

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступінь)

на тему:

«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ
КОМБІНАТ»»

08-17.МКР.001.00.100 ПЗ

Виконала: студентка 2 курсу, гр. ЕСЕ-19м з/в
Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр, назва)

Освітня програма “Електротехнічні системи
електроспоживання»

(шифр, назва)

Гаврилiна Д.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2021 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки.

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма “Електротехнічні системи електроспоживання”

Освітній ступінь магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
проф. Бурбело М.Й.

«__» _____ 2021 р

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Гаврилiній Дарії Юрiївнi

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький оліїножировий комбінат»

керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від “09” березня 2021 року №64

2. Термін подання студентом роботи “04” червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства (Додаток Б); план одного із цехів з технологічними плануваннями (Додаток Б), відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства (Додаток Б); відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика підприємства та технологічного процесу. Розрахунок електричних навантажень. Оптимізація і моделювання вибору місця розташування підстанцій СЕП. Моделювання і оптимізація при виборі системи зовнішнього та внутрішнього цехового електропостачання. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Силові мережі цеху. Освітлювальні мережі цеху. Наукова робота. Розрахунково-монтажна

таблиця електропостачання цеху. Техніко-економічні характеристики СЕП.(Вихідні дані Додаток Б)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бабенко О.В., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 27.01.21

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу		
2	Синтез зовнішньої СЕП		
3	Розрахунок цехової електричної мережі		
4	Науково дослідна частина		
5	Економічна частина		
6	Охорона праці		
7	Графічна частина		

Студентка _____
(підпис)

Гаврилiна Д.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Бабенко О.В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис)

(прізвище та ініціали)

УДК 621.311.014

АНОТАЦІЯ

Гаврилiна Д.Ю. Пiдвищення ефективностi електропостачання приватного акцiонерного товариства «Вiнницький олійножировий комбiнат». Магiстерська квалiфiкацiйна робота. 141. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ, – Вiнниця: ВНТУ, 2021 – 137 с.

На основi технiко-економiчних розрахункiв вибранi оптимальна схема електропостачання та її елементи, виконано розрахунок електричних навантажень цехової мережi та пiдприємства. Розроблено заходи з пiдвищення якостi електропостачання на пiдприємствi шляхом уведення автоматизацiї з використанням програмованих логiчних контролерiв.

Ключовi слова: система електропостачання, трансформаторна пiдстанцiя, розрахункове навантаження, втрати електроенергiї, автоматичне введення резерву.

рис.: 43 табл.: 31 бiбл.: 19

УДК 621.311.014

ABSTRACT

D. U. Gavrylina. Improving the quality of power supply to JSC "Vinnytsya Oil and Fat Plant". Master's qualification work. 141. FEEEM.Chair ESEEM, – Vinnytsia: VNTU, 2021. - 137 p.

Based on technical and economic calculations selected optimum power supply circuit and its elements, Calculation of electrical loads network and craft enterprises. The measures to improve the quality of power supply to the enterprise by introducing automation using programmable logic controllers.

Keywords: power supply system, transformer substation, estimated load, power losses, automatic entry reserve.

Pictures: 43

Tables: 31

Bibliography: 19

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	10
1.1 Коротка характеристика технологічних процесів.....	10
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика	11
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННОГО ПРОЦЕСОРА EXCEL	12
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	12
2.2. Розрахунок кількості і потужності цехових підстанцій	16
2.3.Визначення втрат потужності в цехових ТП.....	20
2.4. Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення	21
2.5.Визначення оптимальних значень перерізів КЛ 10 кВ	27
2.6.Визначення найоптимальніших координат розташування ЦРП за критерієм мінімуму витрат в СЕП	29
2.7.Визначення оптимальної потужності компенсуючих пристроїв 0,38 кВ за критерієм мінімуму витрат в СЕП	33
РОЗДІЛ 3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ	38
3.1Характеристики систем автоматичного введення резерву на підприємствах	38
3.2. Підвищення ефективності експлуатації систем електропостачання шляхом застосування програмованих логічних контролерів	42
3.3.Розроблення схем автоматичного керування системою електропостачання підприємства з використанням програмованих логічних контролерів «Zelio Logic» та «ОВЕН»	46
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА. АНАЛІЗ ВИТРАТ ТА РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	49
4.1. Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	51

4.2. Розрахунок поточних витрат	53
4.2.1. Розрахунок потреби в робочій силі	53
4.2.2. Розрахунок витрат по заробітній платі	57
4.2.3. Планування вартості матеріалів, що витрачаються	61
4.2.4. Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	64
4.3. Розрахунок собівартості електроенергії	65
4.3.1. Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	65
4.3.2. Розрахунок собівартості електроенергії	71
Висновки	72
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
5.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	74
5.1.1. Санітарно-гігієнічні вимоги до робочого середовища	74
5.1.2. Технічні рішення з електробезпеки	76
5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	78
5.2.1. Мікроклімат виробничого приміщення	78
5.2.2. Склад повітря робочої зони	79
5.2.3. Виробниче освітлення	81
5.2.4. Виробничий шум	82
5.2.5. Виробничі вібрації	83
5.2.6. Психофізіологічні фактори	84
5.3. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій..	86
5.3.1. Дослідження стійкості роботи СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах дії іонізуючих випромінювань	87
5.3.2. Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах дії електромагнітного імпульсу	88

5.4. Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи елементів системи електропостачання СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	90
Висновки.....	91
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94
Додатки.....	96

ВСТУП

Актуальність роботи

Застосування надійних а також економічних схем для електропостачання, нових способів транспортування електричної енергії, а також компенсації реактивної потужності, і заходів щодо зниження максимуму навантаження і зменшення втрат може бути досягнене після підвищення технічного рівня методів, які стосуються проектування систем електропостачання для промислових підприємств [1].

Система електропостачання має задовольняти таким вимогам: надійність економічність, можливість подальшого розвитку без суттєвих змін, безпечний рівень експлуатації, забезпечення нормативної якості електричної енергії.

Прийняття проектних рішень найбільш безпосередньо впливає на об'єм а також трудомісткість монтажних робіт та зручність і безпеку експлуатації електротехнічних установок для систем електропостачання.

Надійність електропостачання є забезпечена вибором найбільш досконалих електричних апаратів, а також силових трансформаторів та кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних а також аварійних режимах номінальним навантаженням таких елементів, використанням а також структурного резервування, пристроїв автоматики а також релейного захисту [2-3].

Завдання раціонального розподілення електричної енергії на промислових підприємствах, що на сьогодні є основними споживачами енергії в Україні, є ускладнені постійно зростаючими вимогами до якості електроенергії а також до надійності електропостачання.

Усі вищеписані напрями характеризують якість електропостачання промислового підприємства. Тому, розробка заходів її підвищення на ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат» є актуальною.

Мета і завдання дослідження

Розробити технічні рішення для організації модернізованої системи електропостачання з покращеними якісними характеристиками на основі аналізу ефективності системи електропостачання ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Об'єкт дослідження

Об'єктом магістерської роботи є система електропостачання ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Предмет досліджень

Предметом роботи є методи та засоби підвищення якості функціонування системи електропостачання ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Методи дослідження

Для аналізу електропостачальної системи використовуються методи для розрахунку електричних навантажень (зокрема метод упорядкованих діаграм та метод коефіцієнта попиту), також закони електротехніки, а також сучасні методи, які прийняті в проектній практиці.

Наукова новизна одержаних результатів

Запропоновані рішення щодо комплексного підвищення надійності системи електропостачання підприємства, які відрізняються впровадженням автоматизації в її ланки і дозволяють комплексно керувати електропостачанням підприємства з забезпеченням максимальної його якості.

Практичне значення одержаних результатів

Впровадження на підприємств і заходів щодо комплексного підвищення надійності і економічності системи електропостачання підприємства дозволить підвищити енергетичну а також функціональну ефективність підприємства. Завдяки запровадженню розроблених алгоритмів автоматизації забезпечується висока якість процесів електропостачання і енерговикористання на ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Апробація для результатів кваліфікаційної магістерської роботи. Найбільш вагомим положенням а також практичні результати виконаного дослідження було наведено в тезах доповіді [20].

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Коротка характеристика технологічних процесів

Підприємство ПрАТ "Вінницький олійножировий комбінат" є в структурі олійножирової промисловості та найбільше у своїй галузі підприємство на території Вінницького регіону. Робота підприємства полягає на переробці соняшнику а також ріпаку та сої та на виробництві рослинних масел

Основні напрями діяльності підприємства:

- Переробка насіння олійних видів соняшнику та ріпаку;
- Виробництво нерафінованих та рафінованих а також дезодорованих рослинних олій;
- Виробництво модифікованих жирів а також саломасів;
- Фасування для рослинних олій;
- Виробництво майонезу, а також вершково-рослинних олій.

На підприємстві функціонують наступні енергетичні системи:

- електропостачальна система;
- теплопостачальна система;
- системи вентиляції а також підігріву повітря і кондиціонування;
- система водопостачання а також каналізації.

До складу Вінницького олійножирового комбінату входять два заводи: олієекстракційне відділення та гідрогенезаційне.

На олієекстракційному відділенні здійснюється безпосередня трансформація сировини в олію. В залежності від того, яка пори року сировиною для виробництва олії є: соняшник або ріпак.

1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

Переважаючою частиною наявних електроприймачів на підприємстві є споживачі з тривалим режимом роботи. За надійністю електропостачання підприємство в загальному належить до II категорії, а деякі його підрозділи до I та третьої [4].

Перша категорія:

1. Системи для пожежогасіння;
2. Системи для вентиляції у вибухонебезпечних зонах;
3. Системи для зворотного водопостачання.

Друга категорія:

1. Технологічне різного роду обладнання.

Третя категорія:

1. Автотранспортний цех;
2. Ремонтно-будівельний цех;
3. Їдальня.

Споживачі підготовчого відділення в олійнопресовому цеху олійноекстракційного заводу (об'єкт проектування) відносяться до споживача I категорії оскільки порушення електропостачання може бути небезпечним для життя персоналу, призвести до великих втрат в господарстві, а також до пошкодження обладнання та масового браку продукції, до порушення складного технологічного процесу та роботи найбільш важливих елементів міського господарства.

Споживачі ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат» працюють у три зміни і займається виготовленням рослинної олії для харчової галузі промисловості.

ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат» живиться від КЛ-10 кВ ПС 110/10 "Технологічна" та КЛ-10 кВ ПС 110/10 "Нова".

Генплан підприємства наведено в додатку Б.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННОГО ПРОЦЕСОРА EXCEL

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Визначення середніх а також розрахункових навантажень здійснюється з використанням методів коефіцієнтів використання та попиту відповідно [2].

Визначення розрахункової потужності цехів а також заводу в цілому реалізуємо за допомогою електронної таблиці (Рисунок 2.1). Базовими даними для такої таблиці є номінальна потужність (P_i) та коефіцієнт потужності ($\cos\phi_i$), коефіцієнт попиту (K_{pi}) а також коефіцієнт використання (K_{vi}); площа і-того цеху (S_i) та коефіцієнт попиту для освітлювального навантаження (K_{co_i}); питома густина освітлювального навантаження ($P_{пит_i}$) а також коефіцієнт потужності освітлення ($\tg\phi_{0_i}$); коефіцієнт збільшення навантаження, що відбувається за рахунок втрат в пускорегулювальній апаратурі освітлення ($K_{пра_i}$) [5].

На основі приведених нижче розрахункових формул визначено середні а також розрахункові навантаження цехів та підприємства в цілому.

Активна потужність для електричного освітлення і-го цеху:

$$P_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{пра}, \quad (2.1)$$

Реактивна потужність для електричного освітлення і-го цеху:

$$Q_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{пра} \cdot tg_o, \quad (2.2)$$

де K_{noi} - значення коефіцієнта попиту навантаження освітлення;

F_i - площа для і-го цеху, м²;

P_{numi} - питома густина для навантаження освітлення і-го цеху, кВт/м²;

$k_{пра}$ - коефіцієнт втрат ел. потужності в пускорегулюючій апаратурі;

tg_o - коефіцієнт реактивної потужності в мережі освітлення.

Середнє значення активного навантаження i -го цеху:

$$P_{ci} = K_{vi} \cdot P_{номi} + P_{poi}, \quad (2.3)$$

де $P_{номi}$ - номінальне значення потужності i -го цеху, (кВт);

K_{vi} - значення коефіцієнта використання i -го цеху.

Середнє значення реактивного навантаження i -го цеху:

$$Q_{c_{(i)}} = P_{c_{(i)}} \cdot tg\varphi, \quad (2.4)$$

де $tg\varphi_i$ - коефіцієнт, що характеризує реактивну потужність i -го цеху.

Повне значення середнього навантаження для i -го цеху:

$$S_{ci} = \sqrt{P_{cmi}^2 + Q_{cmi}^2}. \quad (2.5)$$

Активне розрахункове значення навантаження i -го цеху:

$$P_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номi} + P_{poi}, \quad (2.6)$$

де K_{ni} - коефіцієнт попиту для i -го цеху (є відношення розрахункового значення активної потужності щодо номінальної активної потужності споживача);

Реактивне розрахункове значення навантаження i -го цеху:

$$Q_{pi} = K_{п_{(i)}} \cdot P_{ном_{(i)}} \cdot tg\varphi_{-(i)} + Q_{p_{o_{(i)}}}. \quad (2.7)$$

Повне значення розрахункового навантаження i -го цеху:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2} \quad (2.8)$$

Розрахункове значення струму і-го цеху

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (2.9)$$

де $U_{ном}$ - номінальне значення напруги мережі.

Навантаження для всіх цехів:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci} \quad (2.10)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci} \quad (2.11)$$

$$P_M = k_{oo} P_{M_c} + P_{M_o} \quad (2.12)$$

$$Q_M = k_o Q_{M_c} + Q_{M_o} \quad (2.13)$$

де $P_{c\Sigma}$ - сумарне значення середньої активної потужності, кВт;

$Q_{c\Sigma}$ - сумарне значення середньої реактивної потужності, кВАр;

$Q_{p\Sigma}$ - сумарне розрахункове значення реактивної потужності, кВАр;

K_o - коефіцієнт для одночасності щодо максимумів навантаження.

N - кількість об'єктів.

Повне сумарне навантаження розраховуються за формулою:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2} \quad (2.14)$$

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

де $S_{c\Sigma}$ - повне середнє значення навантаження;

$S_{p\Sigma}$ - повне розрахункове значення навантаження;

Сумарне значення струму:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.16)$$

На аркуші EXCEL під назвою «Навантаження» введені імена необхідним коміркам а також діапазоном, що наведені на рис. 2.1. Також наводяться опорні формули, що використовуються для розрахунку електричних навантажень підприємства.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
38		Назви комірок та опорні формули																			
39				M4:M31:= Qmo				R4:R31:= Pp			N32:= Pp0сум			tg=TAN(ACOS(cos))			Pсум=СУММ(Pn)				
40		C4:C31:= Pn		N4:N31:= Pp0				S4:S31:= Qp			Q32:= Sсум			Ppо=площа*Kn0*Pmit*Knра			Iрсум=Spсум(КОРЕНЬ(3)*0,38)				
41		D4:D31:= cos		O4:O31:= Pc				T4:T31:= Sp			R32:= Ppсум			Qmo=площа*Kn0*Pmit*Knра*			площа_сум=СУММ(площа)				
42		E4:E31:= tg		P4:P31:= Kc				U4:U31:= Ip			S32:= Qpсум			Pc=Pn*Kc+Pp0			Qmosum=СУММ(Qmo)				
43		F4:F31:= Kn		Q4:Q31:= Sc				V4:V31:= p0			T32:= Spсум			Qc=Pn*Kc*tg+Qm0			Pp0сум=СУММ(Pp0)				
44		G4:G31:= Kb						V1:= ko			O32:= Pссум			Sc=КОРЕНЬ(Pc^2+Kc^2)			Pсум=СУММ(Pc)				
45		H4:H31:= площа						C32:= Pсум			P32:= Qсум			Pp=Pn*Kn+Pp0			Qсум=СУММ(Qc)				
46		I4:I31:= Kn0						H32:= площа_сум			V32:= p0ser			Qp=Pn*Kn*tg+Qm0			Sсум=КОРЕНЬ(Pсум^2+Qсум^2)				
47		J4:J31:= Pmit						M32:= Qmosum						Sp=КОРЕНЬ(Pp^2+Qp^2)			Ppсум=СУММПРОИЗВ(Pn;Kn)*ko+Pp0сум				
48		K4:K31:= Knра												Ip=Sp/(КОРЕНЬ(3)*0,38)			Qpсум=СУММПРОИЗВ(Pn;Kn;tg)*ko+Qmosum				
49		L4:L31:= tr0												p0=Sp/площа			Ppсум=КОРЕНЬ(Qpсум^2+Ppсум^2)				
50																	p0ser=Spсум/площа_сум				
51																					

Рисунок 2.1 – Назви комірок а також опорні формули, що використовуються для розрахунку електричних навантажень підприємства

