутих схем наведено в табл. 4.6.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		46

Таблиця 4.6. Показники техніко-економічного порівняння варіантів електропостачання

Показники	Од. вим.	Варіант	
		1	2
Капіталовкладення	тис. грн.	10667,4	9865,6
Поточні витрати	тис. грн./рік	1598,7	1192,6
Вартість втрат електроенергії	тис. грн. / рік	4083,4	4979,7
Збитки від недоотпуску	тис. грн. / рік	17,5	13,8
Приведені витрати	тис. грн. /рі	6979,7	7370,0

Зіставлення отриманих результатів показує, що зведені витрати за першим варіантом є меншими:

$$ЗВ_1 = 6979,7 < ЗВ_2 = 7370,0 \text{ тис. грн.};$$

відповідно, він приймається до подальшого розгляду та опрацювання..

5 РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

5.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір ЗКРП у високовольтних та низьковольтних мережах

Сумарне споживання підприємствами, що приєднані до ЦРУ 10 кВ:
- активної потужності

$$P_{p.cym} = P_{n.cym} + \Delta P_{T.cym} = 3509,7 + 40 = 3549,7 \text{ кВт};$$

де $P_{n.cym}$ – сумарне навантаження на стороні НН ЦТП

$$P_{n.cym} = \sum P_{T.i} = 873 + 880,6 + 874,8 + 881,4 = 3509,7 \text{ кВт};$$

$\Delta P_{T.cym}$ – сумарні втрати активної потужності у трансформаторах ЦТП

$$\Delta P_{T.cym} = \sum \Delta P_{T.i} = 9,9 + 10,1 + 9,9 + 10,1 = 40 \text{ кВт};$$

- реактивної потужності:

$$Q_{p.cym} = Q_{n.cym} + \Delta Q_{T.cym} = 3793,5 + 235,2 = 4028,7 \text{ квар};$$

$Q_{n.cym}$ – навантаження на стороні НН ЦТП

$$Q_{n.cym} = \sum Q_{T.i} = 875,5 + 936,9 + 983,6 + 997,5 = 3793,5 \text{ квар};$$

$\Delta Q_{T.cym}$ – сумарні втрати реактивної потужності у трансформаторах ЦТП

$$\Delta Q_{T.cym} = \sum \Delta Q_{T.i} = 58,5 + 59 + 58,6 + 59,1 = 235,2 \text{ квар}.$$

Реактивна потужність, якою може забезпечити споживачів ЦРУ 10 кВ енергосистема:

$$Q_{e.cpy} = P_{p.cym} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{e.ec} = 3549,7 \cdot 0,15 = 532,5 \text{ квар}.$$

Мінімально необхідне число цехових трансформаторів для забезпечення споживачів ЦРУ електроенергією на стороні НН:

$$n_{\min} = P_{n.cym} / (k_3 \cdot S_{T.\text{ном}}) = 3509,8 / (0,699 \cdot 630) = 8,0 \text{ од}.$$

Реактивна потужність, що може бути передана через трансформатори ЦТП

$$Q_1 = \sqrt{(n \cdot S_{T.\text{ном}} \cdot k_3)^2 - P_n^2} = \sqrt{(8 \cdot 630 \cdot 0,699)^2 - 3509,8^2} = 304,7 \text{ квар}.$$

В якості пристроїв компенсації реактивної потужності на стороні 0,4 кВ і 10 кВ приймаємо конденсаторні установки.

					Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	

Необхідна потужність КУ в мережі НН (0,4 кВ):

$$Q_{\text{ку.0,4}} = Q_{\text{н.сум}} - Q_1 = 3793,5 - 304,7 = 3488,8 \text{ квар.}$$

Приймаємо до встановлення стандартні КУ 8х400, 2х75, 3х50 квар сумарною потужністю $Q_{\text{ку.04}} = 3500$ квар.

Остаточне значення Q_1 :

$$Q_1 = Q_{\text{н.сум}} - Q_{\text{ку.0,4}} = 3793,5 - 3500 = 293,5 \text{ квар.}$$

Необхідна потужність КУ в мережі ВН (10 кВ):

$$Q_{\text{ку.10}} = Q_{\text{р.сум}} - Q_{\text{ку.0,4}} - Q_{\text{е.цру}} = 4028,7 - 3500 - 532,5 = - 3,8 \approx 0 \text{ квар.}$$

Отже, на стороні 10 кВ ЦРУ КУ не встановлюються.

Розрахунок балансу реактивної потужності для споживачів, що отримують живлення від проєктованої ГЗП проводимо аналогічно, до приведенного вище прикладу:

$$P_{\text{р.сум}} = P_{\text{н.сум}} + \Delta P_{\text{т.сум}} = 3387,2 + 5250,9 + 59,7 = 8697,8 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{н.сум}} = \sum P_{\text{т.і}} = 868,7 + 437,2 + 1320,7 + 876,3 + 881,4 + 866,5 = 5250,9, \text{ кВт;}$$

$$\Delta P_{\text{т.сум}} = \sum \Delta P_{\text{т.і}} = 9,8 + 5,0 + 15,1 + 10 + 10,1 + 9,8 = 59,7 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{р.сум}} = Q_{\text{н.сум}} + \Delta Q_{\text{т.сум}} = 504,4 + 5554,5 + 351,8 = 6410,7 \text{ квар;}$$

$$Q_{\text{н.сум}} = \sum Q_{\text{т.і}} = 1052,9 + 347,5 + 1442,1 + 984,4 + 1102,7 + 624,9 = 5554,5 \text{ квар;}$$

$$\Delta Q_{\text{т.сум}} = \sum \Delta Q_{\text{т.і}} = 58,1 + 29,3 + 88,6 + 58,7 + 59,1 + 58 = 351,8 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{е.гзп}} = P_{\text{р}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{е.ес}} = 8697,8 \cdot 0,15 = 1304,7, \text{ квар.}$$

$$n_{\text{мін}} = P_{\text{н}} / (k_3 \cdot S_{\text{т.ном}}) = 5250,9 / (0,699 \cdot 630) = 12 \text{ од.}$$

$$Q_1 = \sqrt{(n \cdot S_{\text{т}} \cdot k_3)^2 - P_{\text{н}}^2} = \sqrt{(8 \cdot 630 \cdot 0,699)^2 - 5250,9^2} = 440,1 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{ку.0,4}} = Q_{\text{н.сум}} - Q_1 = 5554,5 - 440,1 = 5114,4 \text{ квар.}$$

Приймаємо до встановлення стандартні КУ 9х400, 1х300, 2х200, 1х150, 2х100, 5х75, 2х50 квар сумарною потужністю $Q_{\text{ку.0,4}} = 5125$ квар.

Остаточне значення Q_1 :

$$Q_1 = Q_{\text{н.сум}} - Q_{\text{ку.0,4}} = 5554,5 - 5125,0 = 429,5 \text{ квар.}$$

$$Q_{\text{ку.10}} = Q_{\text{р.сум}} - Q_{\text{ку.0,4}} - Q_{\text{е.гзп}} = 6410,7 - 5125 - 1304,7 = - 18,9 \approx 0 \text{ квар.}$$

Отже, на стороні 10 кВ ГЗП встановлення КУ також не потрібне.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		49

5.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування конденсаторних установок

Розміщення потужності КУ низької напруги залежить від багатьох факторів, і виконано наступним чином. Спочатку знаходиться реактивна потужність, яку необхідно компенсувати у мережі НН, наприклад, для ТП-8 (ЦРУ 10 кВ):

$$Q_1 = \sqrt{(n \cdot S_{\text{т.ном}} \cdot k_3)^2 - P_{\text{ном}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 630 \cdot 0,696)^2 - 873^2} = 83,6 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{ку.0,4}} = Q_{\text{н.тп-8}} - Q_1 = 875,5 - 83,6 = 792,2 \text{ квар.}$$

Приймаємо до встановлення на ТП-8 КУ сумарною потужністю 800 квар. Оскільки ТП-8, двотрансформаторна то вибираємо з каталогу дві КУ по 400 квар кожна: 2×КРМ-0,4-400-25-91.

Розрахунки для інших ЦТП проводяться аналогічним чином, результати розрахунків зведено до табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Вибір кількості, потужності та місця розташування КУ

№ ТП	$n_{\text{т.цтп}}$	$P_{\text{р}}$, кВт	$Q_{\text{р}}$, квар	Q_1 , квар	Q , квар	$n_{\text{ку}}$	Тип КУ	$\Sigma Q_{\text{ку}}$, квар
ЦРУ 10 кВ								
8	2	873,0	875,5	83,6	791,9	2	КРМ-0,4-400-25-71	800,0
9	2	880,6	936,9	49,7	887,2	2	КРМ-0,4-400-25-71	900,0
						2	КРМ-0,4-50-5-61	
10	2	874,8	983,6	112,7	870,9	2	КРМ-0,4-400-25-71	850,0
						1	КРМ-0,4-50-5-61	
11	2	881,4	997,5	32,0	965,5	2	КРМ-0,4-400-25-71	950,0
						2	КРМ-0,4-75-5-71	
Разом	8	3509,8	3793,5	278,0	3515,5			3500
ГЗП								
2	1	437,2	347,5	57,6	289,8	1	КРМ-0,4-300-25-71	300,0
1	2	868,7	1052,9	74,8	978,2	2	КРМ-0,4-400-25-71	975,0
						1	КРМ-0,4-100-10-61	
						1	КРМ-0,4-75-5-71	
4, 5	3	1320,7	1442,1	77,3	1364,8	3	КРМ-0,4-400-25-71	1350,0
						2	КРМ-0,4-75-5-71	
3	2	876,3	984,4	99,7	884,7	2	КРМ-0,4-400-25-71	900,0
						2	КРМ-0,4-50-5-71	
6	2	881,4	1102,7	33,1	1069,6	2	КРМ-0,4-400-25-71	1050,0
						1	КРМ-0,4-150-25-61	
						1	КРМ-0,4-100-10-61	
7	2	866,5	624,9	96,9	527,9	2	КРМ-0,4-200-25-51	550,0
						2	КРМ-0,4-75-5-71	
Разом	12	5250,9	5554,5	439,4	5115,1			5125

6 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

6.1 Вибір трансформаторів ГЗП

ГЗП виконуємо за двотрансформаторною схемою для гарантованого живлення всіх споживачів. Їхня потужність обирається із розрахунку, що в разі аварії трансформатор, який залишився в роботі, забезпечить потреби підприємств завдяки нормативному перевантаженню та тимчасовому незбитковому обмеженню живлення частини споживачів.

Номінальна потужність трансформаторів ГЗП:

$$S_{\text{т.ном}} \geq \frac{S_{\text{р}}}{n \cdot k_3} = \frac{8247,7}{2 \cdot 0,7} = 5891,2 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Отже, приймаємо до встановлення два трансформатори з номінальною потужністю 6,3 МВ·А. Їх максимальний коефіцієнт завантаження у номінальному режимі роботи:

$$k_3 = \frac{S_{\text{р.ГЗП}}}{n \cdot S_{\text{т.ном}}} = \frac{8247,7}{2 \cdot 6300} = 0,65.$$

Перевантажувальна здатність трансформаторів

$$1,4 \cdot S_{\text{ном}} \geq S_{\text{р}};$$

$$1,4 \cdot 6300 > 8247,7 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Отже, трансформатори ТМН-6300/35/10 задовольняють всім умовам вибору, тому приймаємо їх до подальшого розгляду.

6.2 Вибір кількості, потужності трансформаторів ЦТП

У мережі 10 кВ підприємств Помічнлянської промислової зони передбачено 11 цехових підстанцій (9-ть двотрансформаторних і 2-ві одотрансформаторні). Їхні параметри визначалися на основі розрахункового навантаження, категорії надійності, питомої густини навантаження, умов середовища, перевантажувальної здатності та наявності складського резерву.

Вибір здійснено за нормативними коефіцієнтами завантаження k_3 : 0,65–0,7 для двотрансформаторних ПС (переважно І категорія) та 0,7–0,8 для резервованих одотрансформаторних ПС (ІІ категорія). Загалом до встановлення прийнято 20 трансформаторів одиничною потужністю 630 кВА.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		51

Правильність рішення для ВСП «Локомотивне депо Помічна» підтверджено розрахунком за методом питомої густини навантаження:

$$n_t = \frac{S_p}{k_3 \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{2166,6}{0,7 \cdot 630} = 4,9 \approx 5 \text{ шт.}$$

Прийняті до установки трансформатори перевіряються за допустимими аварійними перевантаженнями:

$$S_{\text{т.ном}} \cdot k_{\text{п}} > S_{\text{пав.р}};$$

Вибір та перевірку трансформаторів для всіх ЦТП представлено у табл. 6.1.

6.3 Компонівка та місце розташування трансформаторних підстанцій

Оптимальне місце розташування ЦТП визначається величиною, характером розподілу електричних навантажень та загальним генеральним планом конкретного підприємства. Головний принцип проектування – максимальне наближення джерела живлення безпосередньо до споживачів (ЦЕН). Таке рішення дає змогу суттєво скоротити протяжність низьковольтних мереж (0,4 кВ), а отже мінімізувати втрати напруги та електроенергії в лініях.

За архітектурно-будівельним виконанням ЦТП проектується переважно як прибудовані до основних виробничих корпусів або вбудовані у них, розташовуючись у безпосередній близькості до найбільш енергоємного технологічного обладнання. Найбільш раціональним сучасним рішенням є застосування КТП внутрішнього або зовнішнього встановлення.

Просторове компонування кожної ТП розробляється індивідуально на основі таких технічних та експлуатаційних факторів:

- будівельні обмеження: конфігурація виробничих приміщень, наявність вільних площ та шляхів для транспортування обладнання;
- кліматичні умови: вплив навколишнього середовища (запиленість, вологість, хімічна активність) у зоні встановлення;
- охолодження: забезпечення ефективної природної або штучної вентиляції камер для підтримки нормального теплового режиму масляних трансформаторів (типу ТМГ);
- пожежна та електробезпека: облаштування вогнестійких перегородок (для відділення підстанції від основного виробництва), спеціальних оливоприймачів (для запобігання розтіканню оливи в разі аварії) та дверей, які обов'язково відчиняються назовні для безпечної евакуації персоналу.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		52

Таблиця 6.1. Вибір трансформаторів цехових ПС

№ ТП	Назва споживача	Категорія ЕП за безпечністю експлуатації	№, шт	S_p , кВт	$k_{3,д}$	$k_{3,ав}$	$S_{p,т}$, кВА	Кількість та тип трансформаторів, кВА	$k_{п}$	$S_{т,ном} \cdot k_{п} > S_{ав,р}$
	ПрАТ «Завод залізобетонних виробів»		3							
1		II		872,2	0,692	1,38	436,1	1хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 872,2
2		II, III		448,9	0,713	0,71	448,9	1хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 448,9
	ВСП «Локомотивне депо Помічна»		5							
3		II		897,9	0,713	1,43	449,0	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 897,9
4, 5		II, III		1323,9	0,701	1,05	441,3	2хТМГ-630/10/0,4 1хТМГ-630/10/0,4	1,4	1764,0 > 1323,9
	ВСП «Вагонне депо Помічна»		4							
6		II, III		883,0	0,701	1,40	441,5	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 883,0
7		II, III		869,7	0,690	1,38	434,9	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 869,7
	ПрАТ «Завод залізобетонних конструкцій»		2							
8		II, III		876,2	0,695	1,39	438,1	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 876,2
	ПАТ «Помічнянський елеватор»		6							
9		II, III		881,4	0,699	1,40	440,7	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 881,4
10		II, III		884,9	0,702	1,40	442,5	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 884,9
11		II, III		882,7	0,701	1,40	441,4	2хТМГ-630/10/0,4	1,4	882,0 > 882,7

7 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК І СИЛОВИХ МЕРЕЖ

7.1 Розрахунок струмів КЗ

Розрахунок струмів КЗ виконано у відносних базисних одиницях. Детальний хід обчислень розглянуто на прикладі однієї магістральної лінії, а результати для решти ділянок мережі визначені аналогічно та зведені до табл. 7.1.

Для виконання розрахунку приймаємо базисні величини напруг: $U_{\text{бІ}} = 36,8 \text{ кВ}$, $U_{\text{бІІ}} = 10,5 \text{ кВ}$ а також базисна потужність $S_{\text{б}} = 500 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ відповідно до яких шукані базисні струми становитимуть:

$$I_{\text{бІ}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{бІ}}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 36,8} = 7,8 \text{ кА};$$

$$I_{\text{бІІ}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{бІІ}}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,5 \text{ кА}.$$

Параметри схеми заміщення СЕП (рис. 7.2):

- опір системи

$$x_{\text{с*}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}I_{\text{КЗ.с.мак}} \cdot U_{\text{ср}}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 4,7 \cdot 36,8} = 1,67 \text{ в.о.};$$

- трансформатора ГЗП:

$$r_{\text{т*}} = \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ}}^2} = 0,0465 \cdot \frac{500}{6,3^2} = 0,59 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{т*}} = \frac{u_{\text{КЗ}}}{100\%} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{500}{6,3} = 5,95 \text{ в.о.};$$

- кабельних ліній:

КЛ-1

$$r_{\text{кл1*}} = r_0 \cdot l_{\text{кл1}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,258 \cdot 0,35 \cdot \frac{500}{36,8^2} = 0,033 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{кл1*}} = x_0 \cdot l_{\text{кл1}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,126 \cdot 0,35 \cdot \frac{500}{36,8^2} = 0,016 \text{ в.о.};$$

КЛ-15:

$$r_{\text{кл15*}} = r_0 \cdot l_{\text{кл15}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,443 \cdot 2,6 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 5,22 \text{ в.о.};$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		54

