

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

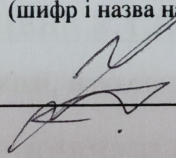
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод» з визначенням умов
роботоздатності внутрішньозаводської мережі»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)


_____ Ільюк Н.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ
_____ Кутіна М.В.
(прізвище та ініціали)

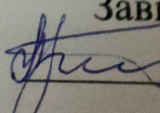
« 16 » листопада 2024 р.

Опонент:

к.т.н., доцент каф. ЕСЕ Сікорська О.А.
_____ (прізвище та ініціали)
« 16 » листопада 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

 д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

« 16 » листопада 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

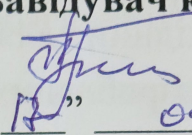
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело
“12” 09 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ільюку Назару Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі

керівник роботи Кутіна Марина Василівна к.т.н., доцент. каф. ЕСЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” вересня 2024 року № 310

2. Термін подання студентом роботи “9” 12 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Загальні відомості про підприємство, особливості технологічних процесів. Інформація про електричні навантаження підприємства та цехів. Місце розміщення підприємства та джерел живлення. Перспективи розвитку підприємства. Наукові публікації з питань визначення умов роботоздатності електроенергетичних об'єктів.

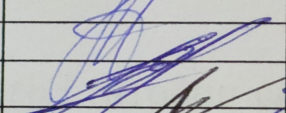
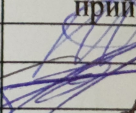
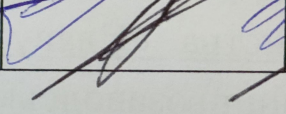
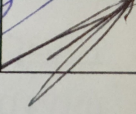
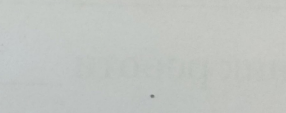
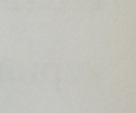
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Вступ. 1. Особливості підприємства та режими його електроспоживання. 1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства. 1.2 Відомості про режими електроспоживання та умови роботоздатності підприємства. 2. Розрахунок параметрів системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод». 2.1 Розрахунок навантажень. 2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП. 2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення. 2.4

Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ. 2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП. 3. Визначення умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод». 3.1 Побудова функціональної внутрішньозаводської мережі. 3.2 Вибір сукупності показників для оцінки умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі. Висновки. 4 Економічна частина роботи 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Матеріал необхідний для висвітлення сутності проведених досліджень та впровадження розроблених методик.

6. Консультанти розділів роботи

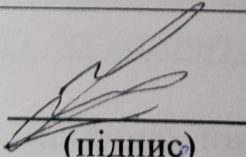
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Кутіна М.В., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю. П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання “14”_жовтня_2024 року.

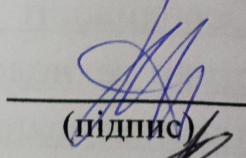
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Особливості підприємства та режими його електроспоживання	14.10.24р.-19.10.24р.	В
2	Розрахунок параметрів системи електропостачання для приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод»	19.10.24р.-02.11.24р.	В
3	Визначення умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод».	02.11.24р.-16.11.24р.	В
4	Економічна частина	16.11.24р.-23.11.24р.	В
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	23.11.24р.- 30.11.24р.	В
6	Графічна частина	30.12.24р.- 7.12.24р.	В

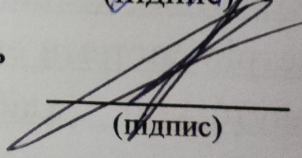
Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Ільюк Н.Р.
(прізвище та ініціали)

Кутіна М.В.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ільюк Назар Романович. Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі. МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2024 – 90 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо розробки СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі.

Магістерська робота виконана на основі фактичних даних, зібраних під час переддипломної практики на підприємстві.

У першому розділі роботи проаналізовано виробничі потреби підприємства, зокрема, забезпечення стабільного та надійного енергопостачання для функціонування технологічного обладнання.

Проведено розрахунок навантажень, вибір трансформаторів, фідерних ліній, а також розроблено рішення щодо забезпечення захисту електрообладнання.

Основним результатом наукової роботи є розробка функціональної моделі діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі ПАТ «Славутський хлібозавод», яка забезпечує точне визначення несправностей та їх впливу на систему.

Четвертий розділ включає розрахунок техніко-економічних показників проєктованої системи електропостачання, зокрема, оцінку втрат енергії, собівартості електроенергії та економічної ефективності впроваджених рішень.

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці, електробезпеки та заходів безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: система електропостачання, роботоздатність, діагностика.

ABSTRACT

Ilyuk Nazar Romanovych. Development of the power supply system for the private joint-stock company "Slavutsky Bread Factory" with an assessment of the operational conditions of the in-plant network. Master's Qualification Thesis. Specialty 141 – Vinnytsia: VNTU, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Department of Electric Power Systems and Energy Management, 2024 – 90 pages.

The master's qualification thesis addresses the development of the power supply system (PSS) for PJSC "Slavutsky Bread Factory," focusing on assessing the operational conditions of the in-plant network.

The thesis is based on actual data collected during pre-diploma internship at the enterprise.

The first chapter of the work analyzes the production needs of the enterprise, particularly ensuring stable and reliable power supply for the operation of technological equipment. Load calculations, transformer selection, feeder line design, and solutions for equipment protection are presented.

The main result of the research is the development of a functional model for diagnosing the technical condition of the in-plant network of PJSC "Slavutsky Bread Factory," which enables accurate fault identification and evaluation of their impact on the system.

The fourth chapter includes a calculation of the technical and economic parameters of the designed power supply system, including energy loss assessment, electricity cost analysis, and the economic efficiency of the proposed solutions.

The fifth chapter examines occupational safety, electrical safety, and emergency safety measures.

Keywords: power supply system, operational capability, diagnostics.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОСОБЛИВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ	9
1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства.....	9
1.2 Відомості про режими електроспоживання та умови роботоздатності підприємства	10
2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД».....	13
2.1 Розрахунок навантажень.....	13
2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП	17
2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення	19
2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ.....	23
2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП	29
3 ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД».....	32
3.1 Побудова функціональної моделі внутрішньозаводської мережі	33
3.2 Вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі	39
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	45
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	46
4.2 Розрахунок поточних витрат	48
4.2.1 Вибір системи освітлення.....	48
4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	50
4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	52
4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	53
4.3 Розрахунок собівартості електроенергії.....	54

4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	54
4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	59
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	60
5.1.1 Електробезпека	60
5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	64
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	65
5.2.1 Мікроклімат	65
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	66
5.2.3 Штучне та природне виробниче освітлення.....	67
5.2.4 Виробничий шум	69
5.2.5 Виробничі вібрації.....	70
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	71
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності системи електроспоживання ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	73
5.3.1 Визначення області працездатності СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	74
5.3.2 Визначення області працездатності СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії електромагнітного імпульсу	75
5.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	76
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
Додатки	85
Додаток А – Технічне завдання	86
Додаток Б – Ілюстративний матеріал	89
Додаток В – План підприємства із силовими та живильними мережами	90

ВСТУП

Актуальність теми. Розробка системи електропостачання виробничих мереж підприємств є надзвичайно важливою задачею, рішення якої дозволяє забезпечити ефективне функціонування сучасних виробничих комплексів, а саме стабільність і надійність енергопостачання безпосередньо впливають на якість виробничих процесів та економічну ефективність діяльності [1]. В умовах зростаючого попиту на електроенергію та необхідності оптимізації витрат проектування енергосистем потребує врахування новітніх технологій, високих стандартів енергоефективності та зниження втрат електроенергії. Крім того, вдосконалення систем електропостачання сприяє підвищенню надійності енергомереж, забезпеченню безпеки експлуатації та адаптації до специфічних вимог конкретних споживачів.

При визначенні роботоздатності внутрішньозаводську мережу слід розглядати як комплексну систему, технічний стан якої оцінюється за змінами основних параметрів [2]. Обрати чіткі та зрозумілі критерії для оцінки роботоздатності внутрішньозаводської мережі, що дозволяють розмежувати її робочі та неробочі стани. Такими критеріями мають бути стабільність енергопостачання, мінімальні втрати потужності через опір мережі, відсутність аварійних відхилень параметрів та відповідність умовам безпечної експлуатації обладнання. Вибір параметрів для оцінки стану мережі [3] має базуватися на аналізі їх придатності для обраних критеріїв, зокрема безпеки функціонування системи та оптимізації її енергетичної ефективності.

Мета і задачі дослідження. Метою проведеної роботи є розробка системи електропостачання ПАТ «Славутський хлібозавод». Визначити умови роботоздатності внутрішньозаводської мережі. Здійснити аналіз СЕП підприємства використовуючи діючі методики розрахунку, водночас виконати розрахунки зовнішніх і внутрішніх електромереж та електричних навантажень, підібрати електрообладнання. Провести розрахунок розташування трансформаторних підстанцій.

Для досягнення цілей поставлених у роботі необхідно виконати наступні задачі:

- досягнення енергоефективності шляхом вибору оптимального класу напруги живлення на підставі порівняння декількох варіантів та забезпечення вимог надійності системи електропостачання;
- оптимальний вибір кількості та потужності трансформаторів.

Об'єкт дослідження – СЕП ПАТ «Славутський хлібо завод».

Предмет дослідження – визначення умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі.

Методи досліджень. У роботі використані загальноприйняті методи та засоби проведення розрахунку СЕП, які наведені в списку використаних джерел.

Наукова новизна. Основним результатом наукової роботи є розробка функціональної моделі діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі ПАТ «Славутський хлібо завод», яка забезпечує точне визначення несправностей та їх впливу на систему. Встановлено уніфіковані критерії оцінки роботоздатності та запропоновано методику упорядкування контрольованих показників за їхньою чутливістю до змін стану об'єкта. Застосування сигнально-параметричних і фізичних методів діагностики дозволяє ідентифікувати несправності та прогнозувати стан мережі з урахуванням складності її структури.

Практична цінність. Розроблено комплексний підхід до забезпечення роботоздатності внутрішньозаводської мережі, який включає автоматизацію моніторингу технічного стану, використання різних методів діагностики (робоче, тестове, експрес-діагностування та прогнозування), а також стандартизацію процесів виявлення дефектів. Запропоновані методики і моделі дозволяють оптимізувати технічне обслуговування, знизити витрати часу та ресурсів на усунення несправностей, підвищуючи надійність електропостачання.

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ у 2024 р.

За результатами дослідження опубліковано тези доповідей [1].

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства

Приватне акціонерне товариство «Славутський хлібозавод» займається виробництвом хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів, а також іншої продукції харчової промисловості. До складу підприємства входять кілька структурних підрозділів: хлібопекарний та борошномельний цехи, ремонтномеханічний відділ, автотранспортний склад і відділ збуту.

Основна діяльність компанії включає виготовлення, реалізацію та транспортування харчової продукції, зокрема хлібобулочних виробів, а також переробку, зберігання та реалізацію сільськогосподарської продукції. Крім того, підприємство займається наданням транспортних послуг, гуртовою, дрібногуртовою та роздрібною торгівлею, включаючи торгівлю алкогольними напоями та тютюновими виробами. Воно також розвиває торгівельно-посередницьку діяльність і створює мережі роздрібних магазинів для реалізації своєї продукції.

Основний асортимент продукції підприємства налічує близько 140 позицій, серед яких хліб, здобні та булочні вироби, а також кондитерська продукція. Для забезпечення якості всі вироби проходять контроль у власній лабораторії підприємства та перевіряються сторонніми організаціями на відповідність фізико-хімічним і мікробіологічним стандартам.

Окрім основної діяльності, підприємство займається переробкою зернових культур, використовуючи вироблене борошно для власних потреб. Також завод має власну роздрібну торговельну мережу, що спеціалізується на продажу продукції власного виробництва.

Сировина для хлібопекарського виробництва поділяється на основну та додаткову. Основною сировиною є пшеничне і житнє борошно, кухонна сіль, пекарські дріжджі та вода. Додаткова сировина включає компоненти, які додаються

за рецептурою для надання виробам потрібних властивостей, такі як цукор, жири, молоко тощо. Уся сировина має відповідати встановленим стандартам і забезпечувати високу якість готової продукції.

Борошно доставляється на підприємства в спеціальних цистернах, після чого під тиском перекачується до бункерів на складах. Перед використанням борошно просіюється і очищується від сторонніх домішок.

Технологічний процес ПАТ «Славутський хлібозавод» охоплює виробництво широкого асортименту хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів із використанням структурованої організації, що включає хлібопекарний, борошномельний цехи та інші підрозділи. Для забезпечення якості продукції застосовуються сучасні методи зберігання та обробки сировини, включаючи контроль у власній лабораторії. Основна сировина (борошно, сіль, дріжджі, вода) та додаткові компоненти (цукор, жири, молоко) відповідають стандартам і забезпечують якість готової продукції.

1.2 Відомості про режими електроспоживання та умови роботоздатності підприємства

Виробничі процеси заводу потребують стабільного енергопостачання для роботи технологічного обладнання, таких як млини, тістоміси, печі, лінії пакування та системи контролю якості [4]. Електроспоживання має змінний характер, із піковими навантаженнями під час активної фази виробництва, особливо в хлібопекарному та борошномельному цехах.

Забезпечення роботоздатності підприємства залежить від безперебійної роботи внутрішньозаводської мережі [5], яка повинна відповідати нормативам потужності та надійності, враховуючи фактори захисту від перенапруг, втрат енергії та забезпечення резервних джерел живлення для критично важливих процесів.

Відстань від підприємства до живлячої підстанції енергосистеми 2,8 км.

Вхідна реактивна потужність складає $Q_{\text{вх}} = 490$ квар.

Час використання максимального навантаження $T_{\text{м}} = 4500$ год/рік.

Час максимальних втрат складає $\tau_m = 2886,21$ год/рік.

Тариф за активну електроенергію $t = 5,5$ грн/кВт*год.

Дані про електричне навантаження ПАТ «Славутський хлібозавод» подано у таблиці 1.1. Генплан підприємства показано на Рисунок 1.1.

Таблиця 1.1 - Дані про електричне навантаження хлібозаводу

№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м ²
1	Елеватор	600	0,8	0,75	0,65	0,6	1215
2	Млин	70	0,7	1,02	0,7	0,6	1350
3	Крупцех	300	0,65	1,17	0,5	0,45	432
4	Склад	50	0,9	0,48	0,6	0,5	504
5	Ремонтний цех	200	0,65	1,17	0,35	0,3	630
6	Цех БВД	300	0,8	0,75	0,55	0,5	1449
7	Комбізавод	550	0,7	1,02	0,5	0,4	1944
8	Лабораторія	100	0,75	0,88	0,4	0,35	1350
9	Котельня	400	0,8	0,75	0,6	0,5	1134
10	Пилорама	50	0,75	0,88	0,3	0,25	702
11	Адмінбудівля	40	0,9	0,48	0,4	0,35	882
12	Пожежне депо	40	0,7	1,02	0,35	0,3	810
13	Гаражі	20	0,8	0,75	0,45	0,35	765
14	Майстерні	110	0,8	0,75	0,4	0,35	648

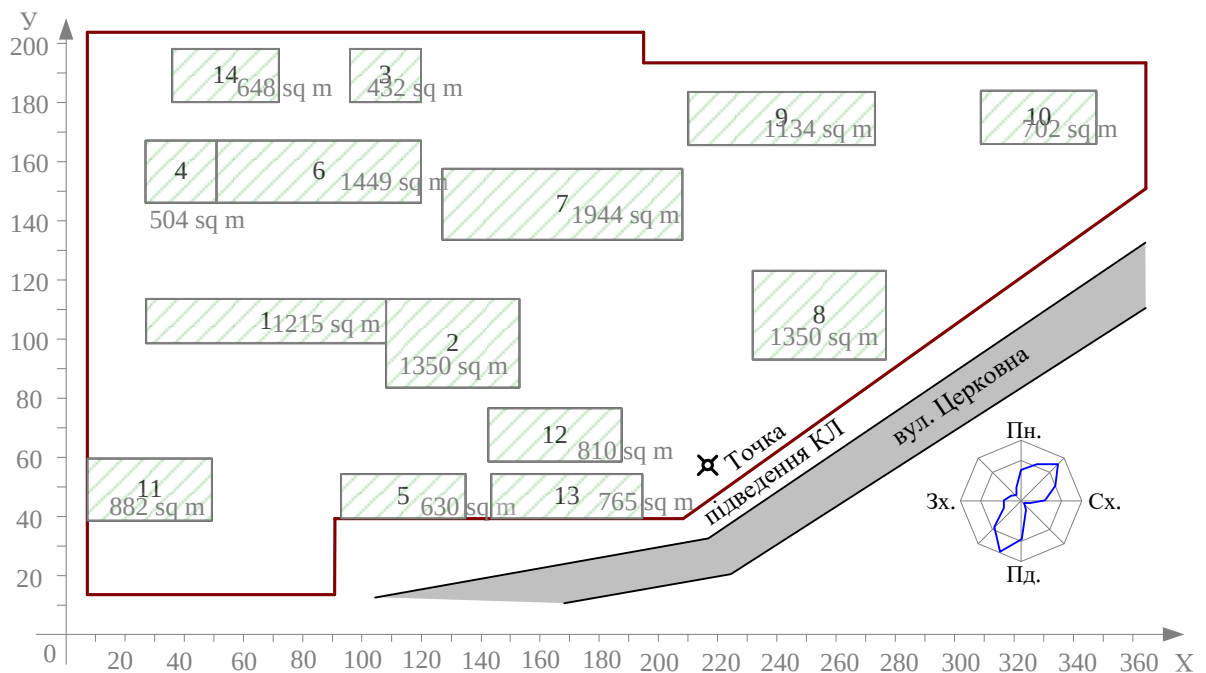


Рисунок 1.1 - Генплан ПАТ «Славутський хлібозавод»

Виснокуи по розділу 1.

1. Приватне акціонерне товариство «Славутський хлібозавод» є багатопрофільним підприємством, що спеціалізується на виробництві хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів, реалізації продукції через власну торговельну мережу і надання транспортних послуг. Завод використовує сучасні методи зберігання та обробки сировини, забезпечуючи високу якість продукції через контроль у власній лабораторії. Асортимент підприємства налічує близько 140 найменувань, а процеси виробництва базуються на ефективному використанні основної та додаткової сировини, що відповідає встановленим стандартам. Завдяки технологічному підходу, включаючи опарний і безопарний способи приготування тіста, підприємство досягає високої якості готових виробів, що відповідають потребам споживачів.