№	Цех	Дані сили					Світло							Середні навання							Розрах. навання		Коеф. тр. А	ро, кВА/м ²
		Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м ²	Кпо	лмт, Вт/м	Кпра	тго	Опо, квар	Рро, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Коеф.				
3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
1	Підготовче відпилення олійнопресового цеху (три поверхи)	3725	0,8	0,88	0,5	0,5	2100	0,9	0,012	1,35	0,48	14,83	30,62	1706,87	1493,14	2267,79	1893,12	1657,40	2516,12	3822,85	1,20			
2	Олійноекстрактний цех	580	0,8	0,802	0,55	0,5	160	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	2,07	289,17	230,33	369,70	321,07	255,93	410,59	623,83	2,57			
3	Насосна оборотної води	210	0,8	0,802	0,25	0,2	50	0,9	0,015	1,1	0,48	0,34	0,70	47,95	38,25	61,34	53,20	42,46	68,07	103,42	1,36			
4	Градирні	55	0,8	0,802	0,35	0,3	40	0,9	0,012	1,35	0,48	0,28	0,58	17,91	14,18	22,84	19,83	15,73	25,31	38,46	0,63			
5	Елеватор шроту	135	0,8	0,882	0,5	0,5	300	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	3,89	64,64	53,58	83,96	71,39	59,53	92,95	141,23	0,31			
6	Елеватор насіння	428	0,7	1,169	0,65	0,6	650	0,9	0,015	1,1	0,48	4,42	9,12	259,50	297,14	394,50	287,32	329,67	437,30	664,41	0,67			
7	Транспортна галерея насіння	77	0,8	0,802	0,55	0,5	180	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	2,33	40,45	30,58	50,71	44,68	33,98	56,13	85,29	0,31			
8	Транспортна галерея лущиння	70	0,8	0,802	0,45	0,4	700	0,9	0,015	1,1	0,48	4,75	9,82	38,17	27,50	47,04	41,32	30,03	51,08	77,60	0,07			
9	Котельня	840	0,8	0,802	0,65	0,6	520	0,9	0,012	1,35	0,48	3,67	7,58	498,98	397,91	638,21	553,58	441,72	708,21	1076,02	1,36			
10	Олійнозливна станція	115	0,7	1,169	0,7	0,6	1020	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	13,22	85,67	84,70	120,47	93,72	94,11	132,82	201,80	0,13			
11	Механічна майстерня	58	0,7	1,02	0,25	0,2	650	0,9	0,015	1,1	0,48	4,42	9,12	22,17	17,73	28,38	23,62	19,21	30,44	46,25	0,05			
12	Насосна	205	0,8	0,802	0,44	0,4	480	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	6,22	87,40	65,13	109,00	96,42	72,37	120,56	183,17	0,25			
13	Мелпункт	8	0,9	0,484	0,2	0,2	185	0,9	0,015	1,1	0,48	1,26	2,59	4,03	1,95	4,48	4,19	2,03	4,66	7,08	0,03			
14	Пальня	10	0,8	0,882	0,25	0,2	500	0,9	0,012	1,35	0,48	3,53	7,29	9,54	5,52	11,02	9,79	5,74	11,35	17,24	0,02			
15	Адміністративний корпус / Прохідна	28	0,9	0,54	0,3	0,3	1400	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	18,14	25,70	4,08	26,03	26,54	4,53	26,93	40,91	0,02			
16	Олійноекстрактний завод	1370	0,8	0,802	0,65	0,6	900	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	11,66	813,11	642,99	1036,62	902,16	714,43	1150,79	1748,44	1,28			
17	Цех маргаринової продукції	85	0,8	0,882	0,6	0,5	200	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	2,59	48,49	40,48	63,17	53,59	44,98	69,97	106,30	0,35			
18	Гідрогенезційний завод	1910	0,8	0,802	0,55	0,5	2200	0,9	0,015	1,1	0,48	14,94	30,86	976,31	773,46	1245,56	1081,36	857,74	1380,23	2097,05	0,63			
19	Електролізний цех	710	0,9	0,62	0,7	0,6	420	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	5,44	452,74	277,21	530,87	502,44	308,01	589,34	895,41	1,40			
20	Кисневонасосна станція	15	0,6	1,405	0,2	0,2	330	0,9	0,015	1,1	0,48	2,24	4,63	7,33	6,03	9,49	7,63	6,46	9,99	15,18	0,03			
21	Насосна другого підйому (технічне водопостачання)	105	0,8	0,802	0,25	0,2	70	0,9	0,012	1,35	0,48	0,49	1,02	24,65	19,45	31,39	27,27	21,55	34,76	52,81	0,50			
22	Станція очистки стічних вод	32	0,8	0,802	0,2	0,2	180	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	2,33	8,09	4,62	9,32	8,73	5,13	10,13	15,39	0,06			
23	Пожежна частина	4	0,8	0,802	0,1	0,1	160	0,9	0,015	1,1	0,48	1,09	2,24	2,60	1,38	2,95	2,64	1,41	3,00	4,55	0,02			
24	Гараж та автотранспортний цех	6	0,8	0,882	0,2	0,2	430	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	5,57	6,65	0,95	6,72	6,77	1,06	6,85	10,42	0,02			
25	Зід цех	27	0,8	0,882	0,25	0,2	210	0,9	0,015	1,1	0,48	1,43	2,95	9,02	6,78	11,29	9,70	7,38	12,18	18,51	0,06			
26	Токарний цех	12	0,9	0,62	0,3	0,3	2100	0,9	0,012	1,35	0,48	14,83	30,62	33,86	16,84	37,81	34,22	17,06	38,24	58,09	0,02			
27	Цех фасовки олії	25	0,6	1,518	0,32	0,3	480	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	6,22	13,42	10,93	17,31	14,22	12,15	18,70	28,42	0,04			
28	Теплопункт	51	0,7	1,169	0,5	0,5	380	0,9	0,015	1,1	0,48	2,58	5,33	28,28	29,41	40,80	30,83	32,39	44,72	67,94	0,12			
29	Електроцех	3	0,9	0,62	0,23	0,2	40	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	0,52	1,14	0,38	1,20	1,21	0,43	1,28	1,95	0,03			
30	Столярний цех	7	0,8	0,75	0,15	0,1	150	0,9	0,015	1,1	0,48	1,02	2,10	3,05	1,73	3,50	3,15	1,81	3,63	5,52	0,02			
31	Центральний склад	4,5	1	0,329	0,15	0,1	750	0,9	0,012	1,35	0,48	5,30	10,94	11,54	5,50	12,78	11,61	5,52	12,85	19,53	0,02			
32	Склад холодильник	23	0,9	0,62	0,56	0,5	410	0,9	0,012	1,2	0,00	0,00	5,31	16,91	7,18	18,37	18,19	7,98	19,87	30,19	0,05			
33	Всього по підприємству	10933,5					18345					81,41	253,63	5655,34	4607,06	7294,37	5655,34	4607,06	7294,37	0,40				

Рисунок 2.2 – Розрахунок електричних навантажень для підприємства

Результати обчислення по даній задачі вказано на рис. 2.2 та розташовані в комірках O4 : O31 - P_{ci}, P4 : P31 - Q_{ci}, Q4 : Q31 - S_{ci}, R4 : R31 - P_{pi}, S4 : S31 - Q_{pi}, T4 : T31 - S_{pi}. V4 : V31 - ро_i. При цьому повне значення середньої потужності заводу становить S_{сум}=7292,38 кВА, а значення повної розрахункової потужності з урахуванням коефіцієнта одночасності для максимумів навантаження становить S_{р сум}= 7298,34 кВА.

2.2. Розрахунок кількості і потужності цехових підстанцій

У випадку вибору трансформаторів підстанції потрібно дотримуватись вказаних вимог для технічного завдання (ТЗ):

- показником, що характеризує ефективність вибору трансформаторів ТП є річні приведені витрати на підстанцію [7];

- кількість стандартних значень потужностей для трансформаторів цехових ТП підприємства не повинна перевищувати 2 (максимум 3).

Приблизним орієнтиром для оптимального ступеню потужності трансформаторів ЦТП є питома густина навантаження.

Підприємство, що досліджується, належить до другої категорії щодо електропостачання. Тому необхідно, щоб електропостачальна система мала високу надійність. Тому всі цехи підприємства заживлені двотрансформаторними підстанціями. Оскільки питома густина навантаження складає $\sum p_0 = 0,40$ кВА/м², то рекомендується обирати трансформатори потужністю більше тисячу кВА. Також є доцільним розподілити навантаження між 4 ЦТП, оскільки територія підприємства посідає значну площу, де є розташовані споживачі другої та третьої категорії. Усі ЦТП повинні бути двотрансформаторними. Це є для недопускання значних перерв у електропостачанні. Перша ЦТП живить цех під номером 1, друга ЦТП 2-10 цехи, третя ЦТП цехи 11-18 та четверта ЦТП цехи 19-32. Встановлення чотирьох ЦТП дозволить знизити довжини кабелів 0,4 кВ, наслідком чого є зниження втрат потужності.

Навантаження а також розподілення цехів між ЦТП та опорні формули для розрахунку навантаження на ЦТП приведено на рис. 2.3-2.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
40		C2:C32=nomer	G10=Sp1cym	G10=Sc1cym	Pp1=BNP(nomer,Tabl_1,18,0)	Qc1=BNP(nomer,Tabl_1,16,0)	Sр2cym=КОРЕНЬ(Pp2cym^2+Qp2cym^2)	Pp4=BNP(nomer,Tabl_1,18,0)								
42		E2:E9=Pp1	G19=Sp2cym	G19=Sc2cym	Pp2=BNP(nomer,Tabl_1,18,0)	Qc2=BNP(nomer,Tabl_1,16,0)	Sр3cym=КОРЕНЬ(Pp3cym^2+Qp3cym^2)	Qp4=BNP(nomer,Tabl_1,19,0)								
43		E10=Pp1cym	G32=Sp3cym	G27=Sc3cym	Pp3=BNP(nomer,Tabl_1,18,0)	Qc3=BNP(nomer,Tabl_1,16,0)	Pctr1=СУММ(Pc1)	Sp4=BNP(nomer,Tabl_1,20,0)								
44		E11:E18=Pp2	H2:H9=Pc1	E28:E32=Pp4	Qp1=BNP(nomer,Tabl_1,19,0)	Sc1=BNP(nomer,Tabl_1,17,0)	Pc2cym=СУММ(Pc2)	Pc4=BNP(nomer,Tabl_1,15,0)								
45		E19=Pp2cym	H10=Pc1cym	E33=Pp4cym	Qp2=BNP(nomer,Tabl_1,19,0)	Sc2=BNP(nomer,Tabl_1,17,0)	Pc3cym=СУММ(Pc3)	Qc4=BNP(nomer,Tabl_1,16,0)								
46		E20:E26=Pp3	H11:H18=Pc2	F28:F32=Qp4	Qp3=BNP(nomer,Tabl_1,19,0)	Sc3=BNP(nomer,Tabl_1,17,0)	Qc1cym=СУММ(Qc1)	Sc4=BNP(nomer,Tabl_1,17,0)								
47		E27=Pp3cym	H19=Pc2cym	F33=Qp4cym	Sp1=BNP(nomer,Tabl_1,20,0)	Pp1cym=СУММ(Pp1)	Qc2cym=СУММ(Qc2)	Pp4cym=СУММ(Pp4)								
48		F2:F9=Qp1	H20:H26=Pc3	G33=Sp4cym	Sp2=BNP(nomer,Tabl_1,20,0)	Pp2cym=СУММ(Pp2)	Qc3cym=СУММ(Qc3)	Qp4cym=СУММ(Qp4)								
49		F10=Qp1cym	H27:Pc3cym	H28:H32=Pc4	Sp3=BNP(nomer,Tabl_1,20,0)	Pp3cym=СУММ(Pp3)	Sc1cym=КОРЕНЬ(Pctr1^2+Qctr1^2)	Sp4cym=КОРЕНЬ(Pp4cym^2+Qp4cym^2)								
50		F11:F18=Qp2	I219=Qc1	H33=Pc4cym	Pc1=BNP(nomer,Tabl_1,15,0)	Qp1cym=СУММ(Qp1)	Sc2cym=КОРЕНЬ(Pc2cym^2+Qc2cym^2)	Pctr4=СУММ(Pc4)								
51		F19=Qp2cym	I10=Qc1cym	I28:I32=Qc4	Pc2=BNP(nomer,Tabl_1,15,0)	Qp2cym=СУММ(Qp2)	Sc2cym=КОРЕНЬ(Pc2cym^2+Qc2cym^2)	Qc4cym=СУММ(Qc4)								
52		F20:F26=Qp3	I11:I18=Qc2	I33=Qc4cym	Pc3=BNP(nomer,Tabl_1,15,0)	Qp3cym=СУММ(Qp3)	Sc4cym=КОРЕНЬ(Pctr4^2+Qctr4^2)									
53		F27=Qp3cym	I19=Qc2cym	G33=Sc4cym			Sp1cym=КОРЕНЬ(Pp1cym^2+Qp1cym^2)									
54			I20:I26=Qc3													
55			I27=Qc3cym													
56																

Рисунок 2.3 – Опорні формули для визначення навантаження на ЦТП

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахунок ва активна потужність Pp, кВт	Розрахунок а реактивна потужність Qp, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pс, кВт	Середня реактивна потужність Qс, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
1										
2		ТП1	1	Підготовче відділення олійнопресового цеху	1893,118	1657,39958	2516,121843	1706,868	1493,14252	2267,79032
3				Всього по ТП1	1893,118	1657,39958	2516,121843	1706,868	1493,14252	2267,79032
4		ТП2	2	Олійноекстрактний цех	321,0736	255,927776	410,5938174	289,1736	230,334998	369,696608
5			3	Насосна оборотної води	53,20125	42,4594058	68,06742353	47,95125	38,2474284	61,3366787
6			4	Градирні	19,8332	15,7263741	25,31155202	17,9082	14,1819824	22,843648
7			5	Елеватор шроту	71,388	59,5294045	92,95158172	64,638	53,576464	83,9533962
8			6	Елеватор насіння	287,31625	329,667042	437,2996527	259,49625	297,141858	394,501695
9			7	Транспортна галерея насіння	44,6828	33,9766185	56,13344118	40,4478	30,5789566	50,705987
10			8	Транспортна галерея лушпиння	41,3175	30,0266972	51,07580987	38,1675	27,4995107	47,0423336
11			9	Котельня	553,5816	441,717596	708,2139667	498,9816	397,91303	638,21424
12			10	Олійнозливна станція	93,7192	94,1149288	132,819081	85,6692	84,7034359	120,473582
13				Всього по ТП2	1486,1134	1303,14584	1976,542973	1342,4334	1174,17766	1783,48553
14		ТП3	11	Механічна майстерня	23,61625	19,2081603	30,44143041	22,16625	17,7288644	28,3840672
15			12	Насосна	96,4208	72,3657848	120,5561176	87,4008	65,1292063	108,998685
16			13	Медпункт	4,194625	2,03154961	4,660694444	4,034625	1,95405807	4,48291667
17			14	Ідальня	9,79	5,7355009	11,34636817	9,54	5,51502163	11,0193949
18			15	Адміністративний корпус / Промідна	26,544	4,53383971	26,92841693	25,704	4,08045574	26,0258667
19			16	Олійноекстрактний завод	902,164	714,431612	1150,787735	813,114	642,988451	1036,62362
20			17	Цех маргаринової продукції	53,592	44,9777723	69,96500885	48,492	40,4799951	63,1672705
21			18	Гідрогенезійний завод	1081,355	857,740399	1380,234483	976,305	773,460735	1245,55729
22			Всього по ТП3	2197,6767	1721,02462	2791,363198	1986,75668	1551,33679	2520,68402	
23		ТП4	19	Електролізний цех	502,4432	308,012936	589,3395779	452,7432	277,211643	530,869758
24			20	Кисневнонасосна станція	7,62825	6,45509727	9,992921435	7,32825	6,03374392	9,49259257
25			21	Насосна другого підйому (технічне водопостачання)	27,2706	21,5541866	34,76015802	24,6456	19,4481979	31,3948722
26			22	Станція очистки стічних вод	8,7328	5,13460114	10,13044543	8,0928	4,62114103	9,31924655
27			23	Пожежна частина	2,644	1,40773137	2,99540375	2,604	1,37564012	2,94503001
28			24	Гараж та автотранспортний цех	6,7728	1,05830052	6,854985036	6,6528	0,95247047	6,72063597
29			25	З'д цех	9,69525	7,37939013	12,18414015	9,02025	6,78409608	11,2866678
30			26	Токарний цех	34,218	17,0600538	38,23502269	33,858	16,8369459	37,8133166
31			27	Цех фасовки олії	14,2208	12,1478495	18,70297839	13,4208	10,9330646	17,310395
32			28	Теплопункт	30,8295	32,3939982	44,71944978	28,2795	29,4127178	40,8024275
33			29	Електроцех	1,2084	0,42762359	1,281831696	1,1394	0,38486123	1,20264314
34			30	Столярний цех	3,15375	1,80639263	3,634445403	3,04875	1,72764263	3,50422967
35			31	Центральний склад	11,61	5,51792399	12,85455503	11,5425	5,49573781	12,7840698
36			32	Склад холодильників	18,1936	7,98230708	19,8676699	16,9056	7,18407637	18,3687306
37			Всього по ТП4	678,62095	428,338392	802,496213	619,28145	388,401978	731,003154	

Рисунок 2.4 - Розподілення цехів поміж ЦТП

Автоматизація розподілу електричних навантажень є досягнута використанням функцій для робочого листа ВПР а також СУММ.

В комірках є реалізовано автоматизований вибір елементів із бази даних з використанням функції ВПР. Кожному номеру цеху така функція знаходила його всі потрібні потужності. В рядках підсумків функція СУММ додавала усі потужності в стовпчику.

Для того, щоб автоматизувати розв'язок задачі вибору трансформаторів з використанням електронного процесору Excel попередньо потрібно визначити такі дані:

- 1) марку силових трансформаторів (ТМ);
- 2) середнє та розрахункове значення потужності по ТП S_p , S_c , кВА;

3) нормативне значення коефіцієнта ефективності для капіталовкладень в ТП E_e (приймається рівним 0,1);

4) коефіцієнт, що характеризує відрахування на амортизацію в ТП E_a (для ТП складає 3,6 %);

5) питома вартість втрат для потужності B_0 , грн./кВт (було визначено раніше в базі даних);

6) кількість силових трансформаторів ТП k_T , шт.;

7) коефіцієнт для навантаження в нормальному режимі k_n .

Для автоматизованого вибору значення оптимальної потужності для ЦТП 1 за мінімумом затрат формується електронна таблиця Excel на робочому аркуші "ТП1" (рис. 2.5). На рис. 2.6 наведено назви певних комірок а також діапазонів та опорні формули до цієї таблиці. Коефіцієнт $k_{нап}$ буде становити 0,8, тому що при аварійній ситуації є можливість відключити до 20% навантаження силових цехів, що живляться від ЦТП 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1		Вибір оптимальної потужності ТП за мінімумом затрат														
2		Дані нормального режиму														
3		Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	2516,122		
4		Середня потужність ТП, кВА											Sc=	2267,79		
5		Кількість трансформаторів											kt=	2		
6		Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1		
7		Дані післяаварійного режиму														
8		Допустимий коефіцієнт навантаження після аварійному режимі											kпа=	1,3		
9		Доля навантаження в п.а. режимі											kнап=	0,8		
10		Економічні характеристики														
11		Питома вартість втрат, грн/кВт											Bo=	8265,207		
12		Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0,1		
13		Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0,036		
14																
15		*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
16			63	1,28	0,24	95,78	13,02608	1020,851	0,48	1021,331	8441,509	---		---	---	---
17			100	1,97	0,33	101,71	13,83256	623,5906	0,66	624,2506	5159,561	---		---	---	---
18			160	3,1	0,51	109,45	14,8852	383,3143	1,02	384,3343	3176,603	---		---	---	---
19			250	4,2	0,74	119,46	16,24656	212,7172	1,48	214,1972	1770,384	---		---	---	---
20			400	5,9	0,95	143,38	19,49968	116,7254	1,9	118,6254	980,4635	---		---	---	---
21			630	8,5	1,31	159,53	21,69608	67,79086	2,62	70,41086	581,9604	---		---	---	---
22			1000	10,5	2,1	188,23	25,59928	33,23706	4,2	37,43706	309,4251	---		---	---	---
23			1600	18	2,8	234	31,824	22,25696	5,6	27,85696	230,2436	262,0676		+	+	+
24			2500	23,5	3,85	267,73	36,41128	11,90203	7,7	19,60203	162,0149	198,4262	V	+	+	+
25											Змін=	198,4262				
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	2500			

Рисунок 2.5- Визначення потужності для ЦТП1

Як впливає з розрахунків, оптимальна потужність для трансформаторів ЦТП1 має бути 2500 кВА. В такому випадку приведені витрати для встановлення двотрансформаторної ЦТП1 становитимуть 19,74562 грн.