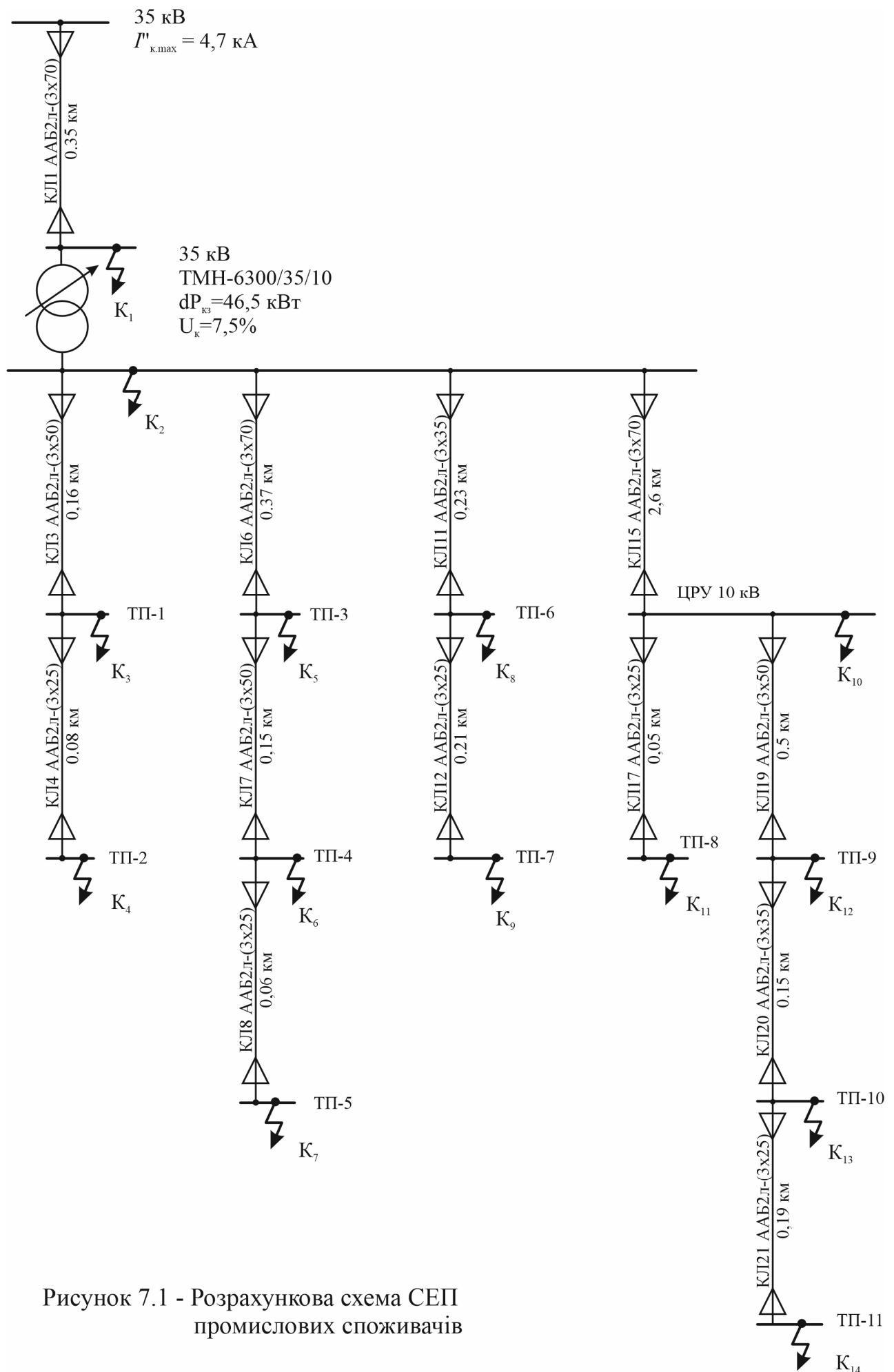


Рисунок 7.1 - Розрахункова схема СЕП
 промислових споживачів

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		55

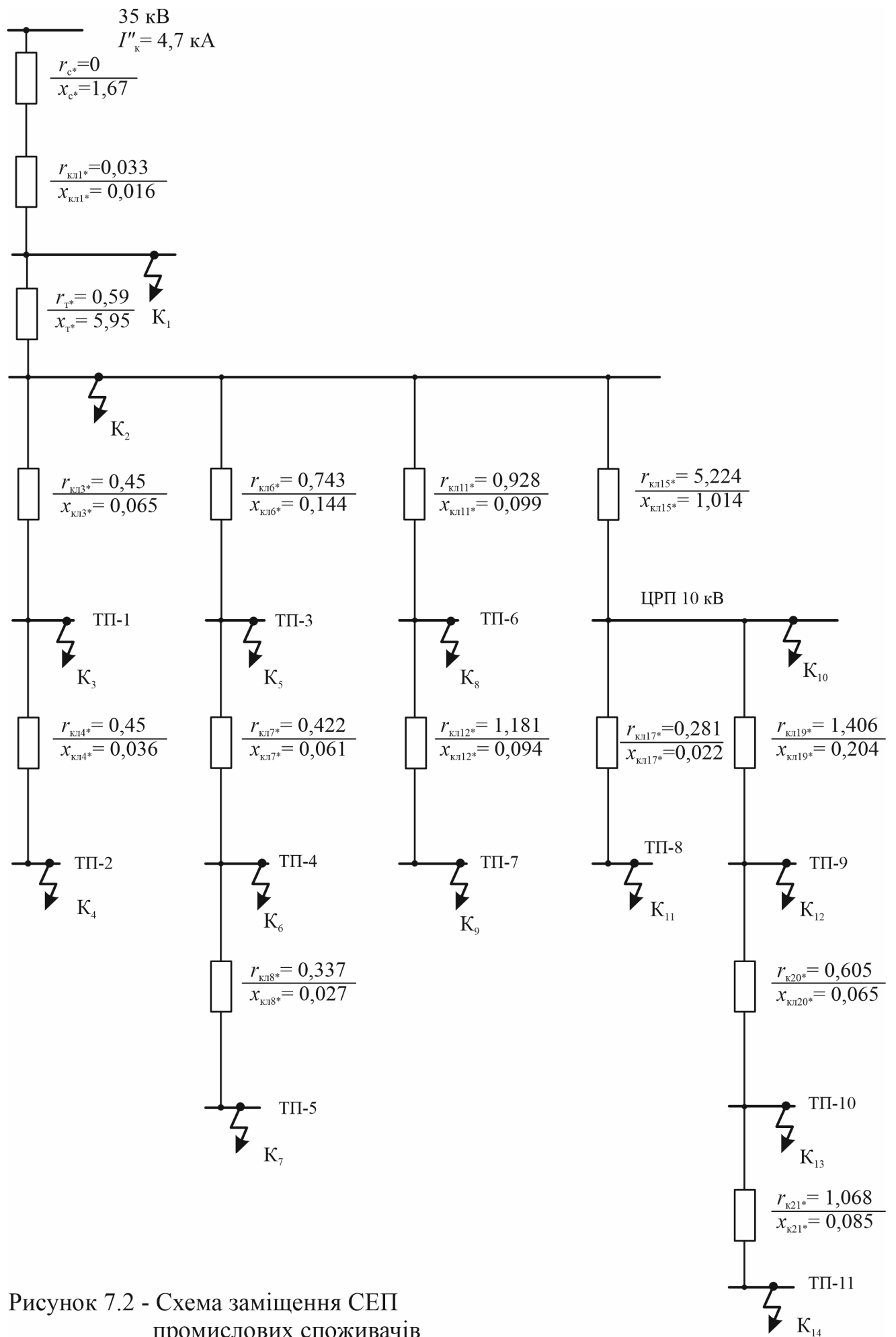


Рисунок 7.2 - Схема заміщення СЕП
 промислових споживачів

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	
					56

$$x_{\text{кл15}*} = x_0 \cdot l_{\text{кл15}} \cdot \frac{S_6}{U_{\text{cp}}^2} = 0,086 \cdot 2,6 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 1,014 \text{ в.о.};$$

Результуючий опір у колі точки КЗ:

- точка К₁:

$$r_{\text{рез1}*} = r_{\text{с}*} + r_{\text{кл1}*} = 0 + 0,033 = 0,033 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез1}*} = x_{\text{с}*} + x_{\text{кл1}*} = 1,67 + 0,016 = 1,685 \text{ в.о.};$$

$$z_{\text{рез1}*} = \sqrt{r_{\text{рез1}*}^2 + x_{\text{рез1}*}^2} = \sqrt{0,033^2 + 1,685^2} = 1,686 \text{ в.о.};$$

- точка К₂:

$$r_{\text{рез2}} = r_{\text{рез1}} + r_{\text{т}*} = 0,033 + 0,59 = 0,619 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез2}*} = x_{\text{рез1}*} + x_{\text{т}*} = 1,686 + 5,95 = 7,638 \text{ в.о.};$$

$$z_{\text{рез2}*} = \sqrt{r_{\text{рез2}*}^2 + x_{\text{рез2}*}^2} = \sqrt{0,619^2 + 7,638^2} = 7,663 \text{ в.о.};$$

- точка К₁₀:

$$r_{\text{рез10}*} = r_{\text{рез2}*} + r_{\text{кл15}*} = 0,619 + 5,22 = 5,843 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез10}*} = x_{\text{рез2}*} + x_{\text{кл15}} = 7,638 + 1,014 = 8,652 \text{ в.о.};$$

$$z_{\text{рез10}*} = \sqrt{r_{\text{рез10}*}^2 + x_{\text{рез10}*}^2} = \sqrt{5,843^2 + 8,652^2} = 10,44 \text{ в.о.};$$

Ударні коефіцієнти:

$$k_{y1} = 1 + e^{(-0,01/T_{a1})} = 1 + e^{(-0,01/0,161)} = 1,94;$$

$$k_{y2} = 1 + e^{(-0,01/T_{a2})} = 1 + e^{(-0,01/0,0032)} = 1,044;$$

$$k_{y10} = 1 + e^{(-0,01/T_{a10})} = 1 + e^{(-0,01/0,0026)} = 1,021;$$

де T_a – час затухання аперіодичної складової струму КЗ:

$$T_{a1} = \frac{x_{\text{рез1}}}{\omega \cdot r_{\text{рез1}}} = \frac{1,686}{314,16 \cdot 0,033} = 0,161 \text{ с};$$

$$T_{a2} = \frac{x_{\text{рез2}}}{\omega \cdot r_{\text{рез2}}} = \frac{7,638}{314,16 \cdot 0,619} = 0,0032 \text{ с};$$

$$T_{a10} = \frac{x_{\text{рез10}}}{\omega \cdot r_{\text{рез10}}} = \frac{8,652}{314,16 \cdot 5,843} = 0,0026 \text{ с}.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		57

Надперехідний струм створюваний системою:

$$I_1'' = \frac{E_* \cdot I_{6I}}{z_{рез1*}} = \frac{1 \cdot 15,7}{2,709} = 5,8 \text{ кА};$$

$$I_2'' = \frac{E_* \cdot I_{6II}}{z_{рез2*}} = \frac{1 \cdot 27,5}{7,663} = 3,59 \text{ кА};$$

$$I_{10}'' = \frac{E_* \cdot I_{6II}}{z_{рез10*}} = \frac{1 \cdot 27,5}{10,44} = 2,63 \text{ кА};$$

Ударні струми створювані системою:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} k_{уд1} \cdot I_1'' = \sqrt{2} \cdot 1,94 \cdot 5,8 = 12,77 \text{ кА};$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} k_{уд2} \cdot I_2'' = \sqrt{2} \cdot 1,044 \cdot 3,59 = 5,29 \text{ кА};$$

$$i_{уд10} = \sqrt{2} k_{уд10} \cdot I_{10}'' = \sqrt{2} \cdot 1,021 \cdot 2,63 = 3,81 \text{ кА}.$$

Таблиця 7.1. Розрахунок струмів КЗ у мережах промислових споживачів

Точка КЗ	Параметри схеми заміщення								Параметри струму КЗ			
	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	l , км	$r_{кл}$, В.О.	$x_{кл}$, В.О.	$r_{рез}$, В.О.	$x_{рез}$, В.О.	$z_{рез}$, В.О.	T_a , с	k_y	I'' , кА	$i_{уд}$, кА
К ₁	0,258	0,126	0,350	0,033	0,016	0,033	1,685	1,686	0,1610	1,940	4,65	12,77
К ₂						0,619	7,638	7,663	0,0032	1,043	3,59	5,29
К ₃	0,62	0,09	0,160	0,450	0,065	1,069	7,703	7,777	0,0032	1,042	3,54	5,21
К ₄	1,24	0,099	0,080	0,450	0,036	1,519	7,739	7,887	0,0031	1,041	3,49	5,13
К ₅	0,443	0,086	0,370	0,743	0,144	1,362	7,782	7,900	0,0031	1,041	3,48	5,12
К ₆	0,62	0,09	0,150	0,422	0,061	1,784	7,843	8,044	0,0031	1,040	3,42	5,03
К ₇	1,24	0,099	0,060	0,337	0,027	2,122	7,870	8,151	0,0031	1,039	3,37	4,95
К ₈	0,89	0,095	0,230	0,928	0,099	3,050	7,969	8,533	0,0030	1,035	3,22	4,71
К ₉	1,24	0,099	0,210	1,181	0,094	4,231	8,064	9,106	0,0028	1,029	3,02	4,39
К ₁₀	0,443	0,086	2,600	5,224	1,014	5,843	8,652	10,440	0,0026	1,023	2,63	3,81
К ₁₁	1,24	0,099	0,050	0,281	0,022	6,124	8,674	10,618	0,0026	1,021	2,59	3,74
К ₁₂	0,62	0,09	0,500	1,406	0,204	7,530	8,878	11,641	0,0024	1,016	2,36	3,39
К ₁₃	0,89	0,095	0,150	0,605	0,065	8,135	8,943	12,090	0,0024	1,014	2,27	3,26
К ₁₄	1,24	0,099	0,190	1,068	0,085	9,204	9,028	12,893	0,0022	1,011	2,13	3,05

7.2 Вибір кабельних ліній

Розглянемо детально вибір КЛ-1, КЛ-2 35 кВ по яких отримує живлення ГЗП.
Розрахунковий струм у КЛ-1, КЛ-2:

- нормальний режим

$$I_{\text{кл-1.р}} = \frac{S_{\text{р}}}{n\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{8386,8}{2\sqrt{3} \cdot 10,5} = 65,8 \text{ А};$$

- післяаварійний режим

$$I_{\text{кл-1.п.ав}} = 2I_{\text{кл-1.р}} = 2 \cdot 64,8 = 131,6 \text{ А}$$

Попередньо приймаємо до розгляду кабель АОСБ-(3х120) з $I_{\text{доп}} = 225 \text{ А}$.

Фактична пропускна здатність кабельної лінії у нормальному режимі оцінюється з урахуванням коригувального коефіцієнта $k_{\text{с.з}}$ на сумісне прокладання двох кабелів у спільній траншеї:

$$I'_{\text{доп}} = k_{\text{с.з}} \cdot I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 225 = 207,0 \text{ А}.$$

Коефіцієнт завантаження КЛ за нормального режима

$$k_3 = \frac{I_{\text{р}}}{I'_{\text{доп}}} = \frac{64,8}{193,2} = 0,34.$$

У післяаварійному режимі (за умови виходу з ладу одного ланцюга) резервна лінія гарантовано забезпечує живлення електроприймачів без перевантаження:

$$I'_{\text{доп}} = 207,05 > I_{\text{кл-1.п.ав}} = 131,6 \text{ А}.$$

Мінімальна площа перерізу струмопровідної жили кабелю, за критерієм термічної стійкості:

$$F_{\text{min}} = \frac{1}{C} \sqrt{B_{\text{к}}} = \frac{1}{70} \cdot \sqrt{71,13} \cdot 1000 = 120,5 \text{ мм}^2;$$

де $B_{\text{к}}$ – тепловий імпульс струму КЗ

$$B_{\text{к}} = I^2 \cdot (t_{\text{в}} + T_{\text{а}}) = 4,7^2 \cdot (3,2 + 0,02) = 71,13 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Перевірка:

$$F_{\text{min}} = 120,5 \approx F_{\text{кл}} = 120 \text{ мм}^2.$$

За підсумками комплексної перевірки кабель АОСБ-(3х120) повністю задовольняє технічні умови та приймається до прокладання.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		59

Вибір решти КЛ 10 кВ виконано аналогічно, а результати представлено в табл. 7.2.

Мінімальні площі перерізу струмопровідних жил кабелів, за критерієм термічної стійкості:

- при підключенні до шин 10 кВ ГЗП:

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \cdot \sqrt{7,0} \cdot 1000 = 28,1 \text{ мм}^2;$$

$$B_k = I''^2 (t_b + T_a) = 3,59^2 (0,542 + 0,0032) = 7,0 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

- при підключенні до шин 10 кВ ЦРУ:

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \cdot \sqrt{3,76} \cdot 1000 = 20,6 \text{ мм}^2;$$

$$B_k = I''^2 \cdot (t_b + T_a) = 2,63^2 (0,542 + 0,0026) = 3,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Отже, приймаємо мінімальні перерізи КЛ, що підключаються до шин 10 кВ ГЗП та ЦРУ 25 мм².

Таблиця 7.2. Вибір КЛ

№ КЛ	№ ЕП	l, км	I _p , А	Тип КЛ	I _{доп} , А	k _{с.з}	I' _{доп} , А	k _з	k _{д.ав.п}	k _{ап}	I _{ав} < I _{д.ав} , А
КЛ1, 2	ГЗП	0,350	64,8	АОСБ-(3х120)	225	0,92	193,2	0,34	1,0	2,0	129,6 < 258,8
КЛ3	ТП-1	0,160	49,7	ААБ2Л-(3х50)	134	0,92	128,8	0,39	1,25	1,5	74,5 < 154,1
КЛ4	ТП-2	0,080	24,7	ААБ2Л-(3х25)	91	1,00	90,0	0,27	1,25	1,0	24,7 < 113,8
КЛ5	ТП-1	0,160	24,5	ААБ2Л-(3х25)	91	0,92	82,8	0,30	1,25	2,0	48,9 < 104,7
КЛ6	ТП-3	0,370	75,1	ААБ2Л-(3х70)	162	0,92	151,8	0,49	1,25	2,4	180,2 < 186,3
КЛ7	ТП-4	0,150	52,0	ААБ2Л-(3х50)	134	0,92	128,8	0,40	1,25	2,0	104,1 < 154,1
КЛ8	ТП-5	0,060	24,7	ААБ2Л-(3х25)	91	1,00	90,0	0,27	1,25	1,0	24,7 < 113,8
КЛ9	ТП-3	0,370	53,5	ААБ2Л-(3х50)	134	0,92	128,8	0,42	1,25	2,0	107,0 < 154,1
КЛ10	ТП-4	0,150	29,5	ААБ2Л-(3х25)	91	0,92	82,8	0,36	1,25	2,0	59,0 < 104,7
КЛ11, 13	ТП-6	0,230	45,6	ААБ2Л-(3х35)	110	0,92	105,8	0,43	1,25	2,0	91,2 < 126,5
КЛ12, 14	ТП-7	0,210	24,4	ААБ2Л-(3х25)	91	0,92	82,8	0,29	1,25	2,0	48,8 < 104,7
КЛ15, 16	ЦРУ	2,600	94,3	ААБ2Л-(3х70)	162	0,92	151,8	0,62	1,35	2,0	188,5 < 201,2
КЛ17, 18	ТП-8	0,050	24,6	ААБ2Л-(3х25)	91	0,92	82,8	0,30	1,25	2,0	49,2 < 104,7
КЛ19, 22	ТП-9	0,500	71,5	ААБ2Л-(3х50)	134	0,92	128,8	0,55	1,25	2,0	142,9 < 154,1
КЛ20, 23	ТП-10	0,150	48,0	ААБ2Л-(3х35)	110	0,92	105,8	0,45	1,25	2,0	96,0 < 126,5
КЛ21, 24	ТП-11	0,190	24,7	ААБ2Л-(3х25)	91	0,92	82,8	0,30	1,25	2	49,4 < 104,7

7.3 Вибір високовольного електрообладнання

7.3.1 Вибір вимикачів

Попередньо вибираємо, у якості лінійного вимикача РУ 35 кВ ПС «Помічна-Тягова» та ввідного ВРУ 35 кВ ГЗП, вимикач ВР35НС-35-20/1600У1. Перевірка правильності вибору вимикача у табл. 7.3.

Таблиця 7.3. Вибір ввідного вимикача 35 кВ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{макс} = 36 \text{ кВ}$
$I_p = 65,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 1600 \text{ А}$
$I_{p.маx} = 131,6 \text{ А}$	$I_{ном} = 1600 \text{ А}$
$I_{п.т} \approx I'' = 4,7 \text{ кА}$	$I_{вим.ном} = 20 \text{ кА}$
$i_{ат} = 0,33 \text{ кА}$	$i_{а.ном} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{вим.н}}{100\%} = \sqrt{2} \cdot 0,25 \cdot 20 = 7,1 \text{ кА}$
$I'' = 4,7 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$
$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I'' = \sqrt{2} \cdot 1,7 \cdot 4,7 = 11,3 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$B_k = 71,13 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = I_{т.ном}^2 \cdot t_{m.н} = 20^2 \cdot 3 = 1200, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

де $i_{а.т}$ – аперіодична складова струму КЗ:

$$i_{а.т} = \sqrt{2} I'' e^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 4,7 \cdot e^{-0,06/0,02} = 0,33 \text{ кА};$$

τ – мінімальний проміжок часу від початку КЗ до розімкнення дугогасильних контактів:

$$\tau = t_{з.мин} + t_{в.ч} = 0,01 + 0,05 = 0,06 \text{ с};$$

t_b – повний час вимкнення вимикача:

$$t_b = t_{в.ч} + t_{рз.маx} = 0,05 + 3,2 = 3,25 \text{ с};$$

За результатами перевірки, попередньо обраний вимикач типу ВР35НС-35-20/1600У1 повністю задовольняє всі умови вибору. Відповідно, приймаємо його до встановлення як лінійний апарат на живлячій ПС ПС «Помічна-Тягова» та як ввідний – на проєктованій ГЗП.

Перевірка високовольних комутаційних апаратів для решти приєднань здійснена за аналогічно, а результати зведено до табл. 7.4.