2. Виробничі процеси заводу вимагають стабільного та надійного енергопостачання для функціонування технологічного обладнання, включаючи млини, тістоміси, печі, лінії пакування та системи контролю якості. Споживання електроенергії має динамічний характер, з піковими навантаженнями під час інтенсивної роботи основних цехів, таких як хлібопекарний і борошномельний.

3. Для забезпечення ефективної роботи підприємства необхідно підтримувати безперебійну роботу внутрішньозаводської електромережі, яка повинна відповідати стандартам потужності, надійності та безпеки. Особлива увага приділяється захисту мережі від перенапруг, зниженню втрат енергії та організації резервного живлення для критично важливих процесів. Крім того, необхідно враховувати енергетичну ефективність і впроваджувати сучасні технології моніторингу та автоматизації, що дозволяють оптимізувати використання енергії на кожному етапі виробництва.

4. Забезпечення роботоздатності підприємства залежить від безперебійної роботи внутрішньозаводської мережі [5], яка повинна відповідати нормативам потужності та надійності, враховуючи фактори захисту від перенапруг, втрат енергії та забезпечення резервних джерел живлення для критично важливих процесів.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД»

2.1 Розрахунок навантажень

Розрахунок електричних навантажень підприємства виконано [7] із застосуванням методу коефіцієнтів використання та попиту, що дозволяє точно визначити параметри споживання електроенергії. Використані формули охоплюють розрахунки активної, реактивної та повної потужності, а також середніх і розрахункових навантажень. Під час аналізу враховано питомі густини навантажень і розрахунковий струм, що забезпечує комплексний підхід до оцінки енергоспоживання.

Коефіцієнт реактивної потужності:

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \operatorname{tg}(\arg \cos(\varphi)). \quad (2.1)$$

Розрахункова активна потужність освітлення:

$$P_{po} = F \cdot k_{по} \cdot k_{пра} \cdot P_{пито}. \quad (2.2)$$

Розрахункова реактивна потужність освітлення:

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_0), \quad (2.3)$$

Середня активна потужність:

$$P_c = k_v \cdot P_H + P_{po}. \quad (2.4)$$

Середня реактивна потужність:

$$Q_c = k_v \cdot P_H \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po}. \quad (2.5)$$

Середня повна потужність:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}. \quad (2.6)$$

Розрахункова активна потужність:

$$P_p = k_{\pi} \cdot P_{\pi} + P_{po}. \quad (2.8)$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_p = k_{\pi} \cdot P_{\pi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po}. \quad (2.9)$$

Розрахункова повна потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.10)$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U}. \quad (2.11)$$

Питома густина навантажень:

$$\rho = \frac{S_p}{F}. \quad (2.12)$$

Сумарна середня активна потужність:

$$P_{c\Sigma} = \sum_1^N P_c, \quad (2.13)$$

Сумарна середня реактивна потужність:

$$Q_{c\Sigma} = \sum_1^N Q_c. \quad (2.14)$$

Сумарна середня повна потужність:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2} . \quad (2.15)$$

Сумарна розрахункова активна потужність освітлення:

$$P_{po\Sigma} = \sum_1^N P_{po} . \quad (2.16)$$

Сумарна розрахункова реактивна потужність освітлення:

$$Q_{po\Sigma} = \sum_1^N Q_{po} . \quad (2.17)$$

Сумарна розрахункова активна потужність:

$$P_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N k_n \cdot P_n + P_{po\Sigma} . \quad (2.18)$$

Сумарна розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N P_n \cdot K_n \cdot \text{tg} + Q_{po\Sigma} . \quad (2.19)$$

Сумарна розрахункова повна потужність:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} . \quad (2.20)$$

Сумарна питома густина навантажень:

$$\rho_\Sigma = \frac{S_{p\Sigma}}{F_\Sigma} \quad (2.21)$$

Отже за допомогою даних формул виконуємо усі необхідні розрахунки, а результати заносимо до таблиці представленої на рисунку 2.1. Для електромережі підприємства середнє навантаження становить 1809,02 кВА, а розрахункове навантаження — 1953,57 кВА, що підтверджує достатню точність розрахунків і відповідність енергоспоживання вимогам технологічного процесу.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Дані сили																					
№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	доша, м	Кп0	Ит, Вт/м	Кпра	tg0	Вп0, квт	Рр0, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, квт	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, квар	Ко=	кВА/м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Елеватор	600	0,8	0,75	0,65	0,6	1215	0,85	0,014	1,2	0,48	8,33	17,35	377,35	278,33	468,89	407,35	300,83	506,39	769,38	0,42
2	Млин	70	0,7	1,02	0,7	0,6	1350	0,85	0,016	1,2	0,48	10,58	22,03	64,03	53,42	83,39	71,03	60,57	93,35	141,83	0,07
3	Крушеч	300	0,65	1,17	0,5	0,45	432	0,85	0,015	1,2	0,48	3,17	6,61	141,61	161,01	214,42	156,61	178,54	237,49	360,84	0,55
4	Склад	50	0,9	0,48	0,6	0,5	504	0,85	0,012	1,1	0,48	2,71	5,65	30,65	14,82	34,05	35,65	17,24	39,61	60,17	0,08
5	Ремонтний цех	200	0,65	1,17	0,35	0,3	630	0,85	0,015	1,2	0,48	4,63	9,64	69,64	74,77	102,18	79,64	86,47	117,55	178,60	0,19
6	Цех ВВД	300	0,8	0,75	0,55	0,5	1449	0,85	0,014	1,2	0,48	9,93	20,69	170,69	122,43	210,06	185,69	133,68	228,81	347,64	0,16
7	Комбизавод	550	0,7	1,02	0,5	0,4	1944	0,85	0,013	1,2	0,48	12,37	25,78	245,78	236,82	341,31	300,78	292,93	419,85	637,90	0,22
8	Лабораторія	100	0,75	0,88	0,4	0,35	1350	0,85	0,016	1,2	0,48	10,58	22,03	57,03	41,44	70,50	62,03	45,85	77,14	117,20	0,06
9	Котельня	400	0,8	0,75	0,6	0,5	1134	0,85	0,013	1,2	0,48	7,22	15,04	215,04	157,22	266,38	255,04	187,22	316,38	480,68	0,28
10	Пилорама	50	0,75	0,88	0,3	0,25	702	0,85	0,015	1,2	0,48	5,16	10,74	23,24	16,18	28,32	25,74	18,38	31,63	48,06	0,05
11	Адмінбудівля	40	0,9	0,48	0,4	0,35	882	0,85	0,015	1,2	0,48	6,48	13,49	27,49	13,26	30,52	29,49	14,23	32,75	49,75	0,04
12	Пожежне депо	40	0,7	1,02	0,35	0,3	810	0,85	0,013	1,2	0,48	5,16	10,74	22,74	17,40	28,63	24,74	19,44	31,46	47,80	0,04
13	Гаражі	20	0,8	0,75	0,45	0,35	765	0,85	0,014	1,2	0,48	5,24	10,92	17,92	10,49	20,77	19,92	11,99	23,26	35,33	0,03
14	Майстерні	110	0,8	0,75	0,4	0,35	648	0,85	0,015	1,2	0,48	4,76	9,91	48,41	33,63	58,95	53,91	37,76	65,82	100,01	0,10
15	Всього по підприємству	2830					13815					96,31	200,64	1511,64	1231,23	1949,61	1632,29	1339,69	2111,66	3208,34	0,15

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження підприємства

2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

Задачу визначення оптимальної потужності трансформаторів із заданого стандартного ряду доцільно вирішувати за допомогою автоматизованих засобів [8]. Для вибору трансформаторів для центральних трансформаторних підстанцій (ЦТП) на території підприємства враховується критерій мінімізації витрат, що включає як вартість їх встановлення, так і подальшої експлуатації.

Зважаючи на специфіку розподілу навантажень у межах підприємства, здійснюється розподіл навантаження між трансформаторними підстанціями відповідно до схеми, наведеної на рисунку 2.2.

	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ж
	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахунок за активна потужність Рр, кВт	Розрахунок за реактивна потужність Qр, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Рс, кВт	Середня реактивна потужність Qс, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
1									
2	ТП1	1	Елеватор	407,3502	300,828096	506,3908854	377,3502	278,328096	468,891994
3		2	Млин	71,032	60,565359	93,34724278	64,032	53,4239306	83,3919264
4		5	Ремонтний цех	79,639	86,4657885	117,5529791	69,639	74,774493	102,180307
5		11	Адмінбудівля	29,4946	14,2265617	32,74639654	27,4946	13,2579175	30,5241774
6		12	Пожежне депо	24,7406	19,4383449	31,46341588	22,7406	17,3979367	28,632553
7		13	Гаражі	19,9242	11,993616	23,25554924	17,9242	10,493616	20,7700005
8			Всього по ТП1	632,1806	493,517766	802,0050476	579,1806	447,67599	732,027294
9	ТП2	3	Крупцех	156,6096	178,542041	237,494899	141,6096	161,005097	214,419962
10		4	Склад	35,65488	17,2440055	39,60588586	30,65488	14,822395	34,0503313
11		6	Цех БВД	185,69172	133,682026	228,8062474	170,69172	122,432026	210,060144
12		14	Майстерні	53,9144	37,758912	65,82171346	48,4144	33,633912	58,9507775
13			Всього по ТП2	431,8706	367,226984	566,8931757	391,3706	331,89343	513,15124
14	ТП3	7	Комбізавод	300,77744	292,929288	419,8507309	245,77744	236,818065	341,305356
15		8	Лабораторія	62,032	45,8520441	77,1386996	57,032	41,4424586	70,4991234
16		9	Котельня	255,03684	187,217683	316,3767543	215,03684	157,217683	266,379884
17		10	Пилорама	25,7406	18,3842446	31,63161292	23,2406	16,1794518	28,3178415
18			Всього по ТП3	643,58688	544,38326	842,9455533	541,08688	451,657658	704,818879
19									

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між ЦТП

Математична модель пошуку оптимальної потужності цехових ТП підприємства [7]:

$$Z(S_T) = B_{TP}(S_{TP}) + B_B(S_{TP}), \quad (2.22)$$

де $B_{TP}(S_{TP})$ - річна приведена вартість капіталовкладень;

$B_B(S_{TP})$ - вартість річних втрат електроенергії.

$$B_{TP}(S_{TP}) = (E_a + E_c) \cdot k_{TP}(S_T, k_T), \quad (2.23)$$

де $k_{\text{ТП}}(S_T, k_T)$ – капіталовкладення в ТП в залежності від потужності S_T та кількості k_T трансформаторів.

$$B_B(S_T) = [\Delta P_{\text{XX}}(S_T) + \Delta P_{\text{КЗ}}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.24)$$

де $\Delta P_{\text{XX}}(S_T)$ – активні втрати холостого ходу в трансформаторі потужністю S_T ;

$\Delta P_{\text{КЗ}}(S_T)$ – активні втрати короткого замикання в трансформаторі потужністю S_T ;

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора;

B_0 - питома вартість втрат електроенергії.

$$Z(S_T) = (E_a + E_e) \cdot k_{\text{ТП}}(S_T, k_T) + [\Delta P_{\text{XX}}(S_T) + \Delta P_{\text{КЗ}}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.25)$$

Критерієм оптимальності в даній задачі є мінімум річних приведених затрат.

Запишемо обмеження, які накладаються на керовану змінну:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{\text{ТП}} \quad (2.26)$$

$$k_T > 1 \Rightarrow S_T \cdot k_{\text{на}} \geq S_{\text{ТП}} \cdot k_{\text{нна}} \quad (2.27)$$

На рисунку 2.3 показано таблицю, яка ілюструє автоматизований процес визначення оптимальної потужності трансформаторних підстанцій цехів.

За результатами автоматизованого аналізу були обрані комплектні трансформаторні підстанції для ЦТП 1, 2 та 3, оснащені трансформаторами потужністю 2×630 кВА [12]. Усі дані, отримані в ході вибору оптимальних проектних рішень, узагальнені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Вибір потужності ТП

Ділянка	S_c , кВА	S_p , кВА	$k_{\text{нна}}$	Марка ТА	S_n , кВА	Кількість	Приведені затрати тис.грн.
ТП1	732,027	802,005	0,8	ТМ-630/10	630	2	237,54
ТП2	513,15	566,89	0,8	ТМ-630/10	630	2	182,83
ТП3	704,82	842,95	0,8	ТМ-630/10	630	2	248,99

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	802,005			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	732,027			
5	Кількість трансформаторів										kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	15874,2			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036			
14															
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPнс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
16		63	1,28	0,24	209,28	28,4621	103,718	0,48	104,198	1654,05	—		—	—	—
17		100	1,97	0,33	259,42	35,2811	63,3564	0,66	64,0164	1016,21	—		—	—	—
18		160	3,1	0,51	297,134	40,4102	38,9445	1,02	39,9645	634,402	—		—	—	—
19		250	4,2	0,74	376,159	51,1576	21,6119	1,48	23,0919	366,565	—		—	—	—
20		400	5,9	0,95	496,386	67,5085	11,8592	1,9	13,7592	218,416	—		—	+	—
21	V	630	8,5	1,31	636,887	86,6166	6,88751	2,62	9,50751	150,924	237,54	V	+	+	+
22		1000	10,5	2,1	936,354	127,344	3,37686	4,2	7,57686	120,276	247,62		+	+	+
23		1600	18	2,8	1377,54	187,346	2,26129	5,6	7,86129	124,791	312,137		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	1493,52	203,118	1,20924	7,7	8,90924	141,427	344,545		+	+	+
25										Змін=	237,54				
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630			

Рисунок 2.3 – Вибір потужності ТП1

Для забезпечення ефективної роботи цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) та мінімізації витрат на їх експлуатацію необхідно обрати оптимальні кабелі, які відповідатимуть характеристикам трансформаторів і навантажень підприємства [8]. Вибір кабелів має ґрунтуватися на аналізі розподілу навантажень, враховуючи пропускну здатність, втрати електроенергії та відповідність технічним параметрам, які забезпечують надійну і стабільну роботу системи. Оптимальний підбір кабелів сприятиме зниженню втрат потужності та капітальних витрат, а також гарантує безперебійну роботу трансформаторів.

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Визначення номінальної напруги елементів електричної мережі є важливим техніко-економічним завданням, яке слід виконувати одночасно з розробкою схеми електропостачання, аналізуючи різні можливі варіанти. Для проектування ліній електропередачі можна застосовувати формулу [1]:

$$U_{\text{ек}} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot P_p} \quad (\text{кВ}), \quad (2.28)$$

де P_p – розрахункова активна потужність, МВт;

L – довжина лінії, км.

Дана формула застосовується при невеликих довжинах ліній (до 250 км) та при передачі потужності (до 60 МВт).

Економічно оптимальне значення напруги також можна визначити за іншою формулою, яка дає можливість отримати нестандартне значення напруги. У такому випадку для подальших розрахунків вибирають дві найближчі стандартні напруги - більшу та меншу, ніж розрахункова. Подальші техніко-економічні порівняння виконуються для всіх варіантів стандартних напруг.

$$U_{ек} = 4,34\sqrt{2,8 + 16 \cdot 1,632} = 23,3 \text{ (кВ)}.$$

Враховуючи доступні ступені напруги на підстанціях енергосистеми, розташованих неподалік підприємства, а також оптимальну величину нестандартної напруги, для подальшого аналізу обрано два варіанти напруги для схеми зовнішнього електропостачання: 10 кВ і 35 кВ.

Попередній розрахунок показав що доцільно використати альтернативні напруги рисунок 2.4: а) напругою 35 кВ, шляхом спорудження на території підприємства нової ПС 35/10 кВ; б) напругою 10 кВ шляхом спорудження на території підприємства РП 10 кВ.

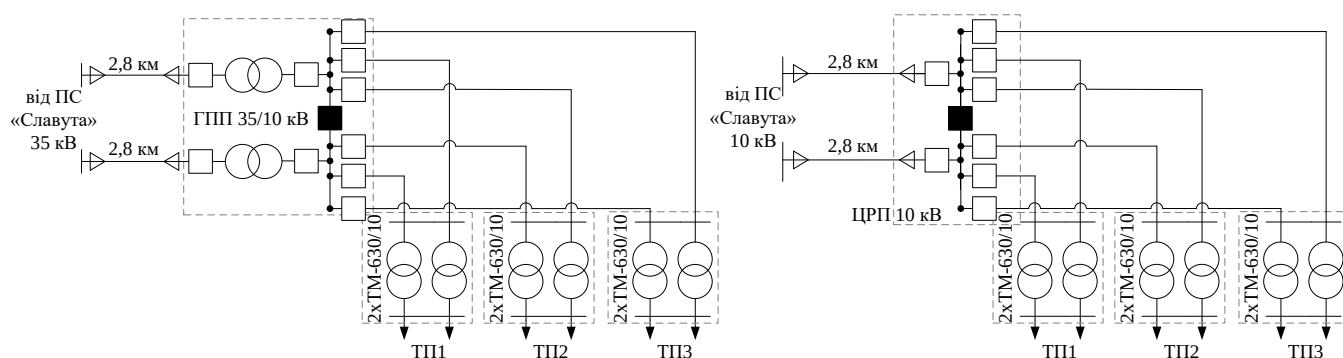


Рисунок 2.4 – Схеми живлення підприємства

Визначаємо розрахунковий струм ліній живлення для нормального режиму роботи:

$$I_p = \frac{S_p / 2}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \text{ (A);} \quad (2.29)$$

$$I_{p35} = \frac{2111,66 / 2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 17,42 \text{ (A); } I_{p10} = \frac{2111,66 / 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 60,96 \text{ (A).}$$

В якості кабельної лінії 10 кВ приймаємо кабель з ізоляцією з шитого поліетилену типу АПвЭгаПу-10 3×35 [9], допустимий струм при прокладанні у землі складає 129 А.

В якості кабельної лінії 35 кВ приймаємо кабель з ізоляцією з шитого поліетилену типу АПвЭгаПу-35 3х50 [9], допустимий струм при прокладанні у землі складає 140 А.