Подібні розрахунки здійснюються для ЦТП2, ЦТП3 та ЦТП5 на аркуші Excel «ТП2», «ТП3» та «ТП4» рис. 2.7 – 2.9. Значення коефіцієнта $k_{\text{нпа}}$ для ТП2, ТП3 та ТП4 становитимуть 0,85, 0,8 та 0,9 відповідно.

Для ЦТП 2 та 3 є оптимальним варіант, коли потужність силових трансформаторів ТП становитиме 2500 кВА. Для ЦТП 4 найбільш оптимальний варіант, якщо потужність трансформаторів ТП становитиме 1000 кВА.

2.3. Визначення втрат потужності в цехових ТП

Перед вибором лінії живлення необхідно визначити втрати потужності в силових трансформаторах ЦТП. По зовнішній мережі живлення буде проходити не тільки потужність навантаження, а також потужність електричних втрат в силових трансформаторах ЦТП. Не врахування таких втрат приведе до вибору перерізу для зовнішньої лінії по заниженому значенню навантаження, а це в свою чергу може спричинити функціонування лінії живлення в досить недопустимих умовах.

Втрати активної потужності, що є у цехових ТП визначаються за формулою [8]:

$$\Delta P_{T_P} = n \cdot \Delta P_{x_x} + \frac{1}{n} \Delta P_{кз} \left(\frac{S_{p_}}{S_{н_тр}} \right), \quad (2.17)$$

де ΔP_{TP} - втрати потужності (активної) ТП, кВт;

n - число силових трансформаторів у ТП;

ΔP_{xx} - значення втрат холостого ходу для трансформатора, кВт;

$\Delta P_{кз}$ - значення втрат короткого замикання для трансформатора, кВт;

S_p - повне значення розрахункового навантаження на ТП, кВА;

$S_{ном.тр}$ - номінальне значення потужності трансформатора ТП.

Втрати реактивної потужності в цехових підстанціях визначаються за формулою:

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.18)$$

де ΔQ_{TP} - втрати реактивної потужності підстанції, кВАр;

I_{xx} - значення струму холостого ходу для тр-ра, А;

$U_{кз}$ - значення напруги короткого замикання, % від номінальної.

Розрахунок втрат потужності в цехових ТП а також опорні формули, назви діапазонів та комірок для вказаного розрахунку приведені на рис. 2.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2		№ ТП	Sном_т, кВА	кт	dPxx, кВт	dPкз, кВт	Ixx, %	Uкз, %	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	dPтр, кВт	dQтр, кВАр	dСтр, кВА	P, кВт	Q, кВАр		ЦРП1	ЦРП2	
3		1	2500	2	3,85	23,5	1	6,5	1893,118	1657,4	2516,122	19,60203	132,3013	133,7456	1912,72	1789,701				
4		2	2500	2	3,85	23,5	1	6,5	1486,113	1303,146	1976,543	15,04464	100,7874	101,9041	1501,158	1403,933				
5		3	2500	2	3,85	23,5	1	6,5	2197,677	1721,025	2791,363	22,34841	151,2922	152,9339	2220,025	1872,317				
6		4	1000	2	2,1	10,5	1,4	6	678,621	428,3384	802,4962	7,581001	47,32001	47,92342	686,202	475,6584	P	3413,878	2906,227	
7		Всього							5655,34	4607,059		64,57608	431,7009	436,504	5719,916	5038,76	Q	3193,634	2347,975	
8																				
9																				
10		Назви комірок, діапазонів та опорні формули				dPxxтр=ВІП(Sном_т;TR_10_kv;3;0)														
11		C3:C6=Sном_т				dPкзтр=ВІП(Sном_т;TR_10_kv;4;0)														
12		D3:D6=ктвтр				Ixxтр=ВІП(Sном_т;TR_10_kv;5;0)														
13		E3:E6=dPxxтр				Uкзтр=ВІП(Sном_т;TR_10_kv;6;0)														
14		F3:F6=dPкзтр				Ppвтр_сум=СУММ(Ppвтр)														
15		G3:G6=Ixxвтр				Qpвтр_сум=СУММ(Qpвтр)														
16		H3:H6=Uкзвтр				dPтрвтр=ктвтр*dPxxвтр+(1/ктвтр)*dPкзвтр*(Spвтр/Sном_т)^2														
17		I3:I6=Ppвтр				dPтрсум=СУММ(dPтрвтр)														
18		J7:J6=Ppвтр_сум				dQтрвтр=ктвтр*(Ixxвтр/100)*Sном_т+(1/ктвтр)*(Uкзвтр/100)*(Spвтр^2/Sном_т)														
19		K3:K6=Qpвтр				dQсум=СУММ(dQтрвтр)														
20		L7:Qpвтр_сум				dСтр=КОРЕНЬ(dPтрвтр^2+dQтрвтр^2)														
21		M3:K6=Spвтр				dСтрсум=КОРЕНЬ(dPтрсум^2+dQсум^2)														
22		N3:L6=dPтрвтр				Pсум=Ppвтр+dPтрвтр														
23		O7:dPтрсум				Qсум=Qpвтр+dQтрвтр														
24		M3:M6=dQтрвтр				Pсум_1=Ppвтр_сум+dPтрсум														
25		M7=dQсум				Qсум_1=Qpвтр_сум+dQсум														
26		N3:N6=dСтр				O3:=Pвтр1														
27		N7=dСтрсум				O4:=Pвтр2														
28		O3:O6=Pсум				O5:=Pвтр3														
29		P3:P6=Qсум				P3:=Qвтр1														
30		O7:=Pсум_1				P4:=Qвтр2														
31		P7:=Qсум_1				P5:=Qвтр3														
32																				

Рисунок 2.6 - Розрахунок втрат потужності в цехових ТП

2.4. Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

ПРАТ „Вінницький олієжировий комбінат” розташовується на відстані 2000 м. від розподільної підстанції «Технологічна» 110_10 кВ та на відстані 3 800 м. від

розподільчої підстанції «Нова» 110_10 кВ. Для заживлення ЦРП необхідно вибрати оптимальний переріз для зовнішньої лінії живлення, яка буде заживлювати підприємство від п/ст [9].

На аркуші Excel під назвою "живляча ПЛ" формується електронна таблиця для визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії для живлення, що містить у собі стандартні значення перерізів ПЛ, а також допустимі струми для останніх. Дана таблиця автоматично розраховуватиме мінімум річних приведених витрат в залежності того, яка керована змінна, якою в цій задачі є переріз ПЛ F . Показником ефективності тут є річні приведені витрати в зовнішню лінію живлення. Критерієм оптимальності є мінімум річних приведених витрат.

ПЕР з критерієм оптимальності вибору зовнішньої лінії живлення буде мати вигляд [13]:

$$Z(F) = ((E_a + E_e) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_L \cdot r_0(F) \cdot k_L \cdot t \cdot \tau) \cdot L \rightarrow \min_{F \in X}, \quad (2.19)$$

де $Z(F)$ - річні зведені витрати у лінію живлення, в залежності від перерізу ПЛ, тис. грн.;

$K_0(F)$ - вартість 1 км ПЛ з перерізом F , грн/км;

$r_0(F)$ - активний опір для проводу, в залежності від перерізу F , Ом/км;

E_a - коефіцієнт для відрахувань на амортизацію;

E_e - коефіцієнт, що враховує ефективність капіталовкладень;

L - довжина для лінії, км;

I_L - струм, який протікає в ПЛ, А;

k_L - кількість ліній електропередач;

t - тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год;

τ - кількість годин максимальних втрат;

X - множина усіх стандартних перерізів ПЛ.

Обмеження для керованої змінної будуть наступними:

1) Переріз КЛ за умовою допустимого нагрівання у нормальному режимі визначається відповідно до такого виразу:

$$k_{\text{дон}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_{\text{л}}}, \quad (2.20)$$

де $k_{\text{дон}}$ - коефіцієнт, який вносить корективи на струми залежно від температури землі і повітря, відповідно до ПУЕ (табл. 1.3.3);

$I_{\text{дон}}(x)$ - допустиме значення тривалого струму навантаження, що залежить від перерізу КЛ, А;

S_p - загальна потужність ел.навантаження, кВА;

$U_{\text{ном}}$ - номінальне значення напруги КЛ.

К-т $k_{\text{дон}}$ визначається відповідно до формули:

$$k_{\text{дон}} = k_{\text{сер}} \cdot k_{\text{гр}} \cdot k_{\text{пр}}, \quad (2.21)$$

де $k_{\text{сер}}$ - коефіцієнт, що враховує середовище (ПУЕ, т. 1.3.49). Оскільки ПУЕ не передбачає жодних додаткових умов прокладання $k_{\text{сер}} = 1$;

$k_{\text{пр}}$ - коефіцієнт прокладання, який враховує особливості а також тип прокладки ліній. Враховуючи те, що ми здійснюємо прокладання повітряної лінії $k_{\text{пр}} = 1$;

$k_{\text{гр}}$ - коефіцієнт, який враховує особливості а також тип ґрунту.

$$k_{\text{дон}} = 1 \cdot 1 = 1.$$

2) Переріз КЛ за умовою стосовно допустимості нагріву в післяаварійному режимі визначається відповідно до такого виразу:

$$k_{na} \cdot k_{\partial on} \cdot I_{\partial on}(x) \geq k_L \cdot I_L \cdot k_{н.на}, \quad (2.22)$$

де k_{na} - коефіцієнт перевантаження КЛ в після аварійному режимі;

$k_{н.на}$ - частина навантаження, що залишилася в після аварійному режиму;

3) Значення перерізу КЛ за умовою втрати напруги в нормальному режимі визначається згідно виразу[13]:

$$\Delta U_{\partial on} \geq \Delta U_L(F) = \frac{P_p \cdot r_0(F) + Q_p \cdot x_0(F)}{k_L \cdot U_{ном}^2 \cdot 1000} \cdot L \cdot 100\% \quad (2.23)$$

де $\Delta U_{\partial on}$ - допустиме значення втрат напруги в лінії, %;

$\Delta U_L(F)$ - фактичне значення втрат напруги в лінії, в залежності від перерізу, %;

P_p - значення активної потужності навантаження, кВт;

Q_p - значення реактивної потужності навантаження, кВАр;

$x_0(F)$ - значення реактивного опору проводу, в залежності від перерізу, Ом/км.

4) Умова, що визначає допустимі втрати напруги в режимі післяаварійному:

$$\Delta U_{на.доп} \geq \Delta U_{на.л}(F), \quad (2.24)$$

де $\Delta U_{на.доп}$ - допустимі значення втрат напруги в лінії в режимі післяаварійному, %;

$\Delta U_{на.л}(F)$ - фактичні значення втрат напруги в лінії в режимі після аварійному, в залежності від перерізу, %.

5) Оскільки лінія є обладнана пристроями для швидкодіючого автоматичного повторного увімкнення, то згідно з [3] необхідно провести перевірку стосовно термічної стійкості лінії до дії струмів КЗ:

$$F \geq F_{K3}, \quad (2.25)$$

де F_{K3} - мінімальне значення перерізу, що витримує термічну дію струмів КЗ

Значення перерізу F_{K3} можна визначити за такою формулою:

$$F_{K3} = \frac{I_{K3} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.26)$$

де I_{K3} - значення струму короткого замикання на напругі 10 кВ, А;

t_n - приведені значення часу КЗ, с;

C – значення термічного коефіцієнта, $A \cdot c^{0.5}/mm^2$. Відповідно до ГОСТ 30323-95 Табл. 9 для ал. дроту марки АС при допустимому значенні температури нагрівання проводів у випадку КЗ, що становить $200^{\circ}C$, C дорівнює $90A \cdot c^{0.5}/mm^2$.
Значення струму короткого замикання на виводах 10 кВ розраховується за формулою (4.30):

Електронна таблиця, яка автоматично здійснить вибір оптимального перерізу зовнішніх КЛ представлена на Рис. 2.13 та 2.14 опорні формули наведені на Рис. 2.12 та 2.16.

Початкові дані		КЛІ	
Економічні характеристики			
Питома вартість втрат, грн/кВт		$B_0 = 8265,207168$	G3=B0_
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень		$E_e = 0,1$	G3=E_e
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію		$E_a = 0,03$	G3=E_a
Нормальний режим			
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н.режимі		$K_{доп} = 1$	G7=Kдоп
Напруга, кВ		$U = 10$	G8=U_
Довжина ПЛ, км		$l = 2$	G9=L_
Активна розрахункова потужність, кВт		$P = 3413,878072$	G10=P
Реактивна потужність, квар		$Q = 3193,634109$	G11=Q
Розрахунковий струм окремого кабелю, А		$I_l = 134,9501831$	G12=I_l
Кількість ПЛ		$k = 2$	G13=k
Мінімально допуст. переріз ПЛ за умовою механ. міцності		$F_{мех} = 70$	
Допустима втрата напруги в ПЛ, %		$\Delta U_{доп} = 5$	G15=dUдоп
Аварійний режим			
Струм КЗ на початку лінії, кА		$I_{кз} = 8,060513454$	G16=Iкз
Приведений час КЗ, с		$t_n = 1,5$	G17=tн
Тепловий коефіцієнт С, $(A \cdot c^{(1/2)})/мм^2$		$C = 90$	G18=C
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²		$F_{кз} = 109,6896946$	G19=Fкз
Після аварійний режим			
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження		$K_{па} = 1$	G21=Kпа
Доля навантаження в післяаварійному режимі		$K_{нпа} = 0,85$	G22=Kнпа
Допустима втрата напруги в ПЛ, %		$\Delta U_{падоп} = 5$	G23=dUпадоп

Рисунок 2.7 – Початкові значення даних для вибору оптим. перерізу зовнішньої КЛ

F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _{доп} , А	dUn, %	dUna, %	K ₀ , тис.грн/км	dP,кВт	K	E*К, т.грн	Вв, т.грн	З, т.грн	Доп	Kдоп*I _{доп} >= I _л	Kпа*К _{доп} >= I _{доп} >= Kпа*I _л	ΔUn <= ΔUдоп	ΔUn <= ΔUпадоп	F >= F _{мех}	F >= F _{кз}
10	2,766	0,412313	84	10,759564	18,2912588	0	604,47783	0	0	4996,1345		недоп	-	-	-	-	-	-
16	1,801	0,398589	111	7,421342348	12,61628199	49,086	393,58806	98,172	12,76236	3253,0869		недоп	-	-	-	-	-	-
25	1,176	0,385489	142	5,245830274	8,917911466	50,589	257,00142	101,178	13,15314	2124,17		недоп	+	-	-	-	-	-
35	0,79	0,373144	175	3,888649001	6,610703301	52,369	172,64551	104,738	13,61594	1426,9509		недоп	+	-	+	-	-	-
50	0,603	0,364764	210	3,22349167	5,47993584	54,254	131,77879	108,508	14,10604	1089,179		недоп	+	-	+	-	-	-
70	0,428	0,35398	265	2,591621076	4,405755829	58,617	93,534531	117,234	15,24042	773,08227		недоп	+	+	+	-	+	-
95	0,31	0,343369	330	2,154897477	3,663325712	63,873	67,746973	127,746	16,60698	559,94277		недоп	+	+	+	+	+	-
120	0,25	0,335926	390	1,926294035	3,27469986	67,947	54,634656	135,894	17,66622	451,56675	469,233	доп	+	+	+	+	+	+
150	0,199	0,329645	450	1,732127699	2,944617089	0	43,489186	0	0	359,44713		недоп	+	+	+	+	+	+
185	0,158	0,322587	520	1,569616055	2,668347294	0	34,529102	0	0	285,39019		недоп	+	+	+	+	+	+
240	0,122	0,313874	605	1,418891084	2,412114843	0	26,661712	0	0	220,36457		недоп	+	+	+	+	+	+
300	0,099	0,307262	710	1,319255716	2,242734717	0	21,635324	0	0	178,82043		недоп	+	+	+	+	+	+
									мін затрати		469,233							
									Опт. Переріз ПЛ		240							
											0,25							
											Хорт=	0,335926						

Рисунок 2.8 - Вибір оптимального перерізу зовнішньої КЛ

Проектне рішення: для зовнішніх ліній для живлення на базі виконаного розрахунку в табл. формі "живляча КЛ" потрібно вибрати кабельні лінії марки АПВЭБП перерізом 240 мм², тоді мінімальне значення приведених витрат, яке залежить від КЗ, складає 469,233 тис. грн. та 581,598 тис. грн.

2.5. Визначення оптимальних значень перерізів КЛ 10 кВ

Сформуємо математичну модель для вибору перерізів оптимальних КЛ 10 кВ [13]. Керованою змінною є переріз КЛ (мм^2).

Множина для доступних рішень – множина усіх стандартних значень перерізів КЛ 10 кВ. ПЕР – значення річних приведені витрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_l \\ k_{\text{на}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{\text{нна}} \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ \Delta U_{\text{на}}(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ F \geq F_{\text{кз}} \\ F \in X \end{array} \right. \quad (2.27)$$

де $K_0(F)$ – значення питомої вартості КЛ, яке залежить від перерізу а також кількості ліній;

I_l – струм для однієї з ліній;

$I_{\text{доп}}(F)$ – допустиме значення струму за ПУЕ за перерізом;

$K_{\text{доп}}(F)$ – значення коефіцієнта для допустимого навантаження;

$\Delta U_n(F)$ – значення втрат напруги в лінії у режимі роботи нормальному;

$\Delta U_{\text{на}} F$ – значення втрат напруги в лінії з перерізом x в режимі післяаварійному;

$\Delta U_{\text{доп}}$ – значення допустимих втрат напруги;

$k_{\text{доп}}$ – значення коефіцієнта до допустимого навантаження, $k_{\text{доп}} = k_{\text{п}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{зр}}$;

$I_{\text{кз}}$ – струм КЗ на початку живлячої лінії;

t_n – значення приведенного часу КЗ (с) $\approx 1,5$ с;

C – значення теплового коефіцієнта $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{мм^2}$.