Таблиця 7.4. Вибір ввідного вимикача ЗРУ 10 кВ ГЗП

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{уст}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{\text{мах}} = 12 \text{ кВ}$
$I_p = 226,8 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_{\text{па.р}} = 453,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_{\text{п.т}} \approx I'' = 3,6 \text{ кА}$	$I_{\text{вим.ном}} = 20 \text{ кА}$
$i_{\text{а.т}} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-\tau/T_a} =$ $= \sqrt{2} \cdot 3,6 e^{-0,052/0,0032} \approx 0 \text{ кА}$	$i_{\text{а.ном}} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{\text{вим.н}}}{100\%} = \frac{\sqrt{2} \cdot 30 \cdot 12,5}{100} = 5,3 \text{ кА}$
$I'' = 3,41 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}} = 5,0 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$B_k = I''^2 (t_{\text{в.в}} + T_a) =$ $= 3,6^2 (2,842 + 0,0032) = 36,3 \text{ кАс}^2$	$B_k = I_{\text{т.ном}}^2 \cdot t_{\text{т.ном}} = 12,5^2 \cdot 3 = 468,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

де I_p – розрахунковий струм на стороні 10 кВ ГЗП у нормальному режимі:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} n} = \frac{8247,7}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 2} = 226,8 \text{ А};$$

$I_{\text{п.р}}$ – струм вимикача у післяаварійному режимі

$$I_{\text{п.р}} = k_{\text{ап}} \cdot I_p = 2 \cdot 226,6 = 453,2 \text{ А};$$

комутаційні часові характеристики вимикача:

$$\tau = t_{\text{з.мін}} + t_{\text{в.ч}} = 0,01 + 0,042 = 0,052 \text{ с};$$

$$t_{\text{в.в}} = t_{\text{в.ч}} + t_{\text{рз.мах}} = 0,042 + 2,8 = 2,842 \text{ с}.$$

Таким чином, вимикач ВР1-10-20/630У2 задовольняє умови вибору та приймається до встановлення. Для решти вимикачів мережі 10 кВ також приймаємо електроапарати цього типу, оскільки їхні розрахункові параметри є меншими порівняно з ввідним вимикачем.

7.3.2 Вибір роз'єднувачів, вимикачів навантаження

Роз'єднувачі та вимикачі навантаження вибираються за тими самими умовами, що й вимикачі. При цьому для вимикача навантаження розрахунковим є струм форсованого режиму, а не струм КЗ. Попередньо приймаємо роз'єднувач РДЗ-2-35/1000УХЛ, результати вибору якого наведено в табл. 7.5.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		62

Таблиця 7.5. Вибір роз'єднувачів

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{дій}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{найб}} = 12 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 131,6 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 11,3 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.ном}} = 63 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = I''^2 (t_{\text{в}} + T_{\text{а}}) = 4,7^2 (3,25 + 0,02) = 72,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = I_{\text{т.ном}}^2 \cdot t_{\text{т.ном}} = 25^2 \cdot 1 = 625 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

За результатами перевірки до встановлення приймається роз'єднувач РДЗ-2-35/1000УХЛ.

Як вимикач навантаження попередньо обираємо апарат типу ВНР-10/400-10ЗУЗ. Результати його вибору наведені в табл. 7.6. При розрахунку термічного імпульсу прийнято середній час відключення запобіжником 0,008 с.

Таблиця 7.6. Вибір вимикача навантаження ВНР-10/400-10ЗУЗ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{дій}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{\text{max}} = 12 \text{ кВ}$
$I_{\text{р}} = 24,4 \text{ А}$	$I_{\text{відкл.ном}} = 400 \text{ А}$
$I_{\text{найб}} = k_{\text{ап}} \cdot I_{\text{р}} = 2 \cdot 24,4 = 48,8 \text{ А}$	$I_{\text{найб}} = 800 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 5,3 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.ном}} = 25 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = I''^2 \cdot (t_{\text{в}} + T_{\text{а}}) = 5,3^2 \cdot (0,008 + 0,0032) = 0,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = I_{\text{т.ном}}^2 \cdot t_{\text{т.ном}} = 10^2 \cdot 1 = 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

7.3.3. Вибір високовольтних запобіжників

Попередньо вибираємо, запобіжник ПКТ102-10-50-12,5УЗ з номінальним струмом патрона $I_{\text{патр.ном}} = 100 \text{ А}$ і струмом плавкої вставки $I_{\text{п.вс}} = 50 \text{ А}$. Перевірку відповідності умовам вибору проводимо у вигляді табл. 7.7.

Таблиця 7.7. Вибір запобіжника ПКТ102-10-50-12,5УЗ

Розрахункові параметри	Каталожні характеристики
$U_{\text{дій}} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{\text{найб}} = 12 \text{ кВ}$
$I_{\text{р}} = 24,4 \text{ А}$	$I_{\text{п.вс}} = 50 \text{ А}$
$I_{\text{найб}} = 48,8 \text{ А}$	$I_{\text{п.вс}} = 50 \text{ А}$
$I'' = 3,6 \text{ кА}$	$I_{\text{вим.ном}} = 12,5 \text{ кА}$

7.3.4. Вибір трансформаторів власних потреб

Головна знижувальна підстанція

Споживачі власних потреб мають відносно невелику встановлену потужність, тому їх електропостачання здійснюється від мережі 220/380 В через понижувальні ТВП.

Номінальну потужність ТВП потреб визначають за розрахунковим навантаженням з урахуванням коефіцієнтів завантаження та одночасності роботи електроприймачів.

Для ПС чи РУ 10 кВ, обладнаної двома ТПВ і такої, що експлуатується без постійного чергового персоналу, повинна виконуватися умова:

$$S_{\text{т.ном}} \geq S_{\text{р}};$$

Розрахунок навантаження власних потреб РП ГЗП наведено в табл. 7.8.

Таблиця 7.8. Навантаження власних потреб ГЗП

Вид споживача	Встановлена потужність, кВт		tgφ	Навантаження	
	одиниці	сумарна		$P_{\text{вст, кВт}}$	$Q_{\text{вст, квар}}$
Система охолодження силових трансформаторів ГЗП	2x1,5	3,0	0,62	3,0	1,9
Підігрів приводів роз'єднувачів ВРУ 35 кВ	6x0,6	3,6	0	3,6	0,0
Підігрів приводів вимикачів ВРУ 35 кВ	2x1,15	2,3	0	2,3	0,0
Освітлення території РУ 35 кВ	2,0	2,0	0	2,0	0,0
Підігрів шаф КРУ	0,6 x 16	9,6	0	9,6	0,0
Підігрів шаф РЗА	0,5 x 16	8,0	0	8,0	0,0
Опалення, освітлення ЗРУ	-	5,0	0	5,0	0,0
Споживання оперативними колами	-	2	0	2,0	0,0
Разом				35,5	1,9

Розрахункове навантаження ТВП ГЗП

$$S_{\text{р}} = k_{\text{с}} \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = 0,8 \sqrt{35,5^2 + 1,9^2} = 28,4 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

Отже, приймаємо до встановлення трансформатори типу ТМ-40/10:

$$S_{\text{т.ном}} = 40 > S_{\text{р}} = 28,4 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Аналогічним чином виконуємо вибір ТВП ЦРУ 10 кВ.

Таблиця 7.9. Навантаження власних потреб ЦРУ

Вид споживача	Установлена потужність, кВт		Навантаження
	одиниці	сумарна	$P_{\text{вст}}$, кВт
Опалення, освітлення ЗРУ	-	7	7,0
Підігрів шаф КРУ	0,6 x 12	7,2	7,2
Підігрів шаф РЗА	0,5 x 12	6,0	6,0
Споживання оперативними колами	-	2	2,0
Разом			22,2

Розрахункове навантаження ТПВ ЦРУ

$$S_p = k_c \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = 0,8 \sqrt{22,2^2 + 0^2} = 17,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Отже, приймаємо до встановлення трансформатори типу ТМ-25/10:

$$S_{\text{т.ном}} = 25 > S_p = 17,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

8 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО І ТЕХНІЧНОГО ОБЛІКУ

8.1 Мета та завдання впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії

В умовах функціонування сучасного ринку електричної енергії та постійного зростання тарифів на енергоносії, питання підвищення енергоефективності промислових підприємств набуває першорядного значення. Рациональне використання енергетичних ресурсів неможливе без організації їх достовірного, безперервного та точного вимірювання. Традиційні методи зняття показників вручну за допомогою візуального зчитування з простих електронних лічильників не здатні забезпечити необхідну оперативність і достовірність інформації. Такий підхід характеризується значним впливом людського фактора, відсутністю синхронності вимірів на різних приєднаннях та неможливістю оперативного виявлення втрат чи розкрадань [11].

Для усунення цих недоліків на сучасному етапі розвитку енергетики масово впроваджуються автоматизовані системи комерційного (АСКОЕ) та технічного (АСТОЕ) обліку електроенергії. Їх розгортання дозволяє підприємствам перейти на диференційовані за часом тарифи, що суттєво знижує фінансові витрати при споживанні електроенергії у години мінімального навантаження енергосистеми. Крім того, автоматизований облік забезпечує формування точних добових графіків навантажень, які розглядалися на попередніх етапах проєктування, що дає змогу оптимізувати режими роботи технологічного обладнання.

Головною метою створення автоматизованої системи обліку є забезпечення керівництва та енергетичних служб підприємства своєчасною, достовірною та легітимною інформацією щодо обсягів виробництва, постачання та споживання електричної енергії. На базі цієї інформації здійснюється комерційні розрахунки з постачальниками, зведення енергетичних балансів об'єкта, локалізація осередків підвищених технічних втрат, а також прогнозування електроспоживання на наступні розрахункові періоди.

Впровадження АСКОЕ є економічно доцільним кроком, оскільки автоматизація процесів збору даних знімає потребу в значному штаті контролерів, підвищує прозорість взаєморозрахунків та створює інструментальну базу для подальшої інтеграції підприємства в концепцію «розумних мереж» (Smart Grid).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		66

8.2 Вибір вимірювальних трансформаторів

Вимірювальні трансформатори струму (ТС) та напруги (ТН) виступають фундаментальною основою будь-якої автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Будучи первинними джерелами інформації, вони виконують функцію масштабного перетворення високих струмів і напруг до нормованих значень, безпечних для роботи мікропроцесорних лічильників, а також забезпечують надійну гальванічну розв'язку ланцюгів вимірювання від високовольтової мережі.

Достовірність, легітимність та комерційна цінність роботи всієї АСКОЕ безпосередньо залежить від правильності вибору цих апаратів. Слід розуміти, що загальна похибка вимірювального комплексу формується сумою похибок усіх його елементів. Навіть найсучасніший високоточний електронний лічильник не зможе компенсувати втрати даних, які генеруються на етапі первинного зняття аналогового сигналу. Помилки при розрахунку номінальних параметрів, неправильно підібраний коефіцієнт трансформації або занижений клас точності ТС і ТН неминуче призводять до систематичного недообліку або переобліку електроенергії [12]. У масштабах промислового підприємства це означає значні фінансові втрати та ризик виникнення комерційних суперечок із постачальником електроенергії.

Саме тому процедура вибору вимірювальних трансформаторів вимагає суворого дотримання нормативних вимог щодо класу точності (для цілей комерційного обліку приймається не нижче 0,5S), обов'язкової перевірки апаратів на електродинамічну та термічну стійкість в аварійних режимах короткого замикання, а також жорсткого контролю за тим, щоб фактичне навантаження вторинних кіл не перевищувало номінальну потужність вимірювальних обмоток.

8.2.1. Вибір трансформаторів струму

Методику вибору та перевірки вимірювальних трансформаторів струму (ТС) наведено на прикладі фідера 35 кВ РУ ПС «Помічна-Тягова», що забезпечує живлення ГЗП. Згідно з розрахунковими струмами навантаження, до встановлення попередньо приймається трансформатор типу ТФЗМ35А-І-150/5. Комплексну перевірку відповідності технічних характеристик обраного апарата режимам роботи мережі та вимогам комерційного обліку зведено до табл. 8.1.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		
						67

Таблиця 8.1. Вибір ТС (фідер 35 кВ РУ ПС «Помічна-Тягова»)

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_p = 65,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 150 \text{ А}$
$I_{p.max} = 131,6 \text{ А}$	$I_{ном} = 150 \text{ А}$
Клас точності 0,5S	0,5S
$i_{уд} = 11,3 \text{ кА}$	$i_{дин} = 31 \text{ кА}$
$B_k = 72,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = I_{н.т}^2 \cdot t_{м.н} = 5,8^2 \cdot 3 = 100,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_2 = 0,903 \text{ Ом}$	$Z_{2ном} = 2,0 \text{ Ом}$

Активний опір проводів, що з'єднують вторинне коло ТС зі струмовими колами приладів обліку та вимірювання:

$$r'_{пр} = Z_{2ном} - r_{прил} - r_k = 2,0 - 0,004 - 0,05 = 1,946 \text{ Ом};$$

де $r_{прил}$ – опір (навантаження), що споживають прилади приєднанні до ТС:

$$r_{прил} = S_{прил} / I_2^2 = 0,103 / 5^2 = 0,004, \text{ Ом};$$

Розрахунок споживаної приладами приведено у табл. 8.2.

Таблиця 8.2. Вторинне навантаження трансформатора струму

Прилад	Тип	Навантаження фази, В·А		
		А	В	С
Амперметр	Е-377	0,1	0,1	0,1
Лічильник електричної енергії	А1800	0,003	0,003	0,003
Підсумок		0,103	-	0,103

Використовуючи $r'_{пр}$ визначаємо площ з'єднувальних проводів:

$$s' = \frac{\rho \cdot l}{r_{пр}} = \frac{0,0175 \cdot 121}{1,946} = 1,09 \text{ мм}^2;$$

де l – фактична довжина з'єднувальних проводів у вторинному колі ТС

$$l = \sqrt{3} l_{роз} = \sqrt{3} \cdot 70 = 121 \text{ м};$$

$l_{роз}$ – розрахункова довжина з'єднувальних проводів, приймаємо 70 м.

За умовою міцності приймаємо $s = 2,5 \text{ мм}^2$, згідно [1].

Дійсний опір з'єднувальних проводів:

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l_{роз}}{s_{ст}} = \frac{0,0175 \cdot 121}{2,5} = 1,09 \text{ Ом};$$

					Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	

Дійсне вторинне навантаження ТС:

$$Z_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{прил}} + r_{\text{к}} = 0,85 + 0,004 + 0,05 = 0,903 \text{ Ом.}$$

Отже, трансформатор струму ТФЗМ35А-150/5 приймаємо до установки.

Вибір трансформаторів інших трансформаторів струму алогічний праведному і представлений у вигляді табл.8.3-8.5.

Таблиця 8.3. Потужність навантажень ТС

№ п/п	Місце установки приладів	Наванта-ження	Прилади обліку та вимірювання		Всього, В·А
			Лічильник А1800	Амперметр Е-377	
1	Ввід 10 кВ ГЗП	А	-	0,1	0,1
		В	-	-	-
		С		0,1	0,1
2	Шафа СВ	А	-	0,1	0,1
		В		-	-
		С	-	0,1	0,1
3	КЛ-3, КЛ-9, КЛ-11, КЛ-13	А	0,003	0,1	0,103
		В	-	-	-
		С	0,003	0,1	0,103
4	КЛ-6	А	0,003	0,1	0,103
		В	-	-	-
		С	0,003	0,1	0,103
5	КЛ-15, КЛ-16	А	0,003	0,1	0,103
		В	-	-	-
		С	0,003	0,1	0,103
6	Ввід ЦРУ	А	-	0,1	0,1
		В	-	-	-
		С	-	0,1	0,1
7	Шафа СВ ЦРУ	А	-	0,1	0,1
		В	-	-	-
		С	-	0,1	0,1
8	КЛ-19, КЛ-22	А	0,003	0,1	0,103
		В	-	-	-
		С	0,003	0,1	0,103
9	КЛ-17, КЛ-18	А	0,003	0,1	0,103
		В	-	-	-
		С	0,003	0,1	0,103

Таблиця 8.3 Розрахунок вторинного навантаження ТС

Призначення ТС	Розрахункові величини						
	$r_{\text{прил}}, \text{Ом}$	$r'_{\text{пр}}, \text{Ом}$	$s', \text{мм}^2$	$l_{\text{роз}}, \text{м}$	$l, \text{м}$	$r_{\text{пр}}, \text{Ом}$	$Z_2, \text{Ом}$
Ввід 10 кВ ГЗП, шафа СВ	0,004	1,946	0,093	6	10,4	0,073	0,127
КЛ-3, КЛ-9, КЛ-11, КЛ-13	0,004	1,946	0,062	4	7	0,048	0,103
КЛ-6	0,004	1,946	0,062	4	7	0,048	0,103
КЛ-15, КЛ-16	0,004	1,946	0,062	4	7	0,048	0,103
Шафа вводу ЦРУ, СВ ЦРУ	0,004	1,946	0,093	6	10,4	0,073	0,127
КЛ-19, КЛ-22	0,004	1,946	0,062	4	7	0,048	0,103
КЛ-17, КЛ-18	0,004	1,946	0,062	4	7	0,048	0,103

Таблиця 8.4. Вибір трансформаторів струму

Умова вибору	Од. вим.	Призначення ТС			
		Ввід 10 кВ ГЗП	Шафа СВ	КЛ-3, КЛ-9, КЛ-11, КЛ-13	КЛ-6
$U_{\text{уст}} < U_{\text{max}}$	кВ	$10,5 < 12$	$10,5 < 12$	$10,5 < 12$	$10,5 < 12$
$I_p < I_{\text{ном}}$	А	$226,8 < 600$	$226,8 < 300$	$49,7 < 75$	$75,1 < 150$
$I_{\text{ав}} < I_{\text{ном}}$	А	$453,2 < 600$	$226,8 < 300$	$74,5 < 75$	$150,2 < 150$
Клас точності	-	0,5S	0,5S	0,5S	0,5S
$i_{\text{уд}} < i_{\text{дин}}$	кА	$5,3 < 81$	$5,3 < 52$	$5,3 < 52$	$5,3 < 52$
$B_{\text{к.р}} < B_{\text{к.н}}$	$\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$36,3 < 31,5^2 \cdot 3 = 284$	$31,4 < 31,5^2 \cdot 3 = 284$	$3,6 < 10^2 \cdot 3 = 300$	
$Z_2 < Z_n$	Ом	$0,127 < 0,4$	$0,127 < 0,4$	$0,103 < 0,4$	
Тип ТС прийнятого до установки		ТЛК-10-1/600/5	ТЛК-10-1/300/5	ТЛК-10-1/75/5	ТЛК-10-1/150/5
					ТЛК-10-1/200/5

продовження табл. 8.5

Умова вибору	Од. вим.	Призначення ТС			
		Ввід ЦРУ	Секційна шафа ЦРУ	КЛ-19, КЛ-22	КЛ-17, КЛ-18
$U_{уст} < U_{max}$	кВ	$10,5 < 12$	$10,5 < 12$	$10,5 < 12$	$10,5 < 12$
$I_p < I_{ном}$	А	$94,2 < 200$	$94,2 < 100$	$71,5 < 150$	$24,6 < 50$
$I_{пав} < I_{ном}$	А	$188,4 < 200$	$94,2 < 100$	$142,9 < 150$	$49,2 < 50$
Клас точності	-	0,5S	0,5S	0,5S	0,5S
$i_{уд} < i_{дин}$	кА	$3,7 < 52$	$3,7 < 52$	$3,8 < 52$	$3,8 < 25$
$B_{к,р} < B_{к,н}$	кА ² ·с	$7,8 < 31,5^2 \cdot 3 = 284$	$5,22 < 10^2 \cdot 3 = 300$	$2,6 < 10^2 \cdot 3 = 300$	$2,6 < 4^2 \cdot 3 = 48$
$Z_2 < Z_{ном}$	Ом	$0,127 < 0,4$	$0,127 < 0,4$	$0,103 < 0,4$	$0,103 < 0,4$
Тип ТС прийнятого до установки		ТЛК-10-1/600/5	ТЛК-10-1/75/5	ТЛК-10-1/150/5	ТЛК-10-1/50/5

8.2.2. Вибір трансформаторів напруги

Мета вибору вимірювальних ТН базується на необхідності забезпечення стабільного живлення кіл напруги розрахункових лічильників із суворим дотриманням регламентованого класу точності. Головною умовою коректної роботи ТН у системі обліку є неперевищення фактичної потужності, яку споживають підключені прилади та з'єднувальні лінії, над номінальною потужністю вторинної обмотки трансформатора у класі точності 0,5.