Навантажувальні втрати активної електричної енергії:

$$\Delta W_a = \Delta P_m \cdot \tau = 3I_m^2 R_e \cdot 10^{-3} \cdot \tau \text{ (кВт·год/рік);} \quad (2.30)$$

де T_M – час використання максимального навантаження ($T_M = W/P_M$, тут W – кількість спожитої енергії);

Вартість втрат електроенергії в ЛЕП:

$$C_{\Delta W10} = 2 \cdot 3 \cdot 60,96^2 \cdot 0,868 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2886,2 \cdot 6,649 = 1039,87 \text{ (тис.грн./рік);}$$

$$C_{\Delta W35} = 2 \cdot 3 \cdot 17,42^2 \cdot 0,641 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2886,2 \cdot 5,195 = 48,98 \text{ (тис.грн./рік).}$$

Результати розрахунку капітальних вкладень для двох варіантів електропостачання наведені в табл. 2.2, а щорічних витрат – в табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – Розрахунок капітальних вкладень

Перелік елементів схем	Вартість	10 кВ		35 кВ	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії електропередавання, км	тис.грн. за 1 км КЛ	км	тис.грн.	км	тис.грн.
КЛ 10 кВ АПвЭгаПу 3×35	419,00	5,6	2346,40		
КЛ 35 кВ АПвЭгаПу 3×50	592,20			5,6	3316,31
ВСЬОГО по лініях			2346,40		3316,31
Підстанції	тис.грн. за одиницю ПС.	штук	тис.грн.	штук	тис.грн.
Спорудження ПС 35 кВ 2×2,5 МВ*А	18240			1	22630
Розширення РП-10 кВ	12,7	2	25,4		
Спорудження РП-10 кВ	86,4	1	86,4		
ВСЬОГО по ПС			111,8		22630
ВСЬОГО			2458,20		25946,31

Таблиця 2.3 – Розрахунок щорічних витрат

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	10 кВ	35 кВ
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі:		
КЛ – 35 кВ, 1,2% від К		39,80
КЛ 10 кВ, 3,8% від К	56,31	
ПС 35 кВ, 2,4% від К		543,12
ПС 10 кВ, 4,3% від К	105,70	
Всього щорічні витрати на обслуговування, ВО тис.грн.	162,02	582,92
Амортизація, в тому числі:		
КЛ – 35 кВ, 2% від К		66,33
КЛ 10 кВ, 3% від К	46,93	
ПС 35 кВ, 3,6% від К		934,07
ПС 10 кВ, 3,6% від К	88,50	
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва тис.грн.	135,42	1000,39
Тариф на ЕЕ, грн./кВт*год	6,649	5,195
Вартість втрат електроенергії в ЛЕП, ВΔW тис.грн.	1039,87	48,98
ВСЬОГО щорічні витрати (В) тис.грн.	1337,31	1632,29

Зведені річні витрати будуть складати:

$$З = E_n \cdot K + B; \quad (2.31)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,1$ [10]); K – капітальні вкладення; B – щорічні поточні витрати на експлуатацію СЕП.

З урахуванням різниці цін на електроенергію [11] ($4,899 - 3,448 = 1,451$ грн./кВт·год.) різниця в оплаті за спожиту електроенергію складає $1,451 \cdot 1632,29 \cdot 4500 = 10680,07 \cdot 10^3$ тис.грн., а зведені річні витрати складають:

$$З_{10} = 0,1 \cdot 2458,2 + 1337,31 + 10680,07 = 12263,21 \text{ (тис.грн.)};$$

$$З_{35} = 0,1 \cdot 25946,31 + 1632,29 = 4226,92 \text{ (тис.грн.)};$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень буде складати:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{25946,31 - 2458,2}{(1337,32 + 10680,07) - 1632,29} = 2,26 \text{ (років)}. \quad (2.32)$$

Таким чином, другий варіант передбачає окупність додаткових капіталовкладень за 2,26 року. На основі проведених розрахунків більш доцільним рішенням є забезпечення електроживлення підприємства через кабельну лінію з напругою 35 кВ.

АПвЭгаПу-35 силовий кабель з алюмінієвою СПЖ, ізоляцією зі зшитого поліетилену, поздовжньою та поперечною герметизацією екрану та посиленою зовнішньою оболонкою з поліетилену

Тип кабелю: АПвЭгаПу-35 3×50

Матеріал жили: А – алюміній;

Ізоляція: Пв – зшитий поліетилен;

Екранування: Э – мідний екран по ізольованій жилі,

га – поздовжня і поперечна герметизація екрана водонабухаючими матеріалами і алюмополімерною стрічкою.

Пу – посилена поліетиленова оболонка.

	АПвЭгаПу-35 3х50 ТУ У 31.3-00214534-017-2003		
	Кабелі силові з алюмінієвими СПЖ, ізоляцією зі зшитого поліетилену, поздовжньою та поперечною герметизацією екрану та посиленою зовнішньою оболонкою з поліетилену		
	ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:		
	Номинальна напруга	кВ	35
	Максимальна напруга	кВ	42
	Число та номінальний перетин струмопровідних жил	мм ²	3 х 50
	Товщина ізоляції	мм	8.6
	Мінімальний перетин екрану	мм ²	16
	Допустимий струм короткого замикання по екрану мінімального перетину	кА	3.3
	Максимально допустимий струм короткого замикання по струмопровідній жилі	кА	4.7
	Тривало допустимі струмові навантаження *		
	• при прокладанні у повітрі	А	158
	• при прокладанні в ґрунті		
	• при прокладанні в ґрунті	А	140
	Рівень часткових розрядів при номінальній напрузі, не більше	рС	6
	Максимально допустима температура жили		
	• тривало	° С	+90
	• в аварійному режимі	° С	+130
	• при короткому замиканні	° С	+250
	Діапазон робочих температур	° С	-60 ... +50
	Мінімальний радіус вигину при прокладанні	мм	1200
	Розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково)**	мм	75
	Маса (орієнтовно)	кг/км	5200

Рисунок 2.5 – Технічні характеристики АПвЭгПу-35 3х50

Перевірка допустимого нагрівання кабелів із зшитого ПЕ виконується для нормального та післяаварійного режимів з урахування умов прокладки:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.33)$$

$$I_{p, \text{па}} \leq \alpha \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.34)$$

де k_1 - коефіцієнт, що характеризує температуру навколишнього середовища;

k_2 - коефіцієнт, що характеризує глибину прокладення кабелів в землі;

k_3 - коефіцієнт, що характеризує питомий термічний опір ґрунту;

k_4 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в землі;

k_5 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в повітрі;

k_6 - коефіцієнт, що характеризує вплив перерізу екрана.

$$57,73 \text{ (A)} \leq 1 \cdot 0,93 \cdot 0,89 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 140 = 85,2 \text{ (A)}.$$

Дана умова виконується. Також необхідно провести перевірку кабелів зі зшитого поліетилену на термічну стійкість до дії струмів КЗ.

2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ

Визначимо $I_{\max}$ для нормального та післяаварійного режиму:

а) ТП1:
$$I_p = \frac{802}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 30,98 \text{ (A)};$$

$$I_{p.a.} = \frac{802}{\sqrt{3} \cdot 10} = 61,97 \text{ (A)};$$

б) ТП2:
$$I_p = \frac{566,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 20,39 \text{ (A)};$$

$$I_{p.a.} = \frac{566,9}{\sqrt{3} \cdot 10} = 40,78 \text{ (A)};$$

в) ТП3:
$$I_p = \frac{842,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 33,2 \text{ (A)};$$

$$I_{p.a.} = \frac{842,9}{\sqrt{3} \cdot 10} = 66,4 \text{ (A)};$$

$$I_{\max} = \frac{1,3 \cdot S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,3 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,91 \text{ (A)}.$$

Відповідно нормативам високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням їх перевірки при роботі в після аварійних режимах.

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}, \quad (2.31)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{\max}, \quad (2.32)$$

Отже на стороні 10 кВ ЦРП підприємства встановлюємо вакуумні вимикачі від вітчизняного виробника компанії «Укрелектро» серії ВВ/TEL 10-12.5-630-044 [13]. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А} > I_{\text{м.ав}}$. Власний час відключення вимикача 0,5 с.

Таблиця 2.4 – Вибір високовольтного обладнання СЕП

Лінія	I_p , А	$I_{па}$, А	Вимикач	$I_{\text{ном}}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{\text{доп}}$, А
С-ГПП	17,4	34,8	HPL-72,5 В1-50/4000	630	АПвЭБВ-35	3×50	140
ЦРП-ТП-1	30,98	61,97	ВВ/TEL 10-12.5-400	400	АПвЭБВ-10	3×35	129
ЦРП-ТП-2	20,39	57,91	ВВ/TEL 10-12.5-400	400	АПвЭБВ-10	3×35	129
ЦРП-ТП-3	33,2	66,4	ВВ/TEL 10-12.5-400	400	АПвЭБВ-10	3×35	129

Розрахунок струмів КЗ виконується з метою перевірки вибраних вимикачів і кабелів [14]. Тому необхідно визначити такі величини: періодичну складову струму трифазного КЗ в початковий момент часу $I_{\text{п0}}$, ударний струм КЗ $i_{\text{уд}}$, періодичну та аперіодичну складові в момент початку розходження контактів вимикача $I_{\text{пт}}$ та $i_{\text{ат}}$, тепловий імпульс B_K [14]/

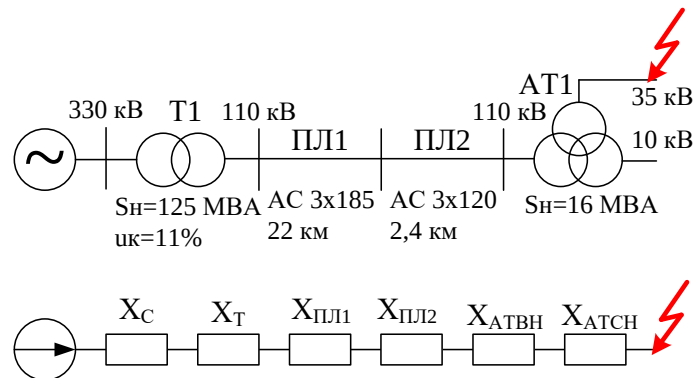


Рисунок 2.6 – Розрахункова та заступна схеми

Прийmemo базисну потужність $S_6 = 1000 \text{ МВА}$. За базисну напругу приймаємо номінальну напругу ступеня, на якому виникає КЗ $U_6 = 35 \text{ кВ}$.

Опір трансформатора:

$$X_T = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{S_R}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0,88 \text{ (в.о.);} \quad (2.33)$$

Опори ліній живлення, середньономінальна папруга яких 115 кВ:

$$X_{*ЛЕП} = X_{шт} \cdot 1 \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2}; \quad (2.34)$$

$$X_{ПЛ1} = 0,4 \cdot 22 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,665 \text{ (в.о.)};$$

$$X_{ПЛ2} = 0,4 \cdot 2,4 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,07 \text{ (в.о.)};$$

Опір автотрансформатора:

$$u_{KB} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-H\%} + u_{KB-C\%} - u_{KC-H\%}), \quad (2.35)$$

$$u_{KC} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-C\%} + u_{KC-H\%} - u_{KB-H\%}), \quad (2.36)$$

$$u_{KB} \% = 0,5 \cdot (35 + 10,5 - 24) = 10,5 \text{ (\%)},$$

$$u_{KC} \% = 0,5 \cdot (10,5 + 24 - 35) = -1 = 0 \text{ (\%)},$$

$$X_{*ATBC} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{16} = 5,56,$$

Опір системи має незначне значення яким можна знехтувати.

Сумарний опір від системи до точки К:

$$X_{\Sigma} = X_t + X_{ПЛ1} + X_{ПЛ2} + X_{ATBH} = 0,88 + 0,665 + 0,07 + 5,56 = 7,18 \text{ (Ом)}.$$

Початкове діюче значення струму трифазного КЗ:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15,6; \quad (2.37)$$

$$I_{п0} = \frac{E_*}{x_{*рез}} \cdot I_6 = \frac{1}{7,18} \cdot 15,6 = 2,17 \text{ (кА)}. \quad (2.38)$$

Початкове діюче значення струму трифазного КЗ: Стала часу загасання аперіодичної складової $T_a = 0,03$ с. Ударний струм КЗ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} I_{п0} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) = \sqrt{2} \cdot 2,17 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 5,3 \text{ (кА)}; \quad (2.39)$$

Періодична складова струму від енергосистеми не змінюється, тому:

$$I_{пт} = I_{п0} = 2,17 \text{ (кА)};$$

Для захисту встановленого на кабельній лінії 35 кВ вибираємо уставку з часом спрацювання $t_{рз} = 0,5$ с, так як даний час спрацювання є типовим для захисту

установок даного класу напруги. Тоді час вимкнення КЗ буде рівним:

$$t_{\text{вим}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{п.в}} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ с.}$$

Аперіодична складова струму КЗ для $t = t_{\text{вим}} = 0,6 \text{ с}$:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} I_{\text{п0}} e^{-\frac{t}{T_{a.c}}} = \sqrt{2} \cdot 2,17 e^{-\frac{0,6}{0,03}} = 0,63 \text{ (кА)}; \quad (2.40)$$

Тепловий імпульс визначаємо в такій послідовності.

Тепловий імпульс:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{п0}}^2 (t_{\text{вим}} + T_{\text{а}}) = 2,17^2 (0,6 + 0,03) = 3 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}. \quad (2.41)$$

Переріз жил кабелів за термічною стійкістю до дії струмів КЗ:

$$s \geq s_{\text{min}} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_{\text{т}}} \quad (2.42)$$

$$s = 50 \text{ (мм}^2\text{)} \geq s_{\text{min}} = \frac{2,17 \sqrt{0,6}}{94} = 18 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

де $I_{\text{к}}$ – струм КЗ в А.

Допустимий струм КЗ тривалістю $t_{\text{вим}} = 0,6 \text{ с}$ буде:

$$I_{\text{доп.к}} = \frac{I_{\text{доп.к(1с)}}}{\sqrt{t_{\text{вим}}}} = \frac{4,7}{\sqrt{0,6}} = 6,647 \text{ (кА)} \geq 2,17 \text{ (кА)}. \quad (2.43)$$

Таким чином, вибрані кабелі умовам термічної стійкості до дії струму КЗ задовільняють.

Питомий опір алюмінієвої жили для температури 90 °С:

$$r_{0(90)\text{ж}} = r_{0(20)\text{ж}} \frac{228 + \Theta}{248} = 0,641 \frac{228 + 90}{248} = 0,822 \text{ (Ом/км)}. \quad (2.44)$$

Питомий опір мідного екрана для температури 70 °С:

$$r_{0(70)\text{ек}} = r_{0(20)\text{ек}} \frac{242,5 + \Theta}{262,5} = 0,193 \frac{242,5 + 70}{262,5} = 0,23 \text{ (Ом/км)}. \quad (2.45)$$

Значення наведеного струму в екрані одножильних кабелів у разі розташування кабелів у вершинах рівностороннього трикутника впритул:

$$I_{\text{ек.тр}} \approx I_{\text{КЗ}} \sqrt{\frac{0,0019}{0,0019 + r_{0(70)\text{ек}}^2}} = 2,17 \sqrt{\frac{0,0019}{0,0019 + 0,23^2}} = 0,4 \text{ (кА)}. \quad (2.46)$$

Таким чином, вибраний кабель АПвЭгаПу-35 3х50 відповідає умовам термічної стійкості екрана до наведеного струму, оскільки дане значення менше допустимого струму короткого замикання по екрану мінімального перетину, яке рівне 3,3 кА.

Результати перевірки вимикачів 35 кВ наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір вимикачів 35 кВ

ГПП - 35 кВ	HPL-72,5 B1-50/4000	D BF-35/4000 T1
$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 0,058 \text{ кА}$	$I_{\text{ном}} = 4000 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 4000 \text{ А}$
$I_{\text{п.т}} = 2,17 \text{ кА}$	$I_{\text{відк.ном}} = 50 \text{ кА}$	-
$i_{\text{а.т}} = 0,63 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{відк.ном}} \cdot \beta_{\text{н}} =$ $= \sqrt{2} \cdot 50 \cdot 0,33 = 23,3 \text{ кА}$	-
$I_{\text{п.0}} = 2,17 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 50 \text{ кА}$	-
$i_{\text{у}} = 5,3 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 160 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 160 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} = 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{т}}^2 \cdot t_{\text{т}} = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{т}}^2 \cdot t_{\text{т}} = 512 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Обраний тип вимикача відповідає вимогам місця його встановлення.

Вибираємо вимірювальні трансформатори струму (ТС) та напруги (ТН) в колі ЛЕП-35 кВ.

Таблиця 2.6 – Вимірювальні трансформатори

Місце установки	Трансформатор струму	Трансформатор напруги
ЛЕП-35 кВ	ТФЗМ-35	НКФ-35-58У1
ЛЕП-10,5 кВ	ТШЛ-10	НТМІ-10

Проведені розрахунки показали, що в якості живлячих ліній доцільно використати три одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену марки АПвЭгаПу-35 перерізом 3х50 мм² виробника ПАТ «Завод Південкабель». Допустимий струм даного кабелю при прокладанні в землі «трикутником» складає $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$. Також здійснено усі необхідні перевірки для живлячої лінії та екрану кабелю при виникненні стрімів КЗ.

Здійснимо вибір та перевірку високовольтних елегазових вимикачів HPL-72,5 B1-50/4000 для захисту ліній 35 кВ.

2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП.