Для вибору оптимального перерізу КЛ необхідні застосовуватись всі ті ж умови, як і для ПЛ, окрім перевірки їх на механічну міцність.

Відмінні при виборі КЛ від ПЛ будуть наступні коефіцієнти, такі як $k_{сер}$ - коефіцієнт середовища (ПУЕ, табл. 1.3.10). Оскільки поправка на температуру землі не вказана $k_{сер} = 1$ [11].

Коефіцієнт, який враховує прокладки $k_{пр} = 0,92$ (ПУЕ Таблица 1.3.28) для КЛ, які проходять до ТП1 в одній траншеї по 2 кабеля, $k_{пр} = 0,92$ для ТП2 та ТП3, оскільки в траншеях до ТП2 та ТП3 буде прокладено теж по 2 кабеля.

Коефіцієнт, який враховує особливості прокладки та ґрунту $k_{зр} = 1,05$ відповідно ПУЕ Табл. 1.3.26 для піщано-глинистого ґрунту вологістю 6% (задано в індивідуальному завданні).

Коефіцієнт перевантаження у післяаварійному режимі $k_{па} = 1,25$ відповідно до ПУЕ (Табл. 1.3.32). Коефіцієнт попереднього навантаження 0,6, оскільки відношення $I_{л}/(I_{доп}k_{доп}) = 0,16$, що ближче до 0,6; вид прокладання – в землі, допустиме перевантаження триває 6 год.

Таблична форма що називається "КЛ1-ТП1" для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ від ЦРП1 до ТП1 наведена на рис. 2.17. Опорні назви комірок і діапазонів, а також та опорні формули для розрахунку необхідних величин наведено на рис. 2.18.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T			
1	Початкові дані														R1:=kscr	Коефіцієнт серволиша	1						
2	Нормальний режим														R2:=kpr	Коефіцієнт прокладки	0,92						
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі														R3:=kgr	ПУЕ 1.3.26	1,05						
4	Напряг, кВ														P4:=kdop1	кдоп=	0,966						
5	Довжина КЛ, км														H4:=Ukl1								
6	Активна розрахункова потужність, кВт														H5:=Ik11								
7	Реактивна потужність, квар														H6:=Pk11=Prp1								
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А														H7:=Qk11=Qsrp1								
9	Кількість кабелів														H8:=Ik11								
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %														H9:=kkl1								
11	Аварійний режим														H10:=dUdop1								
12	Струм КЗ на початку лінії, кА														H12:=Ikzk11								
13	Приведений час КЗ, с														H13:=tp								
14	Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2														H14:=Cter								
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2														H15:=Fkz1								
16	Післяаварійний режим																						
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження														H17:=kpa1								
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі														H18:=knpa1								
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %														H19:=dUradop1								
20	Економічні характеристики																						
21	Питома вартість витрат														H21:=B0k11								
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень														H22:=Eak11								
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію														H23:=Eak11								
24																							
25	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	lдоп, А	Ко, т. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн.	Вя, т. грн.	З, т. грн.	Доп	Кдоп*In op >= Ir	Кпа*Кдоп оп*lдоп >= Кпа*lр*Кл	ΔUn <= ΔUдоп	ΔUpa <= ΔUпадоп	F >= Fкз	V				
26	10	3,1	0,122	0	9,538	3,073888	4,9182205	106,353671	19,076	2,8614	879,0351	---	НЕДОП	---	---	+	+	---					
27	16	1,94	0,113	75	13,783	1,956457	3,1303305	66,55681348	27,566	4,1349	550,1059	---	НЕДОП	+	---	+	+	---					
28	25	1,24	0,099	90	19,853	1,274477	2,0391626	42,34148841	39,706	5,9559	351,614	---	НЕДОП	+	---	+	+	---					
29	35	0,89	0,095	115	25,953	0,936171	1,4978739	30,53379587	51,906	7,7859	252,3681	---	НЕДОП	+	+	+	+	---					
30	50	0,62	0,09	140	36,926	0,67348	1,0775676	21,2707342	73,852	11,0778	175,807	---	НЕДОП	+	+	+	+	---					
31	70	0,443	0,086	165	50,501	0,500625	0,8009994	15,19828267	101,002	15,1503	125,617	140,7673	ДОП	+	+	+	+	+					
32	95	0,326	0,083	205	65,451	0,386046	0,6176735	11,18428928	130,902	19,6353	92,44047	112,0758	ДОП	+	+	+	+	+					
33	120	0,258	0,081	240	82,823	0,319224	0,510758	8,85137004	165,646	24,8469	73,15841	98,00531	ДОП	+	+	+	+	+					
34	150	0,206	0,079	275	102,109	0,267703	0,4283254	7,067372978	204,218	30,6327	58,4133	89,046	ДОП	+	+	+	+	+					
35	185	0,167	0,077	310	137,48	0,228616	0,365785	5,729375181	274,96	41,244	47,35447	88,59847	ДОП	+	+	+	+	+	V				
36	240	0,129	0,075	355	190,672	0,190484	0,3047748	4,42568502	381,344	57,2016	36,5792	93,7808	ДОП	+	+	+	+	+					
37									Мінімальні затрати на КЛ1			88,59847											
38									Оптимальний переріз КЛ1			185											

Рисунок 2.9 - Таблиця форма для автоматичного вибору КЛ від ЦРП до ТП1

Аналогічно виконано розрахунок оптимальних перерізів КЛ до інших цехових ТП.

Проектне вирішення: для ЦТП1, ЦТП2, ЦТП3 потрібно вибрати кабелі марки АПвЭгП, перерізом 185 мм², а для ЦТП4 доцільно вибрати кабелі марки АПвЭгП, перерізом 70 мм² при цьому питомі витрати на 1 км довжини становитимуть: для ЦТП1 – 88598,47 грн., для ЦТП2 – 66596,59 грн., для ЦТП3 – 99451,37 грн. та для ЦТП4 – 27912,85 грн.

2.6.Визначення найоптимальніших координат розташування ЦРП за критерієм мінімуму витрат в СЕП

В МКР потрібно обрати оптимальне місце розташування ЦРП за критерієм мінімуму витрат в систему електропостачання через припущення, що ЦРП може

встановлюватись на довільному місці по території підприємства, що не зайняте цехом або ж дорогою [12].

Визначення оптимальних значень координат для розміщення ЦРП сприяє коректно його розмістити на території усього підприємства. Це в свою чергу, дасть можливість зменшити довжину низьковольтних мереж, в яких є значні втрати потужності, а також знизити витрату на КЛ, а тим самим зменшити витрату кольорових металів, а таким чином, знизити витрати в СЕП.

Для вибору оптимальних координат для розміщення ЦРП потрібно сформулювати математичну модель для такої задачі. В такій моделі керованими змінними є координати для розміщення ЦРП - $(x_0; y_0)$. Показником до ефективності рішення будуть сумарні річні приведені витрати в системі електропостачання.

Загальна математична модель матиме наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} & Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{аж}) \cdot (a_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot k_{жс} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ & \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ & \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ & \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

де $Z(x_0, y_0)$ - річні зведені витрати;

E_e - коефіцієнт ефективності для капіталовкладень;

E_a - коефіцієнт для відрахувань на амортизацію;

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

I_i - струм окремої ПЛ від ЦМ до і-тої ЦТП;

$r_0(F_i)$ - питомий опір ПЛ перерізом F_i ;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності в лінії;

$I_{жс}$ - струм живлячої ПЛ;

$k_{жс}$ - кількість проводів живлячої ПЛ;

$a_{жс}$ - складова питомої вартості живлячої ПЛ на 1 км, не залежна від перерізу;

k_i - кількість кабелів від ЦРП до i -тої ЦТП;

F_i - переріз i -тої КЛ;

$F_{жс}$ - переріз живлячої ПЛ;

a - складова питомої вартості КЛ на 1 км, не залежна від перерізу;

n - кількість ЦТП;

x_0, y_0 - координати ЦМ;

x_i, y_i - координати i -тої ЦТП;

$x_{жс}, y_{жс}$ - координати точки підведення зовнішньої лінії живлення.

Під час визначення довжини проводів живлення від точки де підводиться зовнішня лінія живлення до ЦРП буде застосовуватись євклідова метрика, оскільки лінію електропередавання можна провести по прямій лінії. В такому випадку довжина лінії буде обчислюватись за формулою:

$$L = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (2.29)$$

При прокладці КЛ від ЦРП до ЦТП буде врахована неєвклідова метрика, оскільки кабелі по території прокладені під прямими кутами, тобто довжина кабелю, яка є між двома координатами буде розраховуватися за формулою [10]:

$$L = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i| \quad (2.30)$$

Таблична форма EXCEL для розрахунку оптимальних координат центру мережі розміщена на листі EXCEL під назвою "ЦМ" і показана на рис. 2.22-2.23. Також на рис. 2.22-2.23 наведено опорні імена комірок а також діапазонів, а також опорні формули, за якими проводився визначення потрібних величин.

Ліній живлення	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, тис. грн	
ЖЛ	370	0	120	2	2906,23	2347,98	107,85	0,250	67,947	107,90	16,626	
ТП1	500	160	185	2	1912,72	1789,701	75,62	0,167	137,48	140,33	12,125	
ТП2	430	90	185	2	1501,158	1403,933	59,33	0,167	137,48	0,33	0,022	
Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											28,77348	
Кординати ЦЕМ, м									Xo =	430	Yo =	90

Рисунок 2.10 - Таблична форма визначення оптимальних координат

Розрахунок найоптимальніших координат розташування ЦРП здійснюється за допомогою засобу «Поиск решений» діалогове вікно, якого наведено на рис. 2.24.

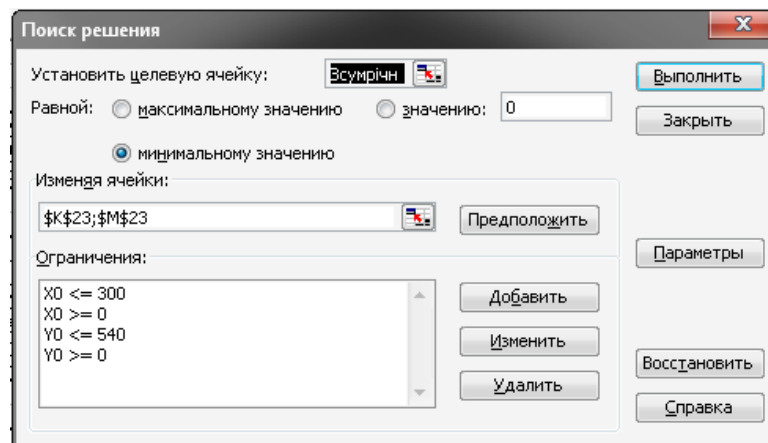


Рисунок 2.11- Діалогове вікно для засобу «Поиск решений» для визначення ЦМ

За допомогою вказаного засобу EXCEL «Поиск решений» було розраховано оптимальні координати центрів мережі. Проектне рішення: Оптимальними координатами розміщення ЦРП1 на генплані є: $X_0=430$, $Y_0=90$ сумарні річні

приведені витрати в мережу при цьому становитимуть 28,7734 тис. грн., для ЦРП2 на генплані є: $X_0=430$, $Y_0=400$ сумарні річні приведені витрати в мережу при цьому становитимуть 27,9251 тис. грн.

2.7. Визначення оптимальної потужності компенсуючих пристроїв 0,38 кВ за критерієм мінімуму витрат в СЕП

Метою такої задачі є вибір потужності для батарей конденсаторів (БК) у вузлах навантаження.

Керованими змінними є значення потужностей БК у вузлах навантажень $q_k = (q_{k_1}, q_{k_2}, \dots, q_{k_n})$

ПЕР – річні приведені витрати.

Для простоти розрахунків запропонуємо наступні припущення:

- 1) не враховано вплив компенсації реактивних навантажень (КРН) на вибір силових елементів СЕП;
- 2) не враховано постійна складова витрат у компенсувальні установки (КУ);
- 3) напруга в вузлах електричної мережі вважається приблизно однаковою і приймається рівною номінальній. Це дає підставу не враховувати втрати активної потужності від перетікання реактивної потужності споживача.

Однолінійна схема електропостачання ПРАТ „Вінницький олієжировий комбінат” наведена на рис. 2.12.

Схема заміщення для розрахунку балансової задачі КРН наведена на рис. 2.13:

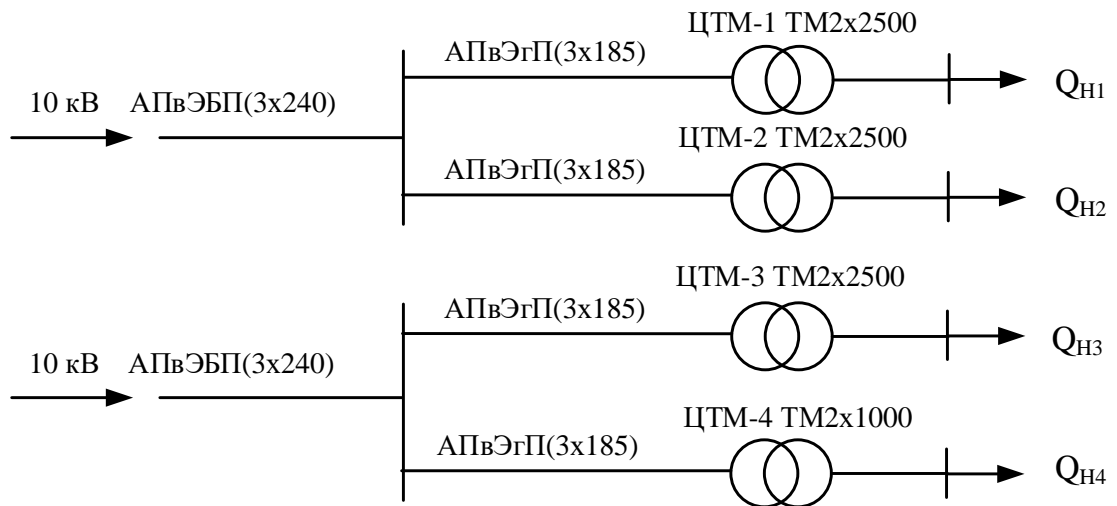


Рисунок 2.12 – Однолінійна схема електропостачання ПРАТ „Вінницький олієжировий комбінат”

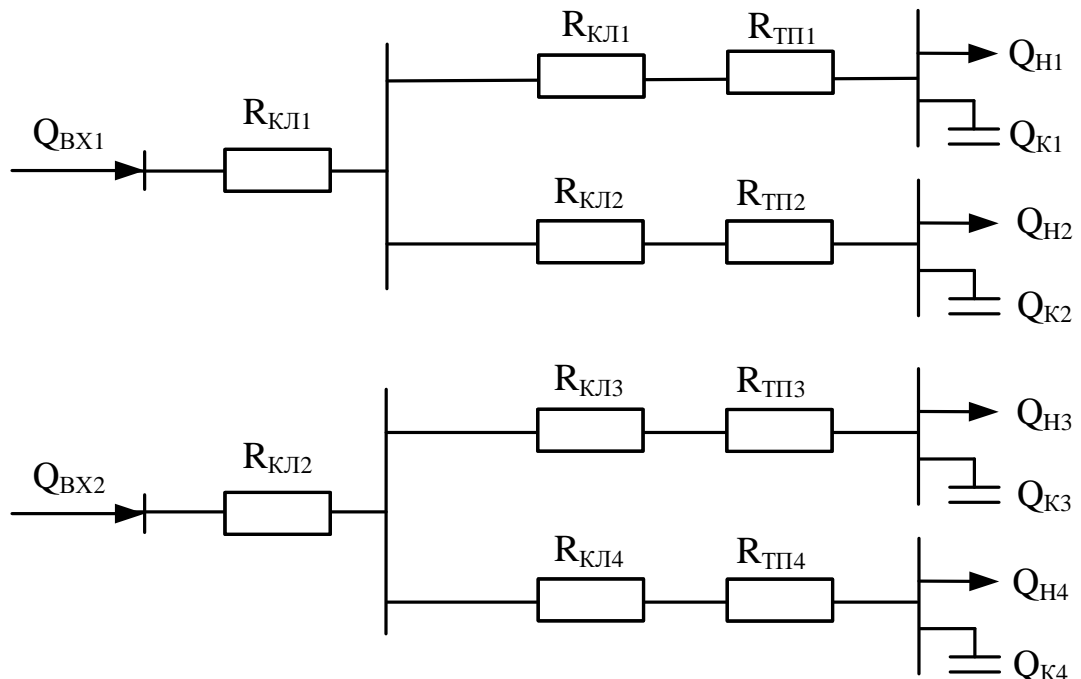


Рисунок 2.13 – Схема заміщення мережі електропостачання ПРАТ „Вінницький олієжировий комбінат”

Для спрощення розрахунків виконуються такі припущення:

- 1) не враховано вплив КРН на вибір силових складових СЕП;
- 2) не враховано постійна складова витрат в КУ;
- 3) напруга у вузлах мережі приймається приблизно однаковою і вважається рівною номінальній.

Сформовано математичну модель для балансової задачі оптимальної КРН:

Керовані змінні – це потужність БК в вузлах для навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$

ПЕР – річні приведені витрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(Q_k) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n [(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{кли} + R_{Ti})] + \\ + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_0 \cdot \Delta P_k] \times \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \rightarrow \min_{Q_k}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = Q_{ВХ} \end{array} \right. \quad (2.31)$$

д

е U – номінальне значення напруги, до якої приведені активні значення опорів схеми заміщення;

B_0 n – кількість для ЦТП а також РП 10 кВ;

– Q_{Ki} – значення вартості витрат для активної потужності, кВАр;
– Q_{Ki} – сума реактивних навантажень, що отримують живлення через i -ту лінію мережі, кВАр;

Q_{Ki} – сума потужностей КУ тих вузлів ел.мережі, що отримують живлення через i -ту лінію мережі, кВАр;

$R_{кли}$ – значення активного опору окремої лінії;

R_{Ti} – активний опір певного трансформатора i -тої ЦТП;

ΔP_k – значення питомих втрат реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар;

$B_{к0}$

E_e – значення питомої вартості КУ;

E_a – коефіцієнт ефективності для капіталовкладень, %;

– Q_{Ki} – значення вартості витрат для реактивної потужності, кВАр;
– Q_{Ki} – значення вартості витрат на амортизацію, %;

Відповідно до наведеної математичної моделі задачі (2.40) сформовано комп'ютерну модель на робочому аркуші MathCad. Вихідні дані подано на рис. 2.14 та рис. 2.15.