Детальний розрахунок сумарного вторинного навантаження для підтвердження заявлених метрологічних характеристик наведено у табл. 8.6. Остаточні результати вибору типу ТН та перевірки його параметрів наведено у табл. 8.7.

Таблиця 8.6. Вторинне навантаження ТН

Місце установки	Прилад	Тип	S_1 , однієї обмотки В·А	Кількість обмоток	Кількість приладів	Загальна споживана потужність, В·А
ГЗП	Лічильник електроенергії	A1800	3,6	3	1	10,8
	Вольтметр	E377	2	1	1	2
	<i>Разом</i>					<i>12,8</i>
ЗРУ 10 кВ	Лічильник електроенергії	A1800	3,6	2	4	16
	Вольтметр	E377	2	1	1	2
	<i>Разом</i>					<i>28,8</i>
ЦРУ 10 кВ	Лічильник електроенергії	A1800	3,6	2	2	14,4
	Вольтметр	E377	2	1	1	2
	<i>Разом</i>					<i>16,4</i>

Таблиця 8.7. Вибір ТН

Місце установки	Тип	Умова вибору			
		$U_{уст} \leq U_{макс}$, кВ	Схема з'єднань обмоток	Клас точності	$S_p \leq S_n$
ГЗП	НАМІ-35-УХЛ1	36,8 = 40,5	1/1-0	0,5	12,8 < 360
ЗРУ 10 кВ	НАМІ-10-ІУЗ	10,5 < 12	Y ₀ /Y ₀ / Δ-0	0,5	28,8 < 200
ЦРУ 10 кВ	НАМІ-10-ІУЗ	10,5 < 12	Y ₀ /Y ₀ / Δ-0	0,5	16,4 < 200

8.3 Вибір багатофункціональних лічильників електроенергії та схем їх підключення

Основою побудови нижнього рівня АСКОЕ є правильне визначення точок комерційного та технічного обліку, а також підбір відповідних мікропроцесорних лічильників, які забезпечують необхідний клас точності, глибину збереження архівів та можливість інтеграції в єдину цифрову мережу.

Відповідно до структурної схеми електропостачання промислових споживачів, точки комерційного обліку розміщуються на межах балансової належності та у вузлах розподілу потужності між споживачами. Таким чином, передбачається встановлення розрахункових лічильників на наступних приєднаннях:

- відхідні фідери 35 кВ (КЛ-1, КЛ-2) на живлячій підстанції енергосистеми, що фіксують загальний обсяг електроенергії, отриманої від енергосистеми (ОСР);
- магістральні лінії 10 кВ, що відходять від шин ГЗП та безпосередньо живлять промислові підприємства;
- живлячі лінії 10 кВ, що відходять від шин ЦРУ 10 кВ і забезпечують живлення двох інших промислових підприємств.

Для оснащення зазначених точок комерційного обліку обрано трифазні багатофункціональні електронні лічильники серії Honeywell Alpha A1800. Вибір цього типу приладів зумовлений оптимальним співвідношенням капітальних витрат на їх придбання та високого рівня технічного функціоналу, який відповідає найсучаснішим вимогам до систем АСКОЕ.

Лічильники серії A1800 забезпечують:

- вимірювання активної та реактивної енергії у двох напрямках з високим класом точності (0,5S для активної енергії), що повністю задовольняє нормативні вимоги для об'єктів з такою пропускнуою здатністю;
- ведення глибоких графіків навантаження (профілів потужності) з програмованим інтервалом усереднення (зазвичай 30 хвилин), що критично важливо для розрахунків за тарифами, диференційованими за періодами часу;
- наявність вбудованих цифрових інтерфейсів (цифрова петля струму, RS-485 та оптичний порт), що дозволяє безперешкодно об'єднати прилади в єдину шину передачі даних на локальне УСПД середнього рівня;
- розширені функції моніторингу параметрів мережі (струми, напруги, коефіцієнт потужності по кожній фазі) та ведення журналу подій (фіксація спроб несанкціонованого доступу, провалів напруги тощо).

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		73

Враховуючи гнучку модульну архітектуру лінійки A1800, для інтеграції приладів у спроектовану систему АСКОЕ необхідно чітко визначити їхню апаратну специфікацію. З огляду на параметри вимірювальної мережі та потребу в цифрових інтерфейсах зв'язку, розгорнуте буквено-цифрове позначення обраної модифікації лічильника формується наступним чином: A1805RAL-P4GB-DW-4.

Організацію комерційного обліку на приєднаннях 35 кВ ГЗП реалізовано за допомогою триелементних лічильників Honeywell Alpha A1800. Оскільки мережа 35 кВ працює з ізольованою нейтраллю (трипровідна система), підключення приладів обліку здійснюється через вимірювальні трансформатори.

Відповідно до технічної документації заводу-виробника, для даної конфігурації первинних датчиків обрано схему включення триелементного лічильника в трипровідну мережу з 3-ма ТС, 3-ма ТН та заземленою фазою В вторинних кіл напруги (рис. 8.1).

Застосування повноцінного триелементного лічильника замість класичної двоелементної схеми Арона дозволяє мікропроцесору приладу безперервно аналізувати повну векторну діаграму струмів і напруг по всіх трьох фазах. Заземлена фаза В вторинної обмотки трансформаторів напруги підключається до клеми нейтралі лічильника, виступаючи опорним потенціалом. Це гарантує збереження найвищого класу точності комерційного обліку та коректну фіксацію пофазних параметрів навіть під час аварійних режимів, характерних для мереж з ізольованою нейтраллю (зокрема, при однофазних замиканнях на землю).

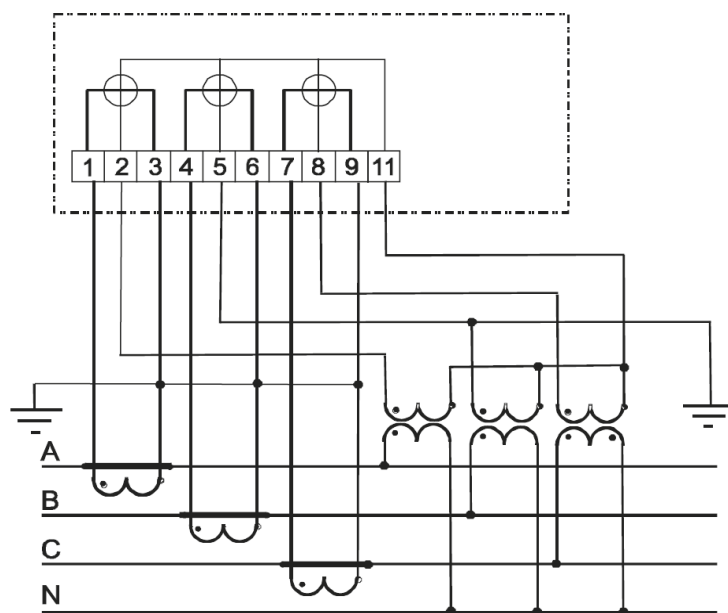


Рисунок 8.1 – Схема підключення 3-х елементного лічильника до 3-х провідної мережі з 3-ма ТН і заземленою фазою В [13]

Аналогічний підхід до організації комерційного обліку застосовано і на відхідних лініях 10 кВ (як від ГЗП, так і від ЦРУ), які забезпечують живлення промислових підприємств. Оскільки розподільні мережі 10 кВ також функціонують у режимі ізольованої нейтралі, для підключення приладів обліку обрано схему триелементного лічильника для трипровідної мережі з 3-ма ТС, 3-ма ТН та заземленою фазою В.

Використання ідентичної конфігурації вторинних кіл на різних рівнях напруги (35 кВ та 10 кВ) дозволяє уніфікувати апаратні рішення в межах АСКОЕ. Завдяки підключенню заземленої фази В до клеми нейтралі лічильника, мікропроцесор отримує стабільний опорний потенціал. Це забезпечує високу точність фіксації комерційних даних та дозволяє здійснювати повноцінний моніторинг параметрів електроенергії. Важливою перевагою такого рішення є те, що система обліку продовжує коректно працювати та накопичувати пофазні архіви вимірювань навіть у разі виникнення однофазних замикань на землю, які є досить поширеним ненормальним режимом у кабельних та повітряних розподільних мережах 10 кВ.

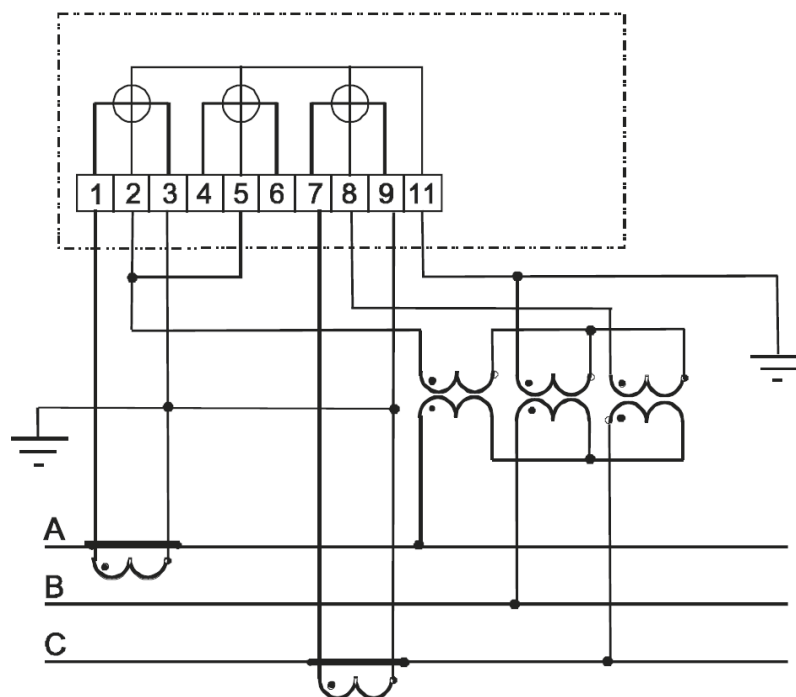


Рисунок 8.2 – Схема підключення 3-х елементного лічильника до 3-х провідної мережі з 3-ма ТН і заземленою фазою В [13]

Окрім комерційних розрахунків з енергопостачальною компанією та суміжними підприємствами, передбачено також впровадження системи технічного обліку (АСТОЕ) для контролю витрат електроенергії на власні потреби ГЗП та ЦРУ 10 кВ. Це необхідно для коректного зведення загального енергетичного балансу та точного розрахунку технологічних втрат у мережах підприємства.

З цією метою на стороні 0,4 кВ ТВП, встановлених як на ГЗП 35/10 кВ, так і в ЦРУ 10 кВ, передбачено встановлення електронних лічильників технічного обліку NIK 2303 ARPT.120.0.11. Вони також оснащуються модулями зв'язку RS-485 для синхронної передачі даних.

Організація технічного обліку на стороні 0,4 кВ ТВП має свої схемотехнічні особливості, зумовлені конфігурацією низьковольтної мережі. Для лічильників типу NIK 2303 ARPT.120.0.11, які обрані для виконання цих задач, застосовано схему підключення триелементного приладу до 4-х провідної мережі з глухозаземленою нейтраллю (рис. 8.3).

На відміну від високовольтних приєднань, у мережі 0,4 кВ фазні напруги подаються на вимірювальні клеми лічильника безпосередньо, без використання вимірювальних ТН. Струмові кола підключаються непрямым методом – через три вимірювальні трансформатори струму, встановлені у фазах А, В та С. Наявність робочого нульового провідника N у мережі, який безпосередньо заводиться на відповідну клему приладу, забезпечує коректне формування опорного потенціалу для вимірювальних елементів. Така конфігурація гарантує високу точність фіксації витрат електроенергії на власні потреби підстанцій навіть за умов значної несиметрії навантаження, що є характерним для внутрішньооб'єктних низьковольтних мереж.

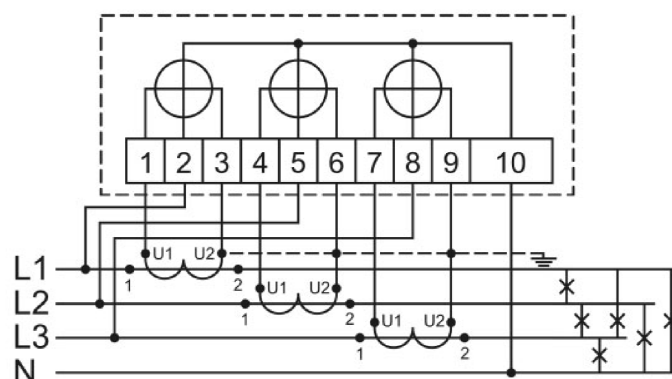


Рисунок 8.3 – Схема підключення 3-х елементного лічильника (NIK 2303 ARPT.120.0.11) у 4-ри провідну мережу з 3-ма ТС

8.4 Вибір архітектури АСКОЕ

Архітектура автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії може будуватися або шляхом розробки спеціалізованих рішень «з нуля», або на основі інтеграції існуючих компонентів. З огляду на економічну доцільність та уніфікацію, на практиці перевага надається інтеграції стандартних сертифікованих лічильників. Базуючись на цьому підході, можна виділити три типові конфігурації побудови системи:

1. Архітектура з ручним (періодичним) збором даних характеризується відсутністю постійного каналу зв'язку між лічильниками та центральним сервером (рис. 8.4). Прилади обліку локально об'єднуються цифровими інтерфейсами (наприклад, RS-485) і підключаються до пристрою-посередника. Збір інформації здійснюється періодично електротехнічним персоналом за допомогою портативного комп'ютера безпосередньо на об'єкті, після чого файли результатів завантажуються в центр збору даних. Головною перевагою АСКОЕ, побудованих за такою архітектурною схемою, є мінімальні капітальні витрати на її впровадження. Проте ця перевага повністю нівелюється суттєвими недоліками: низькою оперативністю оновлення інформації та високими трудовитратами на її збір. Це унеможливує застосування такої системи для завдань безперервного моніторингу енергоспоживання в режимі реального часу..

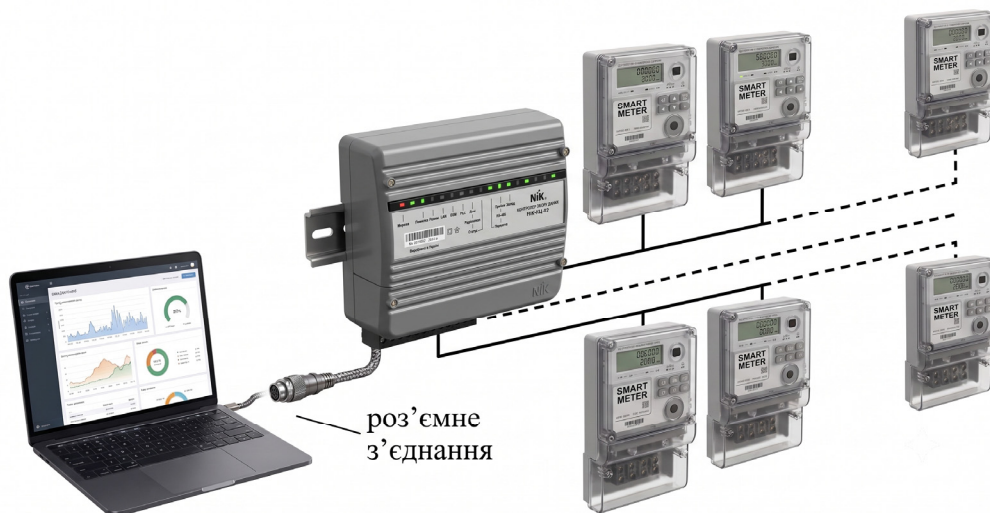


Рисунок 8.4 – Структурна схема АСКОЕ з безпосереднім зв'язком лічильників з ПЗПД

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		77

2. Архітектура з локальним збором і обробкою даних (однорівнева) предсатвлена на рис. 8.5. У цьому варіанті прилади обліку підтримують пряму комунікацію з єдиним центром збору та обробки даних (ЦЗОД) через виділені, комутовані або бездротові канали зв'язку. Збір даних здійснюється локальним сервером автоматично за розкладом. Хоча ця архітектура забезпечує базовий функціонал автоматизованого обліку, вона є вразливою: вихід з ладу сервера ЦЗОД призводить до повної зупинки системи, а пропускна здатність каналів зв'язку може стати «вузьким місцем» при розширенні системи.

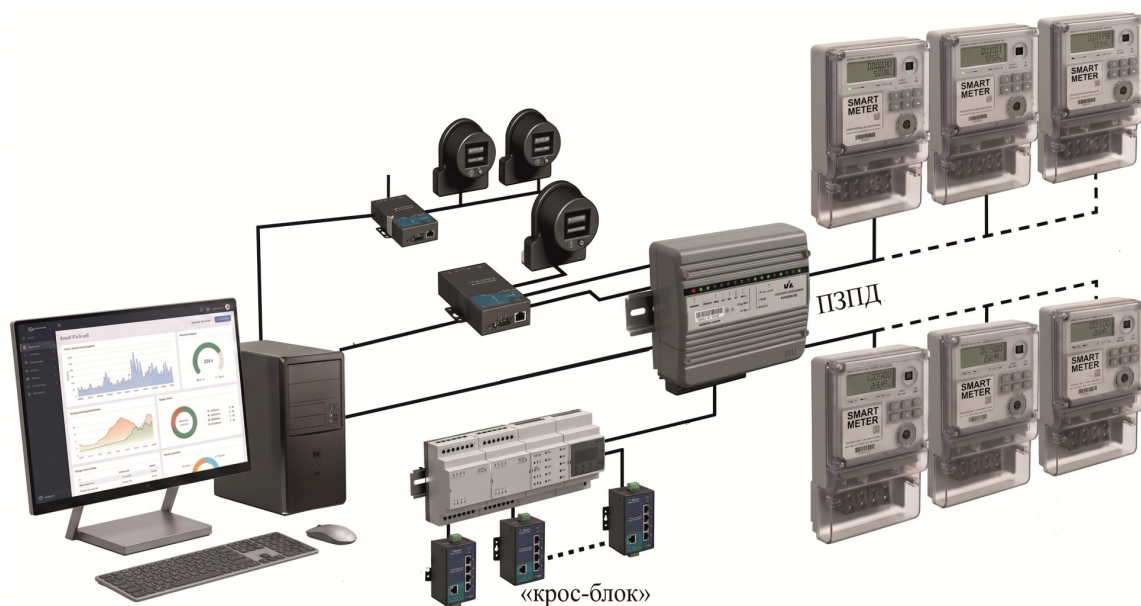


Рисунок 8.5 – Структурна схема АСКОЕ з локальним ЦЗОД

3. Ієрархічна (багаторівнева) архітектура є типовою для територіально розподілених об'єктів і передбачає кілька рівнів обробки даних (рис. 8.6). На першому рівні лічильники по локальних каналах зв'язку взаємодіють із серверами або контролерами/концентраторами. Ці пристрої здійснюють збір, первинну валідацію та локальне зберігання даних. Далі інформація передається на центральний сервер (другий рівень), який консолідує дані з усіх вузлів, здійснює їх комплексну обробку та довгострокове зберігання. Ця архітектура відрізняється високою надійністю: вихід з ладу одного вузла першого рівня не зупиняє роботу всієї системи.

Проаналізувавши наведені вище конфігурації, для організації комерційного та технічного обліку на розподільних вузлах підприємства приймається ієрархічна (багаторівнева) архітектура. Однорівнева або ручна системи не здатні забезпечити необхідну надійність та оперативність передачі комерційних даних для об'єкта такого масштабу.