Місце оптимального спорудження ЦРП СЕП підприємства визначаємо за допомогою даної математичної моделі [7]:

$$Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{aj}) \cdot (a_{ж} + K_0(F_{ж})) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(F_{ж}) \cdot B_0 \right] \cdot k_{ж} \cdot L_{ж} + \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i)) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(F_i) \cdot B_0 \cdot k_i \right] \cdot L_i \rightarrow \min, \quad (2.47)$$

$$X_{\min} \leq X_0 \leq X_{\max},$$

$$Y_{\min} \leq Y_0 \leq Y_{\max}.$$

де $Z(x_0, y_0)$ - річні приведені затрати;

$K_0(F_i)$ - питома вартість КЛ перерізом F_i ;

$L_{ж}$ - довжина живлячої лінії км;

L_i - довжина i -тої розподільної лінії;

Таблична форма за допомогою якої здійснено автоматизований пошук оптимальних координат встановлення ЦРП показано на рисунку 2.7.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
3	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ										U _ж =	10		
4	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)										Метрика _ж =	НЕ		
5	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)										Метрика _р =	НЕ		
6														
7	Економічні характеристики мережі													
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км										a=	10		
9	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої РЛ тис.грн/км										а _ж =	8		
10	Питома вартість втрат, грн/кВт										B _о =	15874,15		
11	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										E _е =	0,1		
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										E _а =	4,00%		
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії										E _{а_ж} =	5,00%		
14														
15														
	Ліній	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	R _о ,	K _о ,	L, м	З, тис.		
16	живлення								Ом/км	т.грн/км		грн		
17	ЖЛ	217	57	150	2	1658,09	1488,41	64,32	0,206	466,2802	41,00	6,245		
18	ТП1	104	93	50	2	641,69	546,79	24,34	0,62	173,4299	108,00	9,173		
19	ТП2	86	171	50	2	437,93	406,45	17,25	0,62	173,4299	204,00	13,776		
20	ТП3	212	152	50	2	653,82	600,6	25,63	0,62	173,4299	59,00	5,236		
21						Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.						34,43		
22						Координати ЦЕМ, м				X _о =	212	Y _о =	93	
23						Оптимальні координати ЦЕМ, м				X _о =	212	Y _о =	93	
24						Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.						34,43		

Рисунок 2.7 – Таблична форма визначення центру мережі

Автоматизований пошук показав що в якості координати розміщення ЦРП доцільно обрати наступні параметри: $x=212$ м, $y=93$ м.

Радіус кіл величини навантаження визначається за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Mi}}{\pi \cdot m_p}}, \quad (2.48)$$

Величина сектору освітлювального навантаження окремого цеху складає:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{MOi}}{P_{Mi}}. \quad (2.49)$$

Таблиця 2.7 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Назва цеху	P_{PO} , кВт	P_P , кВт	r , м	α_i , °
1	Каналізаційно насосна станція	17,35	297,35	20,7	15,5
2	Склад №1	22,03	57,03	7,8	139,1
3	Водонасосна станція	6,61	181,61	13,9	13,1
4	Склад №2	5,65	47,65	7,1	42,7
5	Ремонтний цех	9,64	107,64	10,7	32,2
6	Станція знезараження води	20,69	185,69	14,0	40,1
7	Очисний комплекс	25,78	225,78	16,3	37,0
8	Лабораторія	22,03	82,03	9,3	96,7
9	Котельня	15,04	225,04	16,5	21,2
10	Пилорама	10,74	24,24	5,1	159,5
11	Адмінбудівля	13,49	30,29	5,7	160,4
12	Пожежне депо	10,74	23,69	5,0	163,2
13	Гаражі	10,92	22,17	4,9	177,4
14	Майстерні	9,91	61,91	8,1	57,6

Генеральний план підприємства на якому нанесені розміщені ЦРП, ТП та картограма навантажень приведений на рисунку 2.8.

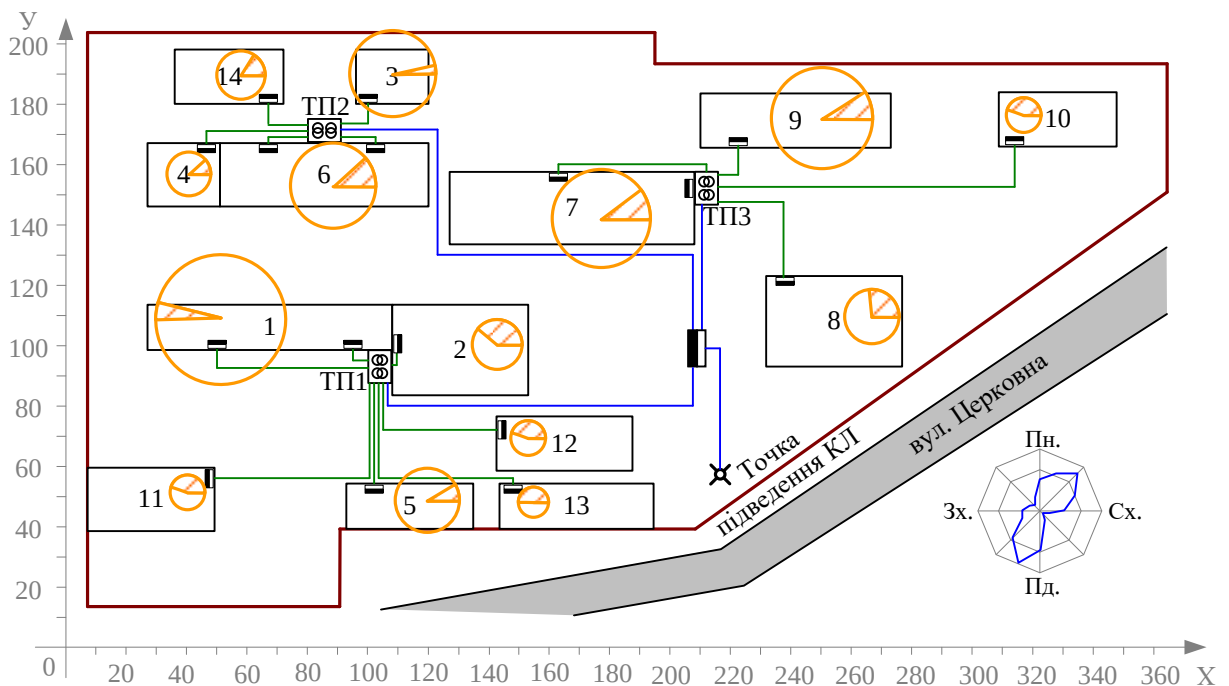


Рисунок 2.8 – Генеральний план підприємства з картограмою навантаження

Висновки до розділу 2

Для розробки системи електропостачання ПАТ «Славутський хлібозавод» доцільно виконати наступні проектні рішення:

1. Для оптимального вибору трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) підприємства було використано математичну модель, яка враховує критерій мінімізації річних приведених затрат, включаючи витрати на встановлення та експлуатацію трансформаторів. За допомогою автоматизованих засобів проведено аналіз розподілу навантажень і визначено, що для ЦТП 1, 2 та 3 оптимальним є використання комплектних трансформаторів типу ТМ-630/10 з потужністю 2×630 кВА. Обрані рішення забезпечують відповідність навантажень вимогам підприємства, мінімізуючи втрати електроенергії та капіталовкладення, що підтверджується розрахунками та зведеними даними у таблиці.

2. Переріз зовнішньої кабельної лінії повинен бути 3×50 мм², КЛ типу АПвЭгаПу-35 на напрузі 35 кВ. Для живлення ТП 10 кВ оптимальним рішенням буде використання кабелів типу АПвЭгаПу-10 з перерізом ліній 3×35 мм². Також в цьому розділі був проведений аналіз і вибір типу захисту електрообладнання в аварійному режимі роботи.

Отже в цілому для заводу розроблено систему електропостачання, що відповідає сучасним стандартам і оптимальна з точки зору надійності та роботоздатності.

З ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД»

Роботоздатність – це стан об'єкта, за якого він здатний виконувати всі або частину заданих функцій, як у повному, так і в обмеженому обсязі. Іншими словами, роботоздатний об'єкт може перебувати як у справному, так і в несправному стані [2]. Для оцінки умов роботоздатності будь-якого об'єкта чи системи існують два можливих підходи [15,16]. Зокрема, умови працездатності об'єкта діагностування можуть бути визначені шляхом аналізу теоретично створеної діагностичної моделі або шляхом проведення експериментальних досліджень.

Також види технічного діагностування можна поділити на такі типи: робоче, тестове, експрес-діагностування та прогнозувальне [16,17].

- **Робоче діагностування** полягає у визначенні технічного стану (ТС) об'єкта під час виконання ним своїх функцій, без спеціальних тестових впливів;

- **Тестове діагностування** передбачає оцінку технічного стану об'єкта за допомогою спеціальних випробувальних дій, без виконання ним основних робочих функцій. Цей підхід використовується, коли об'єкт тимчасово не експлуатується;

- **Експрес-діагностування** виконується за обмеженим набором діагностичних параметрів протягом короткого часу. Об'єкт може як залишатися в робочому стані, виконуючи функції, так і перебувати в тестовому режимі під впливом перевірок;

- **Прогнозувальне діагностування** дозволяє визначити період, протягом якого технічний стан об'єкта відповідатиме нормам за заданою ймовірністю. При цьому обчислюється середній ресурс до першої відмови як математичне очікування.

Для визначення умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі важливо розробити чіткі та уніфіковані критерії оцінки її стану, що враховують специфіку експлуатації на підприємстві [3]. Необхідно створити інформативні методи контролю, здатні виявляти як загальні, так і локальні дефекти мережі, а також автоматизувати процеси моніторингу для зниження трудомісткості й витрат. Відсутність єдиних нормативів у цій сфері вимагає впровадження стандартів, що

забезпечать узгодженість і порівнянність результатів діагностики різними підприємствами, підвищуючи ефективність і надійність роботи мереж.

3.1 Побудова функціональної моделі внутрішньозаводської мережі

Функціональна модель – це системне представлення об'єкта діагностування, яке відображає його структуру та логічні зв'язки між елементами з точки зору функціонування [3]. Вона будується на основі взаємозалежностей між входами, виходами та складовими частинами об'єкта, дозволяючи визначити, як несправність одного елемента впливає на роботу інших.

Основні особливості функціональної моделі:

Структурна організація — модель показує, як елементи об'єкта взаємодіють між собою через функціональні зв'язки.

Діагностика станів – дозволяє визначати технічний стан об'єкта або його елементів шляхом перевірок, враховуючи несправності та їх наслідки для інших частин системи.

Матриця перевірок – результати перевірок представлені у вигляді матриці станів, що дозволяє ідентифікувати несправні елементи на основі аналізу відмінностей у результатах діагностування [5].

Логічна залежність – при виході з ладу одного елемента інші елементи, які залежать від нього, також можуть виходити з ладу.

Таким чином, функціональна модель є основою для алгоритмічного діагностування та служить інструментом для визначення технічного стану об'єкта, виявлення несправностей і аналізу їхнього впливу на систему загалом.

Алгоритмічний метод технічного діагностування ґрунтується на використанні перевірки правильності функціонування об'єкта в цілому, або окремих його частин на основі оцінювання відповідними технічними засобами логічних ознак виконання робочих дій в процесі робочого діагностування, або при тестовому діагностуванні з перевіркою технічного стану.

При алгоритмічному підході об'єкт діагностування може бути визначений множиною видів технічного стану $S = \{S_i\}$, де S_i — ТС з числа вірогідних станів N залежно від числа несправностей, що можуть виникнути в об'єкті при його експлуатації, тобто $i = 1 \dots N$. Технічний стан такого об'єкта буде визначатись множиною перевірок $\pi = \{\pi_j\}$, $j = 1 \dots M$. Результати множини перевірок для всієї множини станів будуть визначатись множиною $A = \{a_{ij}\}$, що є матрицею результатів з розмірністю $N \times M$. Ця матриця буде відображати діагностичну інформацію, за якою можна визначити діагноз як заключний висновок з діагностування об'єкта із точним визначенням ТС за умови виконання нерівностей $a_{ij} \neq a_{rj}$, де $i, r = 1 \dots N$; $i \neq r$ [3]. Така умова може бути інтерпретована так: технічний стан точно визначається тоді і тільки тоді, коли знайдеться хоча б одна перевірка, результати якої будуть різні для двох несумісних станів S_i і S_r . Якщо ця умова не виконується, то об'єкт не може бути продіагностований відносно визначення технічного стану або пошуку місця пошкодження.

Роботоздатність внутрішньозаводської мережі — це здатність елементів мережі (трансформаторів, вимикачів та кабельних ліній) виконувати свої функції в межах заданих технічних характеристик та умов експлуатації [2].

Внутрішньозаводська мережа 10 кВ виконує наступні основні функції:

Забезпечення безперебійного постачання електроенергії до обладнання заводу;

Відокремлення струмоведучих частин від землі та між собою;

Захист обладнання від пошкодження при перевищенні напруги або коротких замиканнях;

Мінімізація втрат електроенергії в мережі при передачі та розподілі електроенергії.

Функціональна модель внутрішньозаводської мережі приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод» представлена на рисунку 3.1.

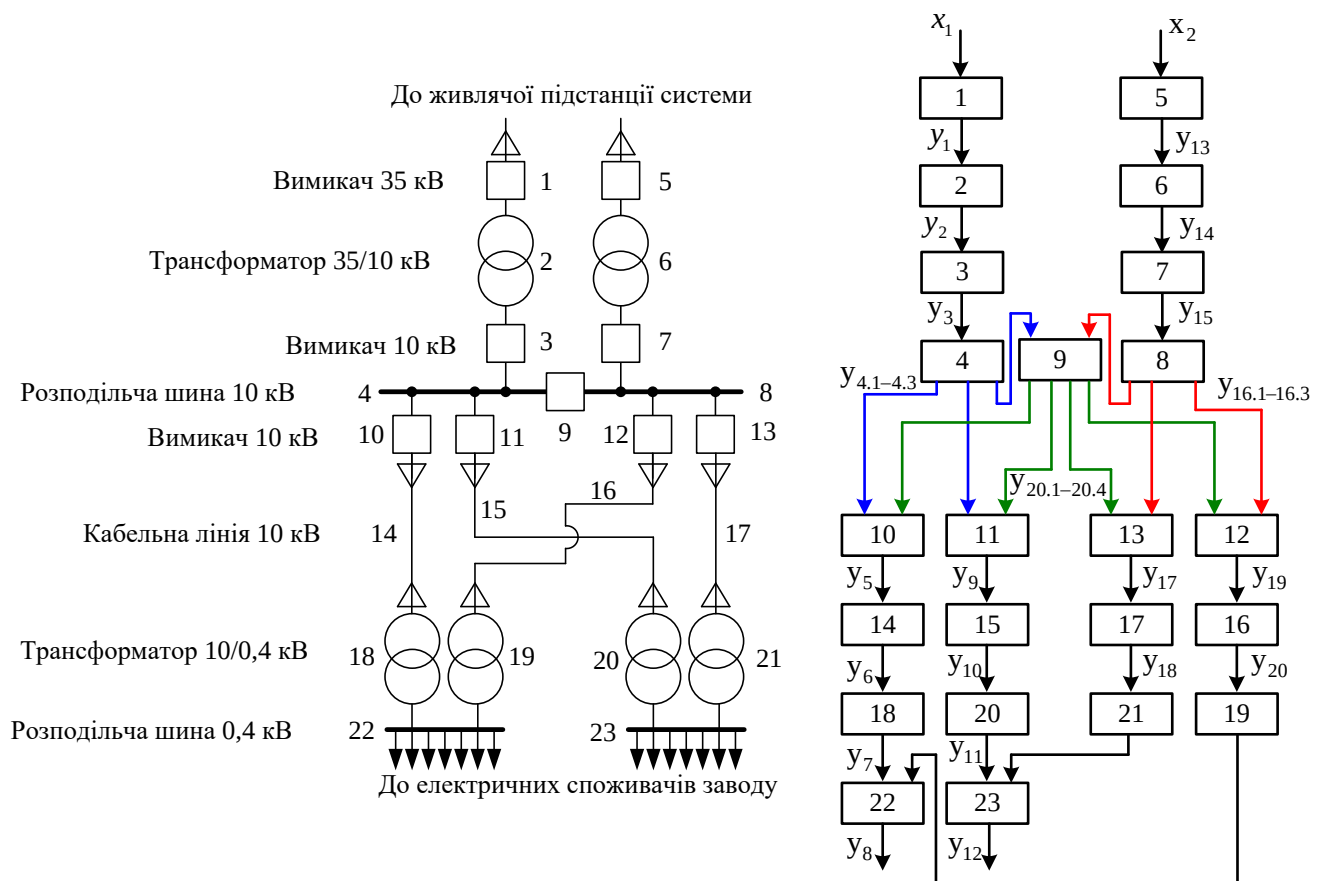


Рисунок 3.1 — Функціональна модель об'єкта

Умови роботоздатності внутрішньозаводської мережі визначаються станом основних елементів мережі, таких як:

Трансформатори 10 кВ:

- Робочий стан ізоляції обмоток;
- Рівень втрат у сталі та міді;
- Температурний режим під час навантажень;
- Наявність часткових розрядів (ПР) в ізоляції.

Вимикачі 10 кВ:

- Спрацювання механізму включення/вимикання;
- Ефективність дугогасіння;
- Опір контактів у закритому стані;
- Цілісність та стан ізоляційних матеріалів.

Кабельні лінії 10 кВ:

- Вимірювання опору ізоляції кабелів;

- Виявлення дефектів у місцях з'єднань та кінцевих муфт;
- Аналіз часткових розрядів;
- Перевірка цілісності оболонки та екранів.

Користуючись функціональною моделлю, побудуємо таблицю функцій станів (таблицю несправностей, табл. 3.1), вважаючи, що одночасно може пошкодитись тільки один елемент, а ймовірність пошкодження кожного із елементів є однаковою і в процесі пошуку пошкоджень елемент не може переходити з одного стану в інший. Елементу, що відмовив, в векторі станів буде відповідати 0 [3].

Таблиця 3.1 — Таблиця функцій несправностей (технічних станів)

π_i S_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Користуючись таблицею несправностей побудуємо діагностичний тест для визначення технічного стану та пошуку несправностей в об'єкті. Для цього побудуємо таблицю покриття (табл. 3.2) перевірками двох станів за правилом, що сума двох рядків 1+1 та 0+0 дає 0, а 1+0 та 0+1 дає 1 [15].

Таблиця 3.2 — Таблиця покриття ОД

π_i S_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

По рядках установленого набору обов'язковими перевірками є π_{22} , π_{23} . Коли одночасно результатом цих перевірок є одиниця, то об'єкт діагностування знаходиться в роботоздатному стані, а коли хоча б один результат дає нуль, то об'єкт є нероботоздатним [16].

Оскільки двоколова СЕП заводу має дві секції збірних шин, то ймовірність втрати живлення одночасно на двох секціях збірних шин досить мала. А втрата живлення на одній секції шин не веде до втрати робото здатності.