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ: $U := 10$

Вхідна реактивна потужність, квар: $q_{вх} := 363$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_e := 0.1$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію $E_a := 0.04$

Питома вартість КУ $B_{к0} := 100$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар $\Delta P_k := 4.5$

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт $B_o := 8265.21$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км
 $r_{01} := 0.167$ $r_{02} := 0.167$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км
 $L_{кт1} := 140.33$ $L_{кт2} := 0.33$

Опори трансформаторів, Ом
 $r_{т1} := 0.38$ $r_{т2} := 0.38$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:
 $q_{к1} := 1657.39$ $q_{к2} := 1303.14$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:
 $q_{к1} := 100$ $q_{к2} := 100$

Довжина та питомий опір лінії живлення:
 $L_{ж} := 2 + 0.16669 = 2.167$ $r_{ж0} := 0.25$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом
 $r_{ж} := L_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.542$

Опір розподільних ліній живлення, Ом
 $r_{л1} := r_{01} \cdot L_{кт1} = 23.435$
 $r_{л2} := r_{02} \cdot L_{кт2} = 0.055$

Рисунок 2.14 – Вхідні дані, необхідні для розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$\mathcal{Z}(q_{k1}, q_{k2}) := \frac{V_0}{U^2 \cdot 1000} \left[\begin{aligned} &(q_{k1} - q_{k1})^2 \cdot \left(\frac{r_{T1} + r_{T1}}{2} \right) \dots \\ &+ (q_{k2} - q_{k2})^2 \cdot \left(\frac{r_{T2} + r_{T2}}{2} \right) \dots \\ &+ (q_{k1} + q_{k2} - q_{k1} - q_{k2})^2 \cdot \frac{r_{JK}}{2} \end{aligned} \right] \dots$$

$$+ [(E_e + E_a) \cdot B_{k0} + V_0 \cdot \Delta P_k] (q_{k1} + q_{k2})$$

Given
обмеження

$$q_{k1} \geq 0 \quad q_{k2} \geq 0$$

$$(q_{k1} + q_{k2}) - (q_{k1} + q_{k2}) = q_{BK}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_k := \text{Minimize}(\mathcal{Z}, q_{k1}, q_{k2}) = \begin{pmatrix} 1.651 \times 10^3 \\ 946.653 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

$$\mathcal{Z}(q_{k1}, q_{k2}) = 1.003 \times 10^7$$

Перевірка, квар

$$(q_{k1} + q_{k2}) - (q_{k1} + q_{k2}) = 363 \quad q_{BK} = 363$$

Визначаємо потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{КУ} := \frac{q_k}{2} = \begin{pmatrix} 825.438 \\ 473.327 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2.15 Запис математичної моделі для КРН та розв'язання задачі КРН у середовищі MathCad

Проектний результат: розв'язок балансової задачі КРН дав побачити, що доцільно встановити на ПРАТ „Вінницький олієжировий комбінат” автоматично регульовані конденсаторні установки КРПН-0,4 зазначених номінальних потужностей [16]:

ЦТП1: 2 КУ типу КРПН-0,4-825-25 УЗ;

ЦТП2: 2 КУ типу КРПН-0,4-480-40 УЗ;

ЦТП3: 2 КУ типу КРПН-0,4-725-25 УЗ;

ЦТП4: 2 КУ типу КРПН-0,4-170-10 УЗ.

РОЗДІЛ 3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

3.1 Характеристики систем автоматичного введення резерву на підприємствах

Деякі вимоги визначені в ПУЕ [1]. Далі наведено певні з них.

Засоби АВР повинні бути для відновлення живлення приймачів шляхом автоматичного примикання резервного джерела живлення при вимкненні робочого джерела живлення, а це приводить до знеструмлення електроустановок приймача.

Засоби АВР повинні бути також для автоматичного ввімкнення резервного устаткування за вимкненого робочого устаткування, а це приводить до порушення нормальності технологічного процесу.

Засоби АВР також пропонується передбачати, коли при їх застосуванні можливо спрощення релейного захисту та зниження струмів КЗ і здешевлення апаратури завдяки заміні кільцевих мереж на радіально-секціоновані і т.п.

Засоби АВР можуть встановлюватися на трансформаторах а також лініях та секційних і шиноз'єднувального вимикачах та двигунах і т.п.

Засоби АВР, як правило, мають забезпечувати можливість його дії при зникненні напруги на шинах елемента, що викликається будь-якою з причин, в тому числі КЗ на таких шинах (а останнє за відсутності АПВ шин).

Засіб АВР при вимкненні вимикача робочого джерела живлення повинен включати, як правило, без додаткової витримки часу, вимикач резервного джерела живлення. При цьому має бути забезпечена однократність функціонування пристрою [13].

Для забезпечення дії АВР при знеструмлених засобах у зв'язку із зникненням напруги зі сторони живлення робочого джерела, а також при вимкненні вимикача з приймальною боку (наприклад, для випадків, коли релейний захист робочого елемента діє виключно на вимкнення вимикачів з боку живлення) в схемі АВР на додаток до зазначеного має передбачатися пусковий орган для напруги. Зазначений

пусковий орган при зникненні напруги на живильному елементі і за наявності напруги з боку живлення резервного джерела повинен діяти з витримкою часу на відключення вимикача робочого джерела живлення з приймальні сторони. Пусковий орган напруги АВР не повинен передбачатися тоді, коли робочий і резервний елементи мають одне єдине джерело живлення.

Для трансформаторів та ліній малої протяжності з метою прискорення дії АВР потрібно виконувати релейний захист з дією на вимкнення не тільки вимикача з боку живлення, але і вимикача з сторони приймання. З цією ж ціллю у найбільш відповідальних випадках (наприклад, при власних потребах електростанцій) за відключення з яких-небудь причин вимикача тільки з боку живлення має бути забезпечене негайне вимкнення вимикача з приймальною боку по ланцюзі блокування.

Мінімальний елемент напруги для пускового органу АВР, який реагує на зникнення напруги робочого джерела, має бути відбудований від режиму самозапуску електродвигунів а також від зниження напруги при віддалених КЗ.

Напруга спрацьовування елемента контролювання напруги на шинах резервного джерела органу пуску АВР повинна вибиратися якщо можливо, виходячи з умови самозапуску електродвигунів. Час дії органу пуску АВР повинен бути більше часу вимкнення зовнішніх КЗ, при чому зниження напруги викликає спрацьовування елемента мінімальної напруги для пускового органу, і, як правило, більше часу дії АПВ із боку живлення.

Мінімальний елемент напруги органу пуску АВР, як правило, має бути виконаний так, щоб усувалася його помилкова робота під час перегорання одного із запобіжників трансформатора напруги зі сторони обмотки вищої або нижчої напруги; під час захисту обмотки нижчої напруги автоматичним вимикачем під час його відключення дію пускового органу повинно блокуватися. Допускається не враховувати таку вимогу при виконанні пристроїв АВР в розподільчих мережах 6 - 10 кВ, коли для цього є потрібна спеціальна установка трансформатора напруги.

Коли при використанні пуску АВР за напругою час його функціонування може виявитися занадто великим (наприклад, при наявності в складі навантаження

великої частки синхронних двигунів), рекомендується застосовувати на додаток до органу пуску напруги пускові органи інших типів (наприклад, тв, що реагують на зникнення струму, на зниження частоти, на зміну напрямку потужності і т.п.).

У випадку застосування пускового засобу частоти останній при зниженні частоти з боку робочого джерела живлення до певного заданого значення і при нормальній частоті з боку резервного живлення має діяти з витримкою часу на відключення вимикача для робочого джерела живлення.

При технологічній необхідності може виконуватися власне пуск пристроїв автоматичного включення резервного обладнання від деяких різних спеціальних датчиків (тиску, рівня тощо).

Схема пристрою АВР джерел живлення для власних потреб електростанцій після ввімкнення резервного джерела живлення натомість одного з вимкнених робочих джерел має зберігати можливість дії при вимкненні інших робочих джерел живлення.

При виконанні пристроїв АВР потрібно перевіряти умови перевантаження резерву джерела живлення і самозапуска електродвигунів і, коли є надмірне перевантаження або ж не забезпечується самозапуск, треба виконувати розвантаження при дії АВР (це наприклад відключення невідповідальних, і в деяких випадках і частини відповідальних ел. двигунів; для останніх рекомендовано застосування АПВ).

При виконанні АВР має враховуватися неприпустимість його дії на включення електричних споживачів, відключених засобами АЧР. З цією метою повинні застосовуватися деякі спеціальні заходи (наприклад, блокування по частоті); в певних випадках при спеціальному обґрунтуванні неможливості виконання зазначених заходів є допущено не передбачати АВР.

При дії пристрою АВР, коли є можливе увімкнення вимикача на КЗ, як правило, має передбачатися прискорення дії для захисту цього вимикача. При цьому повинні бути вжиті заходи для того, щоб запобігти відключення резервного живлення по ланцюгу прискорення для захисту за рахунок кидків струму включення.

З цією метою на вимикачах джерел резервного живлення для власних потреб електростанцій прискорення захисту повинно передбачатися лише у випадку, коли її витримка часу перевищує 1 - 1,2 с; при цьому в ланцюг прискорення має бути введено витримку часу приблизно 0,5 с. Для інших деяких електроустановок значення витримок часу приймаються, виходячи з деяких конкретних умов. У разі, якщо в результаті дії АВР можливо несинхронне увімкнення синхронних компенсаторів або синхронних електродвигунів і коли воно для них неприпустимо, а також для виключення підживлення від таких машин місця пошкодження слід при зникненні живлення автоматично вимкати синхронні машини або переводити їх в асинхронний режим вимкненням АГП з подальшим автоматичним увімкненням або ресинхронізації після відновлення напруги у разі успішного АВР.

Для запобігання увімкнення резервного джерела від АВР до вимкнення синхронних машин допускається застосувати уповільнення АВР. Коли останнє неприпустимо для решти навантаження, то допускається за спеціального обґрунтування, вимкати від пускового органу АВР лінію, яка зв'язує шини робочого живлення із навантаженням, яке містить синхронні ел.двигуни.

Для підстанцій із синхронними компенсаторами або синхронними електродвигунами мають застосовуватися заходи, які запобігають неправильну роботу АЧР при дії АВР.

З метою запобігання увімкнення резервного джерела живлення на КЗ при неявному резерві, запобігання його перевантаження, полегшення самозапуску, а також відновлення більш простими засобами нормальної схеми ел.установки після аварійного вимкнення і дії пристроїв автоматики є рекомендовано застосовувати поєднання пристроїв АВР і АПВ. Пристрої АВР мають діяти при внутрішніх пошкодженнях деякого робочого джерела, АПВ - за інших видів пошкоджень.

Після успішної дії засобів АПВ або АВР має, як правило, забезпечуватися можливо повніше автоматичне відновлення схеми до аварійний режиму (наприклад, для підстанцій із спрощеними схемами електричних з'єднань зі сторони вищої напруги – відключення увімкненого при дії АВР секційного вимикача на стороні нижчої напруги після успішного АПВ лінії живлення).

3.2. Підвищення ефективності експлуатації систем електропостачання шляхом застосування програмованих логічних контролерів

Інтелектуальні реле або ПЛК призначені для реалізації невеликих систем управління. На рис. 4.1 показано зовнішній вигляд програмованого логічного контролера Zelio Logic SR2E121B



Рисунок 3.1 – ПЛК Zelio Logic SR2E121B

Застосовуються в промисловості і невиробничій сфері.

У промисловості:

- автоматизація невеликих машин, службовців для виробництва, обробки, збірки або упаковки;
- децентралізовані у автоматичні засоби в допоміжних системах великих і середніх машин, що використовуються у текстильній промисловості а також виробництві пластмас та переробці матеріалів;
- автоматизація для сільськогосподарських машин (іригаційні системи, насосні агрегати, теплиці і так далі).

У невиробничій сфері, будівлях і будовах:

- автоматизація, використовувана в бар'єрах, ролетних ставнях, системах для контролю доступу;

- автоматизація для систем освітлення;
- автоматизація компресорів а також кондиціонерів. Завдяки своїй компактності та зручності використання вони є конкуренто здатною альтернативою рішенням на базі жорсткої (схемною) логіки або ж спеціальних плат.

Простота їх програмування, що гарантована універсальністю мов LADDER (схемних діаграм) і FBD (функціональних блок-схем), відповідає вимогам фахівця із автоматики а в той же час також відповідає очікуванням інженера-електрика. Компактні інтелектуальні реле задовольняють вимоги в простих блоках автоматики, які мають до 20 входів/виходів.

Модульні інтелектуальні реле дозволяють, за необхідності, реалізувати розширення входів/виходів, і також розширення зв'язку по мережі Modbus на 10 - 40 входів/виходів, а це забезпечує велику ефективність та гнучкість.

Програмування можна виконувати:

- автономно з використанням клавіатури логічного модуля (контактна мова);
- на ПК з використанням програмного забезпечення Zelio Soft.

На ПК програмування може здійснюватися за допомогою контактної мови або ж на мові функціональної блок-схеми (FBD).

В інтелектуальне реле Zelio Logic вбудована пам'ять для резервного копіювання, яка дозволяє відтворювати програму на іншому реле (приклад: реалізація аналогічного устаткування, також дистанційне передавання оновлень).

Ця пам'ять забезпечує також збереження програми за заміни виробу. У разі об'єднання пристрою, який запам'ятовує, з реле, яке не має дисплея і клавіш, копія програми, що міститься в картриджі, автоматично передається на інтелектуальне реле під час подачі напруги.

Термін придатності літєвої батареї є 10 років.

Збереження даних (завчасно заданих і поточних значень) забезпечується флеш-пам'яттю (10 років).

Модульні інтелектуальні реле Zelio Logic, за необхідності, можуть забезпечуватися розширенням входів/виходів:

- 6, 10 або 14 входів чи виходів, живлення 24 В пост. струму від інтелект. реле;
- 6, 10 або 14 входів чи виходів, живлення 24 В пер. струму від інтелект. реле;
- 6, 10 або 14 входів чи виходів, живлення 100-240 В пер. струму від інтелект. реле.

Для модульних інтелектуальних реле Zelio Logic є пропоновано модуль розширення зв'язку по мережі Modbus. Живлення на напрузі від реле 24 В пост. струму.

Комунікаційний інтерфейс.

Функція що називається «Зв'язок» із серії Zelio Logic забезпечується:

- комунікаційним інтерфейсом, який вмикається між інтелектуальним реле та модемом;
- аналоговими модемами або ж модемами GSM;
- програмним засобом Zelio Soft Com.

Ця функція призначена для дистанційного контролю або ж управління машин чи установок, які працюють без персоналу, що обслуговується.

Комунікаційний інтерфейс на напрузі 12/24 В.

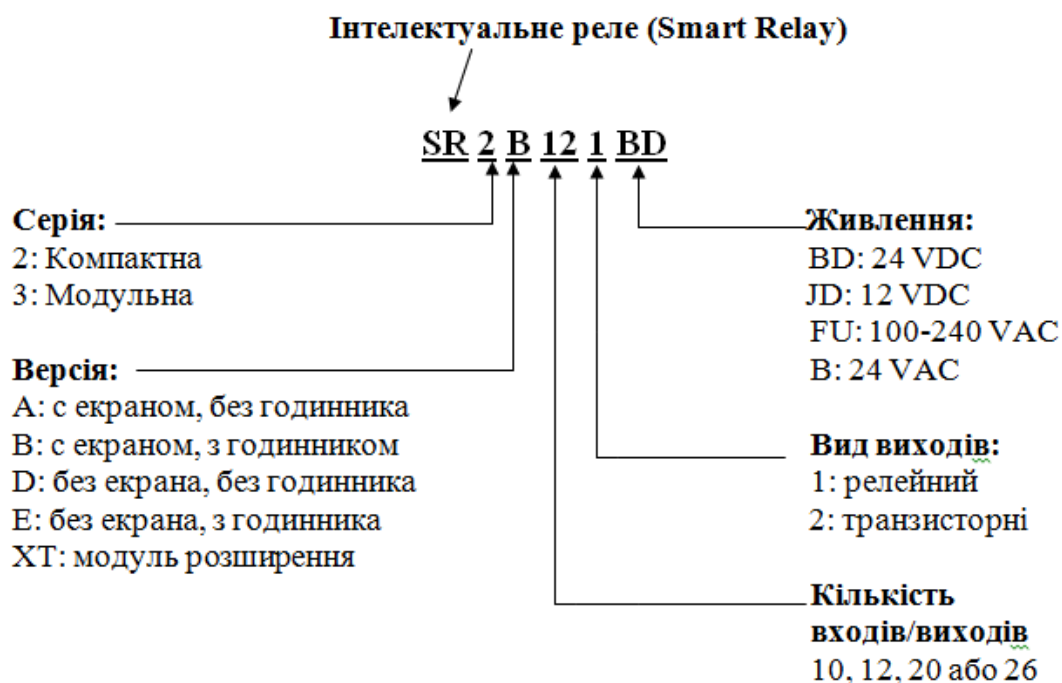


Рисунок 3.2 – Структура позначення ПЛК

Таблиця 3.1 – Додаткові опції для Zelio Logic

Продукт	Опис
---------	------

Багатомовне забезпечення програмне Zelio Soft 2	Компактдиск (Windows 7 збірки RC 7100 або вищі Windows 98, NT, 2000, XP)
кабель для з'єднання для Zelio Logic	COM-порт та ПК/реле
кабель для з'єднання Zelio Logic	USB-порт та ПК/реле
Модуль для бездротового з'єднування Zelio Logic	Інтерфейс для Bluetooth
Продукт	Опис
Модуль для пам'яті для Zelio Logic	EEPROM
Мережевий модуль Zelio Logic	Modbus
Мережевий модуль Zelio Logic	Ethernet

Переваги засобу Zelio Logic 2

- Управління та контроль усіх простих систем автоматизації до 40 I/O;
- Підходить для всіх застосувань а також для машин із циклічним режимом роботи;
- Дуже простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для програмування;
- Компактні габарити та блоки розширення;
- Можливість зберігати в пам'яті на протязі 10 років програми і дані;
- 1 швидкий засіб-лічильник: 1 кГц;
- Програма російською мовою;
- Зв'язки: Modbus (slave), модем і GSM;
- Передбачена можливість блокування за допомогою паролю модулів і програми;
- Працює за температури довкілля до -20°C , зберігання до -40°C ;
- Програмування на прогр. Мові Grafset (SFC), є лише в Zelio Logic 2;
- MTBF ZELIO LOGIC 2 із годинником: 10 років, без годинника більше 30 років;
- Сертифікований у ДЕСТУ.