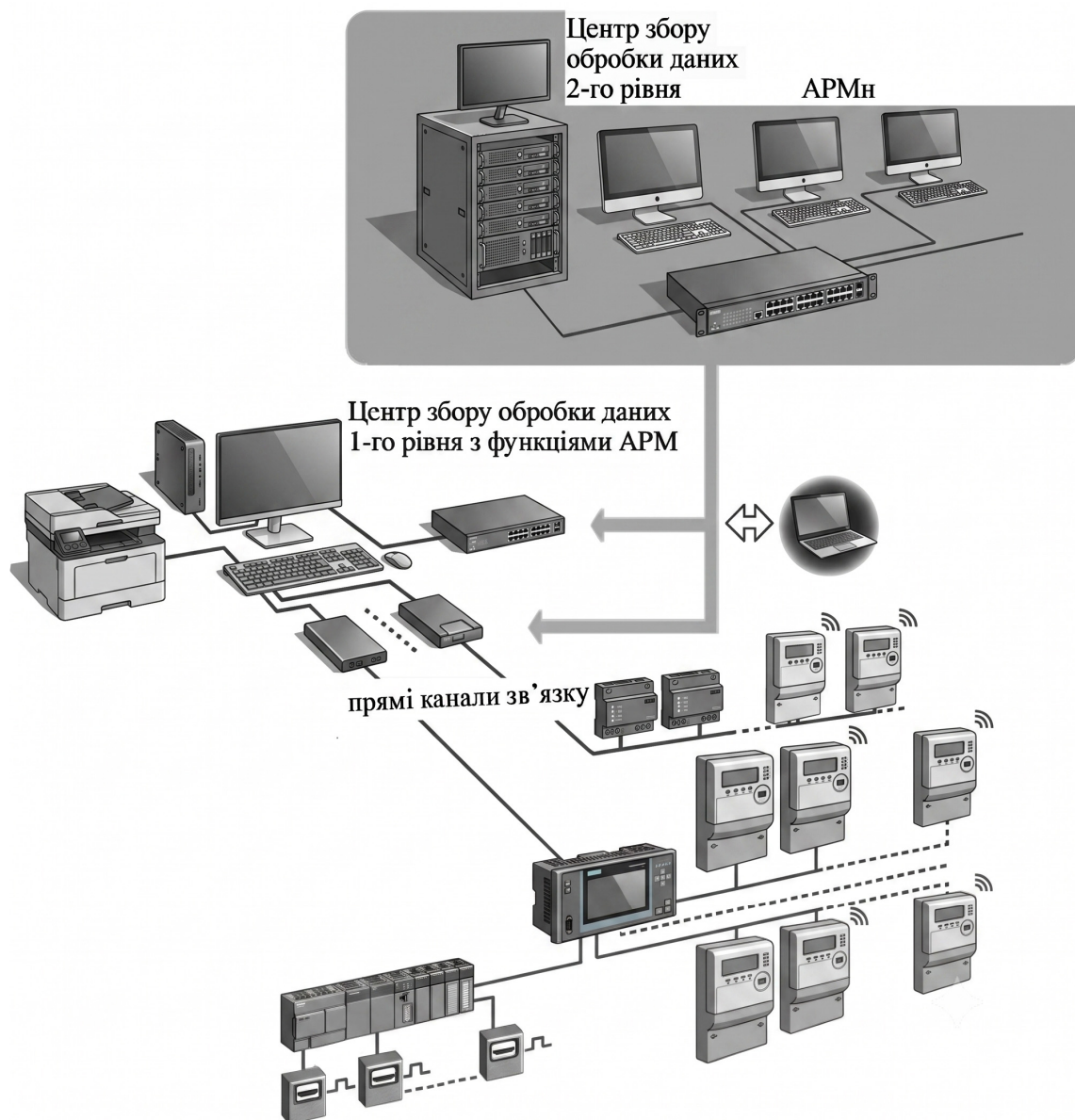


Рисунок 8.6. Структурна схема багаторівневої АСКОЕ

Ієрархічна структура дозволяє оптимально розподілити інформаційні потоки. Відповідно до цього рішення, роль ланки першого рівня відіграватиме устаткування збору і передачі даних (ПЗПД) – промислові контролери НІК-КЦ-02. Враховуючи територіальне рознесення, вузли першого рівня будуть локалізовані: один контролер встановлюється на ГЗП 35/10 кВ, а другий – на ЦРУ 10 кВ. Вони опитуватимуть лічильники по захищених коротких лініях RS-485, буферизуватимуть дані та здійснюватимуть їх первинну обробку.

Зв'язок між першим рівнем (УСПД) та другим рівнем (сервери підприємства та ОСР) буде реалізовано через бездротові 3G-канали. Це повністю відповідає принципам побудови сучасних багаторівневих АСКОЕ, забезпечуючи високу відмовостійкість, масштабованість та незалежність роботи окремих підстанцій.

8.5 Вибір пристрою збору та передачі даних

Для реалізації функцій середнього рівня АСКОЕ (збір, буферизація та передача даних) на вузлах ГЗП 35/10 кВ та ЦРУ 10 кВ обрано промислові контролери збору даних НІК-КЦ-02.

Контролер НІК-КЦ-02 є автономним пристроєм, який призначений для дистанційного збору, накопичення та передачі на сервер інформації про спожиту електричну енергію з однофазних та трифазних лічильників, що обладнані відповідними цифровими інтерфейсами. У розроблюваній АСКОЕ ці пристрої виступають головними локальними центрами, що акумулюють дані з комерційних лічильників Honeywell A1800 та приладів технічного обліку NIK 2303.

Вибір даного пристрою повністю задовольняє вимоги до сучасних систем обліку завдяки його високим апаратним можливостям:

- контролер оснащений потужним процесором ARM Cortex-A5 із частотою 536 МГц, що дозволяє йому одночасно та без затримок обслуговувати великі масиви даних. Максимальна кількість лічильників, що можуть бути підключені до одного контролера, становить до 1000 одиниць;
- пристрій має 512 МБ оперативної пам'яті та 512 МБ вбудованої енергонезалежної Flash-пам'яті. Це гарантує надійне збереження глибоких архівів (профілів навантаження, журналів подій) навіть у випадку тривалої втрати зв'язку із центральним сервером;
- базова конфігурація ПЗПД містить вбудовані інтерфейси RS-485, порти Ethernet та USB. Для зв'язку з верхнім рівнем контролер має вбудований GSM/GPRS-модем;
- прилад має ступінь захисту корпусу IP54 та розрахований на роботу в жорстких температурних умовах від -25 °С до +70 °С.

Інтеграція ПЗПД в АСКОЕ підприємства передбачає три основні блоки підключень (електричне живлення, нижній рівень та верхній рівень).

Згідно з вимогами виробника, контролер підключається до трифазної (або однофазної) мережі змінного струму від шин 0,4 кВ ТВП підстанції. Підключення фаз (А, В, С) та нейтралі (N) здійснюється кабелем з перерізом жил не менше 1,5 мм². Критично важливою умовою є підключення живлення виключно через автоматичний вимикач із номінальним струмом 2 А.

Збір даних з лічильників A1800 та NIK 2303 реалізується через напівдуплексний промисловий інтерфейс RS-485. Екранована кручена пара від шлейфа лічильників підключається до контактної колодки контролера (порти RS-485_1 або RS-485_2). Сигнальні жили підключаються до клем «1 - RS-485 А» та

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		80

«2 - RS-485 B», а экран кабелю — до клеми «3 - RS-485 GND» для забезпечення гальванічної розв'язки та захисту від завад.

Віддалене керування приладом та передача архівів на сервери ОСП і підприємства здійснюється через вбудований модем. Для цього у відповідний слот (SIM) на комутаційній панелі контролера встановлюється SIM-карта GSM-оператора (з обов'язковою підтримкою статичної IP-адреси, оскільки ПЗ контролера не працює з динамічними IP). До роз'єму GSM ANT підключається зовнішня виносна антена, яку для кращого рівня сигналу рекомендується вивести за межі металевої телекомунікаційної шафи.

На рис. 8.7 представлено типову структурну схему побудови системи обліку з використанням контролера НІК-КЦ-02. Конкретне технічне рішення та схема взаємодії елементів АСКОЕ для об'єктів промислової зони винесені до графічної частини кваліфікаційної роботи.



Рисунок 8.7 – Типова структурна схема АСКОЕ на базі НІК-КЦ-02

8.6 Вибір каналів зв'язку в АСКОЕ

Безперебійна та достовірна передача вимірювальної інформації є визначальним фактором працездатності будь-якої ієрархічної системи обліку. У спроектованій АСКОЕ комунікаційна інфраструктура повинна забезпечувати транспортування даних в умовах жорсткої електромагнітної обстановки, характерної для діючих підстанцій 35 кВ та 10 кВ.

Враховуючи обрану багаторівневу топологію системи, архітектура каналів зв'язку розділена на два чітко розмежовані сегменти: локальні мережі нижнього рівня (об'єктні шини) та глобальну мережу верхнього рівня (транспортні канали до серверів).

На нижньому рівні здійснюється збір інформації безпосередньо від первинних приладів обліку – комерційних лічильників Honeywell A1800 та лічильників технічного обліку НІК 2303. Для комунікації між цими пристроями та контролерами збору даних НІК-КЦ-02 обрано дотову магістраль на базі напівдуплексного промислового стандарту RS-485 (EIA-485).

8.5.1. Організація локальних мереж нижнього рівня

Вибір цього інтерфейсу має глибоке інженерне обґрунтування для енергетичних об'єктів:

- диференційний метод передачі: RS-485 передає сигнал у вигляді різниці потенціалів між двома провідниками, а не абсолютним рівнем напруги відносно землі. Оскільки потужне високовольтне обладнання (силові трансформатори, реактори, комутаційні апарати) генерує інтенсивні синфазні електромагнітні завади, вони наводяться на обидва провідники лінії зв'язку однаково. Диференційний приймач інтерфейсу ефективно віднімає ці завади, залишаючи лише чистий корисний сигнал.

- гальванічна розв'язка: Усі комунікаційні порти обраних лічильників та УСПД мають оптичну або трансформаторну розв'язку. Це унеможливорює протікання вирівнювальних струмів через інтерфейсні плати у разі виникнення різниці потенціалів між заземлювальними контурами ГЗП та ЦРУ.

- топологія системи: Спроектований розподіл на два незалежні вузли дозволив уникнути прокладання довгих комунікаційних ліній по території Помічнрянської промислової зони. Натомість створено дві локальні, короткі шини: одна об'єднує прилади в межах ГЗП, інша – в межах ЦРУ. Це радикально підвищує завадостійкість та загальну живучість системи обліку.

						Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

Як фізичне середовище для RS-485 застосовується спеціалізована екранована кручена пара (наприклад, LiYCY або аналогічний FTP/STP кабель) з хвильовим опором 120 Ом. Наявність суцільного мідного або фольгованого екрану, який обов'язково заземлюється з одного боку (як правило, зі сторони контролера), слугує додатковим бар'єром проти високочастотних імпульсних наведень під час оперативних перемикань у комірках 10 кВ та 35 кВ.

8.5.2. Організація каналів зв'язку верхнього рівня

Передача консолідованих архівів, профілів навантаження та журналів подій від двох локальних контролерів НІК-КЦ-02 на верхній рівень (сервери підприємств та сервер ОСР) здійснюється за допомогою бездротових каналів стільникового зв'язку (3G/LTE).

Застосування бездротових технологій у даному проєкті має низку технологічних та економічних переваг порівняно з дротовими рішеннями:

- оптимізація капітальних витрат. Прокладання власних оптоволоконних або мідних ліній зв'язку від територіально рознесених ГЗП та ЦРУ до центральної серверної потребує істотних капітальних витрат (земляні роботи, отримання дозволів, побудова кабельної каналізації). Використання існуючої інфраструктури мобільних операторів повністю усуває ці витрати;

- захист інформації. Оскільки каналами передається комерційна інформація, що має фінансову вартість, передача даних відбувається виключно через захищені віртуальні приватні мережі (VPN). Модеми формують зашифрований тунель безпосередньо до серверів ОСР, унеможливаючи перехоплення або фальсифікацію вимірювань;

- гнучкість маршрутизації. Бездротові термінали легко конфігуруються для паралельної передачі даних. Інформація для розрахунків за активну та реактивну енергію направляється на сервери енергокомпанії (ОСР), а повний дамپ параметрів (включно з технічним обліком від ТВП, векторами напруг і струмів) транслюється на автоматизоване робоче місце (АРМ) головного енергетика відповідного промислового підприємства.

Таким чином, використання екранованих інтерфейсів RS-485 гарантує безвідмовний локальний збір даних у зонах з високим рівнем електромагнітних завад, а бездротові технології 3G/LTE забезпечують надійну, безпечну та економічно обґрунтовану інтеграцію локальних вузлів ГЗП та ЦРУ в єдину інформаційну мережу АСКОЕ.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		83

ВИСНОВКИ

У роботі проведено проектування системи електропостачання промислових споживачів міста Помічна.

Визначення електричних навантажень по цехах промислових підприємств виконано за методом впорядкованих діаграм. Загальне розрахункове навантаження групи промислових споживачів отримано шляхом підсумовування потужностей на кожному ступені відповідних добових графіків, що дозволило встановити сумарне навантаження на шини 10 кВ ГЗП 35/10 кВ на рівні 8,1 МВт активної та 9,3 МВАр реактивної потужності.

На основі типових графіків з урахуванням сезонності та типу днів побудовано добові режими електроспоживання підприємств, за якими розраховано річні витрати активної енергії, час використання максимального навантаження та час максимальних втрат.

Розроблено та проаналізовано два варіанти схем внутрішнього електропостачання промислового вузла на напрузі 10 кВ: перший – зі спорудженням проміжного ЦРУ 10 кВ та застосуванням комбінованих радіально-магістральних схем, другий – із прямим живленням усіх підприємств безпосередньо від розподільного пристрою ГЗП.

За результатами техніко-економічного порівняння до впровадження прийнято 1-й варіант схеми електропостачання як найбільш раціональний та економічно обґрунтований.

За результатами аналізу режимів реактивної потужності обґрунтовано необхідність встановлення на цехових підстанціях 0,4 кВ компенсуючих пристроїв типу КРМ-0,4 потужністю від 50 до 400 квар.

ГЗП для промислових споживачів виконано за двотрансформаторною схемою, з встановленими трансформаторами ТМН-6300-35/10 кВ. Розподіл електроенергії підприємствами здійснюється за допомогою 11-ти цехових підстанцій (9-ть двотрансформаторних і 2 однострансформаторні) з апаратами ТМГ-630/10/0,4.

За результатами розрахунків струмів КЗ здійснено вибір і перевірку високовольтного комутаційного та захисного обладнання, вимірювальних трансформаторів струму, а також параметрів кабельних ліній 10 кВ.

Розроблено ієрархічну автоматизовану систему комерційного та технічного обліку електроенергії на базі ПЗПД НІК-КЦ-02 та вимірювальних приладів А1800 і НІК 2303. Впровадження цієї системи гарантує оперативний моніторинг режимів споживання, об'єктивний аналіз даних для прогнозування та ефективне виявлення резервів енергозбереження.

Загалом, усі прийняті в роботі рішення повністю відповідають чинним нормативним та техніко-економічним вимогам.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		
						84

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
2. Васи́лега П. О. Електропостачання: підручник. Суми: Сумський державний університет, 2019. 521 с.
3. Маліновський А. А. Основи електропостачання / А. А. Маліновський, Б. К. Хохулін. Львів: Видавництво Національного університет "Львівська політехніка", 2005.
4. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2011. 204 с.
5. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 153 с.
6. Перехідні процеси в системах електропостачання: / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. Харків: ТОВ «В справі», 2016. – 260 с.
7. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів./ Г. Г. Півняк, В. М. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен / За ред. Г. Г. Півняка. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002.
8. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський та ін. М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 274 с.
9. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. Вінниця: ВНТУ, 2009. 194 с.
10. Рожков П. П., Рожкова С. Е. Контроль та облік електричної енергії: конспект лекцій. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 107 с.
11. Коцар О. В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Дніпро Середняк Т. К., 2017. 44 с.
12. Козловський О. А., Бедерак Я. С., Орлович А. Ю. Методика контролю достовірності комерційного обліку електроенергії на автономному приєднанні трансформаторного вмикавання. Енергетика, Електроніка та Електромеханіка. № 5 (220). 2026. С. 25-44. doi: 10.20998/2313-8890.2026.05.03
13. Настанова з експлуатації. Багатофункціональний трифазний лічильник електричної енергії типу А1800. Honeywell. 44 с.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		85

ДОДАТКИ

Додаток А. Перелік умовних позначень, символів, одиниць

Розділ 2.1:

$P_{\text{сзм.}i}$ – сумарне середнє навантаження i -ї групи однотипних електроприймачів за пікову зміну, кВт;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт максимуму активного навантаження;

k – кількість електроприймачів арматурного цеху, шт.;

$Q_{\text{сзм.}i}$ – сумарне середнє навантаження i -ї групи однотипних електроприймачів за найбільш завантажену зміну, квар;

$P_{\text{вст.}i}$ – встановлена потужність i -го електроприймача цеху, кВт;

Розділ 2.2:

$F_{\text{ц}}$ – площа цеху, м²;

p_0 – питома активна потужність, що споживає освітлювальне навантаження, кВт/м²;

n – кількість поверхів виробничого цеху, будівлі, шт.;

k_1 – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в пускорегулювальній апаратурі світильника;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$\text{tg}\varphi$ – коефіцієнт потужності.

Розділ 2.3:

n – кількість трансформаторів;

$\Delta p_{\text{хх}}$ – втрати активної потужності в сталі трансформатора, кВт;

$\Delta p_{\text{кк}}$ – втрати активної потужності в обмотках трансформатора, кВт;

$i_{\text{хх}}$ – струм холостого ходу трансформатора, %;

$u_{\text{кз}}$ – напруга короткого замикання трансформатора, %;

$S_{\text{ном}}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА;

k_3 – коефіцієнт завантаження;

Розділ 2.4:

$n_{P(Q),i}$ – ордината, яка відповідає i -му ступеню відповідного графіка електричного навантаження, %;

Розділ 3:

n – кількість підприємств підключених до ЦРУ 10 кВ, ГЗП;

x_i та y_i – координати i -го підприємства на генеральному плані;

P_i – розрахункове навантаження.

Розділ 4:

- $k_{с.з}$ – коефіцієнт зниження навантаження, внаслідок прокладки двох кабельних ліній у одній траншеї;
- $k_{ап}$ – коефіцієнт аварійного перевантаження КЛ
- C – поточні витрати по передачі та розподілу електроенергії, грн./рік;
- E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;
- K – сумарні капіталовкладення в схему тис. грн.;
- B – вартість втрат електроенергії, грн./рік;
- Z – збитки від аварійної перерви в електропостачанні, які зумовлені рівнем надійності схеми, грн/рік;
- K_i – вартість елемента схеми i -го варіанту;
- c_0 – тариф на електроенергію, грн. / кВт·год;
- $\Delta p_{кл}$ – питомі втрати активної потужності у кабельних лініях при повному навантаженні, кВт/км;
- l – довжина кабельної лінії, км;
- $n_{ш}$ – кількість лінійних шаф 10 кВ;
- $\lambda_{а.ш}, \lambda_{а.кл}$ – параметри потоку відмов однієї ланки, 1/рік, відповідно, лінійної шафи, кабельної лінії;
- $I_{доп}$ – тривало допустиме струмове навантаження кабелю, А.

Розділ 5:

- $k_{п}$ – коефіцієнт аварійного перевантаження трансформаторів;
- $S_{па.р}$ – розрахункова потужність у післяаварійному режимі, кВА.

Розділ 7:

- x_0, r_0 – відповідно, питомий індуктивний та активний опори КЛ, Ом/км;
- E'' – надперехідна ЕРС, в.о.;
- $k_{с.з}$ – коефіцієнт зниження навантаження, внаслідок прокладки кількох КЛ у одній траншеї;
- $k_{ап}$ – коефіцієнт аварійного перевантаження КЛ на час ліквідації аварії;
- C – коефіцієнт, рівний 70, 100, $A \cdot c^{0.5}/mm^2$, відповідно, для КЛ -35 кВ, 10 кВ;
- t_b – час вимкнення струму КЗ, с;
- $t_{в.в}$ – власний час відключення вимикача, с;
- $t_{рз.мах}$ – максимальний час спрацювання релейного захисту;
- β – нормоване значення вмісту аперіодичної складової у відключаємому струмі;
- $I_{відкл.ном}$ – номінальний струм відключення, кА;
- $I_{найб}$ – найбільший струм відключення, кА;
- $k_{п}$ – коефіцієнт попиту;
- Z_2 – вторинне навантаження ТС;
- I_2 – вторинний номінальний струм ТС, А;
- ρ – питомий опір мідних проводів, Ом/м·мм²;
- r_k – опір контактних з'єднують у вимірювальному колі ТС, Ом;
- $S_{прил}$ – споживана приладами потужність, В·А.