Перевіримо покриття всіх рядків і визначимо неперекриті рядки, За допомогою цих додаткових перевірок виконуються вимоги покриття усіх рядків таблиць 3.2 і 3.3.

Таким чином, обов'язковими слід вважати перевірки π_{22} , π_{23} , за якими і буде встановлюватись діагноз відносно об'єкта діагностування.

Для другої таблиці покриття (табл. 1.3) обов'язковими будуть також; π_{22} , π_{23} .

Таблиця 3.3 — Друга таблиця покриття для пошуку пошкоджень (частина)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	---		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23							
1 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1 3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
1 23	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8 23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1					
2 3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0						
2 4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
2 23	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1					
3 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0						
3 5	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0					
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	10 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0					
3 23	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...						
4 5	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1					
4 6	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0						
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	11 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0					
4 23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...						
5 6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1					
5 7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...					
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0		
5 23	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0		
6 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0			
6 8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1			
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	20 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
6 23	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...				
7 8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
7 9	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
7 23	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...			

Внутрішньозаводська мережа 10 кВ заводу характеризується високою надійністю завдяки двоколовій структурі системи електропостачання, що мінімізує ризик повної втрати живлення, навіть у разі відмови однієї секції збірних шин. Та має змогу продовжити роботу здатність ключових елементів завдяки дублюючим системам живлення [17]. Роботоздатність мережі залежить від технічного стану її основних елементів, таких як трансформатори, вимикачі та кабельні лінії, які повинні відповідати встановленим технічним характеристикам. Основні функції мережі включають забезпечення безперебійного електропостачання, захист обладнання від пошкоджень, ізоляцію струмоведучих частин і мінімізацію втрат електроенергії, що досягається завдяки регулярному моніторингу та обслуговуванню її компонентів.

3.2 Вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі

Для оцінки роботоздатності внутрішньозаводської мережі (ВЗМ) можна застосувати два основні підходи.

Перший підхід передбачає попередній вибір ключових параметрів, які відображають технічний стан ВЗМ. До них можуть належати такі показники, як якість електроенергії, рівень навантаження, втрати струму, частота перевантажень, стабільність напруги тощо. Кількість обраних параметрів має бути оптимальною, враховуючи складність мережі та потребу в подальшому аналізі [16]. Наступним кроком є проведення експериментальних досліджень для визначення, наскільки ці параметри точно відображають стан мережі. Потім розробляється математична модель (наприклад, заснована на стохастичних залежностях між параметрами), створюється статистична база даних або використовується алгоритм машинного навчання (наприклад, нейронна мережа). Це дає змогу оцінювати працездатність ВЗМ на основі даних моніторингу. Такий підхід особливо ефективний для складних систем із неоднорідною структурою, численними параметрами та невизначеними критеріями оцінки.

Другий підхід підходить для простих систем із однорідною структурою та обмеженою кількістю параметрів. Спочатку проводяться теоретичні дослідження, щоб визначити основні індикатори стану мережі, такі як рівень напруги, коефіцієнт потужності чи частота аварійних відключень. Далі аналізується можливість оцінки працездатності мережі через ці індикатори відповідно до визначених критеріїв.

Обидва підходи дозволяють адаптувати методи діагностики до конкретних характеристик ВЗМ, враховуючи її складність, структуру та умови експлуатації.

Для визначення роботоздатності об'єкта використовують спочатку перевірки π_{22} і π_{23} , а потім здійснюють пошук пошкоджень. В останньому випадку послідовність перевірок може бути різною.

Для пошуку оптимального рішення необхідно врахувати критерій оптимальності та ймовірності можливих станів.

Сигнально-параметричний метод технічної діагностики передбачає перевірку коректності роботи об'єкта загалом або оцінку робочих сигналів чи параметрів окремих елементів під час експлуатації чи тестування. Для його реалізації потрібно виконати дві умови: по-перше, сформулювати сигнал, який вказує на наявність несправності, і, по-друге, забезпечити передачу цього сигналу на зовнішній вихід, де він може слугувати носієм діагностичної інформації для подальшого аналізу та встановлення діагнозу [15]. Якщо хоча б одна з цих умов не виконується, об'єкт вважається непридатним для діагностики.

Фізичний підхід до діагностики базується на двох принципах: перший – це виявлення технічного або фізичного стану об'єкта через властивості фізичного середовища; другий – використання фізичних ефектів, які свідчать про наявність дефектів чи несправностей.

Перша умова фізичного підходу передбачає існування хоча б одного фізичного ефекту, який відображає несправність через залежність між фізичними величинами та сприйнятливість об'єкта. Друга умова вимагає, щоб цей ефект був спостережуваним, тобто таким, який можна кількісно зафіксувати за допомогою вимірювальних приладів.

Умови роботоздатності об'єкта [2] можна сформулювати на основі аналізу моделі об'єкта діагностування або отримати експериментально при дослідженні реального об'єкта.

Умови роботоздатності можна визначити як обмеження на зміну динамічних, статичних характеристик, сукупності контрольованих показників або у вигляді вимоги виконання заданих функцій згідно з раніше визначеною логікою.

Наприклад, якщо контрольований параметр один, то діагностичну модель можна подати у вигляді рівняння:

$$a_0(t, \lambda) \frac{d^n x(t)}{dt^n} + a_1(t, \lambda) \frac{d^{n-1} x(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_n(t, \lambda) = F(x, \lambda), \quad (3.1)$$

його розв'язання при ненульових початкових умовах

$$x(t, \lambda) = x_0(t) + \sum_{K=1}^{\infty} x_K(t) \lambda^K, \quad (3.2)$$

де $a_i(t, \lambda)$ коефіцієнти рівняння, які є неперервними функціями t і аналітичними функціями комплексного параметра λ (змінна контрольованого параметра);
 $F(x, \lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} b_{kr} x^t \lambda^k$ — аналітична функція в деякій області параметрів x і λ .

Якщо умови роботоздатності задані в формі обмежень на переміщення полюсів і нулів передавальної функції, можна упорядкувати показники, які характеризують стан об'єкта за ступенем їх впливу на положення полюсів та нулів на комплексній площині.

Розглянемо процедуру вибору контрольованих показників для об'єкта, діагностична модель якого подана характеристичним рівнянням [14, 20]:

$$F(x, \bar{\lambda}) = x^n + a_{n-1}(\lambda_{n-1}) \cdot x^{n-1} + \dots + a_1(\lambda_1)x + a_0(\lambda_0) = 0, \quad (3.3)$$

де $\lambda = (\lambda_0, \lambda_1 \dots \lambda_{n-1})$ — n -вимірний вектор показників.

Для упорядкування показників можна використати вектор відносних чутливостей $T_{\lambda p} = (t_{1p}, t_{2p} \dots t_{np})$. Його компоненти для простих векторів визначаються як [14]:

$$t_{kp} = \left| \frac{1}{R_0 x_k^0} \cdot \frac{\partial F / \partial \lambda_p}{\partial F / \partial x_k} \cdot (x_k^0, \lambda_0) \right| \quad (k=1 \dots n). \quad (3.4)$$

Упорядкування показників здійснюється за формулою норми векторів

$$\|T_{\lambda p}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2}. \quad (3.5)$$

При цьому вважається, що $\lambda_p \geq \lambda_m$, якщо $T_{\lambda p} \geq T_{\lambda m}$.

Здійснивши повне упорядкування показників можна вибрати сукупність контрольованих показників.

При оцінці роботоздатності об'єкта за його характеристиками або параметрами для вибору сукупності контрольованих показників можуть бути використані значення їх чутливостей до змін, які відбуваються в стані виробу.

З допустимою похибкою приймаємо, що діагностична модель СЕП заводу подана характеристичним рівнянням наступного вигляду:

$$F(x, \bar{\lambda}) = x^3 + a_2(\lambda_2) \cdot x^2 + a_1(\lambda_1)x + a_0(\lambda_0) = 0. \quad (3.6)$$

де $\bar{\lambda} = (\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2)$ — вектор контрольованих показників:

$$a_0(\lambda_0) = 0,4 + \lambda_0; \quad a_1(\lambda_1) = 1,7 + \lambda_1; \quad a_2(\lambda_2) = 2,3 + \lambda_2.$$

Необхідно упорядкувати показники.

Розв'язання. Підставивши коефіцієнти в рівняння (2.18) отримаємо

$$x^3 + (2,3 + \lambda_2) \cdot x^2 + (1,7 + \lambda_1) \cdot x + 0,4 + \lambda_0 = 0.$$

В стані рівноваги $\bar{\lambda} = (0,0,0)$ і корені характеристичного рівняння мають такі величини $x_1 = -0,5$; $x_2 = -0,8$; $x_3 = -1$.

Оскільки корені прості, то вектор відносних чутливостей $\bar{T}_{lp} = (\bar{t}_{0p}, \bar{t}_{1p}, \bar{t}_{2p})$ можна визначити за рівняннями:

$$\bar{t}_{01} = \left| \frac{1}{\text{Re} \cdot x_1^0} \cdot \frac{\partial F / \partial \lambda_0 \cdot (x_1, \lambda_0)}{\partial F / \partial x \cdot (x_1, \lambda_0)} \right| = \frac{1}{0,5 \cdot 4,75} = 0,42;$$

$$x_1 = -0,5; \partial F / \partial \lambda_0 = 1; (\partial F / \partial x)(x_1, \lambda_0) = 3x_1^2 + 4,6x_1 + 1,7 = 4,75;$$

$$\bar{t}_{11} = \left| \frac{1}{\text{Re} \cdot x_1^0} \cdot \frac{\partial F / \partial \lambda_1 \cdot (x_1, \lambda_1)}{\partial F / \partial x \cdot (x_1, \lambda_1)} \right| = \frac{0,5}{0,5 \cdot 4,75} = 0,21;$$

$$|x_1| = 0,5; \partial F / \partial \lambda_1 = 0,5; (\partial F / \partial x)(x_1, \lambda_1) = 4,75;$$

$$\bar{t}_{21} = \left| \frac{1}{\text{Re} \cdot x_1^0} \cdot \frac{\partial F / \partial \lambda_2 \cdot (x_1, \lambda_2)}{\partial F / \partial x \cdot (x_1, \lambda_2)} \right| = \frac{0,25}{0,5 \cdot 4,75} = 0,1;$$

оскільки $\partial F / \partial \lambda_2 = x_1^2 = 0,25$.

Аналогічно:

$$t_{02} = \frac{1}{0,8 \cdot 7,3} = 0,17; \quad t_{12} = \frac{0,8}{0,8 \cdot 7,3} = 0,14; \quad t_{22} = \frac{0,64}{0,8 \cdot 7,3} = 0,11; \quad t_{03} = 0,11;$$

$$t_{13} = 0,11; \quad t_{23} = 0,11.$$

Розрахуємо норму векторів відносних чутливостей:

$$T\lambda_0 = \sqrt{0,42^2 + 0,17^2 + 0,11^2} = 0,47; \quad T\lambda_1 = \sqrt{0,21^2 + 0,14^2 + 0,11^2} = 0,28;$$

$$T\lambda_2 = \sqrt{0,11^2 + 0,11^2 + 0,11^2} = 0,18. \text{ Показники в порядку } \lambda_0, \lambda_1, \lambda_2.$$

Основними показниками ефективності діагностування є його точність і ймовірність, які визначають надійність отриманого діагнозу.

Висновки по розділу 3.

В ході проведення науково-дослідної роботи для вирішення проблеми визначення роботоздатності внутрішньозаводської мережі було отримано наступні результати:

1. Проведений аналіз внутрішньозаводської мережі 10 кВ ПрАТ «Славутський хлібозавод» показав, що спроектована система електропостачання характеризується високою надійністю завдяки двоколовій структурі. Така конструкція мінімізує ризик повної втрати живлення навіть у випадку відмови однієї секції збірних шин, забезпечуючи роботоздатність ключових елементів через дублюючі джерела живлення.

2. Встановлено, що роботоздатність мережі визначається технічним станом її основних елементів: трансформаторів, вимикачів і кабельних ліній. З'ясовано, що виконання мережевих функцій, таких як безперебійне електропостачання, захист обладнання, ізоляція струмоведучих частин і мінімізація втрат електроенергії, досягається за рахунок регулярного моніторингу й технічного обслуговування компонентів.

3. У роботі розроблено функціональну модель для діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі. Ця модель дозволяє ідентифікувати несправності, оцінювати їхній вплив на систему, а також розробляти алгоритми для їх виявлення та усунення. Використання матриць станів і покриття забезпечує точне визначення локації пошкоджень, знижуючи витрати часу та ресурсів на відновлення працездатності.

4. Досліджено два підходи до оцінки роботоздатності внутрішньозаводської мережі: визначення ключових параметрів із подальшою математичною обробкою та оцінку стану за простими індикаторами. Показано, що ефективність діагностики досягається через адаптацію методів до об'єкта, застосування сигнально-параметричних і фізичних методів, а також використання моделей чутливості до змін контрольованих показників.

5. В ході роботи розроблено комплексний підхід до забезпечення роботоздатності мережі ПрАТ «Славутський хлібо завод». Запропоновано застосування різних методів технічної діагностики, таких як робоче, тестове, експрес-діагностування та прогнозування стану. Розроблено уніфіковані критерії оцінки, впроваджено автоматизацію моніторингу технічного стану та стандарти для виявлення дефектів.

6. Проведено оцінку роботоздатності внутрішньозаводської мережі, враховуючи її здатність виконувати функціональні завдання згідно з технічними вимогами. Виконано аналіз теоретичних моделей та експериментальні дослідження для визначення відповідності заданим параметрам. Запропоновано методи, що забезпечують ефективне управління мережею, мінімізацію ризиків відмов і підвищення надійності експлуатації.

7. У ході дослідження здійснено вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі, які базуються на двох підходах: визначенні ключових параметрів технічного стану мережі з подальшим використанням математичних моделей та експериментальних даних, а також спрощеному підході для однорідних систем із використанням основних індикаторів стану. Розроблено методику упорядкування контрольованих показників за чутливістю до змін стану об'єкта, що дозволяє точно оцінювати його роботоздатність. Запропоновано використання сигнально-параметричних і фізичних методів діагностики, які забезпечують ідентифікацію несправностей через аналіз фізичних ефектів і робочих параметрів. Таким чином, результати дослідження сприяють підвищенню ефективності діагностики та надійності мережі.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [10].

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції $B = 186$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 106$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{\text{пл}}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 323$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{\text{ок}} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 8000$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{\text{пл}} = З \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 8000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,096 \text{ (млн (грн/рік))}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{\text{пл}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 106 \cdot 0,096}{0,12} = 117,024 \text{ (млн (грн/рік))}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 186 - 117,024 = 68,976 \text{ (млн (грн/рік))}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{323}{68,976} = 4,68 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 4,68 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1, та вихідних даних, приведених у табл. 4.1, 4.2, виконуємо усі необхідні розрахунки техніко-економічних показників спроектованої СЕП.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-630	2	920,2182
ТП 2	ТМ-630	2	1087,045
ТП 3	ТМ-630	2	1075,432

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	108	ААБ (3×50+1×25)	2
ЦРП - ТП2	204	ААБ (3×50+1×25)	2
ЦРП - ТП3	59	ААБ (3×50+1×25)	2

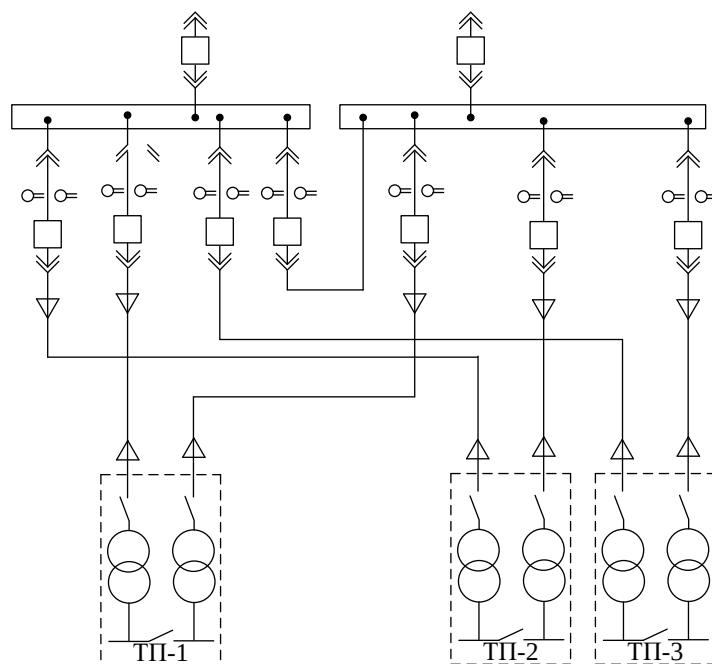


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередачі виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.3 і табл. 4.4 [10].

Капітальні вкладення для ліній електропередачі:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ - питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км [10];

$K_{\text{прок}}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} + K_{\text{прок}}) L = (173,43 \cdot 2 + 8,672) \cdot 0,108 = 38,4 \text{ (тис. грн.)}.$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередачі

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ЦРП-ТП1	ААБ 3х50	2	0,108	173,43	8,672	38,40
ЦРП-ТП2	ААБ 3х50	2	0,204	173,43	8,672	72,53
ЦРП-ТП3	ААБ 3х50	2	0,059	173,43	8,672	20,98
Всього						131,9

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^I K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. [10];

$K_{\text{пост}}$ - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{пс1}} = 636,89 + 127,38 = 764,268 \text{ (тис. грн.)}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	К _{од} , тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{пс} , тис.грн
КТП-1	ТМ-630	2	636,89	127,38	764,27
КТП-2	ТМ-630	2	636,89	127,38	764,27
КТП-3	ТМ-630	2	636,89	127,38	764,27
Всього					2292,8

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 9 шт.. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною (68–84) тис. грн.. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 9 \cdot 75 = 675 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 2292,8 + 675 = 2967,8 \text{ (тис.грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 131,9 + 2967,8 = 3099,71 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.9)$$

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [9];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [9];

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	9	1	16	144	12	1	108
ТМ-630	6	0,33	120	237,6	12	20	1440
Кабельна лінія 50 мм², км	0,742	1	46	34,132	1	11,5	8,533
Разом				415,732			1556,533

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	трудоміст- кість обслу- говування люд.год.
Вимикач 10кВ	9	2	0,1	12	345,6	453,6
ТМ-630	6	2	0,1	12	1728	3168
Кабельна лінія 70 мм², км	0,742	2	0,1	12	81,9168	90,4498
Разом					2155,517	3712,05

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{3712,049}{1900 \cdot 1,05} = 2,16 \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{mp} = \frac{415,732}{1900 \cdot 1,1} = 0,20 \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ $H_{тр} = 3$ чол., $H_{обс} = 2$ чол.