3.3. Розроблення схем автоматичного керування системою електропостачання підприємства з використанням програмованих логічних контролерів «Zelio Logic» та «ОВЕН»

Розроблено схему та програму системи керування пристроєм автоматичного увімкнення резерву з вибором однієї з трьох ліній живлення. Призначення системи - забезпечення електроживленням відповідальних об'єктів, де перебої в електропостачанні призводять до значних втрат.

Основні складові системи представлені на рисунку (рис. 4.3).

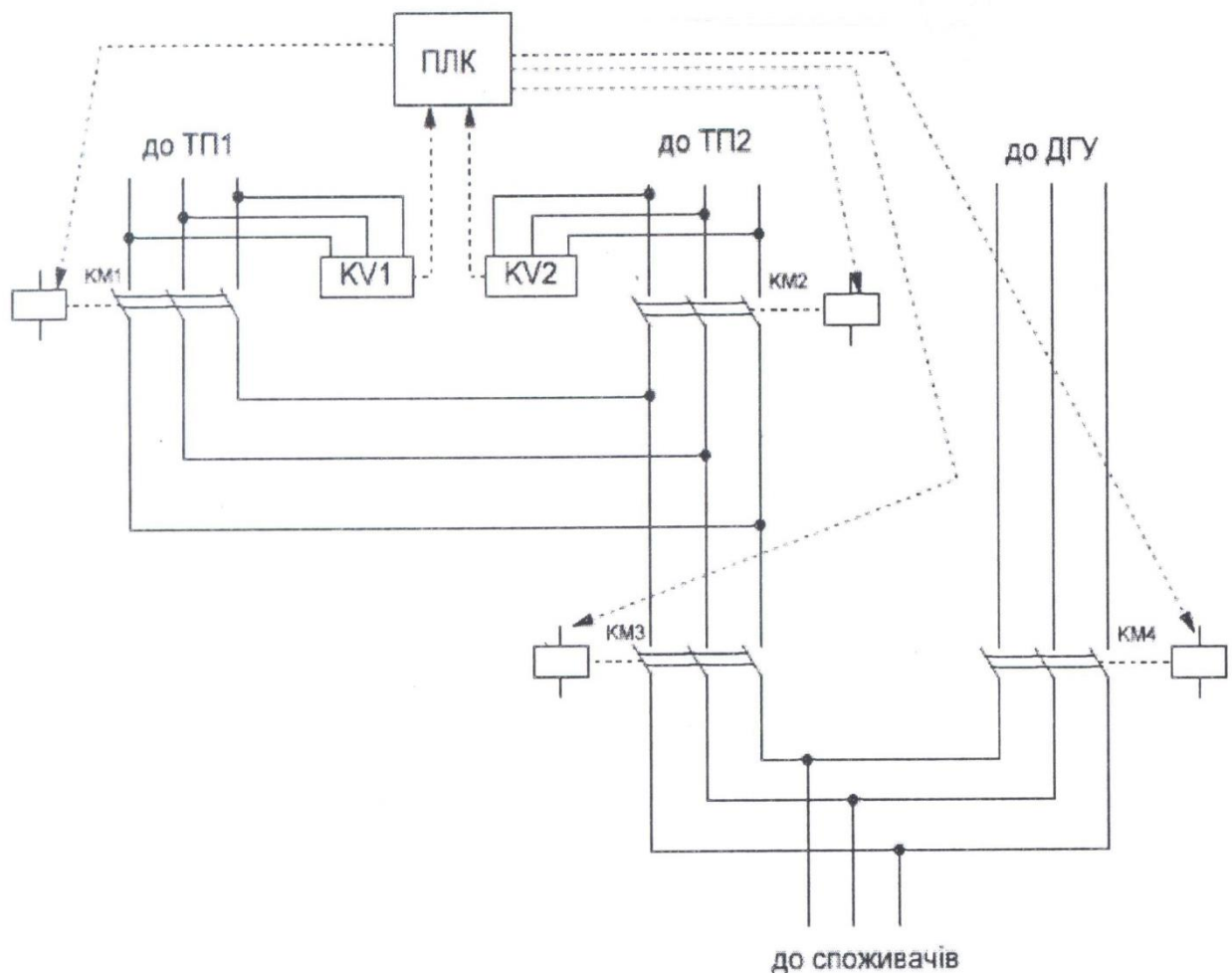


Рисунок 3.3 – Основні складові системи

КМ1, КМ2, КМ3, КМ4 — силові контактори, за допомогою включення яких подається живлення до споживачів.

КВ1, КВ2 — реле напруги, за допомогою яких контролюється наявність та якість напруги живлення на лінії, до якої підімкнені ці реле.

ПЛК — програмований логічний контролер, який, в залежності від якості вхідної напруги на вхідних лініях, керує увімкненням контакторів.

Логіка роботи схеми.

При наявності живлення в першій лінії, якою подається електрична енергія з ТП1 вмикаються контактори КМ1 та КМ3 і споживачі заживляються через першу лінію.

Якщо напруга в першій лінії зникає, контактор КМ1 відключається.

Якщо в цей момент присутня напруга на лінії, яка подає електричну енергію з ТП2, то контактор КМ3 не відключається і через 5с. вмикається контактор КМ2. При відновленні живлення в першій лінії перемикавання відбуваються у зворотному порядку: вимикається контактор КМ2 і через 5с. вмикається КМ1. При відсутності живлення в обох лініях живлення вимикається контактор КМ3 та через 10 с. вмикається контактор КМ4, через який споживачі підключаються до дизель-генераторної установки, яка має свій блок автоматичного запуску (вважаємо, що вона вже запущена). При відновленні напруги живлення на одній з основних ліній — відновлюється живлення з цієї лінії.

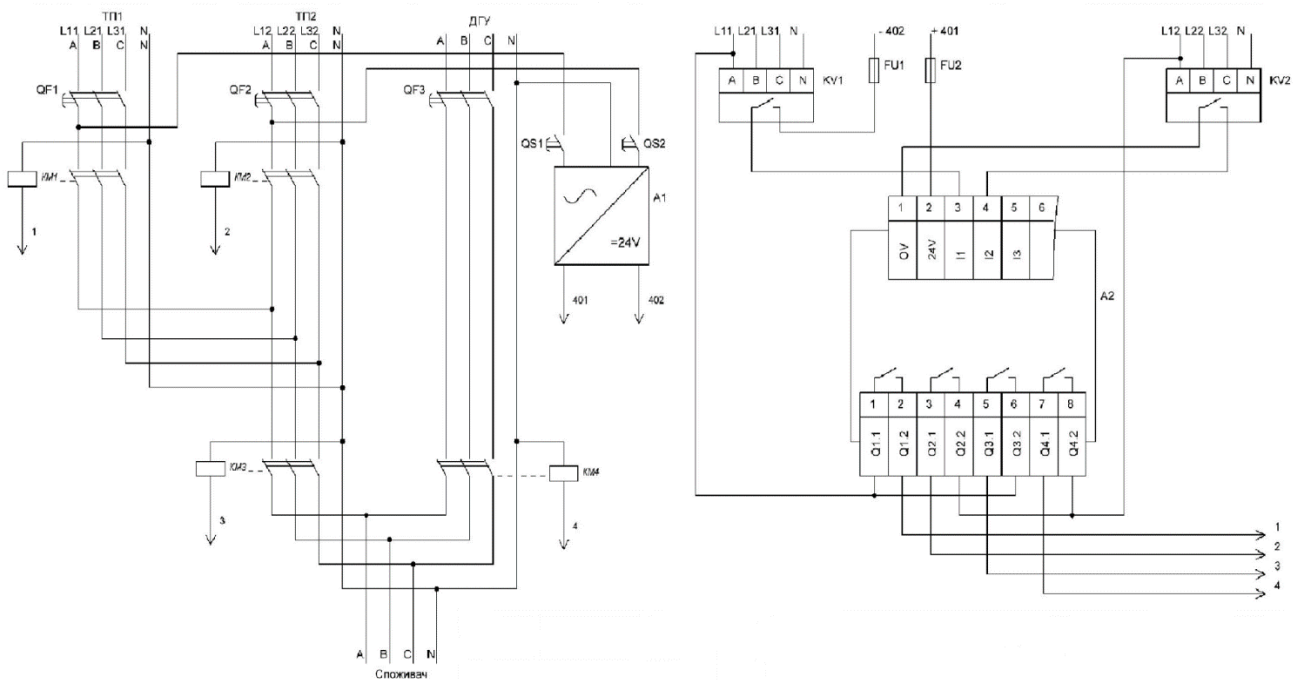


Рисунок 3.4 – Принципова електрична схема автоматичного увімкнення резерву (ABP)

Позначення на принциповій електричній схемі автоматичного увімкнення резерву (АВР):

ТП-1, ТП-2 – трансформаторні підстанції;

ДГУ – дизель-генераторна установка (автономне джерело електричного живлення);

L11, L21, L31 – лінія живлення 1;

L12, L22, L32 – лінія живлення 2;

QF1, QF2, QF3 – силові автомати вимикачі;

QS1, QS2 – вимикачі захисту кіл автоматики;

FU1, FU2 – швидкодіючий запобіжники для захисту електронних приладів від пошкодження;

KM1, KM2, KM3, KM4 – магнітні контактери;

KV1, KV2 – реле напруги;

A1 – резервований блок живлення;

A2 – програмований логічний контролер (ПЛК).

Програму функціонування ПЛК ZelioLogik реалізовано з використанням пакету програм Zeliosoft (рис. 3.5)

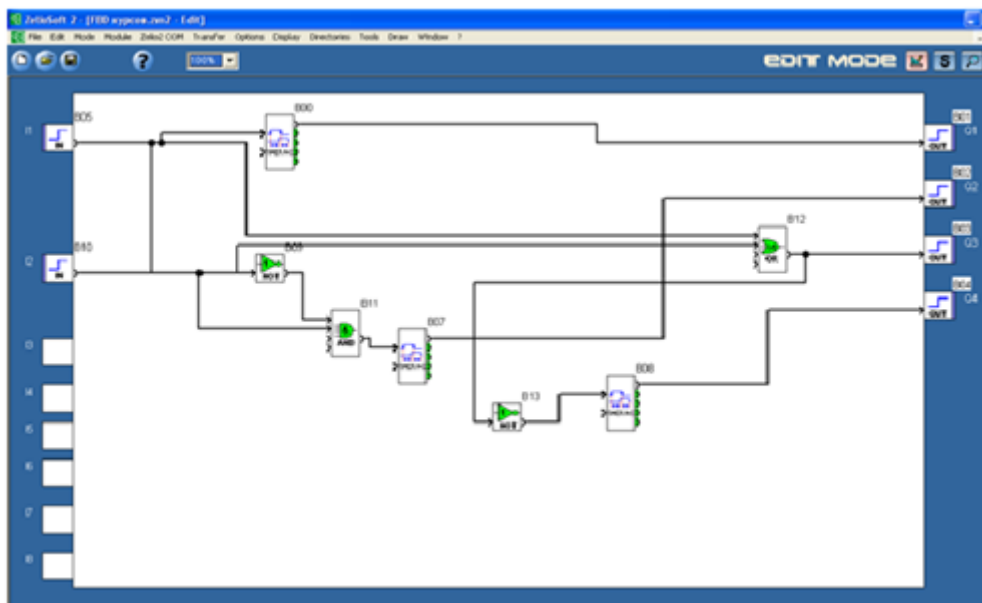


Рисунок 3.5 – Реалізація програми ПЛК для впровадження АВР

Використання програмованих логічних контролерів дозволить підвищити надійність реалізації автоматичного введення резерву на підприємстві.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА. АНАЛІЗ ВИТРАТ ТА РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рисунку 4.1, та вихідних даних, приведених у таблицях 4.1 – 4.3, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі [15].
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
 - витрат в мережах підприємства;
 - витрат на заробітну плату;
 - витрат на матеріали;
 - амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-2500	2	3725
ТП 2	ТМ-2500	2	2510
ТП 3	ТМ-2500	2	3674
ТП 4	ТМ-1000	2	1024

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ГПП - ТП1	140,33	АПвЭгП 3x185	2
ГПП - ТП2	33	АПвЭгП 3x185	2
ГПП - ТП3	190,00	АПвЭгП 3x185	2
ГПП - ТП4	380,00	АПвЭгП 3x70	2

Таблиця 4.3 – Потужність цехів підприємства

Найменування цеху	Кількість змін	Фак. Потужність, кВт
1		
Підготовче відділення олійно-пресового цеху	3	3725
Олійноекстрактний цех	3	580
Насосна оборотної води	2	210
Градирні	2	55
Елеватор шроту	2	135
Елеватор насіння	2	428
Транспортна галерея насіння	3	77
Транспортна галерея лушпиння	3	70
Котельня	3	840
Олійнозливна станція	3	115
Механічна майстерня	2	58
Насосна	3	205
Медпункт	2	8
Ідальня	2	10
Адміністративний корпус / Прохідна	1	28
Олійноекстрактний завод	3	1370
Цех маргаринової продукції	3	85
Гідрогенезіційний завод	3	1910
Електролізний цех	2	710
Кисневонасосная станція	3	15

Продовження таблиці 4.3 – Потужність цехів підприємства

1	2	3
Насосна другого підйому (технічне водопостачання)	2	105
Станція очистки стічних вод	2	32
Пожежна частина	3	4
Гараж та автотранспортний цех	2	6
З/д цех	2	27
Токарний цех	2	12
Цех фасовки олії	2	25
Теплопункт	3	51
Електроцех	2	3
Столярний цех	2	7
Центральний склад	2	4,5
Склад холодильник	3	23

4.1. Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 6.4 і табл. 6.5 [1].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

де $K_{пит}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км (табл. 2.4, 2.5 [1]);

$K_{прок}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ГПП до ТП1 (АПВЭГП 3x185) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) L = (137,48 \cdot 2 + 2,73) \cdot 0,140 = 38,87 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	К _{пит} , тис.грн	К _{прок} тис.грн	К _л , тис.грн
ГПП-ТП1	АПвЭгП 3x185	2	0,140	137,48	2,73	38,87
ГПП-ТП2	АПвЭгП 3x185	2	0,033	137,48	2,73	9,16
ГПП-ТП3	АПвЭгП 3x185	2	0,190	137,48	2,73	52,76
ГПП-ТП4	АПвЭгП 3x70	2	0,380	50,50	2,73	39,41
Всього						140,2

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}},$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [1]);

l – кількість підстанцій;

$K_{\text{пост}}$ – 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.

З табл. 2.7–2.8 [1] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{пс1}} = 540 + 108 = 648 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 6.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість тр-рів	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМ-2500	2	540	108	648
КТП-2	ТМ-2500	2	540	108	648
ГПП	ГПП-110-2х6300	2	4510,6	902,12	5412,7
КТП-3	ТМ-2500	2	540	108	648
КТП-4	ТМ-1000	2	280	56	336
ГПП	ГПП-110-2х6300	2	4510,6	902,12	5412,7
Всього					13105,4

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 14 шт., а вимикачів 110 кВ – 2 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 58 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 110 тис.грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 14 \cdot 58 + 2 \cdot 110 = 1252 \text{ тис.грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 13105,4 + 1252 = 14357,4 \text{ тис.грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 140,2 + 14357,4 = 14497,6 \text{ тис.грн.}$$

4.2. Розрахунок поточних витрат

4.2.1. Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування та мереж, визначається виходячи з

трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

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

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h,$$

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [1]);

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

Для схеми, представленої на рис.1 трудомісткість ремонту вимикачів 110кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.6.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{\text{зм}}=2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [1].

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

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{сп}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h,$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.16 [1]);

$K_{ср}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування одиниці енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{ср} = 0,1$.

n – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 110 кВ, люд-год/рік:

$$T_{то} = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2 = 96.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.7.

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю обладнання рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю обладнання огл/рік	Норма трудомісткості і люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 110кВ	4	1	20	80	12	2	96
Роз'єднувач 110кВ	8	1	12	96	12	2	192
Трансформатор 110/10кВ	4	0,33	300	396	12	20	960
Вимикач 10кВ	14	1	16	224	12	1	168
ТМ-1000	2	0,33	120	79,2	12	20	480
ТМ-2500	6	0,33	180	356,4	12	20	1440
КЛ 185 мм ²	0,726	1	72	34,96	1	185	12,706
КЛ 70 мм ²	0,76	1	46	52,27	1	17,5	13,68
Разом				1318,83			3326,38

Таблиця 4.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 110кВ	4	2	0,1	12	192	288
Роз'єднувач 110кВ	8	2	0,1	12	230,4	422
Трансформатор 110/10кВ	4	2	0,1	12	2880	3840
Вимикач 10кВ	14	2	0,1	12	537,60	705,6
ТМ-1000	2	2	0,1	12	576	1056
ТМ-2500	6	2	0,1	12	2592	4032
КЛ 185 мм ²	0,726	2	0,1	12	125,45	138,156
КЛ 70 мм ²	0,76	2	0,1	12	83,90	97,58
Разом					7217,35	10579,34

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$H_{np} = \frac{T_{np}}{\Phi_d \cdot K_{в.н}},$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$H_{обс} = \frac{T_{обс}}{\Phi_{обс} \cdot K_{в.н}},$$

де T_{np} – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд·год;

Φ_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

$K_{в.н}$ – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу $K_{в.н} = 1,10$, а для експлуатаційного – $K_{в.н} = 1,05$;

$T_{\text{обс}}$ – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд·год.

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{10579,34}{1870 \cdot 1,05} = 5,38$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{1318,83}{1870 \cdot 1,1} = 0,64$$

Приймаємо $N_{\text{тр}} = 2$ чол., $N_{\text{обс}} = 5$ чол.

4.2.2. Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d.$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{re} = ((K3+K4)/2) \cdot C_1,$$

де K3, K4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [1];

C_1 – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H},$$

де Z_{\min} – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$ – тарифний коефіцієнт робітника і-го розряду;

Φ_H – номінальний місячний фонд робочого часу ($\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$ год).