Додаток Б. Розрахунок графіків електричних навантажень

Таблиця Б.1. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої зимової доби заводу з/б виробів

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{з.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.р.i}$, квар	$S_{з.р.i}$, кВА
1	0 – 1	78	1006,0	50	106,6	1011,7
2	1 – 2	83	1070,5	53	113,0	1076,5
3	2 – 3	75	967,3	56	119,4	974,7
4	3 – 4	87	1122,1	53	113,0	1127,8
5	4 – 5	79	1018,9	51	108,8	1024,7
6	5 – 6	84	1083,4	54	115,2	1089,5
7	6 – 7	86	1109,2	54	115,2	1115,2
8	7 – 8	80	1031,8	52	110,9	1037,8
9	8 – 9	89	1147,9	60	128,0	1155,0
10	9 – 10	93	1199,5	80	170,6	1211,6
11	10 – 11	95	1225,3	100	213,3	1243,7
12	11 – 12	93	1199,5	80	170,6	1211,6
13	12 – 13	90	1160,8	64	136,5	1168,8
14	13 – 14	92	1186,6	80	170,6	1198,8
15	14 – 15	97	1251,1	80	170,6	1262,7
16	15 – 16	90	1160,8	63	134,4	1168,6
17	16 – 17	94	1212,4	67	142,9	1220,8
18	17 – 18	100	1289,8	71	151,4	1298,7
19	18 – 19	97	1251,1	71	151,4	1260,2
20	19 – 20	100	1289,8	71	151,4	1298,7
21	20 – 21	97	1251,1	67	142,9	1259,2
22	21 – 22	96	1238,2	72	153,6	1247,7
23	22 – 23	93	1199,5	67	142,9	1208,0
24	23 – 24	94	1212,4	51	108,8	1217,3

Таблиця Б.2. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної зимової доби заводу з/б виробів

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i , %	$P_{з.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.в.i}$, квар	$S_{з.в.i}$, кВА
1	0 – 1	38	490,1	24	51,2	492,8
2	1 – 2	38	490,1	24	51,2	492,8
3	2 – 3	38	490,1	24	51,2	492,8
4	3 – 4	38	490,1	24	51,2	492,8
5	4 – 5	38	490,1	24	51,2	492,8
6	5 – 6	38	490,1	24	51,2	492,8
7	6 – 7	38	490,1	24	51,2	492,8
8	7 – 8	38	490,1	24	51,2	492,8
9	8 – 9	38	490,1	24	51,2	492,8
10	9 – 10	30	386,9	18	38,4	388,8
11	10 – 11	30	386,9	18	38,4	388,8
12	11 – 12	30	386,9	18	38,4	388,8
13	12 – 13	30	386,9	18	38,4	388,8
14	13 – 14	30	386,9	18	38,4	388,8
15	14 – 15	30	386,9	18	38,4	388,8
16	15 – 16	30	386,9	18	38,4	388,8
17	16 – 17	30	386,9	18	38,4	388,8
18	17 – 18	38	490,1	24	51,2	492,8
19	18 – 19	38	490,1	24	51,2	492,8
20	19 – 20	38	490,1	24	51,2	492,8
21	20 – 21	38	490,1	24	51,2	492,8
22	21 – 22	38	490,1	24	51,2	492,8
23	22 – 23	38	490,1	24	51,2	492,8
24	23 – 24	38	490,1	24	51,2	492,8

Таблиця Б.3. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої літньої доби заводу з/ виробів

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{л.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	78	855,1	40	72,5	858,2
2	1 – 2	84	920,9	43	78,0	924,2
3	2 – 3	71	778,4	46	83,4	782,8
4	3 – 4	80	877,1	53	96,1	882,3
5	4 – 5	80	877,1	51	92,5	881,9
6	5 – 6	82	899,0	54	97,9	904,3
7	6 – 7	86	942,8	54	97,9	947,9
8	7 – 8	80	877,1	50	90,6	881,7
9	8 – 9	90	986,7	60	108,8	992,7
10	9 – 10	90	986,7	75	136,0	996,0
11	10 – 11	95	1041,5	100	181,3	1057,2
12	11 – 12	93	1019,6	90	163,2	1032,6
13	12 – 13	90	986,7	50	90,6	990,8
14	13 – 14	90	986,7	70	126,9	994,8
15	14 – 15	97	1063,4	70	126,9	1071,0
16	15 – 16	88	964,8	68	123,3	972,6
17	16 – 17	92	1008,6	68	123,3	1016,1
18	17 – 18	100	1096,3	72	130,5	1104,1
19	18 – 19	100	1096,3	72	130,5	1104,1
20	19 – 20	97	1063,4	70	126,9	1071,0
21	20 – 21	96	1052,5	64	116,0	1058,8
22	21 – 22	93	1019,6	72	130,5	1027,9
23	22 – 23	93	1019,6	72	130,5	1027,9
24	23 – 24	84	920,9	54	97,9	926,1

Таблиця Б.4. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної літньої доби заводу з/б виробів

Номер інтервалу	Інтервал t , год	q_i^* , %	$P_{л.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.в.i}$, квар	$S_{л.в.i}$, кВА
1	0 – 1	34	372,7	22	39,9	374,9
2	1 – 2	34	372,7	22	39,9	374,9
3	2 – 3	34	372,7	22	39,9	374,9
4	3 – 4	34	372,7	22	39,9	374,9
5	4 – 5	34	372,7	22	39,9	374,9
6	5 – 6	34	372,7	22	39,9	374,9
7	6 – 7	34	372,7	22	39,9	374,9
8	7 – 8	25	274,1	16	29,0	275,6
9	8 – 9	25	274,1	16	29,0	275,6
10	9 – 10	25	274,1	16	29,0	275,6
11	10 – 11	25	274,1	16	29,0	275,6
12	11 – 12	25	274,1	16	29,0	275,6
13	12 – 13	25	274,1	16	29,0	275,6
14	13 – 14	25	274,1	16	29,0	275,6
15	14 – 15	25	274,1	16	29,0	275,6
16	15 – 16	25	274,1	16	29,0	275,6
17	16 – 17	25	274,1	16	29,0	275,6
18	17 – 18	25	274,1	16	29,0	275,6
19	18 – 19	34	372,7	22	39,9	374,9
20	19 – 20	34	372,7	22	39,9	374,9
21	20 – 21	34	372,7	22	39,9	374,9
22	21 – 22	34	372,7	22	39,9	374,9
23	22 – 23	34	372,7	22	39,9	374,9
24	23 – 24	34	372,7	22	39,9	374,9

Таблиця Б.5. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої зимової доби локомотивного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{з.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.р.i}$, квар	$S_{з.р.i}$, кВА
1	0 – 1	68	1456,7	78	253,0	1478,5
2	1 – 2	65	1392,4	75	243,3	1413,5
3	2 – 3	63	1349,6	73	236,8	1370,2
4	3 – 4	60	1285,3	80	259,5	1311,3
5	4 – 5	60	1285,3	80	259,5	1311,3
6	5 – 6	60	1285,3	80	259,5	1311,3
7	6 – 7	73	1563,8	83	269,2	1586,8
8	7 – 8	70	1499,6	75	243,3	1519,2
9	8 – 9	94	2013,7	100	324,4	2039,7
10	9 – 10	90	1928,0	95	308,2	1952,5
11	10 – 11	83	1778,1	80	259,5	1796,9
12	11 – 12	64	1371,0	70	227,1	1389,7
13	12 – 13	64	1371,0	70	227,1	1389,7
14	13 – 14	80	1713,8	85	275,7	1735,8
15	14 – 15	78	1670,9	83	269,2	1692,5
16	15 – 16	84	1799,5	94	304,9	1825,1
17	16 – 17	92	1970,9	96	311,4	1995,3
18	17 – 18	94	2013,7	100	324,4	2039,7
19	18 – 19	100	2142,2	100	324,4	2166,6
20	19 – 20	88	1885,2	80	259,5	1902,9
21	20 – 21	93	1992,3	95	308,2	2016,0
22	21 – 22	90	1928,0	90	291,9	1950,0
23	22 – 23	83	1778,1	90	291,9	1801,9
24	23 – 24	67	1435,3	91	295,2	1465,3

Таблиця Б.6. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної зимової доби локомотивного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i , %	$P_{з.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.в.i}$, квар	$S_{з.в.i}$, кВА
1	0 – 1	20	428,4	24	77,9	435,5
2	1 – 2	20	428,4	24	77,9	435,5
3	2 – 3	20	428,4	24	77,9	435,5
4	3 – 4	20	428,4	24	77,9	435,5
5	4 – 5	20	428,4	24	77,9	435,5
6	5 – 6	20	428,4	24	77,9	435,5
7	6 – 7	20	428,4	24	77,9	435,5
8	7 – 8	11	235,6	18	58,4	242,8
9	8 – 9	11	235,6	18	58,4	242,8
10	9 – 10	11	235,6	18	58,4	242,8
11	10 – 11	11	235,6	18	58,4	242,8
12	11 – 12	11	235,6	18	58,4	242,8
13	12 – 13	11	235,6	18	58,4	242,8
14	13 – 14	11	235,6	18	58,4	242,8
15	14 – 15	11	235,6	18	58,4	242,8
16	15 – 16	11	235,6	18	58,4	242,8
17	16 – 17	11	235,6	18	58,4	242,8
18	17 – 18	20	428,4	24	77,9	435,5
19	18 – 19	20	428,4	24	77,9	435,5
20	19 – 20	20	428,4	24	77,9	435,5
21	20 – 21	20	428,4	24	77,9	435,5
22	21 – 22	20	428,4	24	77,9	435,5
23	22 – 23	20	428,4	24	77,9	435,5
24	23 – 24	20	428,4	24	77,9	435,5

Таблиця Б.7. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої літньої доби локомотивного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{л.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	57	1037,9	65	179,2	1053,3
2	1 – 2	55	1001,5	65	179,2	1017,4
3	2 – 3	53	965,1	63	173,7	980,6
4	3 – 4	51	928,7	61	168,2	943,8
5	4 – 5	50	910,4	55	151,6	923,0
6	5 – 6	50	910,4	55	151,6	923,0
7	6 – 7	55	1001,5	65	179,2	1017,4
8	7 – 8	57	1037,9	67	184,7	1054,2
9	8 – 9	77	1402,1	87	239,9	1422,5
10	9 – 10	75	1365,7	87	239,9	1386,6
11	10 – 11	75	1365,7	88	242,6	1387,1
12	11 – 12	58	1056,1	68	187,5	1072,6
13	12 – 13	73	1329,3	70	193,0	1343,2
14	13 – 14	75	1365,7	70	193,0	1379,2
15	14 – 15	72	1311,0	80	220,6	1329,5
16	15 – 16	58	1056,1	60	165,4	1069,0
17	16 – 17	72	1311,0	75	206,8	1327,3
18	17 – 18	70	1274,6	78	215,1	1292,6
19	18 – 19	71	1292,8	79	217,8	1311,1
20	19 – 20	66	1201,8	70	193,0	1217,2
21	20 – 21	71	1292,8	70	193,0	1307,2
22	21 – 22	75	1365,7	80	220,6	1383,4
23	22 – 23	77	1402,1	80	220,6	1419,3
24	23 – 24	78	1420,3	84	231,6	1439,1

Таблиця Б.8. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної літньої доби локомотивного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	q_i^* , %	$P_{л.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.в.i}$, квар	$S_{л.в.i}$, кВА
1	0 – 1	19	346,0	22	60,7	351,2
2	1 – 2	19	346,0	22	60,7	351,2
3	2 – 3	19	346,0	22	60,7	351,2
4	3 – 4	19	346,0	22	60,7	351,2
5	4 – 5	19	346,0	22	60,7	351,2
6	5 – 6	19	346,0	22	60,7	351,2
7	6 – 7	19	346,0	22	60,7	351,2
8	7 – 8	10	182,1	15	41,4	186,7
9	8 – 9	10	182,1	15	41,4	186,7
10	9 – 10	10	182,1	15	41,4	186,7
11	10 – 11	10	182,1	15	41,4	186,7
12	11 – 12	10	182,1	15	41,4	186,7
13	12 – 13	10	182,1	15	41,4	186,7
14	13 – 14	10	182,1	15	41,4	186,7
15	14 – 15	10	182,1	15	41,4	186,7
16	15 – 16	10	182,1	15	41,4	186,7
17	16 – 17	10	182,1	15	41,4	186,7
18	17 – 18	10	182,1	15	41,4	186,7
19	18 – 19	19	346,0	22	60,7	351,2
20	19 – 20	19	346,0	22	60,7	351,2
21	20 – 21	19	346,0	22	60,7	351,2
22	21 – 22	19	346,0	22	60,7	351,2
23	22 – 23	19	346,0	22	60,7	351,2
24	23 – 24	19	346,0	22	60,7	351,2

Таблиця Б.9. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої зимової доби ремонтного вагонного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{з.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.р.i}$, квар	$S_{з.р.i}$, кВА
1	0 – 1	35	574,4	60	147,0	592,9
2	1 – 2	35	574,4	60	147,0	592,9
3	2 – 3	35	574,4	60	147,0	592,9
4	3 – 4	35	574,4	60	147,0	592,9
5	4 – 5	35	574,4	60	147,0	592,9
6	5 – 6	35	574,4	60	147,0	592,9
7	6 – 7	35	574,4	60	147,0	592,9
8	7 – 8	74	1214,4	84	205,8	1231,7
9	8 – 9	100	1641,0	100	245,0	1659,2
10	9 – 10	100	1641,0	100	245,0	1659,2
11	10 – 11	95	1559,0	95	232,8	1576,3
12	11 – 12	80	1312,8	83	203,4	1328,5
13	12 – 13	50	820,5	73	178,9	839,8
14	13 – 14	70	1148,7	85	208,3	1167,5
15	14 – 15	90	1476,9	95	232,8	1495,2
16	15 – 16	80	1312,8	93	227,9	1332,5
17	16 – 17	70	1148,7	88	215,6	1168,8
18	17 – 18	80	1312,8	90	220,5	1331,2
19	18 – 19	95	1559,0	95	232,8	1576,3
20	19 – 20	85	1394,9	92	225,4	1413,0
21	20 – 21	100	1641,0	100	245,0	1659,2
22	21 – 22	95	1559,0	98	240,1	1577,4
23	22 – 23	65	1066,7	80	196,0	1084,5
24	23 – 24	58	951,8	75	183,8	969,4

Таблиця Б.10. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної зимової доби ремонтного вагонного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i , %	$P_{з.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.в.i}$, квар	$S_{з.в.i}$, кВА
1	0 – 1	10	164,1	32	78,4	181,9
2	1 – 2	10	164,1	32	78,4	181,9
3	2 – 3	10	164,1	32	78,4	181,9
4	3 – 4	10	164,1	32	78,4	181,9
5	4 – 5	10	164,1	32	78,4	181,9
6	5 – 6	10	164,1	32	78,4	181,9
7	6 – 7	10	164,1	32	78,4	181,9
8	7 – 8	5	82,1	22	53,9	98,2
9	8 – 9	5	82,1	22	53,9	98,2
10	9 – 10	5	82,1	22	53,9	98,2
11	10 – 11	5	82,1	22	53,9	98,2
12	11 – 12	5	82,1	22	53,9	98,2
13	12 – 13	5	82,1	22	53,9	98,2
14	13 – 14	5	82,1	22	53,9	98,2
15	14 – 15	5	82,1	22	53,9	98,2
16	15 – 16	5	82,1	22	53,9	98,2
17	16 – 17	5	82,1	22	53,9	98,2
18	17 – 18	10	164,1	32	78,4	181,9
19	18 – 19	10	164,1	32	78,4	181,9
20	19 – 20	10	164,1	32	78,4	181,9
21	20 – 21	10	164,1	32	78,4	181,9
22	21 – 22	10	164,1	32	78,4	181,9
23	22 – 23	10	164,1	32	78,4	181,9
24	23 – 24	10	164,1	32	78,4	181,9

Таблиця Б.11. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої літньої доби ремонтного вагонного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{л.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	33	460,3	58	120,8	475,9
2	1 – 2	33	460,3	58	120,8	475,9
3	2 – 3	33	460,3	58	120,8	475,9
4	3 – 4	33	460,3	58	120,8	475,9
5	4 – 5	32	446,4	59	122,9	463,0
6	5 – 6	32	446,4	59	122,9	463,0
7	6 – 7	33	460,3	58	120,8	475,9
8	7 – 8	64	892,7	84	174,9	909,7
9	8 – 9	90	1255,4	95	197,8	1270,9
10	9 – 10	100	1394,9	100	208,3	1410,3
11	10 – 11	100	1394,9	98	204,1	1409,7
12	11 – 12	80	1115,9	83	172,9	1129,2
13	12 – 13	52	725,3	73	152,0	741,1
14	13 – 14	73	1018,3	85	177,0	1033,5
15	14 – 15	94	1311,2	95	197,8	1326,0
16	15 – 16	80	1115,9	93	193,7	1132,6
17	16 – 17	70	976,4	78	162,4	989,8
18	17 – 18	80	1115,9	88	183,3	1130,9
19	18 – 19	95	1325,1	93	193,7	1339,2
20	19 – 20	85	1185,7	91	189,5	1200,7
21	20 – 21	100	1394,9	100	208,3	1410,3
22	21 – 22	98	1367,0	96	199,9	1381,5
23	22 – 23	65	906,7	82	170,8	922,6
24	23 – 24	60	836,9	75	156,2	851,4

Таблиця Б.12. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної літньої доби ремонтного вагонного депо

Номер інтервалу	Інтервал t , год	q_i^* , %	$P_{л.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.в.i}$, квар	$S_{л.в.i}$, кВА
1	0 – 1	9	125,5	30	62,5	140,2
2	1 – 2	9	125,5	30	62,5	140,2
3	2 – 3	9	125,5	30	62,5	140,2
4	3 – 4	9	125,5	30	62,5	140,2
5	4 – 5	9	125,5	30	62,5	140,2
6	5 – 6	9	125,5	30	62,5	140,2
7	6 – 7	9	125,5	30	62,5	140,2
8	7 – 8	5	69,7	20	41,7	81,2
9	8 – 9	5	69,7	20	41,7	81,2
10	9 – 10	5	69,7	20	41,7	81,2
11	10 – 11	5	69,7	20	41,7	81,2
12	11 – 12	5	69,7	20	41,7	81,2
13	12 – 13	5	69,7	20	41,7	81,2
14	13 – 14	5	69,7	20	41,7	81,2
15	14 – 15	5	69,7	20	41,7	81,2
16	15 – 16	5	69,7	20	41,7	81,2
17	16 – 17	5	69,7	20	41,7	81,2
18	17 – 18	5	69,7	20	41,7	81,2
19	18 – 19	9	125,5	30	62,5	140,2
20	19 – 20	9	125,5	30	62,5	140,2
21	20 – 21	9	125,5	30	62,5	140,2
22	21 – 22	9	125,5	30	62,5	140,2
23	22 – 23	9	125,5	30	62,5	140,2
24	23 – 24	9	125,5	30	62,5	140,2

Таблиця Б.13. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої зимової доби заводу з/б конструкцій