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{обс} \cdot \beta_n \cdot t_{ге} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((K3 + K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [9];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{3_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 8000 \cdot 1/176 = 45,45 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 45,45 = 55,682 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 3 \cdot 0,9 \cdot 55,682 \cdot 1900 = 285647,727 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_L, \quad (4.20)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [9].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 45,45 = 59,77 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 415,732 \cdot 59,77 = 24849,44 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0.05 + 0.01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ - тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0.01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 285647,73 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 359916,14 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 24849,44 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 32552,76 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 359916,14 \cdot 1,15 = 413903,56 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 32552,76 \cdot 1,15 = 37435,67 \text{ (грн./рік)}.$$

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 33\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 413903,56 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 562908,84 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 37435,67 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 50912,52 \text{ (грн./рік)}.$$

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Назва обладнання	Вартість витрат матеріалів на 100 норм.год	Ремонт		Обслуговування	
		Загальна трудомісткість ремонтів	Вартість витрат матеріалів грн.	Загальна трудомісткість обслуговування	Вартість витрат матеріалів грн.
ТМ-630	22696	237,6	53925,696	3168	719009,28
Кабелі	16,6	34,132	5,665912	90,4498	15,014667
Всього витрат на матеріали			53931,36		719024,3

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 53931,36$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 719024,3$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.27)$$

$$C_{обс} = 562908,84 + 719024,29 = 1281933,13 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.28)$$

$$C_{пр} = 50912,52 + 53931,36 = 104843,88 \text{ (грн/рік).}$$

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 3099706,187 = 185982,371 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.30)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip}=0,25 \cdot (1281933,13 + 104843,88 + 185982,371) = 393189,85 \text{ (грн/рік)}.$$

4.3. Розрахунок собівартості електроенергії

4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai}=P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для Прохідної:

$$E_{a1} = 407,35 \cdot 4500 = 1833076 \text{ (кВт год./ рік)}.$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

№	Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tм, год.	cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
1	Елеватор	2	506,39	4500	0,8	407,35	1833076
2	Млин	2	93,35	4500	0,7	71,03	319644
3	Крупцех	2	237,49	4500	0,65	156,61	704743
4	Склад	2	39,61	4500	0,9	35,65	160447
5	Ремонтний цех	2	117,55	4500	0,65	79,64	358376
6	Цех БВД	2	228,81	4500	0,8	185,69	835613
7	Комбізавод	2	419,85	4500	0,7	300,78	1353498
8	Лабораторія	2	77,14	4500	0,75	62,03	279144
9	Котельня	2	316,38	4500	0,8	255,04	1147666
10	Пилорама	2	31,63	4500	0,75	25,74	115833
11	Адмінбудівля	2	32,75	4500	0,9	29,49	132726
12	Пожежне депо	2	31,46	4500	0,7	24,74	111333
13	Гаражі	2	23,26	4500	0,8	19,92	89659
14	Майстерні	2	65,82	4500	0,8	53,91	242615
	Разом					1707,638	7684371

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [10],

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження:

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2886,2 \text{ год} \quad (4.34)$$

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1:

$$R = 0,62 \cdot 0,108 = 0,067 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 26,56^2 \cdot 0,101 \cdot 4591,8 \cdot 10^{-3} = 1955,07 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до таблиця 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R , Ом	τ , год./рік	$R_{\text{пит}}$, Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ЦРП-ТП1	ААБ 3х50	2	0,108	23,15	0,067	2886,21	0,62	621,538
ЦРП-ТП2	ААБ 3х50	2	0,204	16,36	0,126	2886,21	0,62	586,573
ЦРП-ТП3	ААБ 3х50	2	0,059	24,33	0,037	2886,21	0,62	375,094
Разом								1583,2

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.36)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{кз}$ і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 1,31 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 8,5 \cdot \left(\frac{802,005}{630} \right)^2 \cdot 2886,2 = 42829,99 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Для інших ТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_H , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-630	2	1,31	8,5	802,005	630	42829,99
КТП-2	ТМ-630	2	1,31	8,5	566,893	630	32883,23
КТП-3	ТМ-630	2	1,31	8,5	842,945	630	44911,29
Разом							120624,51

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.37)$$

$$E = 7684371 + 1583,2 + 120624,51 = 7806579,07 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію на напрузі 35 кВ:

$$П_1 = 5,5 \cdot 7806579,07 = 64780707,33 \text{ (грн.)}; \quad (4.38)$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт·г:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.39)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.40)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.41)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\text{п}} = 1281933,13 + 104843,88 + 185982,371 + 393189,85 = 1965949,23 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 42936184,9 + 1965949,23 = 44902134,13 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{44902134,13 \cdot 100}{7684371} = 584,33 \text{ (коп./кВт·год)},$$

$$\Delta S = 584,33 - 550 = 34,33 \text{ (коп./кВт·год)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Е _а	7684371,36	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	7806579,07	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	42936184,9	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	С _п	1965949,23	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	44902134,13	грн.
Собівартість ел.енергії	S	584,33	коп/кВт·год.

В даному розділі кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії яка склала 584,33 коп/кВт·год.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній магістерській роботі розглянуті заходи з оцінювання енерговикористання ПАТ «Славутський хлібозавод» Хмельницької області, де встановлено сучасне автоматизоване електрообладнання, яке має високі технологічні і функціональні можливості.

Згідно ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007, при роботі оперативно-ремонтного електротехнічного персоналу, який обслуговує обладнання млинів, на нього впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

Фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена та знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

Хімічні:

по характеру дії на організм людини:

- токсичні (оксид вуглецю);

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);

- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів, емоційне перевантаження).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220 В (фазна напруга (фаза – "0") – 220 В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380 В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України), НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32. Електробезпека на будівельному майданчику повинна забезпечуватися відповідно до вимог ГОСТ 12.1.013.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- 1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Перевіряти відсутність напруги необхідно показчиком напруги заводського виготовлення, справність якого перед застосуванням слід перевірити за допомогою призначених для цього спеціальних приладів або наближенням до струмопровідних частин, розташованих поблизу, які явно перебувають під напругою.

В електроустановках напругою понад 1000 В користуватися показчиком напруги необхідно в діелектричних рукавичках.

Якщо показчик напруги падав або був підданий механічним ударам, то користуватися ним без повторної перевірки забороняється.

У ВРУ напругою до 220 кВ перевіряти відсутність напруги показчиком дозволяється тільки в суху погоду.

Під час туману, дощу, снігопаду відсутність напруги допускається перевіряти ретельним простежуванням схеми в натурі. У цьому випадку відсутність напруги на лінії, що відходить, підтверджується оперативними працівниками.

Якщо під час перевірки схеми будуть помічені ознаки наявності напруги (корона на ошиновці та іншому устаткуванні або іскріння під час комутації роз'єднувачів), то схему слід перевірити повторно, про свої зауваження щодо стану устаткування повідомити оперативних працівників.

Перевірку відсутності напруги на відключеному устаткуванні повинен провадити допускар після вивішування попереджувальних плакатів.

Перевірку відсутності напруги слід провадити між усіма фазами та між кожною фазою і землею, а також кожною фазою і нульовим проводом, а на вимикачі і роз'єднувачі – на всіх шести вводах, затискачах.

Якщо на місці робіт є розрив електричного кола, то відсутність напруги перевіряється на струмопровідних частинах з обидвох боків розриву.

Постійні обгородження знімаються або відкриваються безпосередньо перед перевіркою відсутності напруги.

Перевіряти відсутність напруги вивіренням схеми у натурі дозволяється у ВРУ, КРУ і КТП зовнішньої установки, а також на ПЛ під час туману, дощу, снігопаду у випадку відсутності спеціальних показчиків напруги.

Під час вивірення схеми у натурі відсутність напруги на вводах ПЛ і КЛ підтверджується черговим, в оперативному управлінні якого перебувають лінії.

На ПЛ вивірення схеми у натурі полягає в перевірці напрямку і зовнішніх ознак лінії, а також позначень на опорах, які мають відповідати диспетчерським найменуванням ліній.

Перевіряти відсутність напруги в електроустановках підстанцій та в РУ дозволяється одному працівнику зі складу оперативних або оперативно-ремонтних працівників з групою IV в електроустановках понад 1000 В і з групою III - в установках до 1000 В.

На ПЛ перевірку відсутності напруги мають виконувати два працівники : на ПЛ напругою понад 1000 В з групами не нижче IV і III, на напругою до 1000В – з групою III.

На дерев'яних та залізобетонних опорах напругою від 6 до 20 кВ, а також під час роботи з телескопічної вишки в разі перевірки відсутності напруги показчиком, заснованим на принципі проходження ємнісного струму, має бути забезпечена його необхідна чутливість. Для цього показчик необхідно заземлити проводом з поперечним перерізом не менше 4мм², якщо інше не вимагається заводською інструкцією.

На ПЛ в разі підвішування проводів на різних рівнях перевіряти відсутність напруги показчиком і встановлювати заземлення слід пофазно знизу догори, починаючи з нижнього проводу. В разі горизонтального підвішування перевірку слід починати з найближчого проводу.

В електроустановках напругою до 1000 В із заземленою нейтраллю в разі застосування двополюсного показчика перевіряти відсутність напруги потрібно як між фазами, так і між кожною фазою та зануленим корпусом устаткування або нульовим проводом. Допускається застосовувати попередньо перевірений вольтметр. Користуватися "контрольними" лампами забороняється.

Пристрої, що сигналізують про відключений стан апаратів, блокувальні пристрої, постійно ввімкнені вольтметри тощо є тільки допоміжними засобами, на підставі показань або дії яких не допускається робити висновки про відсутність напруги.

Показання сигнальних пристроїв про наявність напруги є безумовною ознакою неприпустимості наближення до даного устаткування.

Перевірку відсутності напруги слід провадити між усіма фазами та між кожною фазою і землею, а також кожною фазою і нульовим проводом, а на вимикачі і роз'єднувачі - на всіх шести вводах, затискачах.

Якщо на місці робіт є розрив електричного кола, то відсутність напруги перевіряється на струмопровідних частинах з обидвох боків розриву. Постійні огороження знімаються або відкриваються безпосередньо перед перевіркою відсутності напруги.

Перевіряти відсутність напруги вивіренням схеми у натурі дозволяється у ВРУ, КРУ і КТП зовнішньої установки, а також на ПЛ під час туману, дощу, снігопаду у випадку відсутності спеціальних покажчиків напруги. Під час вивірення схеми у натурі відсутність напруги на вводах ПЛ і КЛ підтверджується черговим, в оперативному управлінні якого перебувають лінії.

5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках повинна бути аптечка з набором необхідних перев'язочних матеріалів та медикаментів.

Під час роботи, пов'язаної з дотиком до струмовідних частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять в рух, необхідно зупинити двигун і на його пусковому пристрої або ключі керування, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ним механізмів, слід зачинити і замкнути на замок

засуви і шибери цих механізмів, а також вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди».

Забороняється знімати огороження тих частин електродвигунів, що обертаються під час їх роботи.

Під час роботи електродвигунів заземлення може бути встановлене на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднують електродвигуни з РУ (збіркою). Під час роботи на механізмі, не пов'язаної з доторканням до частин, що обертаються, і у випадку роз'єднання з'єднувальної муфти, заземлювати кабельну лінію не слід.

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлюють поряд з тим, на якому проводять роботи, слід вивісити плакат «Стій! Напруга» незалежно від того, чи перебувають вони у роботі чи у резерві.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота оператора силової установки відноситься до легкої фізичної роботи категорія Іа, бо людина-оператор практично весь свій робочий день проводить сидячи.

Параметри мікроклімату наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Іа	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається:

- в холодну пору року - використання калорифера;
- в літню пору - застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі ' робочої зони в кабіні оператора установки

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

Провітрювання;

Цілісність конструкції кабіни та вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення кабіни під час роботи установки;

Встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Штучне та природне виробниче освітлення

Природне освітлення.

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Параметри виробничого освітлення наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харакка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.1)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Параметри виробничого шуму наведено в таблиці 5.4.

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу – За Тобто технологічна вібрація діюча на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	дБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	дБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючою основою.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни. Знаходження в позі стоячи до 60% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 870

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 51 – 100

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 8

По вертикалі: до 4

Інтелектуальні навантаження: Рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій, Обробка, виконання завдання та його перевірка, Робота за встановленим графіком з можливим його коректуванням у ході діяльності

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 25-50

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 75-175

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 5- 10

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 2-3

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 16-20

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 10-6

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 100-25

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 76-90

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8 – 9

Змінність роботи Двозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, недостатньої тривалості: від 3% до 7% часу зміни

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності системи електроспоживання ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Загальними ознаками надзвичайних ситуацій є: матеріальні збитки, істотне погіршення стану довкілля, наявність або загроза загибелі людей, чи суттєві погіршення умов їх життєдіяльності. Надзвичайні ситуації можуть мати природний та техногенний характер. Зростання кількості надзвичайних ситуацій, важкість їх наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та довкіллю, а також як загрозу електричним системам.

Вплив радіації на матеріал і деталі обладнання залежить від виду випромінювань, дози радіації і умов оточуючого середовища. В елементній базі системи електропостачання під дією іонізуючих випромінювань можливі зміни електричних і експлуатаційних характеристик, що залежать від порушення структури матеріалів.

Органічні матеріали є дуже чутливими до радіації. Дія останньої призводить до перетворення молекул в цих матеріалах, яка супроводжується хімічними реакціями, в яких виникають незворотні зміни структури речовин та їх механічних властивостей. До даних речовин належать полімерні матеріали, зокрема лавсанова плівка, якою здійснено ізоляцію. Дія іонізуючих і електромагнітних випромінювань на електричні системи може призвести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з великими антенами чи відкритими провідниками. В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть виникнути порушення в роботі електричних елементів схеми, що приведе до виходу з ладу апаратури.

Обладнання має в своєму складі ряд радіоелементів, серед яких резистори, конденсатори, діоди та мікросхеми. Останні особливо піддаються дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого випромінювання, оскільки в них найменша границя стійкості до іонізуючого випромінювання. Цей фактор буде врахований при подальших розрахунках.

При оцінці впливу електромагнітного імпульсу на струмопровідні елементи необхідно враховувати, що електромагнітний імпульс мають горизонтальну і вертикальну складові напруженостей електричного поля і тому повинні визначатися значення напруг, які наводяться як на вертикальних, так і на горизонтальних ділянках ліній. Основну небезпеку при наземних і повітряних вибухах являє вертикальна складова напруженості електричного поля, яка перевищує горизонтальну складову приблизно на три порядки.

5.3.1 Визначення області працездатності СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії іонізуючих випромінювань

В якості критерію стійкості роботи СЕП використовується граничне значення рівня радіації.

Основними елементами в даному дипломному проекті, від яких залежить робота системи електропостачання, є транзистори, мікросхеми, діоди загального призначення, резистори, конденсатори. Для кожного з цих елементів визначається максимальне значення потужності експозиційних доз, при яких можуть відбутися зворотні зміни. Дані заносяться до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 — Максимально-допустимі значення потужності дози γ – випромінювання

№	Блоки	Елементи СЕП	Потужність дози γ - випромінювання $P_{\text{гр}}, P/\text{год}$	Границя стійкості $P_{\text{гр}},$ $P/\text{год}$
1	Блок живлення	Резистори, R12	10^6	10^4
		Конденсатори, К21У-4	10^6	
2	Блок управління	Транзистори, Т-123	10^5	
		Діоди, Т143-1000	10^5	
		Мікросхеми, LW1521	10^4	

Із таблиці 5.1 визначимо найбільш уразливий елемент. Такими елементами є мікросхеми, $P_{звор} = 10^4 P/год$.

Тоді визначаємо граничне значення рівня радіації із врахуванням $K_{посл}$

$$p'_{гран} = p_{гран} \cdot K_H \cdot K_{посл} [Paд / c], \quad (5.1)$$

де $p_{гран}$ – межа стійкості роботи приладу, Рад/с;

K_H – коефіцієнт надійності елементної бази, $K_H = 0,9 \dots 0,95$, приймаємо $K_H = 0,92$;

$K_{посл}$ – коефіцієнт послаблення радіації, із завдання: $K_{посл} = 2$.

Тоді:

$$p'_{гран} = 10^4 \cdot 0,92 \cdot 2 = 1,84 \cdot 10^4 (Paд / c).$$

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

$$t_{доп} = \frac{D_{гр} \cdot K_{посл} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2P_1} \quad (5.2)$$

$$t_{доп} = \frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 1,84 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 1,84} = 5435,78 \text{ год}$$

Отже, область працездатності системи електропостачання системи електроспоживання Славутського управління водопровідно-каналізаційного господарства в умовах дії іонізуючих випромінювань лежить в межах від 0 до $1,84 \cdot 10^4$ Р/год.

5.3.2 Визначення області працездатності СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $U_{ж} = 220$ В - напруга живлення пристрою;

$L_{г} = 2,5_{м}$ - довжина горизонтальних струмоведучих частин.

Область працездатності системи електроспоживання в умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнтом безпечної роботи K_6

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_{\partial}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [\partial B], \quad (5.6)$$

де U_d - допустимі коливання напруги живлення пристрою, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Визначаємо допустимі коливання напруги живлення

$$U_d = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N \text{ [В]}, \quad (5.4)$$

де $U_{\text{ж}} = 5\text{В}$ - напруга живлення пристрою;

$N = 10\%$ - коливання напруги живлення.

Підставивши значення для $U_{\text{ж}}$ і N в (5.3), отримаємо:

5.3 Дослідження області роботоздатності оптико-частотного витратоміра газових сумішей в умовах дії електромагнітного імпульсу.