Законом України „Про Державний бюджет України на 2021 рік та про внесення змін до деяких законодавчих актів України” від 15.12.2020 р. № 1082-IX встановлено розміри мінімальної заробітної плати – 6000,00 грн [6, 8].

$$C_1 = 6000 \cdot 1/176 = 34,09 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = ((1,18+1,27)/2) \cdot 34,09 = 41,76 \text{ грн./год.};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 5 \cdot 0,9 \cdot 41,76 \cdot 1870 = 351410,4 \text{ грн./рік};$$

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

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр},$$

$$t_{гр} = ((K4+K5)/2) \cdot C_1,$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [1].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 34,09 = 44,83 \text{ грн./год};$$

$$\Phi_p = 1318,83 \cdot 44,83 = 59123,15 \text{ грн./рік.}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha),$$

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:

$$\Phi_{oc} = 351410,4 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 442777,10 \text{ грн./рік},$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 59123,15 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 77451,33 \text{ грн./рік}.$$

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:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15;$$

$$\Phi_{ocд} = 442777,10 \cdot 1,15 = 509193,67 \text{ грн./рік};$$

$$\Phi_{opд} = 77451,33 \cdot 1,15 = 89069,03 \text{ грн./рік}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

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

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

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 32\%$;

β_3 - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_3 = 1,5\%$;

β_c - нарахування на соціальне страхування, $\beta_c = 1,5\%$.

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 509193,67 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 687411,45 \text{ грн./рік.};$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 89069,03 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 120243,19 \text{ грн./рік.}$$

Таблиця 4.8 – Розрахунок витрат по заробітній платі

Φ_e	Заробітна плата робітників-погодинників	351410,4 грн.
Φ_p	Заробітна плата робітників-ремонтників	59123,15 грн.
$\Phi_{оe}$	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	442777,10 грн.
$\Phi_{ор}$	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	77451,33 грн.
$\Phi_{оed}$	Основний фонд ЗП погодинників	509193,67 грн.
$\Phi_{орд}$	Основний фонд ЗП ремонтників	89069,03 грн.
$C_{зпе}$	Витрати по ЗП погодинників	687411,45 грн.
$C_{зпр}$	Витрати по ЗП ремонтників	120243,19 грн.

4.2.3. Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 4.19) [1]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [1], результати розрахунків заносимо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування			Вартість матеріалу, грн.		
		1	2	3	4		
Силові трансформатори		1000	2500	6300	1000	2500	6300
Сталь сортова, кг	2,497	6	7	10	14,9	17,5	24,9
Провід установлюваний, м	1,036	0,5	0,5	0,5	1,3	0,52	0,5
Мідь-алюміній (гола), кг	23,25	62	73	79	1441	1697	1836
Картон електроізоляційний, кг	11,21	1,4	1,6	1,7	15,7	17,9	19,1
Лакотканина (ширина 700мм), м	31,09	0,2	0,21	0,3	6,2	6,5	9,3
Кабельний папір, кг	9,167	0,6	0,6	0,6	5,5	5,5	5,5
Стрічка кіперна, кг	112,1	40	41	42	4484	4596	4708
Стрічка тафтяна, кг	83,28	18	24	28	1499	1999	2331
Стрічка азбестова, м	2,454	0,05	0,08	0,09	0,12	0,20	0,22
Лаки ізоляційні, кг	13,41	1,5	1,6	1,8	20,11	21,45	24,13

Продовження таблиці 4.9 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

1	2	3			4			
Емалі ґрунтові, кг	14,71	2,5	3,1	3,2	36,78	45,60	47,07	
Масло трансформаторне, кг	4,545	0,58	1,2	1,3	2,64	5,45	5,91	
Бензин, кг	2,306	0,7	0,9	1	1,61	2,08	2,31	
Розчинники кг	6,499	0,8	1	1,2	5,20	6,50	7,80	
Маслостійка гума, кг	16,67	0,4	0,5	0,6	6,67	8,33	10,00	
Гума профільна, кг	16,67	0,13	0,09	0,09	2,17	1,50	1,50	
Припій олов'яно-свинцевий, кг	158,7	0,02	0,02	-	3,18	3,18	-	
Припій мідно-фосфорний, кг	29,5	0,03	0,03	-	0,89	0,89	-	
Електроди, кг	5,48	0,15	0,2	0,3	0,82	1,10	1,65	
Засоби кріплення, кг	6,98	2	2,5	3	13,97	17,46	20,95	
Дріт кручений,	0,91	0,3	0,3	0,37	0,27	0,27	0,34	
Матеріали обтиску, кг	9,09	0,4	0,5	0,5	3,64	4,55	4,55	
					7566	8459	9063	
Сталь сортова, кг	2,497	4,99						
Електроди, кг	5,484	0,55						
		5,54						

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

де C_{oi} – 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.

Вартість матеріалів, потрібних на ремонт і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування розраховані в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – 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-1000	7566	79,2	5992,27	1056	79896,96
ТМ-2500	8459	356,4	30147,87	4032	341066,88
ТМ-110/10	9063	396	35889,48	3840	348019,2
Кабелі	5,54	87,23	4,83	235,73	13,05
Всього витрат на матеріали			72034,45		768996,09

Отже, можна розрахувати:

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

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}},$$

$$C_{\text{обс}} = 687411,45 + 768996,09 = 1456407,54 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}},$$

$$C_{\text{пр}} = 120243,19 + 72034,45 = 192277,64 \text{ грн/рік}.$$

4.2.4. Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K,$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 14497600 = 869856 \text{ грн/рік.}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

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

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (934922,98 + 101055,87 + 869856) = 476458,71 \text{ грн/рік.}$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 6.12.

Таблиця 4.12 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	934922,98	39,24
Витрати на поточний ремонт	101055,87	4,25
Витрати на амортизацію	869856	36,51
Інші витрати	476458,71	20,00
Разом	2382293,56	100,00

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:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi},$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина T_m у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 2980 \cdot 6000 = 17880000 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік.}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.13.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.13 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	кВт	м ³ год.	cos φ	кВт	кВт·год./рік
1						
Підготовче відділення олійно-пресового цеху	3	3725	6000	0,8	2980	17880000
Олійноекстрактний цех	3	580	6000	0,8	464	2784000
Насосна оборотної води	2	210	4000	0,8	168	672000
Градирні	2	55	4000	0,8	44	176000
Елеватор шроту	2	135	4000	0,8	108	432000
Елеватор насіння	2	428	4000	0,7	2996	11984000
Транспортна галерея насіння	3	77	6000	0,8	61,6	369600
Транспортна галерея лушпиння	3	70	6000	0,8	56	336000
Котельня	3	840	6000	0,8	672	4032000
Олійнозливна станція	3	115	6000	0,7	80,5	483000
Механічна майстерня	2	58	4000	0,7	40,6	162400
Насосна	3	205	6000	0,8	164	984000
Медпункт	2	8	4000	0,9	7,2	28800
Ідальня	2	10	4000	0,8	8	32000
Адміністративний корпус / Прохідна	1	28	2500	0,9	25,2	63000

Продовження таблиці 4.13 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

1						
Олійноекстрактний завод	3	1370	6000	0,8	1096	6576000
Цех маргаринової продукції	3	85	6000	0,8	68	408000
Гідрогенезіційний завод	3	1910	6000	0,8	1528	9168000
Електролізний цех	2	710	4000	0,9	639	2556000
Кисневонасосна станція	3	15	6000	0,6	9	54000
Насосна другого підйому (технічне водопостачання)	2	105	4000	0,8	84	336000
Станція очистки стічних вод	2	32	4000	0,8	25,6	102400
Пожежна частина	3	4	6000	0,8	3,2	19200
Гараж та автотранспортний цех	2	6	4000	0,8	4,8	19200
З/д цех	2	27	4000	0,8	21,6	86400
Токарний цех	2	12	4000	0,9	10,8	43200
Цех фасовки олії	2	25	4000	0,6	15	60000
Теплопункт	3	51	6000	0,7	35,7	214200
Електроцех	2	3	4000	0,9	2,7	10800
Столярний цех	2	7	4000	0,8	5,6	22400

Центральний склад	2	4,5	4000	1	4,5	18000
Склад холодильник	3	23	6000	0,9	20,7	124200
Разом					11442,3	60236800

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

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

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

n – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L,$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [1]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження $T_{\text{м}}$:

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{6000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 4591,78 \text{ год.}$$

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,208 \cdot 0,140 = 0,029 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 107,53^2 \cdot 0,029 \cdot 4591,78 \cdot 10^{-3} = 9238,0 \text{ кВт·год./рік.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_M , А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	$\Delta E_{л.}$, кВт·год.
ГПП-ТП-1	АПВЭГП 3x185	2	0,140	107,53	0,029	4591,78	0,208	9238,0
ГПП-ТП-2	АПВЭГП 3x185	2	0,033	72,45	0,0068	4591,78	0,208	983,37
ПП-ТП-3	АПВЭГП 3x185	2	0,190	106,06	0,039	4591,78	0,208	1209
ГПП-ТП-4	АПВЭГП 3x70	2	0,380	29,56	0,208	4591,78	0,549	674,06
Разом								12104,4

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

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

де n - кількість трансформаторів;

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

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_ϕ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 4,6 \cdot 8760 + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 25 \cdot \left(\frac{3725}{2500}\right)^2 \cdot 4591,78 = 208019,63 \text{ кВт} \cdot \text{год./рік.}$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.15.

Таблиця 4.15 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_H , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-2500	2	4,6	25	3725	2500	208019,63
КТП-2	ТМ-2500	2	4,6	25	2510	2500	138449,34
ГПП	ГПП-110-2х6300	2	11	44	10933	6300	496949,51
КТП-3	ТМ-2500	2	4,6	25	3674	2500	204554,22
КТП-4	ТМ-1000	2	2,4	12	1024	1000	71418,46
ГПП	ГПП-110-2х6300	2	11	44	10933	6300	496949,51
Разом							1616340,67

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{Л}} + \Delta E_T;$$

$$E = 60236800 + 12104,4 + 1616340,67 = 61865245,07 \text{ кВт} \cdot \text{год./рік.}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$P_1 = v \cdot E / 100, \text{ грн.},$$

де v – ставка тарифу за 1 кВт·год споживаної активної електроенергії, грн.;

E – кількість енергії, що споживається, врахована по лічильнику.

$$P_1 = 3,40 \cdot 61865245,07 = 210341833,24 \text{ грн.}$$

4.3.2. Розрахунок собівартості електроенергії

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

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a},$$

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.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}},$$

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:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}},$$

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;

$$C_{\text{п}} = 1456407,54 + 192277,64 + 869856 + 2518541,18 = 5037082,36 \text{ грн/рік.}$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 210341833,24 + 5037082,36 = 215378915,60 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість електроенергії:

$$S = \frac{215378915,60 \cdot 100}{60236800} = 357,55 \text{ коп./кВт}\cdot\text{год}$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 6.16.

Таблиця 4.16 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Е _а	60236800	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	61865245,07	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	210341833,24	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	С _п	5037082,36	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	215378915,60	грн.
Собівартість ел.енергії	S	357,55	коп/кВт·год.

Висновки:

В даному розділі магістерської роботи було проаналізовано вхідні дані та розраховано розмір капіталовкладень в систему електропостачання. Виконано розрахунок поточних витрат підприємства, розраховано витрати по заробітній платі, вартість витратних матеріалів та величину амортизаційних відрахувань.

Проведено розрахунок річного споживання і втрат електроенергії, а також визначено плату за електроенергію. Величина собівартості електроенергії склала 357,55 коп/кВт·год.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі розглядаються питання підвищення якості електропостачання на ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

З розвитком науково-технічного прогресу важливу роль грає можливість безпечного виконання людьми своїх трудових обов'язків. Охорона здоров'я трудящих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання та виробничий травматизм.

На робочому місці повинні бути передбачені заходи захисту від можливого впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Рівні цих чинників не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими та санітарно-технічними нормами.

ПРАТ «Вінницький олійножировий комбінат» відноситься до підприємств з виробництва продовольчих товарів. В цехах передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмоведучі частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які за ГОСТ 12.0.003-74 впливають на оперативно-ремонтний персонал, що обслуговують технологічне обладнання підготовчого відділення олійнопресового цеху [10]:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;

- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;
- підвищена та понижена швидкість руху повітря.

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1. Санітарно-гігієнічні вимоги до робочого середовища

Основним обладнанням робочого місця оператора, який здійснює контроль за станом виробничого обладнання олійнопресового цеху та роботою оперативно-ремонтного персоналу, є відеомонітор, клавіатура, робочий стіл, стілець (крісло); допоміжним — пюпітр, підставка для ніг шафи, полиці та ін. (рис. 7.1).

Об'єм виробничих приміщень на одного працівника зі складу оперативно-ремонтного персоналу, згідно з санітарними нормами, складає 15 м³, а площа приміщень — не менше 4,5 м².

Ширина основних проходів всередині цехів та діляниць не менше 1,5 м, а ширина проїздів — 2,5 м.

Порядок розташування устаткування і відстань між машинами визначаються їхніми розмірами, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. До устаткування, що має електропривід, в цехах забезпечений вільний підхід з усіх сторін шириною не менше 1 м зі сторони робочої зони і 0,6 м — зі сторони неробочої зони.

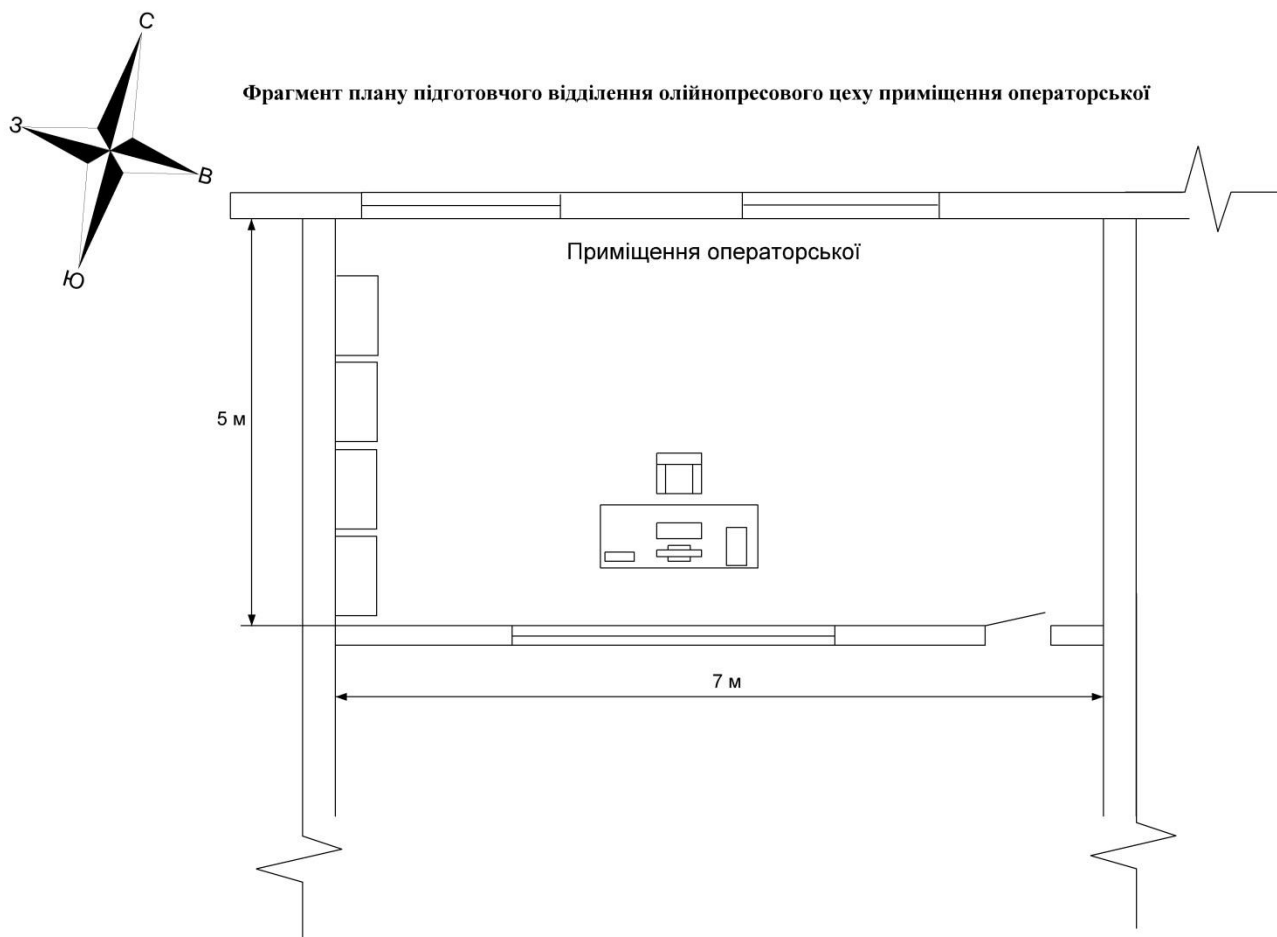


Рисунок 5.1 – План приміщення операторської

Висота виробничих приміщень не менше 3,2 м, а для приміщень енергетичного та складського господарства — 3 м. Відстань від підлоги до конструктивних елементів перекриття — 2,6 м. Містки, сходи і майданчики завширшки не менше 1 м і загороджені поручнями висотою 1 м. Санітарні металеві сходи для обслуговування обладнання, а також до невиробничих приміщень встановлюються під кутом, що не перевищує 45° з відстанню між сходишками 230—260 мм і шириною сходів 250—300 мм.

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися у відповідності з паспортними значеннями номінального струму та напруги. В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошинування, опір ізоляції силових та

освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивіщується плакат "Працювати тут".

5.1.2. Технічні рішення з електробезпеки

Живлення підготовчого відділення олійнопресового цеху здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. У приміщенні цеху використовується трифазна чотирипровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того, безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки, повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробовувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-91, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання.

Електропривод верстатів, вентиляторів, іншого обладнання повинен бути виконаний відповідно до Правил улаштування електроустановок.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками.

Струмоведачі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м.

Помилки при експлуатації обладнання підготовчого відділення олійнопресового цеху можуть призвести до враження електричним струмом робітника чи виходу з ладу електричного устаткування. Тому варто дотримуватись основних правил електробезпеки.

1. Технічні рішення із запобігання електротравм від контакту з нормально струмоведачими елементами електроустаткування:

- розміщувати неізольовані струмоведачі 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 К.З. залежно від типу запобіжного пристрою та 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.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88. Ці параметри нормуються для робочої зони [8] - визначеного простору, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників [10].

В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладено диференційну оцінку оптимальних та допустимих метеорологічних умов у робочій зоні в залежності від категорії робіт, періоду року та виду робочих місць .

Допустимі мікрокліматичні умови - це поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть спричинювати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатись дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень для різних категорій робіт у теплий та холодний періоди року наведені в таблиці 7.1.

Теплий період року — період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище $+10^{\circ}\text{C}$.

Холодний період року — період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що дорівнює $+10^{\circ}\text{C}$ і нижче.