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{з.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.р.i}$ квар	$S_{з.р.i}$ кВА
1	0 – 1	68	600,4	50	67,1	604,1
2	1 – 2	73	644,5	53	71,1	648,5
3	2 – 3	66	582,7	56	75,2	587,6
4	3 – 4	77	679,9	53	71,1	683,6
5	4 – 5	70	618,1	51	68,4	621,8
6	5 – 6	74	653,4	54	72,5	657,4
7	6 – 7	76	671,0	54	72,5	674,9
8	7 – 8	71	626,9	52	69,8	630,8
9	8 – 9	89	785,8	62	83,2	790,2
10	9 – 10	93	821,1	81	108,7	828,3
11	10 – 11	100	882,9	98	131,5	892,7
12	11 – 12	95	838,8	100	134,2	849,5
13	12 – 13	90	794,6	64	85,9	799,3
14	13 – 14	92	812,3	85	114,1	820,3
15	14 – 15	97	856,4	85	114,1	864,0
16	15 – 16	90	794,6	63	84,6	799,1
17	16 – 17	94	830,0	67	89,9	834,8
18	17 – 18	100	882,9	85	114,1	890,3
19	18 – 19	100	882,9	85	114,1	890,3
20	19 – 20	97	856,4	80	107,4	863,2
21	20 – 21	95	838,8	67	89,9	843,6
22	21 – 22	94	830,0	72	96,6	835,6
23	22 – 23	92	812,3	67	89,9	817,3
24	23 – 24	84	741,7	84	112,7	750,2

Таблиця Б.14. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної зимової доби заводу з/б конструкцій

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i , %	$P_{з.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.в.i}$ квар	$S_{з.в.i}$ кВА
1	0 – 1	38	335,5	24	32,2	337,1
2	1 – 2	38	335,5	24	32,2	337,1
3	2 – 3	38	335,5	24	32,2	337,1
4	3 – 4	38	335,5	24	32,2	337,1
5	4 – 5	38	335,5	24	32,2	337,1
6	5 – 6	38	335,5	24	32,2	337,1
7	6 – 7	38	335,5	24	32,2	337,1
8	7 – 8	38	335,5	24	32,2	337,1
9	8 – 9	38	335,5	24	32,2	337,1
10	9 – 10	28	247,2	17	22,8	248,3
11	10 – 11	28	247,2	17	22,8	248,3
12	11 – 12	28	247,2	17	22,8	248,3
13	12 – 13	28	247,2	17	22,8	248,3
14	13 – 14	28	247,2	17	22,8	248,3
15	14 – 15	28	247,2	17	22,8	248,3
16	15 – 16	28	247,2	17	22,8	248,3
17	16 – 17	28	247,2	17	22,8	248,3
18	17 – 18	38	335,5	24	32,2	337,1
19	18 – 19	38	335,5	24	32,2	337,1
20	19 – 20	38	335,5	24	32,2	337,1
21	20 – 21	38	335,5	24	32,2	337,1
22	21 – 22	38	335,5	24	32,2	337,1
23	22 – 23	38	335,5	24	32,2	337,1
24	23 – 24	38	335,5	24	32,2	337,1

Таблиця Б.15. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої літньої доби заводу з/б конструкцій

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{л.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	64	480,3	48	54,8	483,4
2	1 – 2	70	525,3	51	58,2	528,6
3	2 – 3	62	465,3	52	59,3	469,1
4	3 – 4	73	547,9	56	63,9	551,6
5	4 – 5	62	465,3	50	57,0	468,8
6	5 – 6	71	532,9	51	58,2	536,0
7	6 – 7	75	562,9	51	58,2	565,9
8	7 – 8	78	585,4	55	62,7	588,7
9	8 – 9	75	562,9	70	79,9	568,5
10	9 – 10	93	698,0	81	92,4	704,1
11	10 – 11	100	750,5	100	114,1	759,1
12	11 – 12	92	690,5	84	95,8	697,1
13	12 – 13	88	660,4	64	73,0	664,5
14	13 – 14	92	690,5	85	97,0	697,2
15	14 – 15	96	720,5	85	97,0	727,0
16	15 – 16	90	675,4	63	71,9	679,3
17	16 – 17	94	705,5	67	76,4	709,6
18	17 – 18	100	750,5	88	100,4	757,2
19	18 – 19	100	750,5	88	100,4	757,2
20	19 – 20	94	705,5	80	91,3	711,3
21	20 – 21	93	698,0	67	76,4	702,1
22	21 – 22	91	683,0	73	83,3	688,0
23	22 – 23	85	637,9	67	76,4	642,5
24	23 – 24	80	600,4	84	95,8	608,0

Таблиця Б.16. Розрахунок добових графіків активної, реактивної і повної потужностей вихідної літньої доби заводу з/б конструкцій

Номер інтервалу	Інтервал t , год	q_i^* , %	$P_{л.в.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.в.i}$, квар	$S_{л.в.i}$, кВА
1	0 – 1	34	255,2	22	25,1	256,4
2	1 – 2	34	255,2	22	25,1	256,4
3	2 – 3	34	255,2	22	25,1	256,4
4	3 – 4	34	255,2	22	25,1	256,4
5	4 – 5	34	255,2	22	25,1	256,4
6	5 – 6	34	255,2	22	25,1	256,4
7	6 – 7	34	255,2	22	25,1	256,4
8	7 – 8	24	180,1	15	17,1	180,9
9	8 – 9	24	180,1	15	17,1	180,9
10	9 – 10	24	180,1	15	17,1	180,9
11	10 – 11	24	180,1	15	17,1	180,9
12	11 – 12	24	180,1	15	17,1	180,9
13	12 – 13	24	180,1	15	17,1	180,9
14	13 – 14	24	180,1	15	17,1	180,9
15	14 – 15	24	180,1	15	17,1	180,9
16	15 – 16	24	180,1	15	17,1	180,9
17	16 – 17	24	180,1	15	17,1	180,9
18	17 – 18	24	180,1	15	17,1	180,9
19	18 – 19	34	255,2	22	25,1	256,4
20	19 – 20	34	255,2	22	25,1	256,4
21	20 – 21	34	255,2	22	25,1	256,4
22	21 – 22	34	255,2	22	25,1	256,4
23	22 – 23	34	255,2	22	25,1	256,4
24	23 – 24	34	255,2	22	25,1	256,4

Таблиця Б.17. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої зимової доби елеватора

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{з.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{з.р.i}$, квар	$S_{з.р.i}$, кВА
1	0 – 1	55	1411,3	57	225,6	1429,2
2	1 – 2	55	1411,3	57	225,6	1429,2
3	2 – 3	55	1411,3	57	225,6	1429,2
4	3 – 4	55	1411,3	57	225,6	1429,2
5	4 – 5	55	1411,3	57	225,6	1429,2
6	5 – 6	55	1411,3	57	225,6	1429,2
7	6 – 7	33	846,8	30	118,7	855,1
8	7 – 8	22	564,5	21	83,1	570,6
9	8 – 9	88	2258,1	96	379,9	2289,9
10	9 – 10	100	2566,0	100	395,7	2596,4
11	10 – 11	45	1154,7	94	372,0	1213,2
12	11 – 12	66	1693,6	46	182,0	1703,3
13	12 – 13	88	2258,1	88	348,2	2284,8
14	13 – 14	100	2566,0	85	336,4	2588,0
15	14 – 15	77	1975,9	98	387,8	2013,6
16	15 – 16	66	1693,6	78	308,7	1721,5
17	16 – 17	61	1565,3	64	253,3	1585,6
18	17 – 18	61	1565,3	67	265,1	1587,6
19	18 – 19	44	1129,1	60	237,4	1153,8
20	19 – 20	66	1693,6	46	182,0	1703,3
21	20 – 21	72	1847,6	64	253,3	1864,8
22	21 – 22	61	1565,3	67	265,1	1587,6
23	22 – 23	75	1924,5	60	237,4	1939,1
24	23 – 24	55	1411,3	57	225,6	1429,2

Таблиця Б.18. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої літньої доби елеватора

Номер інтервалу	Інтервал t , год	p_i^* , %	$P_{л.р.i}$, кВт	q_i^* , %	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	50	1090,6	55	185,0	1106,1
2	1 – 2	50	1090,6	55	185,0	1106,1
3	2 – 3	50	1090,6	50	168,2	1103,5
4	3 – 4	45	981,5	50	168,2	995,8
5	4 – 5	45	981,5	54	181,6	998,2
6	5 – 6	50	1090,6	54	181,6	1105,6
7	6 – 7	40	872,5	30	100,9	878,3
8	7 – 8	30	654,3	20	67,3	657,8
9	8 – 9	70	1526,8	80	269,1	1550,3
10	9 – 10	90	1963,0	96	322,9	1989,4
11	10 – 11	100	2181,1	98	329,6	2205,9
12	11 – 12	100	2181,1	100	336,4	2206,9
13	12 – 13	88	1919,4	100	336,4	1948,7
14	13 – 14	77	1679,5	85	285,9	1703,6
15	14 – 15	100	2181,1	90	302,7	2202,0
16	15 – 16	80	1744,9	85	285,9	1768,2
17	16 – 17	65	1417,7	70	235,5	1437,2
18	17 – 18	60	1308,7	55	185,0	1321,7
19	18 – 19	60	1308,7	55	185,0	1321,7
20	19 – 20	45	981,5	47	158,1	994,2
21	20 – 21	70	1526,8	65	218,6	1542,4
22	21 – 22	65	1417,7	78	262,4	1441,8
23	22 – 23	65	1417,7	78	262,4	1441,8
24	23 – 24	50	1090,6	58	195,1	1107,9

Таблиця Б.19. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої зимової та літньої діб ЦРУ 10 кВ

Номер інтервалу	Інтервал t , год	$P_{з.р.i}$, кВт	$Q_{з.р.i}$, квар	$S_{з.р.i}$, кВА	$P_{л.р.i}$, кВт	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	2011,7	292,7	2032,9	1570,9	239,8	1589,1
2	1 – 2	2055,9	296,7	2077,2	1615,9	243,2	1634,1
3	2 – 3	1994,1	300,7	2016,6	1555,9	227,5	1572,4
4	3 – 4	2091,2	296,7	2112,1	1529,4	232,1	1546,9
5	4 – 5	2029,4	294,0	2050,6	1446,8	238,7	1466,4
6	5 – 6	2064,7	298,0	2086,1	1623,4	239,8	1641,0
7	6 – 7	1517,8	191,2	1529,8	1435,3	159,1	1444,1
8	7 – 8	1191,4	152,9	1201,2	1239,7	130,0	1246,5
9	8 – 9	3043,9	463,1	3079,0	2089,7	348,9	2118,6
10	9 – 10	3387,2	504,4	3424,5	2661,0	415,3	2693,2
11	10 – 11	2037,7	503,5	2098,9	2931,6	443,7	2965,0
12	11 – 12	2532,4	316,2	2552,0	2871,6	432,2	2903,9
13	12 – 13	3052,8	434,1	3083,5	2579,8	409,4	2612,1
14	13 – 14	3378,3	450,4	3408,2	2369,9	382,9	2400,7
15	14 – 15	2832,3	501,9	2876,4	2901,6	399,7	2929,0
16	15 – 16	2488,2	393,2	2519,1	2420,4	357,8	2446,7
17	16 – 17	2395,2	343,2	2419,7	2123,2	311,9	2146,0
18	17 – 18	2448,2	379,2	2477,4	2059,2	285,4	2078,9
19	18 – 19	2012,0	351,5	2042,5	2059,2	285,4	2078,9
20	19 – 20	2550,0	289,4	2566,4	1687,0	249,4	1705,3
21	20 – 21	2686,3	343,2	2708,2	2224,8	295,1	2244,2
22	21 – 22	2395,2	361,8	2422,4	2100,7	345,6	2128,9
23	22 – 23	2736,8	327,4	2756,3	2055,7	338,8	2083,4
24	23 – 24	2153,0	338,3	2179,4	1691,0	290,9	1715,8

Таблиця Б.20. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей вихідної зимової та літньої діб ЦРУ

Номер інтервалу	Інтервал t , год	$P_{з.в.i}$, кВт	$Q_{з.в.i}$, квар	$S_{з.в.i}$, кВА	$P_{л.в.i}$, кВт	$Q_{л.в.i}$, квар	$S_{л.в.i}$, кВА
1	0 – 1	1746,8	257,8	1765,8	1345,7	210,1	1362,0
2	1 – 2	1746,8	257,8	1765,8	1345,7	210,1	1362,0
3	2 – 3	1746,8	257,8	1765,8	1345,7	193,3	1359,5
4	3 – 4	1746,8	257,8	1765,8	1236,7	193,3	1251,7
5	4 – 5	1746,8	257,8	1765,8	1236,7	206,7	1253,8
6	5 – 6	1746,8	257,8	1765,8	1345,7	206,7	1361,5
7	6 – 7	1182,3	150,9	1191,9	1127,6	126,0	1134,6
8	7 – 8	900,0	115,3	907,4	834,5	84,4	838,7
9	8 – 9	2593,6	412,1	2626,2	1706,9	286,2	1730,7
10	9 – 10	2813,3	418,5	2844,2	2143,1	340,0	2169,9
11	10 – 11	1401,9	394,8	1456,5	2361,3	346,8	2386,6
12	11 – 12	1940,8	204,9	1951,6	2361,3	353,5	2387,6
13	12 – 13	2505,3	371,1	2532,7	2099,5	353,5	2129,1
14	13 – 14	2813,3	359,2	2836,1	1859,6	303,0	1884,1
15	14 – 15	2223,1	410,6	2260,7	2361,3	319,8	2382,8
16	15 – 16	1940,8	331,5	1968,9	1925,0	303,0	1948,7
17	16 – 17	1812,5	276,1	1833,4	1597,9	252,6	1617,7
18	17 – 18	1900,8	297,3	1923,9	1488,8	202,1	1502,5
19	18 – 19	1464,6	269,6	1489,2	1563,8	210,1	1577,9
20	19 – 20	2029,1	214,2	2040,4	1236,7	183,2	1250,2
21	20 – 21	2183,1	285,5	2201,7	1782,0	243,7	1798,6
22	21 – 22	1900,8	297,3	1923,9	1672,9	287,5	1697,4
23	22 – 23	2260,0	269,6	2276,1	1672,9	287,5	1697,4
24	23 – 24	1746,8	257,8	1765,8	1345,7	220,2	1363,6

Таблиця Б.21. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей робочої та літньої діб ГЗП

Номер інтервалу	Інтервал t , год	$P_{з.р.i}$, кВт	$Q_{з.р.i}$, квар	$S_{з.р.i}$, кВА	$P_{л.р.i}$, кВт	$Q_{л.р.i}$, квар	$S_{л.р.i}$, кВА
1	0 – 1	5048,8	799,3	5111,7	3924,2	612,3	3971,7
2	1 – 2	5093,2	800,0	5155,7	3998,6	621,2	4046,6
3	2 – 3	4885,4	804,0	4951,1	3759,7	605,4	3808,1
4	3 – 4	5073,0	816,2	5138,3	3795,4	617,1	3845,2
5	4 – 5	4908,0	809,3	4974,3	3680,7	605,7	3730,2
6	5 – 6	5007,8	819,7	5074,5	3879,2	612,2	3927,2
7	6 – 7	4765,2	722,6	4819,7	3840,0	557,0	3880,2
8	7 – 8	4937,2	712,9	4988,4	4047,4	580,3	4088,8
9	8 – 9	7846,6	1160,5	7931,9	5733,8	895,5	5803,3
10	9 – 10	8155,7	1228,2	8247,7	6408,2	999,4	6485,7
11	10 – 11	6600,0	1209,1	6709,8	6733,7	1071,7	6818,4
12	11 – 12	6415,7	917,3	6481,0	6063,2	955,7	6138,1
13	12 – 13	6405,1	976,6	6479,1	5621,1	845,1	5684,3
14	13 – 14	7427,5	1105,1	7509,2	5740,6	879,8	5807,6
15	14 – 15	7231,3	1174,5	7326,0	6587,3	945,0	6654,7
16	15 – 16	6761,3	1060,4	6844,0	5557,1	840,2	5620,3
17	16 – 17	6727,2	1013,1	6803,1	5419,3	804,4	5478,7
18	17 – 18	7064,5	1075,5	7145,9	5546,0	814,3	5605,5
19	18 – 19	6964,3	1060,1	7044,5	5773,5	827,4	5832,5
20	19 – 20	7119,9	925,8	7179,8	5137,9	758,8	5193,6
21	20 – 21	7570,8	1039,3	7641,7	5964,9	812,4	6020,0
22	21 – 22	7120,4	1047,4	7197,1	5852,9	896,7	5921,2
23	22 – 23	6781,1	958,2	6848,4	5384,0	860,7	5452,4
24	23 – 24	5752,5	926,0	5826,5	4869,1	776,6	4930,7

Таблиця Б.22. Розрахунок добових графіків активної, реактивної повної потужностей вихідної зимової та літньої діб ГЗП

Номер інтервалу	Інтервал t , год	$P_{з.в.i}$, кВт	$Q_{з.в.i}$, квар	$S_{з.в.i}$, кВА	$P_{л.в.i}$, кВт	$Q_{л.в.i}$, квар	$S_{л.в.i}$, кВА
1	0 – 1	2829,5	465,2	2867,5	2190,0	373,1	2221,6
2	1 – 2	2829,5	465,2	2867,5	2190,0	373,1	2221,6
3	2 – 3	2829,5	465,2	2867,5	2190,0	356,3	2218,8
4	3 – 4	2829,5	465,2	2867,5	2080,9	356,3	2111,2
5	4 – 5	2829,5	465,2	2867,5	2080,9	369,8	2113,5
6	5 – 6	2829,5	465,2	2867,5	2190,0	369,8	2221,0
7	6 – 7	2265,0	358,4	2293,2	1971,9	289,0	1993,0
8	7 – 8	1707,9	278,8	1730,5	1360,4	196,4	1374,5
9	8 – 9	3401,5	575,6	3449,8	2232,8	398,2	2268,1
10	9 – 10	3517,9	569,2	3563,7	2669,1	452,0	2707,1
11	10 – 11	2106,6	545,5	2176,1	2887,2	458,8	2923,4
12	11 – 12	2645,4	355,5	2669,2	2887,2	465,5	2924,5
13	12 – 13	3210,0	521,7	3252,1	2625,4	465,5	2666,4
14	13 – 14	3517,9	509,9	3554,7	2385,5	415,0	2421,3
15	14 – 15	2927,7	561,3	2981,0	2887,2	431,9	2919,3
16	15 – 16	2645,4	482,2	2689,0	2450,9	415,0	2485,8
17	16 – 17	2517,1	426,8	2553,1	2123,8	364,6	2154,8
18	17 – 18	2983,5	504,8	3025,9	2014,7	314,1	2039,1
19	18 – 19	2547,2	477,1	2591,5	2408,1	373,1	2436,8
20	19 – 20	3111,8	421,7	3140,2	2080,9	346,2	2109,5
21	20 – 21	3265,7	492,9	3302,7	2626,2	406,8	2657,5
22	21 – 22	2983,5	504,8	3025,9	2517,2	450,5	2557,2
23	22 – 23	3342,7	477,1	3376,6	2517,2	450,5	2557,2
24	23 – 24	2829,5	465,2	2867,5	2190,0	383,2	2223,3

Таблиця Б.23. Розрахунок річних графіків за тривалістю активної, реактивної та повної потужностей ЦРУ

№ п/п	Тривалість ступеня, год	Потужність P , год	Тривалість ступеня, год	Потужність Q , кВт	Тривалість ступеня, год	Потужність S , квар
1	2	3	4	5	6	7
1	180,0	3387,2	180,0	504,4	180,0	3424,6
2	180,0	3378,3	180,0	503,5	180,0	3408,2
3	180,0	3052,8	180,0	501,9	180,0	3083,5
4	180,0	3043,9	180,0	463,1	180,0	3078,9
5	129,0	2931,6	180,0	450,4	129,0	2965,0
6	129,0	2901,6	180,0	434,1	129,0	2929,0
7	129,0	2871,6	32,0	418,5	129,0	2903,9
8	180,0	2832,3	32,0	412,1	180,0	2876,4
9	32,0	2813,3	32,0	410,6	32,0	2844,3
10	32,0	2813,3	32,0	394,8	32,0	2836,1
11	180,0	2736,8	180,0	393,2	180,0	2756,3
12	180,0	2686,3	180,0	379,2	180,0	2708,1
13	129,0	2661,0	32,0	371,1	129,0	2693,2
14	32,0	2593,6	180,0	361,8	32,0	2626,1
15	129,0	2579,8	32,0	359,2	129,0	2612,1
16	180,0	2550,0	24,0	353,5	180,0	2566,4
17	180,0	2532,4	24,0	353,5	180,0	2552,1
18	32,0	2505,3	129,0	353,5	32,0	2532,6
19	180,0	2488,2	129,0	353,5	180,0	2519,1
20	180,0	2448,2	180,0	351,5	180,0	2477,4
21	129,0	2420,4	24,0	346,8	129,0	2446,7
22	180,0	2395,2	129,0	346,8	180,0	2422,4
23	180,0	2395,2	180,0	343,2	180,0	2419,7
24	129,0	2369,9	180,0	343,2	129,0	2400,6
25	24,0	2361,3	24,0	340,0	24,0	2387,6
26	24,0	2361,3	129,0	340,0	24,0	2386,6
27	24,0	2361,3	180,0	338,3	24,0	2382,9
28	32,0	2260,0	32,0	331,5	32,0	2276,0
29	129,0	2224,8	180,0	327,4	32,0	2260,7
30	32,0	2223,1	129,0	319,8	129,0	2244,3
31	32,0	2183,1	24,0	319,8	32,0	2201,7
32	180,0	2153,0	180,0	316,2	180,0	2179,4
33	24,0	2143,1	129,0	303,0	24,0	2169,9
34	129,0	2123,2	129,0	303,0	129,0	2146,0
35	129,0	2100,7	24,0	303,0	24,0	2129,1
36	24,0	2099,5	24,0	303,0	129,0	2128,9
37	180,0	2091,2	180,0	300,7	129,0	2118,6
38	129,0	2089,7	180,0	298,0	180,0	2112,1
39	180,0	2064,7	32,0	297,3	180,0	2099,0
40	129,0	2059,2	32,0	297,3	180,0	2086,1
41	129,0	2059,2	180,0	296,7	129,0	2083,4
42	180,0	2055,9	180,0	296,7	129,0	2078,9
43	129,0	2055,7	180,0	294,0	129,0	2078,9
44	180,0	2037,7	180,0	292,7	180,0	2077,2
45	180,0	2029,4	180,0	289,4	180,0	2050,6
46	32,0	2029,1	129,0	287,5	180,0	2042,5

продовження табл. Б.23.