За критерій стійкості роботи оптико-частотного витратоміра газових сумішей в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки [38], який визначається за формулою:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_d}{U_{\Gamma}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де U_{Γ} – напруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань горизонтальних струмопровідних частин плати, В;

U_d – допустиме коливання напруги живлення, В.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення

$$U_d = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot \Delta \quad (5.4)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення приладу ($U_{\text{ж}} = 30\text{В}$);

N - допустиме коливання напруги живлення ($N = \pm 5\%$).

$$U_d = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Плата системи розташована в горизонтальній площині. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях з рівності:

$$20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{\Gamma}} = 40 \quad (5.5)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\partial}}{100} [B], \quad (5.6)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{31,5}{100} = 0,315 (B).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

$$U_{\Gamma} = E_B \cdot l_{\Gamma}, \quad (5.7)$$

звідки

$$E_B = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} [B / m], \quad (5.8)$$

де l_{Γ} – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми, м ($l_{\Gamma} = 0,1$ м).

$$E_B = \frac{0,315}{0,1} = 3,15 (kB / m).$$

Отже, область працездатності системи електропостачання Славутського управління водопровідно-каналізаційного господарства в умовах дії електромагнітного імпульсу визначається вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 3,15 кВ/м.

5.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Для підвищення стійкості роботи системи електроспоживання до дії іонізуючого випромінювання можна застосувати більш якісні електричні елементи, або використовувати захисне покриття з сплавів на основі тугоплавких і рідкоземельних металів та використовувати спеціальні екрани для збільшення $K_{\text{посл}}$.

Для підвищення безпеки роботи системи електропостачання до дії електромагнітного імпульсу слід застосувати пасивний екран. Щоб визначити якої товщини необхідна його стінка, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}} , \quad (5.7)$$

де $K_{\text{Бном}}$ - номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{Бном}}=40\text{дБ}$);

$K_{\text{Бмін}}$ - мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий під час розрахунків. Для блоку живлення ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$)

$$A = 40 + 12,25 = 52,25 \text{ (дБ)}.$$

Для блоку управління ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$)

$$A = 40 + 14,13 = 54,13 \text{ (дБ)}.$$

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]} . \quad (5.8)$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$$f=15000 \text{ Гц}.$$

Для блоку живлення товщина екрану:

$$t_1 = \frac{52,25}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,076 \text{ (см)} .$$

Для блоку управління товщина екрану:

$$t_2 = \frac{54,13}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,0847 \text{ (см)} .$$

Отже, із застосуванням сталевих пасивних екранів товщиною не менше 1 мм робота системи електроспоживання ПАТ «Славутський хлібозавод» буде стійкою.

Також, у даному розділі було визначено область працездатності СЕС Славутського управління водопровідно-каналізаційного господарства в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій і доведено, що в умовах дії іонізуючих випромінювань система електропостачання буде стабільно працювати при рівні радіації, який знаходиться в межах від 0 до $1,84 \cdot 10^4$ Р/год та при дії електромагнітного імпульсу, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля буде знаходитись в межах від 0 до 3,15 кВ/м.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання МКР щодо розробка системи електропостачання ПАТ «Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі, під час пошуку оптимальних рішень проектування СЕП підприємства із застосуванням автоматизації отримано наступні результати.

1. Встановлено, що виробничі процеси заводу вимагають стабільного та надійного енергопостачання для функціонування технологічного обладнання, включаючи млини, тістоміси, печі, лінії пакування та системи контролю якості. Споживання електроенергії має динамічний характер, з піковими навантаженнями під час інтенсивної роботи основних цехів. Для забезпечення ефективної роботи підприємства необхідно підтримувати безперебійну роботу внутрішньозаводської електромережі, яка повинна відповідати стандартам потужності, надійності та безпеки. Забезпечення роботоздатності підприємства залежить від безперебійної роботи внутрішньозаводської мережі, яка повинна відповідати нормативам потужності та надійності, враховуючи фактори захисту від перенапруг, втрат енергії та забезпечення резервних джерел живлення для критично важливих процесів.

2. Для оптимального вибору трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) підприємства було використано математичну модель, яка враховує критерій мінімізації річних приведених затрат, включаючи витрати на встановлення та експлуатацію трансформаторів. За допомогою автоматизованих засобів проведено аналіз розподілу навантажень і визначено, що для ЦТП 1, 2 та 3 оптимальним є використання комплектних трансформаторів типу ТМ-630/10 з потужністю 2×630 кВА. Обрані рішення забезпечують відповідність навантажень вимогам підприємства, мінімізуючи втрати електроенергії та капіталовкладення, що підтверджується розрахунками та зведеними даними у таблиці.

3. Переріз зовнішньої кабельної лінії повинен бути 3×50 мм², КЛ типу АПвЭгаПу-35 на напрузі 35 кВ. Для живлення ТП 10 кВ оптимальним рішенням буде використання кабелів типу АПвЭгаПу-10 з перерізом ліній 3×35 мм². Також в цьому розділі був проведений аналіз і вибір типу захисту електрообладнання в аварійному режимі роботи. Для визначення місця будівництва ГПП були

розраховані координати центру енергетичного навантаження. Це дозволило встановити ГПП в оптимальному місці з мінімальними витратами електроенергії.

4 Аналіз внутрішньозаводської мережі 10 кВ заводу характеризується високою надійністю завдяки двоколовій структурі системи електропостачання, що мінімізує ризик повної втрати живлення, навіть у разі відмови однієї секції збірних шин. Та має змогу забезпечувати роботоздатність ключових елементів завдяки дублюючим системам живлення.

5. Проведений аналіз внутрішньозаводської мережі 10 кВ ПрАТ «Славутський хлібозавод» показав, що спроектована система електропостачання характеризується високою надійністю завдяки двоколовій структурі. Така конструкція мінімізує ризик повної втрати живлення навіть у випадку відмови однієї секції збірних шин, забезпечуючи роботоздатність ключових елементів через дублюючі джерела живлення.

6. У роботі розроблено функціональну модель для діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі. Ця модель дозволяє ідентифікувати несправності, оцінювати їхній вплив на систему, а також розробляти алгоритми для їх виявлення та усунення. Використання матриць станів і покриття забезпечує точне визначення локації пошкоджень, знижуючи витрати часу та ресурсів на відновлення працездатності.

7. Досліджено два підходи до оцінки роботоздатності внутрішньозаводської мережі: визначення ключових параметрів із подальшою математичною обробкою та оцінку стану за простими індикаторами. Показано, що ефективність діагностики досягається через адаптацію методів до об'єкта, застосування сигнально-параметричних і фізичних методів, а також використання моделей чутливості до змін контрольованих показників.

8. Наукова новизна. Основним результатом наукової роботи є розробка функціональної моделі діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі ПрАТ «Славутський хлібозавод», яка забезпечує точне визначення несправностей та їх впливу на систему. Встановлено уніфіковані критерії оцінки роботоздатності та запропоновано методику упорядкування контрольованих

показників за їхньою чутливістю до змін стану об'єкта. Застосування сигнально-параметричних і фізичних методів діагностики дозволяє ідентифікувати несправності та прогнозувати стан мережі з урахуванням складності її структури.

9. У ході дослідження здійснено вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі, які базуються на двох підходах: визначенні ключових параметрів технічного стану мережі з подальшим використанням математичних моделей та експериментальних даних, а також спрощеному підході для однорідних систем із використанням основних індикаторів стану. Розроблено методику упорядкування контрольованих показників за чутливістю до змін стану об'єкта, що дозволяє точно оцінювати його роботоздатність. Запропоновано використання сигнально-параметричних і фізичних методів діагностики, які забезпечують ідентифікацію несправностей через аналіз фізичних ефектів і робочих параметрів. Таким чином, результати дослідження сприяють підвищенню ефективності діагностики та надійності мережі.

10. У економічній частині дипломної роботи проведено комплексний аналіз капіталовкладень і поточних витрат, пов'язаних із системою електропостачання. Також виконано розрахунок річного споживання, втрат електроенергії, оплати за електроенергію та визначено її собівартість. Отримані результати дозволяють оцінити економічну ефективність впровадження запропонованих рішень і забезпечити раціональне планування витрат у процесі експлуатації СЕП.

11. Виконано аналіз норм гігієни праці та електробезпеки. Проведено аналіз стійкості роботи СЕП на робочих місцях підприємства під час впливу іонізуючого випромінювання та електромагнітних імпульсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кутіна М.В., Ільюк Н.Р. Визначення умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі. Матеріали LIV всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ 2024). Збірник наукових праць [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2024-2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/schedConf/presentations>.
2. Кутін В.М. Визначення умов працездатності ізоляції в розподільних мережах напругою 6-10 кВ / В.М.Кутін, С.В.Матвієнко, В.В.Луцяк // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Зб. наук. праць. Кременчук, 2003. № 2 (19). Т1. С. 120-125
3. Кутін В. М. Комбінований принцип діагностування технічного стану систем електропостачання / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна // Наукові вісті «Галицька академія». – 2007. – № 1. – С. 62 - 66.
4. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
5. Кутін, В. М. Діагностика електрообладнання : навчальний посібник / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
6. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
7. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
8. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
9. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.yuzhcable.info> (дата звернення: 17.10.2024).
10. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах :

монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.

11. Тарифи ПАТ "{Хмельницькобленерго" : веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 01.11.2024).
12. Трансформатори силові. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення: 02.11.2024).
13. Силові вимикачі. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення: 01.11.2024).
14. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с
15. Кутін В. М. Оцінка ефективності системи діагностичного контролю електротехнічних комплексів / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 3. – С. 37 – 41.
16. Кутін В. М. Вибір діагностичних параметрів на основі топологічної моделі об'єкта / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна // Вісник Кременчуцького державного технічного університету ім. М. Остроградського. – 2008. – № 4 (51), Ч. 2. – С. 70 - 74.
17. Кутін В.М. Комбінована система діагностування систем електропостачання змінного та постійного струму (теорія, дослідження та розробка): Дис. докт. техн. наук : спец. 6.11.2002 – «Електро технічні комплекси та системи» / В.М.Кутін. – Дніпропетровськ, 2002.
18. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
18. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.
19. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів

електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

20. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

21. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

22. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

23. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

24. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

26. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

27. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

28. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

29. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

30. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” 2024р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства
«Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності
внутрішньозаводської мережі

08-22.МКР.000.04.024 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кутіна М.В. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕМ-23м

Ільюк Н.Р. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .24р.

Дата початку роботи ____ . ____ .24р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .24р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства (об'єкта); план цеха (об'єкта, ділянки, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об'єкта, ділянки, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.

3.2. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.

3.3 Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

3.4 Кутін, В. М. Діагностика електрообладнання : навчальний посібник / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.

1. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	14.10	20.10
4.2 Проведення дослідних розрахунків	20.10	20.11
4.3 Розробка робочих креслень	20.11	22.11
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	22.11	9.12

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

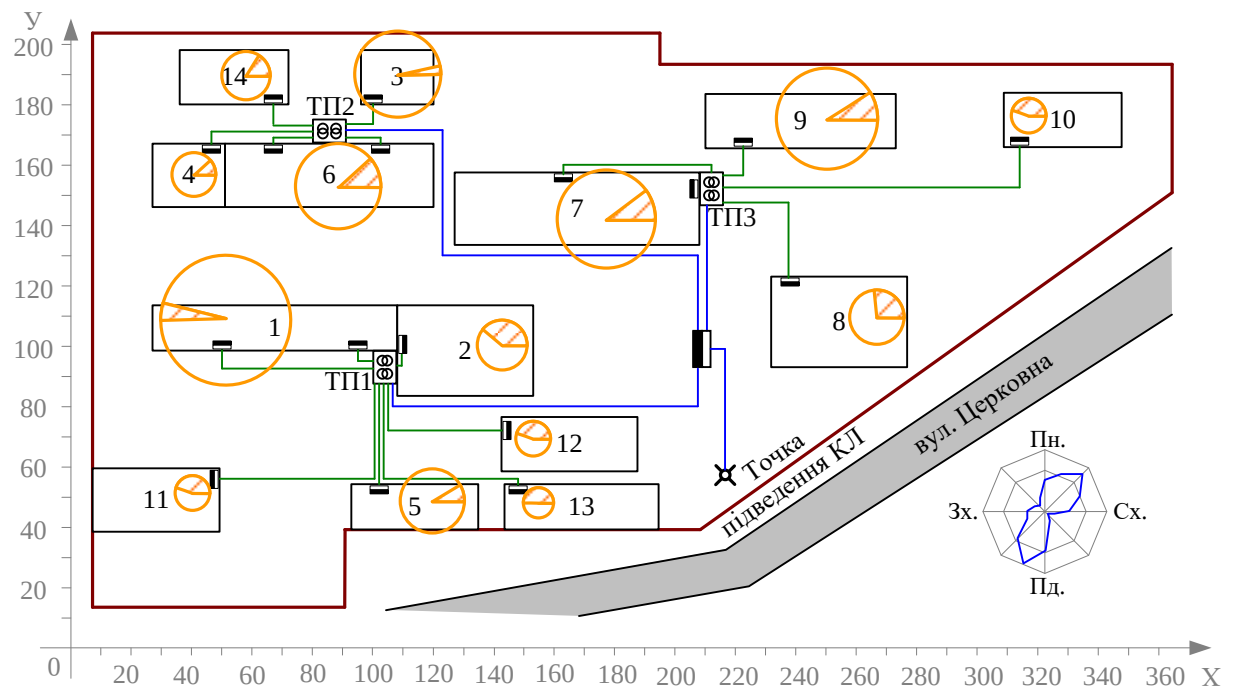
Не передбачається

Додаток Б
(обов'язковий)

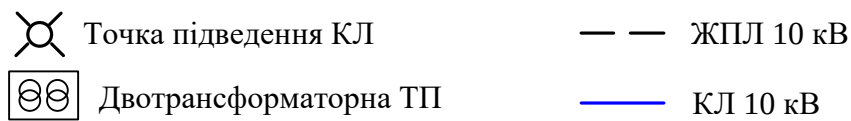
ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО
ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД» З ВИЗНАЧЕННЯМ УМОВ
РОБОТОЗДАТНОСТІ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ

Рисунок Б.1 – План підприємства із силовими та живильними мережами



Умовні позначення



Таблиця Б.1 – Електричне навантаження хлібозаводу

№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м ²
1	Елеватор	600	0,8	0,75	0,65	0,6	1215
2	Млин	70	0,7	1,02	0,7	0,6	1350
3	Крупцех	300	0,65	1,17	0,5	0,45	432
4	Склад	50	0,9	0,48	0,6	0,5	504
5	Ремонтний цех	200	0,65	1,17	0,35	0,3	630
6	Цех БВД	300	0,8	0,75	0,55	0,5	1449
7	Комбізавод	550	0,7	1,02	0,5	0,4	1944
8	Лабораторія	100	0,75	0,88	0,4	0,35	1350
9	Котельня	400	0,8	0,75	0,6	0,5	1134
10	Пилорама	50	0,75	0,88	0,3	0,25	702
11	Адмінбудівля	40	0,9	0,48	0,4	0,35	882
12	Пожежне депо	40	0,7	1,02	0,35	0,3	810
13	Гаражі	20	0,8	0,75	0,45	0,35	765
14	Майстерні	110	0,8	0,75	0,4	0,35	648

Рисунок Б.2 – Однолінійна схема електропостачання підприємства

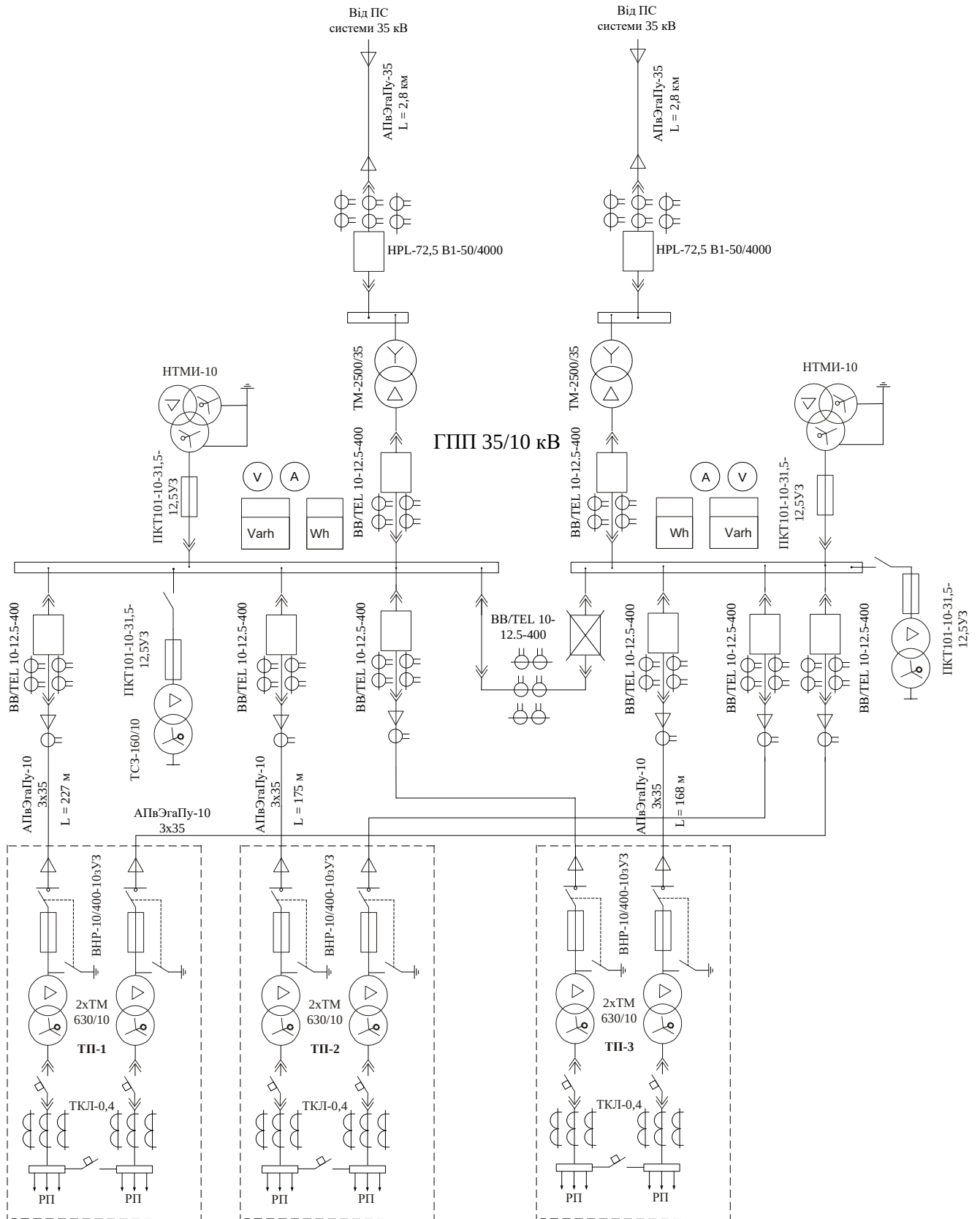


Рисунок Б.3 – Основні техніко економічні показники системи електропостачання

Підсумкова таблиця

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Ea	7684371,36	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	7806579,07	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	42936184,9	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C _п	1965949,23	грн.
Сумарні витрати під-ва	C _{сум}	44902134,13	грн.
Собівартість ел.енергії	S	584,33	коп/кВт·год.