1	2	3	4	5	6	7
47	180,0	2012,0	129,0	287,5	32,0	2040,4
48	180,0	2011,7	24,0	287,5	180,0	2032,9
49	180,0	1994,1	24,0	287,5	180,0	2016,6
50	32,0	1940,8	129,0	286,2	32,0	1968,9
51	32,0	1940,8	24,0	286,2	32,0	1951,6
52	24,0	1925,0	32,0	285,5	24,0	1948,7
53	32,0	1900,8	32,0	276,1	32,0	1923,9
54	32,0	1900,8	32,0	269,6	32,0	1923,9
55	24,0	1859,6	32,0	269,6	24,0	1884,1
56	32,0	1812,5	32,0	257,8	32,0	1833,4
57	24,0	1782,0	32,0	257,8	24,0	1798,6
58	32,0	1746,8	32,0	257,8	32,0	1765,7
59	32,0	1746,8	32,0	257,8	32,0	1765,7
60	32,0	1746,8	32,0	257,8	32,0	1765,7
61	32,0	1746,8	32,0	257,8	32,0	1765,7
62	32,0	1746,8	32,0	257,8	32,0	1765,7
63	32,0	1746,8	129,0	252,6	32,0	1765,7
64	32,0	1746,8	24,0	252,6	32,0	1765,7
65	24,0	1706,9	129,0	243,7	24,0	1730,7
66	129,0	1691,0	24,0	243,7	129,0	1715,8
67	129,0	1687,0	24,0	220,2	129,0	1705,3
68	24,0	1672,9	129,0	220,2	24,0	1697,4
69	24,0	1672,9	32,0	214,2	24,0	1697,4
70	129,0	1623,4	129,0	210,1	129,0	1641,0
71	129,0	1615,9	24,0	210,1	129,0	1634,1
72	24,0	1597,9	24,0	210,1	24,0	1617,7
73	129,0	1570,9	24,0	210,1	129,0	1589,1
74	24,0	1563,8	129,0	210,1	24,0	1577,9
75	129,0	1555,9	129,0	210,1	129,0	1572,4
76	129,0	1529,4	129,0	206,7	129,0	1546,9
77	180,0	1517,8	24,0	206,7	180,0	1529,8
78	24,0	1488,8	24,0	206,7	24,0	1502,5
79	32,0	1464,6	129,0	206,7	32,0	1489,2
80	129,0	1446,8	32,0	204,9	129,0	1466,4
81	129,0	1435,3	24,0	202,1	32,0	1456,4
82	32,0	1401,9	129,0	202,1	129,0	1444,1
83	24,0	1345,7	24,0	193,3	24,0	1363,6
84	24,0	1345,7	129,0	193,3	24,0	1362,0
85	24,0	1345,7	24,0	193,3	24,0	1362,0
86	24,0	1345,7	129,0	193,3	24,0	1361,5
87	24,0	1345,7	180,0	191,2	24,0	1359,5
88	129,0	1239,7	129,0	183,2	24,0	1253,9
89	24,0	1236,7	24,0	183,2	24,0	1251,7
90	24,0	1236,7	180,0	152,9	24,0	1250,2
91	24,0	1236,7	32,0	150,9	129,0	1246,5
92	180,0	1191,4	129,0	126,0	180,0	1201,2
93	32,0	1182,3	24,0	126,0	32,0	1191,9
94	24,0	1127,6	32,0	115,3	24,0	1134,6
95	32,0	900,0	24,0	84,4	32,0	907,4
96	24,0	834,5	129,0	84,4	24,0	838,8

Таблиця Б.24. Розрахунок річних графіків за тривалістю активної, реактивної та повної потужностей ГЗП

№ п/п	Тривалість ступеня, год	Потужність P , год	Тривалість ступеня, год	Потужність Q , кВт	Тривалість ступеня, год	Потужність S , квар
1	2	3	4	5	6	7
1	180,0	8155,7	180,0	1228,2	180,0	8247,7
2	180,0	7846,6	180,0	1209,1	180,0	7932,0
3	180,0	7570,8	180,0	1174,5	180,0	7641,8
4	180,0	7427,5	180,0	1160,5	180,0	7509,3
5	180,0	7231,3	180,0	1105,1	180,0	7326,1
6	180,0	7120,4	180,0	1075,5	180,0	7197,0
7	180,0	7119,9	180,0	1060,4	180,0	7179,8
8	180,0	7064,5	180,0	1060,1	180,0	7145,9
9	180,0	6964,3	180,0	1047,4	180,0	7044,5
10	180,0	6781,1	180,0	1039,3	180,0	6848,5
11	180,0	6761,3	180,0	1013,1	180,0	6843,9
12	129,0	6733,7	180,0	976,6	129,0	6818,4
13	180,0	6727,2	180,0	958,2	180,0	6803,1
14	180,0	6600,0	180,0	926,0	180,0	6709,8
15	129,0	6587,3	180,0	925,8	129,0	6654,7
16	180,0	6415,7	180,0	917,3	129,0	6485,7
17	129,0	6408,2	180,0	819,7	180,0	6480,9
18	180,0	6405,1	180,0	816,2	180,0	6479,1
19	129,0	6063,2	180,0	809,3	129,0	6138,1
20	129,0	5964,9	180,0	804,0	129,0	6020,0
21	129,0	5852,9	180,0	800,0	129,0	5921,2
22	129,0	5773,5	180,0	799,3	129,0	5832,5
23	180,0	5752,5	180,0	722,6	180,0	5826,6
24	129,0	5740,6	180,0	712,9	129,0	5807,6
25	129,0	5733,8	32,0	575,6	129,0	5803,3
26	129,0	5621,1	32,0	569,2	129,0	5684,3
27	129,0	5557,1	32,0	561,3	129,0	5620,3
28	129,0	5546,0	32,0	545,5	129,0	5605,5
29	129,0	5419,3	32,0	521,7	129,0	5478,7
30	129,0	5384,0	32,0	509,9	129,0	5452,4
31	129,0	5137,9	32,0	504,8	129,0	5193,6
32	180,0	5093,2	32,0	504,8	180,0	5155,6
33	180,0	5073,0	32,0	492,9	180,0	5138,2
34	180,0	5048,8	32,0	482,2	180,0	5111,7
35	180,0	5007,8	32,0	477,1	180,0	5074,4
36	180,0	4937,2	32,0	477,1	180,0	4988,4
37	180,0	4908,0	24,0	465,5	180,0	4974,3
38	180,0	4885,4	24,0	465,5	180,0	4951,1
39	129,0	4869,1	129,0	465,5	129,0	4930,6
40	180,0	4765,2	129,0	465,5	180,0	4819,7
41	129,0	4047,4	32,0	465,2	129,0	4088,8
42	129,0	3998,6	32,0	465,2	129,0	4046,6
43	129,0	3924,2	32,0	465,2	129,0	3971,7
44	129,0	3879,2	32,0	465,2	129,0	3927,2
45	129,0	3840,0	32,0	465,2	129,0	3880,2
46	129,0	3795,4	32,0	465,2	129,0	3845,2

продовження табл. Б.24.

1	2	3	4	5	6	7
47	129,0	3759,7	32,0	465,2	129,0	3808,1
48	129,0	3680,7	24,0	458,8	129,0	3730,2
49	32,0	3517,9	129,0	458,8	32,0	3563,7
50	32,0	3517,9	24,0	452,0	32,0	3554,7
51	32,0	3401,5	129,0	452,0	32,0	3449,9
52	32,0	3342,7	24,0	450,5	32,0	3376,6
53	32,0	3265,7	129,0	450,5	32,0	3302,7
54	32,0	3210,0	129,0	450,5	32,0	3252,1
55	32,0	3111,8	24,0	450,5	32,0	3140,2
56	32,0	2983,5	129,0	431,9	32,0	3025,9
57	32,0	2983,5	24,0	431,9	32,0	3025,9
58	32,0	2927,7	32,0	426,8	32,0	2981,0
59	24,0	2887,2	32,0	421,7	24,0	2924,5
60	24,0	2887,2	129,0	415,0	24,0	2923,4
61	24,0	2887,2	129,0	415,0	24,0	2919,3
62	32,0	2829,5	24,0	415,0	32,0	2867,5
63	32,0	2829,5	24,0	415,0	32,0	2867,5
64	32,0	2829,5	129,0	406,8	32,0	2867,5
65	32,0	2829,5	24,0	406,8	32,0	2867,5
66	32,0	2829,5	24,0	398,2	32,0	2867,5
67	32,0	2829,5	129,0	398,2	32,0	2867,5
68	32,0	2829,5	129,0	383,2	32,0	2867,5
69	24,0	2669,1	24,0	383,2	24,0	2707,1
70	32,0	2645,4	129,0	373,1	32,0	2689,0
71	32,0	2645,4	24,0	373,1	32,0	2669,2
72	24,0	2626,2	24,0	373,1	24,0	2666,3
73	24,0	2625,4	24,0	373,1	24,0	2657,5
74	32,0	2547,2	129,0	373,1	32,0	2591,5
75	24,0	2517,2	129,0	373,1	24,0	2557,2
76	24,0	2517,2	24,0	369,8	24,0	2557,2
77	32,0	2517,1	24,0	369,8	32,0	2553,0
78	24,0	2450,9	129,0	369,8	24,0	2485,8
79	24,0	2408,1	129,0	369,8	24,0	2436,8
80	24,0	2385,5	24,0	364,6	24,0	2421,3
81	32,0	2265,0	129,0	364,6	32,0	2293,2
82	24,0	2232,8	32,0	358,4	24,0	2268,0
83	24,0	2190,0	24,0	356,3	24,0	2223,3
84	24,0	2190,0	24,0	356,3	24,0	2221,6
85	24,0	2190,0	129,0	356,3	24,0	2221,6
86	24,0	2190,0	129,0	356,3	24,0	2221,0
87	24,0	2190,0	32,0	355,5	24,0	2218,8
88	24,0	2123,8	129,0	346,2	32,0	2176,1
89	32,0	2106,6	24,0	346,2	24,0	2154,9
90	24,0	2080,9	24,0	314,1	24,0	2113,5
91	24,0	2080,9	129,0	314,1	24,0	2111,2
92	24,0	2080,9	24,0	289,0	24,0	2109,5
93	24,0	2014,7	129,0	289,0	24,0	2039,0
94	24,0	1971,9	32,0	278,8	24,0	1993,0
95	32,0	1707,9	24,0	196,4	32,0	1730,5
96	24,0	1360,4	129,0	196,4	24,0	1374,5

Додаток В. Розрахунок електричних навантажень магістральних ліній 10 кВ

Таблиця В.1. Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ

№ п/п	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	К-сть ел. спо- живачів	Встановлена по- тужність, кВт		m	K _a	cosφ	tgφ	Середнє наванта- ження за зміну			n _e	K _м	Розрахункова потужність,		
			одного	сумарна					P _{ср} , кВт	Q _{ср} , квар	P _p , кВт			Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	Кабельна лінія 3															
	ТП-1 (1х630)															
	силова	39	1,1 - 100	624,0	91	0,46	0,62	1,28	289,9	370,0	12	1,33	385,0	370,0	534,0	
	освітлювальна								96,0	166,4			90,4	156,5		
	батарей конденсаторів													-500,0		
	ТП 2 (1х630)															
	силова	56	1,5 - 37	573,9	25	0,55	0,77	0,84	313,7	263,4	31	1,12	352	263	440	
	освітлювальна								93,8	96,7			85,1	84,1		
	батарей конденсаторів													-300,0		
	Всього															
	силова	95	1,1 - 100	1197,9	>3	0,50	0,69	1,05	603,6	633,4	24	1,17	706,8	633,4	949,0	
	освітлювальна								189,9	263,0			175,4	240,6		
	батарей конденсаторів													-800,0		
	Всього по ТП 1, 2 (2х630)								793,4	896,4			882,2	73,9	885,3	
	втрати в трансформаторах												10,1	59,4		
	Всього по КЛЗ												892,3	133,3	902,2	
	Кабельна лінія 6															
	ТП 3 (1х630)															
	силова	78	0,5 - 85	956,3	170	0,34	0,64	1,20	325,4	391,3	23	1,29	420,0	391,3	574,0	
	освітлювальна								54,8	94,8			58,3	100,9		
	батарей конденсаторів													-450,0		
	ТП 4, 5 (2х630)															
	силова	109	1,5 - 160	1502,9	107	0,47	0,63	1,25	705,9	880,7	19	1,23	866,7	880,7	1235,6	
	освітлювальна								47,2	65,5			55,9	80,7		
	батарей конденсаторів													-875,0		

продовження табл. В.1.

1	2	3		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього														
	силова	187	0,5 160,0	2459,2	>3	0,419	0,630	1,233	1031,3	1272,0	31	1,18	1217,0	1272,0	1760,4
	освітлювальна								102,0	160,3			114,1	181,6	
	батареї конденсаторів													-1325,0	
	Всього по ТП 3, 4, 5 (3х630)								1133,3	1432,3			1331,1	128,6	1337,3
	втрати в трансформаторах												15,3	89,8	
	Всього по КЛ 6												1346,5	218,5	1364,1
	Кабельна лінія 7														
	ТП 4, 5 (2х630)														
	силова	109	1,5 - 160,0	1502,9	107	0,47	0,63	1,25	705,9	880,7	19	1,23	866,7	880,7	1235,6
	освітлювальна								47,2	65,5			55,9	80,7	
	батареї конденсаторів													-875,0	
	Всього														
	силова	109	2 - 160	1503	107	0	1	1	706	881	19	1	867	881	1236
	освітлювальна								47	65			56	81	
	батареї конденсаторів													-875	
	Всього по ТП 4, 5 (2х630)								753,2	946,1			922,5	86,4	926,6
	втрати в трансформаторах												10,8	62,7	
	Всього по КЛ 7												933,4	149,1	945,2
	Кабельна лінія 9														
	ТП 3 (1х630)														
	силова	78	0,5 - 85	956,3	170	0,34	0,64	1,20	325,4	391,3	23	1,29	420,0	391,3	574,0
	освітлювальна								54,8	94,8			58,3	100,9	
	батареї конденсаторів													-450	
	ТП 5 (1х630)														
	силова	55	1,5 - 160	751,5	>3	0,47	0,63	1,25	353,0	440,3	9	1,40	494,0	484,4	691,9
	освітлювальна								23,6	32,7			27,9	40,4	
	батареї конденсаторів													-400	

продовження табл. В.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього														
	силова	133	0,5 160	1707,7	>3	0,40	0,63	1,23	678,4	831,6	21	1,26	856,5	831,6	1193,8
	освітлювальна								78,4	127,6			86,2	141,3	
	батарей конденсаторів													-850,0	
	Всього по ТП 3, 5 (2х630)								756,7	959,2			942,7	122,9	950,6
	втрати в трансформаторах												11,3	64,6	
	Всього по КЛ 9												953,9	187,6	972,2
	Кабельна лінія 10														
	ТП 4 (1х630)														
	силова	55	1,5 - 160,0	751	>3	0,47	0,63	1,25	353,0	440,3	9	1	494,0	484,4	691,9
	освітлювальна								23,6	32,7			27,9	40,4	
	батарей конденсаторів													-475	
	Всього														
	силова	55	1,5 - 160,0	751,5	>3	0,47	0,63	1,25	353,0	440,3	9	1,4	494,0	484,4	691,9
	освітлювальна								23,6	32,7			27,9	40,4	
	батарей конденсаторів													-475,0	
	Всього по ТП 4 (1х630)								376,6	473,1			521,9	49,7	524,3
	втрати в трансформаторах												6,6	36,6	
	Всього по КЛ 10												528,5	86,3	535,5
	Кабельні лінії 11, 13														
	ТП 6 (2х630)														
	силова	111	0,75 - 160,0	1601,3	25	0,28	0,49	1,78	450,2	682,0	20	1,399	629,913	681,958	928,362
	освітлювальна								266,0	445,3			251,468	420,732	
	батарей конденсаторів													-1050,0	
	ТП 7 (2х630)														
	силова	40	1,70 - 160,0	1266,1	94	0,55	0,77	0,82	691,0	565,1	16	1	832	565	1006
	освітлювальна								38,7	67,0			35	60	
	батарей конденсаторів													-550,0	

продовження табл. В.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього														
	силова	151	0,75 - 160,0	2867,4	>3	0,40	0,68	1,09	1141,3	1247,0	36	1,17	1335,1	1247,0	1826,9
	освітлювальна								304,7	512,2			286,0	480,5	
	батареї конденсаторів													-1600,0	
	Всього по ТП 6, 7 (4х630)								1445,9	1759,3			1621,1	127,6	1626,1
	втррати в трансформаторах												17,9	108,1	
	Всього по КЛ 11, 13												1639,0	235,7	1655,8
	Кабельні лінії 20, 23														
	ТП 10 (2х630)														
	силова	58	15 - 30	1442	2	0,42	0,69	1,05	611,3	640,0	58	1,106	676,4	640,0	931,1
	освітлювальна								248,5	430,4			198,4	343,6	
	батареї конденсаторів													-850,0	
	ТП 11 (2х630)														
	силова	109	2 - 40	1200	18	0,49	0,72	0,97	582,2	567,2	60	1	633,0	567,2	849,9
	освітлювальна								307,4	532,5			248,5	430,4	
	батареї конденсаторів													-950,0	
	Всього														
	силова	167	2,20 40,0	2641,8	>3	0,45	0,70	1,01	1193,5	1207,1	132	1,05	1252,9	1207,1	1739,8
	освітлювальна								555,9	962,9			446,9	774,0	
	батареї конденсаторів													-1800,0	
	Всього по ТП 10, 11 (4х630)								1749,4	2170,0			1699,7	181,1	1709,3
	втррати в трансформаторах												19,2	114,2	
	Всього по КЛ 20, 23												1718,9	295,3	1744,1