Таблиця кошторису річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Рн, кВт
Витрати по експлуатації обладнання	1281933,13	65,21
Витрати на поточний ремонт	104843,88	5,33
Витрати на амортизацію	185982,37	9,46
Інші витрати	393189,85	20,00
Разом	1965949,23	100



Сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства

3099,71 тис грн

Загальна потреба підприємства в електроенергії

7806579,07 кВт*год/рік

Тариф

5,5 грн/кВт*год

Оплата за спожиту електроенергію

42936184,9 грн

Собівартість спожитої електроенергії

5,843 грн/кВт*год

Гістограма кошторису річних поточних витрат

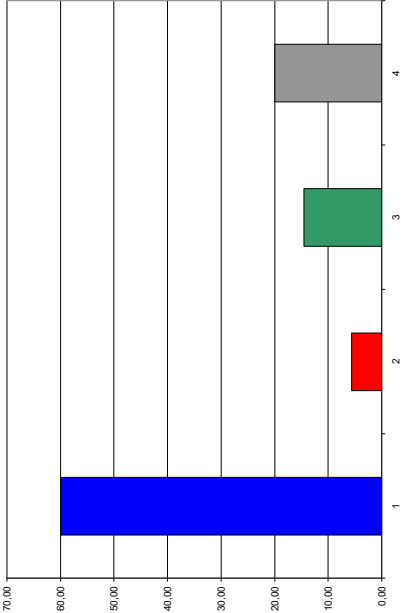
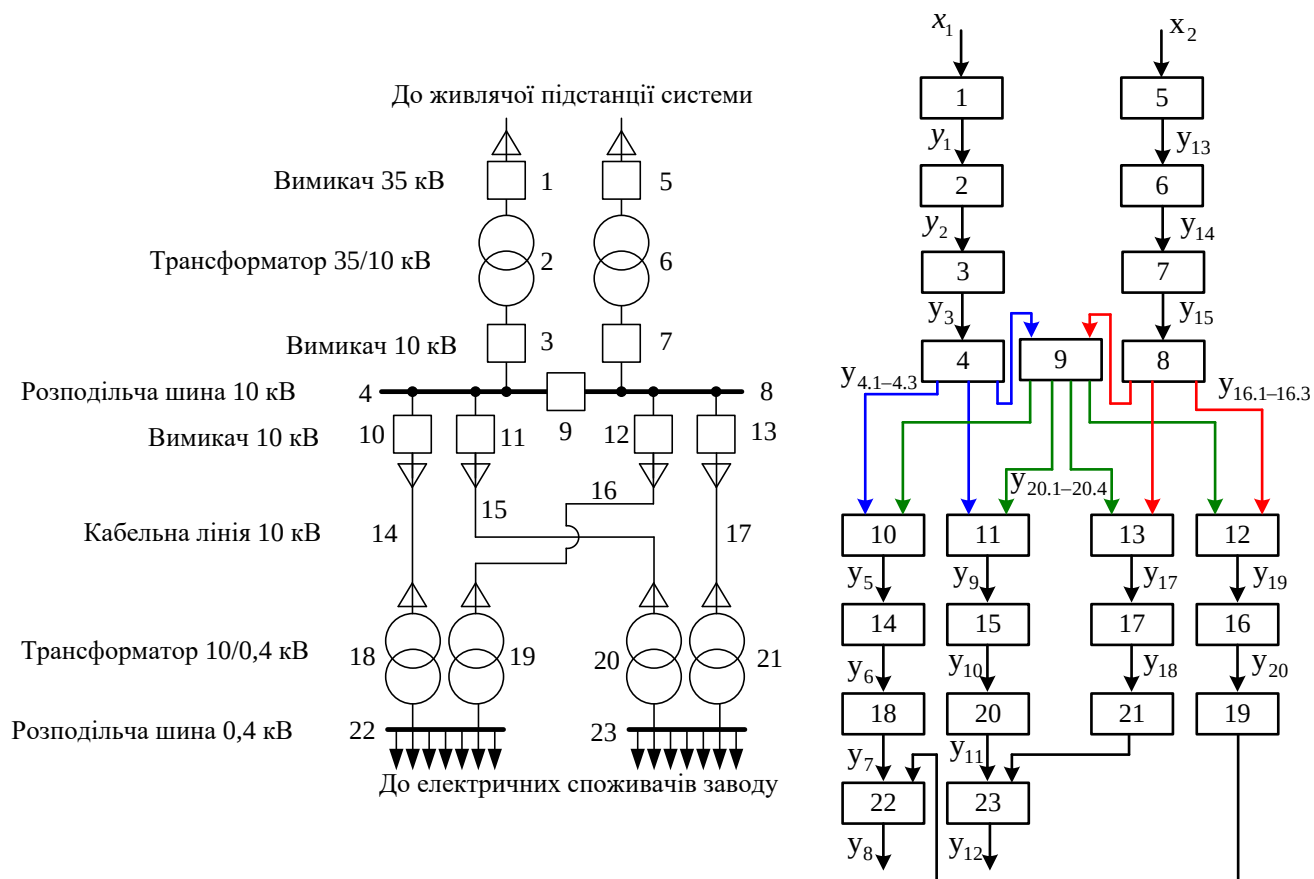


Рисунок Б.3 – Функціональна модель об’єкта



Таблиця Б.2 — Таблиця функцій несправностей (технічних станів)

[illegible]

Таблиця Б.3 –Таблиця покриття ОД

[illegible]

Додаток В
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД» З
ВИЗНАЧЕННЯМ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ
МЕРЕЖІ

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Славутський хлібозавод» з визначенням умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 92% Схожість 8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Ільюк Н.Р.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Кутіна М.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Г
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД» З
ВИЗНАЧЕННЯМ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ
МЕРЕЖІ

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «СЛАВУТСЬКИЙ ХЛІБОЗАВОД» З ВИЗНАЧЕННЯМ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Ільюк Назар Романович

Науковий керівник:
Кутіна Марина Василівна ,
кандидат технічних наук, доцент

Мета та задачі магістерської кваліфікаційної роботи 2

Мета і задачі дослідження. Метою проведеної роботи є розробка системи електропостачання ПАТ «Славутський хлібозавод». Визначити умови роботоздатності внутрішньозаводської мережі. Здійснити аналіз СЕП підприємства використовуючи діючі методики розрахунку, водночас виконати розрахунки зовнішніх і внутрішніх електромереж та електричних навантажень, підібрати електрообладнання. Провести розрахунок розташування трансформаторних підстанцій.

Об'єкт дослідження – СЕП ПАТ «Славутський хлібозавод».

Предмет дослідження – визначення умов роботоздатності внутрішньозаводської мережі.

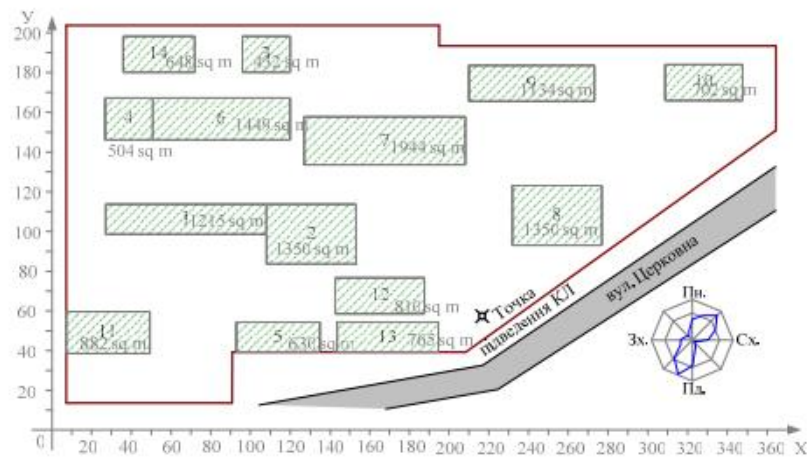
Методи досліджень. У роботі використані загальноприйняті методи та засоби проведення розрахунку СЕП, які наведені в списку використаних джерел.

Наукова новизна. Основним результатом наукової роботи є розробка функціональної моделі діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі ПАТ «Славутський хлібозавод», яка забезпечує точне визначення несправностей та їх впливу на систему. Встановлено уніфіковані критерії оцінки роботоздатності та запропоновано методику упорядкування контрольованих показників за їхньою чутливістю до змін стану об'єкта. Застосування сигнально-параметричних і фізичних методів діагностики дозволяє ідентифікувати несправності та прогнозувати стан мережі з урахуванням складності її структури.

Практична цінність. Розроблено комплексний підхід до забезпечення роботоздатності внутрішньозаводської мережі, який включає автоматизацію моніторингу технічного стану, використання різних методів діагностики (робоче, тестове, експрес-діагностування та прогнозування), а також стандартизацію процесів виявлення дефектів. Запропоновані методики і моделі дозволяють оптимізувати технічне обслуговування, знизити витрати часу та ресурсів на усунення несправностей, підвищуючи надійність електропостачання.

Генплан підприємства

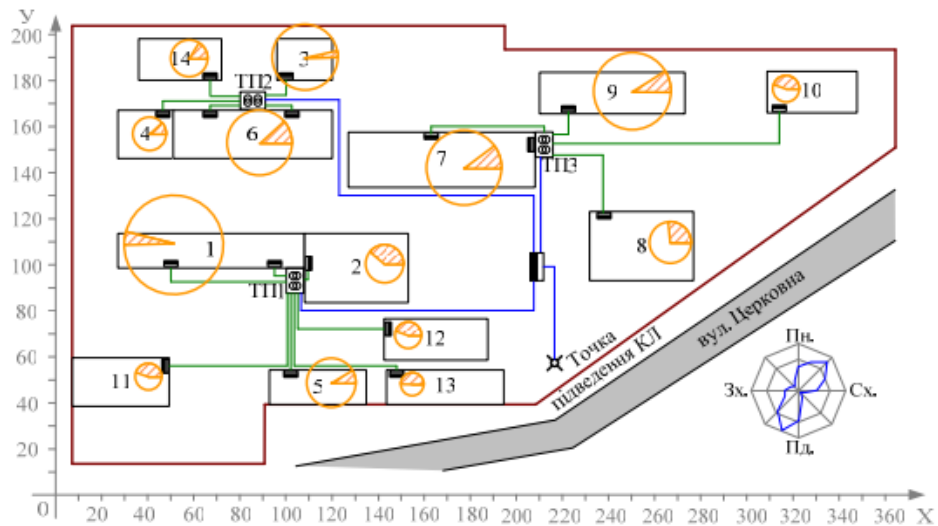
3



№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м ²
1	Елеватор	600	0,8	0,75	0,65	0,6	1215
2	Млин	70	0,7	1,02	0,7	0,6	1350
3	Крупцех	300	0,65	1,17	0,5	0,45	432
4	Склад	50	0,9	0,48	0,6	0,5	504
5	Ремонтний цех	200	0,65	1,17	0,35	0,3	630
6	Цех БВ/Д	300	0,8	0,75	0,55	0,5	1449
7	Комбізавод	550	0,7	1,02	0,5	0,4	1944
8	Лабораторія	100	0,75	0,88	0,4	0,35	1350
9	Котельня	400	0,8	0,75	0,6	0,5	1134
10	Пилорама	50	0,75	0,88	0,3	0,25	702
11	Адмінбудівля	40	0,9	0,48	0,4	0,35	882
12	Пожезне депо	40	0,7	1,02	0,35	0,3	810
13	Гаражі	20	0,8	0,75	0,45	0,35	765
14	Майстерні	110	0,8	0,75	0,4	0,35	648

План підприємства із силовими та живильними мережами

4

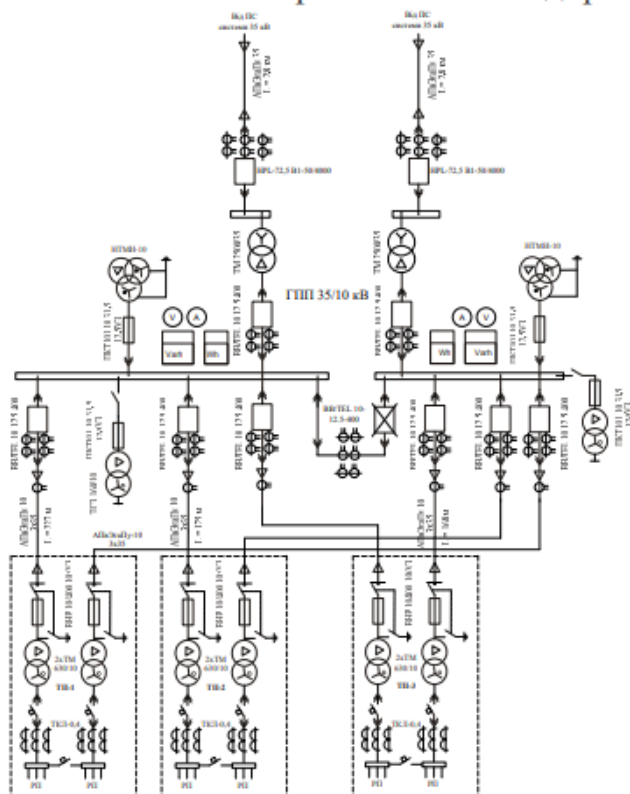


Умовні позначення

	Точка підведення КЛ		ЖПЛ 10 кВ
	Двотрансформаторна ТП		КЛ 10 кВ

Однолінійна схема електропостачання підприємства

5



Основні техніко економічні показники системи електропостачання

6

Сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства	3099,71 тис грн
--	-----------------

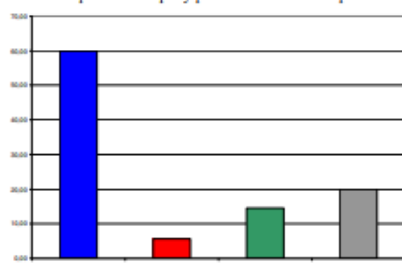
Загальна потреба підприємства в електроенергії	7806579,07 кВт*год/рік
--	------------------------

Тариф	5,5 грн/кВт*год
-------	-----------------

Оплата за спожиту електроенергію	42936184,9 грн
----------------------------------	----------------

Собівартість спожитої електроенергії	5,843 грн/кВт*год
--------------------------------------	-------------------

Гістограма кошторису річних поточних витрат



Підсумкова таблиця

Покладки	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Еа	7684371,36	kВт·год.
Річне споживання ел.енергії із збитками	Е	7806579,07	kВт·год.
Плата за електроенергію	П _е	42936184,9	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	С _д	1965949,23	грн.
Сумарні витрати від-на	С _{о_{вн}}	44902134,13	грн.
Собівартість ел.енергії	S	584,33	кон/kВт·год.

Таблиця кошторису річних поточних витрат

	Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Рп, кВт
	Витрати по експлуатації обладнання	1281933,13	65,21
	Витрати на поточний ремонт	104843,88	5,33
	Витрати на амортизацію	185982,37	9,46
	Інші витрати	393189,85	20,00
	Разом	1965949,23	100

Таблиця покриття ОД

$\begin{matrix} S_i \\ S_j \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Висновки по роботі

10

1. Встановлено, що виробничі процеси заводу вимагають стабільного та надійного енергопостачання для функціонування технологічного обладнання, включаючи млини, тістоміси, печі, лінії пакування та системи контролю якості.
2. За допомогою автоматизованих засобів проведено аналіз розподілу навантажень і визначено, що для ЦТП 1, 2 та 3 оптимальним є використання комплектних трансформаторів типу ТМ-630/10 з потужністю 2×630 кВА.
3. Переріз зовнішньої кабельної лінії повинен бути 3×50 мм², КЛ типу АПвЭгаПу-35 на напрузі 35 кВ. Для живлення ТП 10 кВ оптимальним рішенням буде використання кабелів типу АПвЭгаПу-10 з перерізом ліній 3×35 мм².
4. Аналіз внутрішньозаводської мережі 10 кВ заводу характеризується високою надійністю завдяки двоколовій структурі системи електропостачання, що мінімізує ризик повної втрати живлення, навіть у разі відмови однієї секції збірних шин. Та має змогу забезпечувати роботоздатність ключових елементів завдяки дублюючим системам живлення.
5. У роботі розроблено функціональну модель для діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі. Ця модель дозволяє ідентифікувати несправності, оцінювати їхній вплив на систему, а також розробляти алгоритми для їх виявлення та усунення.
6. Наукова новизна. Основним результатом наукової роботи є розробка функціональної моделі діагностування технічного стану внутрішньозаводської мережі ПрАТ «Славутський хлібозавод», яка забезпечує точне визначення несправностей та їх впливу на систему. Встановлено уніфіковані критерії оцінки роботоздатності та запропоновано методику упорядкування контрольованих показників за їхньою чутливістю до змін стану об'єкта. Застосування сигнально-параметричних і фізичних методів діагностики дозволяє ідентифікувати несправності та прогнозувати стан мережі з урахуванням складності її структури.
7. У економічній частині дипломної роботи проведено комплексний аналіз капіталовкладень і поточних витрат, пов'язаних із системою електропостачання.
8. Виконано аналіз норм гігієни праці та електробезпеки. Проведено аналіз стійкості роботи СЕП на робочих місцях підприємства під час впливу іонізуючого випромінювання та електромагнітних імпульсів.