Середньодобова температура зовнішнього повітря — середня величина температури зовнішнього повітря, виміряна у певні години доби через однакові інтервали часу. Вона приймається за даними метеорологічної служби.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	до 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Навколишнє повітряне середовище є найважливішим фактором існування людини і має визначені фізичні і хімічні властивості. Фізичні властивості можуть

бути представлені параметрами мікроклімату (температура, вологість, швидкість руху повітря, барометричний тиск), іонним складом, електромагнітними і акустичними полями тощо. Іншим найважливішим показником якості повітряного середовища є його хімічний склад, обумовлений природним складом повітря і різними забрудненнями.

В приміщенні, де працює персонал, можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 7.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

5.2.3. 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. 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 буває 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, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Таблиця 5.4 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка 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		
Малої точності	Від 1,0 до 5,0 включно	V	в	малий середній великий	світлий середній темний	-	200	3	1,8

Штучне освітлення в приміщенні диспетчерської підготовчого відділення олійнопресового цеху забезпечується 5 світильниками типу NORTHCLIFFE Мистраль 418 А12 HFECO 4×8,5 з лампами LRC-T8-T0600G13-5,0-220-8,5W.

5.2.4 Виробничий шум

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». Рівень звукового тиску приведено у таблиці 7.5 [9].

Таблиця 5.5 – Рівень звукового тиску

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

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

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

В підготовчому відділенні олійнопресового цеху встановлено обладнання: прес гранулятор-2 шт., вальцювальний верстат-3 шт, компресор-2 шт., оліяпрес-3 шт., насіння віяльний верстат-30 шт., вентилятор-охолоджувач ракушки-1шт., вентилятор гранулятора-2 шт., жаровня-6 шт., дробилка сої-2 шт., насіння рушальний верстат-25 шт.

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, яка діє 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 7.6.

Таблиця 5.6 – 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 пружнодемпферуючим низом.

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 та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 – 300

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

По горизонталі: до 12

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 11-25

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 3-4

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 10– 12

Змінність роботи Тризмінна робота (робота у нічну зміну)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви нерегламентовані або недостатньої тривалості до 3% часу зміни.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

На роботу систем обладнання можуть впливати різні надзвичайні ситуації. Зокрема надзвичайні ситуації природного характеру, землетруси, буревії, повені, снігопади, впливають на енергопостачання. Проблеми з енергопостачанням призводять до порушення роботи радіоелектронних засобів. Надзвичайні ситуації соціально-економічного характеру несуть не велику загрозу до радіоелектронних засобів.

В елементній базі під дією іонізуючих випромінювань можлива зміна майже всіх електричних і експлуатаційних характеристик, що залежить від протікання процесів іонізації і порушення структури матеріалів.

Вибір матеріалу для загород і екранів залежить від проникаючої здатності випромінювання. Альфа-частинки затримує навіть аркуш паперу, для захисту від бета-частинок необхідні матеріали більшої густини, а захист від гамма-променів здійснюється матеріалами з великою атомною масою (свинець, вольфрам).

На виникнення електромагнітного імпульсу (ЕМІ) затрачається найбільша доза ядерної енергії. ЕМІ може викликати високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанції тощо.

Імпульсна напруга найбільш легко виникає в високоомних неекранових і несиметричних колах. В результаті наявності таких кіл імпульсу струму чи напруги проникає в систему і спричинює пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових системи вузлів.

ЕМІ являє собою велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від дії інших уражаючих факторів. Тому слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу. Такий імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіоелектронних пристроях, іонізацію діелектриків, спотворює або повністю стирає магнітний запис. Найбільш часто виходять з ладу напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Граничні значення експозиційних доз знаходяться в таблиці 3.1.

Таблиця 5.3.1 - Граничні значення експозиційних доз

№	Блоки СЕП	Елементи блоків СЕП	$D_{грi,P}$	$D_{гр,P}$
1	Блок живлення	Напівпровідники ПЗ4Н	10^5	10^4
		Резистори РК10	10^7	
		Конденсатор Modulo 10	10^6	
2	Пульт керування	Діод ДТ1253К	10^4	
		Транзистор КТ814А	10^5	
		Мікросхеми К554	10^5	

Проаналізувавши дані таблиці, визначаємо, що самим уразливим елементом системи з мінімально дозою $D_{гр}=10^4(P)$ є діоди загального призначення. Визначимо можливу дозу опромінення, прийнявши гарантійний термін роботи обладнання 3 роки, що дорівнює 26280 год.:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{noc}} [P]; \quad (3.1)$$

Тоді можлива доза опромінення буде дорівнювати:

$$D_m = \frac{2 \cdot 4,67 \cdot (\sqrt{26280} - \sqrt{1})}{2} = 752,388 \text{ (P)}.$$

Так як $D_m < D_{гр}$ ($752 < 10^4$) то система електропостачання буде працювати стійко.

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{сп} \cdot K_{носл} + 2 \cdot P_{1max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [\text{год}]; \quad (3.2)$$

$$t_{дон} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 4,67 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,67} \right)^2 = 1071,66 \text{ (год)}.$$

Отже, можлива доза опромінення елементної бази $D_m = 752,388 \text{ (P)}$, а допустима доза спів розмірна 10^4 (P) . Система електропостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи в заданих умовах становить 1071,66 год.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початковими умовами оцінки стійкості є:

- вертикальна складова напруженості електричного поля, приймаємо $E_e = 9,85 \text{ кВ/м}$.
- допустиме коливання напруги живлення $U_{ж} = 5\%$, В;

Напруга живлення:

- блок живлення $U_{ж1} = 380 \text{ (В)}$;
- пульт керування $U_{ж2} = 36 \text{ (В)}$.

Знаходимо напруженість поля горизонтальної складової:

$$E_z = 10^{-3} \cdot E_{e, макс}, [\text{кВ/м}]; \quad (3.3)$$

$$E_z = 9,85 \cdot 10^{-3} \text{ (кВ/м)}.$$

Максимальна довжина струмоведучих частин:

- блок живлення $l_{в1} = 25 \text{ м}$; $l_{г1} = 17 \text{ (м)}$;
- пульт керування $l_{в2} = 19 \text{ м}$; $l_{г2} = 24 \text{ (м)}$;

Визначаємо напругу наводки у вертикальних та горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_6 = E_z \cdot l_6, [B]; \quad (3.4)$$

$$U_z = E_6 \cdot l_z, [B]; \quad (3.5)$$

де l_6 - максимальна довжина провідників, розташованих вертикально, м,
 l_z - максимальна довжина провідників, розташованих горизонтально, м.

$$U_{B1} = 9,85 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 237,5 (B), \quad U_{r1} = 9500 \cdot 17 = 161500 (B),$$

$$U_{B2} = 9,85 \cdot 10^{-3} \cdot 19 = 180,5 (B), \quad U_{r2} = 9500 \cdot 24 = 228000 (B),$$

Знаходимо допустиме коливання напруги живлення та системи керування за формулою:

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [B] \quad (3.6)$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення, В;

N – допустиме відхилення напруги, %

$$U_{д1} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 (B)$$

$$U_{д2} = 36 + \frac{36}{100} \cdot 5 = 37,8 (B)$$

Результат заносимо в таблицю 6.2.

Визначаємо коефіцієнти безпеки системи окремо:

$$K_{\sigma\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_B} [\partial B]; \quad K_{\sigma\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_r} [\partial B]; \quad (3.7)$$

$$K_{\sigma\sigma.1} = 20 \lg \frac{399}{237,5} = 4,05 (\partial B); \quad K_{\sigma\sigma.1} = 20 \lg \frac{399}{161500} = -52,1 (\partial B);$$

$$K_{\sigma\sigma.2} = 20 \lg \frac{37,8}{180,5} = -13,6 (\partial B); \quad K_{\sigma\sigma.2} = 20 \lg \frac{37,8}{228000} = -75,6 (\partial B).$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 5.3.2 – Результати оцінки стійкості СЕП

№	Блоки СЕП	$U_{\text{доп}}$	$K_{\text{Б}}^{\text{В}}, (\text{дБ})$	$K_{\text{Б}}^{\text{Г}}, (\text{дБ})$	Результат
1	Блок живлення	380	4,05	-52,1	нестійкий
2	Пульт керування	36	-13,6	-76,5	нестійкий

Так як $K_{\text{БВ}} < 40$ дБ , $K_{\text{БГ}} < 40$ дБ то апаратура буде нестійка в роботі, потрібно проводити захисне екранування обладнання пасивними екранами.

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи елементів системи електропостачання СЕП ПАТ «ВОЖК» в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Вибір матеріалу для загороджень і екранів залежить від проникаючої здатності випромінювань. Альфа-частинки затримує навіть аркуш паперу, для захисту від бета-частинок необхідні матеріали більшої густини, а захист від гамма-променів здійснюється матеріалами з великою атомною масою (свинець, вольфрам).

Доцільно виконати захисне екранування даного обладнання, що дасть змогу зменшити вплив ЕМІ.

Необхідно прийняти такі заходи по підвищенню стійкості роботи:

- екранування блоку підсилення;
- різні схемні рішення;
- розташування РЕА в бункерах.

Щоб визначити якої товщини необхідно застосувати екран, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{б.норм}} - K_{\text{б.роз.мін}}, \quad (3.8)$$

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

$K_{\text{б.роз.мін}}$ - мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунку.

Визначаємо товщину захисного екрану:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]},$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Отже, визначаємо з даної формули товщину стінки екрана для кожного елемента СЕП:

$$t_1 = \frac{40 - (-52,1)}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,13 \text{ (см) ,}$$

$$t_2 = \frac{40 - (-76,5)}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,19 \text{ (см) .}$$

Таким чином, при екрануванні системи живлення з використанням екрану 0,13 см та пульта керування з використанням екрану товщиною 0,19 см, система електропостачання буде стійкою в умовах дії ЕМІ.

Також в даному розділі було оцінено стійкість роботи системи електропостачання СЕП ПАТ «Вінницький олієжировий комбінат» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій та розроблено заходи по підвищенню стійкості її роботи. В умовах дії іонізуючого випромінювання система електропостачання буде працювати стійко, оскільки $D_{гр} > D_m$, допустимий час роботи в заданих умовах становить 1071,66 год.

Дослідження стійкості роботи системи при дії електромагнітного імпульсу показала, що робота обладнання СЕП стійка, при застосуванні захисних сталевих екранів товщиною 0,13 см та 0,19 см.

Висновки

Визначено область працездатності електричної мережі в умовах дії сейсмічних коливань та електромагнітного імпульсу. В ході розрахунків було отримано такі показники:

- 1.) В умовах дії сейсмічних хвиль електрична мережа буде нормально працювати в діапазоні зміни магнітуди від 0 до 5,8 балів за шкалою Ріхтера.
- 2.) Елементи мережі здатні працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу при таких напруженостях вертикальної складової електричного поля:

вимикач до 0,33 В/м, вимірювальний трансформатор до 2,21 В/м, силовий трансформатор до 0,92 В/м.

Також у цій частині розділу нами проаналізовані вплив факторів сейсмічних коливань та ЕМІ та можливі наслідки їх дій на електричну мережу, розроблені методи по підвищенню стійкості роботи ЕМ в умовах НС.

ВИСНОВКИ

В даній роботі був проведений розрахунок електропостачання ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат». Було розраховано навантаження підприємства, вибрано радіальну схему для його електропостачання. Вибрано економічну кількість трансформаторних підстанцій на підприємстві. Були розраховані провідники та комутаційна апаратура. Зокрема, під час вибору кабельних ліній було запропоновано використання сучасних кабелів із зшитого поліетилену.

При виконанні роботи було описано вимоги до використання систем АВР в системах електропостачання. Проаналізовано характеристики програмованих логічних контролерів і їх застосування в системах електропостачання.

Розроблено принципову електричну схему автоматичного увімкнення резерву (АВР). Для цього було використано програму Zelio logic 2. Така система дозволяє ефективно вмикати секційний вимикач під час зникнення напруги на основній лінії, а у випадку втрати напруги на двох лініях – вмикати живлення від третьої резервної лінії.

Проведено техніко-економічний аналіз деяких заходів з підвищення економії паливно-енергетичних ресурсів. Розраховано собівартість електроенергії, яка склала 357 коп/кВт·год.

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на підприємстві, та розроблені заходи боротьби з ними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
2. Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект. – 1992. – 27 с.
3. Коэффициенты K_c и K_i [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://eom.com.ua/index.php?PHPSESSID=1uan485eu6hrv4cq9m1pkhkss0&action=dlattach;topic=13993.0;attach=12790> (дата звернення 27.01.2015). — Назва з екрана.
4. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. Й. Бурбело. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 148 с.
5. Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tavrida-ua.com/products/vacuumswitch.html> (дата звернення 01.02.2015). — Назва з екрана.
6. Кобилянський О.В. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей / О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 45 с.
7. Чепурний М.М. Джерела енергії тепло технології / М.М. Чепурний, С.Й. Ткаченко. – В.: ВДТУ, 1998.-56с.
8. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я.Юдин, С.В.Белов. – М.: Машиностроение, 1983. - 432 с.
9. Е.Я.Юдин. Борьба с шумом на производстве : Справочник / Под ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. - 400 с.
10. Справочник по охране труда на промышленном предприятии/ [Ткачук К.Н., Иванчук Д.Ф., Сабарно Р.В. та ін.]. – К.: Техника, 1991.- 285 с
11. Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.
12. Афанасьев Н. А., Юсипов М. А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий / Н.А. Афанасьев, М.А. Юсипов – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
13. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах / О.Д. Демов – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.

«

К

а

с

- 14.4. Економіка підприємства: Навчальний посібник / За ред. А. В. Шегди – К.: Знання, 2005. – 431 с.
- 15.5. Плоткін Я. Д., Янушкевич О. К. Організація і планування виробництва на машинобудівному підприємстві: Навч. видання / Я.Д. Плоткін, О.К. Янушкевич – Львів: Світ, 1996. – 352 с.
- 16.6. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е. Эффективная энергокомпания: Экономика. Менеджмент. Реформирование / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002. – 544 с.
- 17.Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу:
- 18.Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 рік». Режим д
- 19.В.Ф. Сакевич, М.А. Томчук. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 141 с.
- 20.Шляхи оптимізації електропостачання промислових підприємств/ конференції факультету електроенергетики та електромеханіки [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021/paper/view/12758> (дата звернення 30.05.2021). — Назва з екрана.

Н
У
Р
Е
R
L
I
N
K

"
h
t
t
p
:
/
/
z
a
k
o
n
4

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ___ ” _____ 2021р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

к.т.н., доц. Бабенко О.В.
“ ___ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення ефективності електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В. _____

(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 19м з/в

Гавриліна Д.Ю. _____

(підпис)

Вінниця 2021 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .21.

Дата початку роботи ____ . ____ .21р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ . 21р.

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

а) мета – підвищення якості процесу передачі і використання електроенергії на підприємстві.

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 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

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

Вихідні дані для виконання МКР:

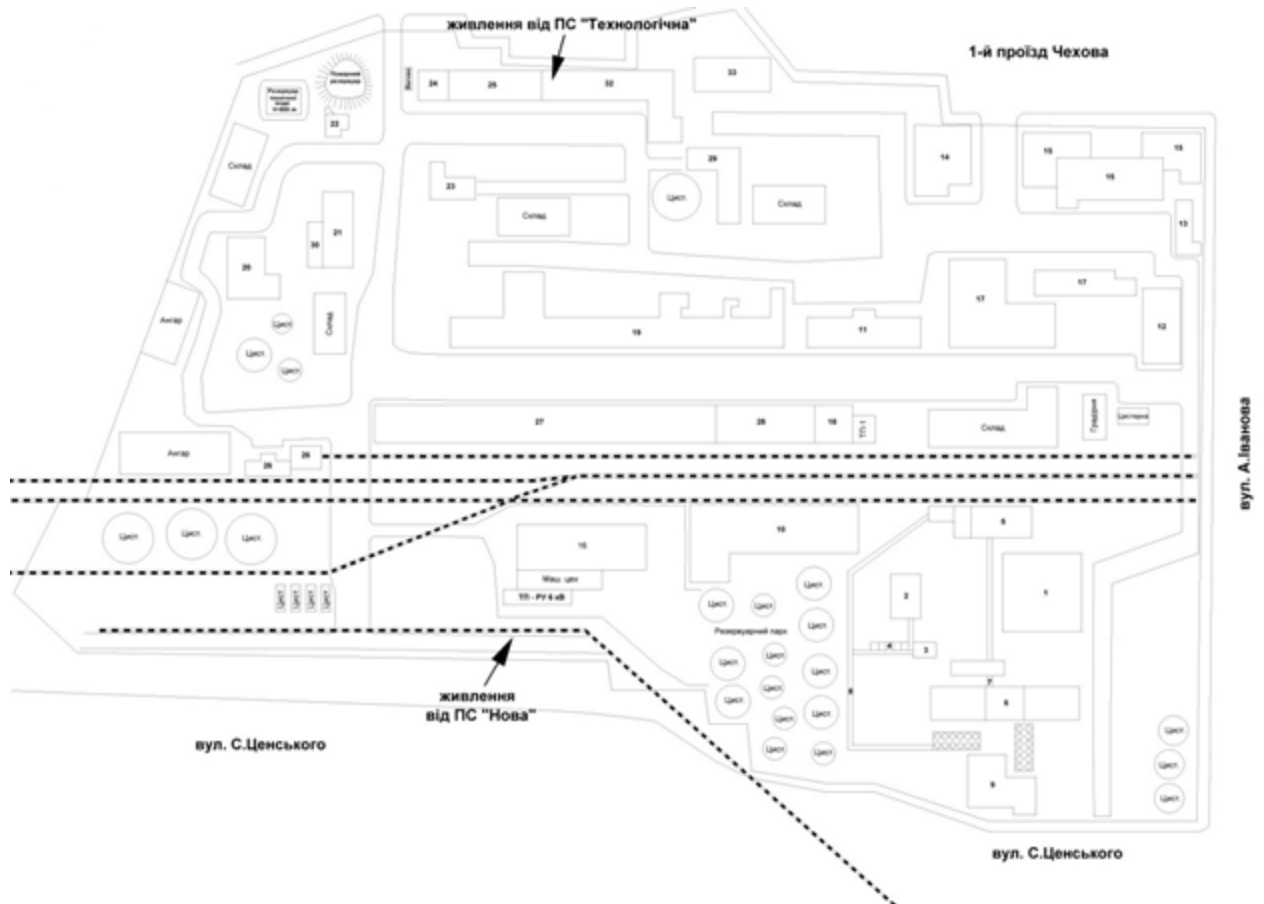


Рисунок Б.1 – Генплан підприємства, що живиться через ДПР

Таблиця Б.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

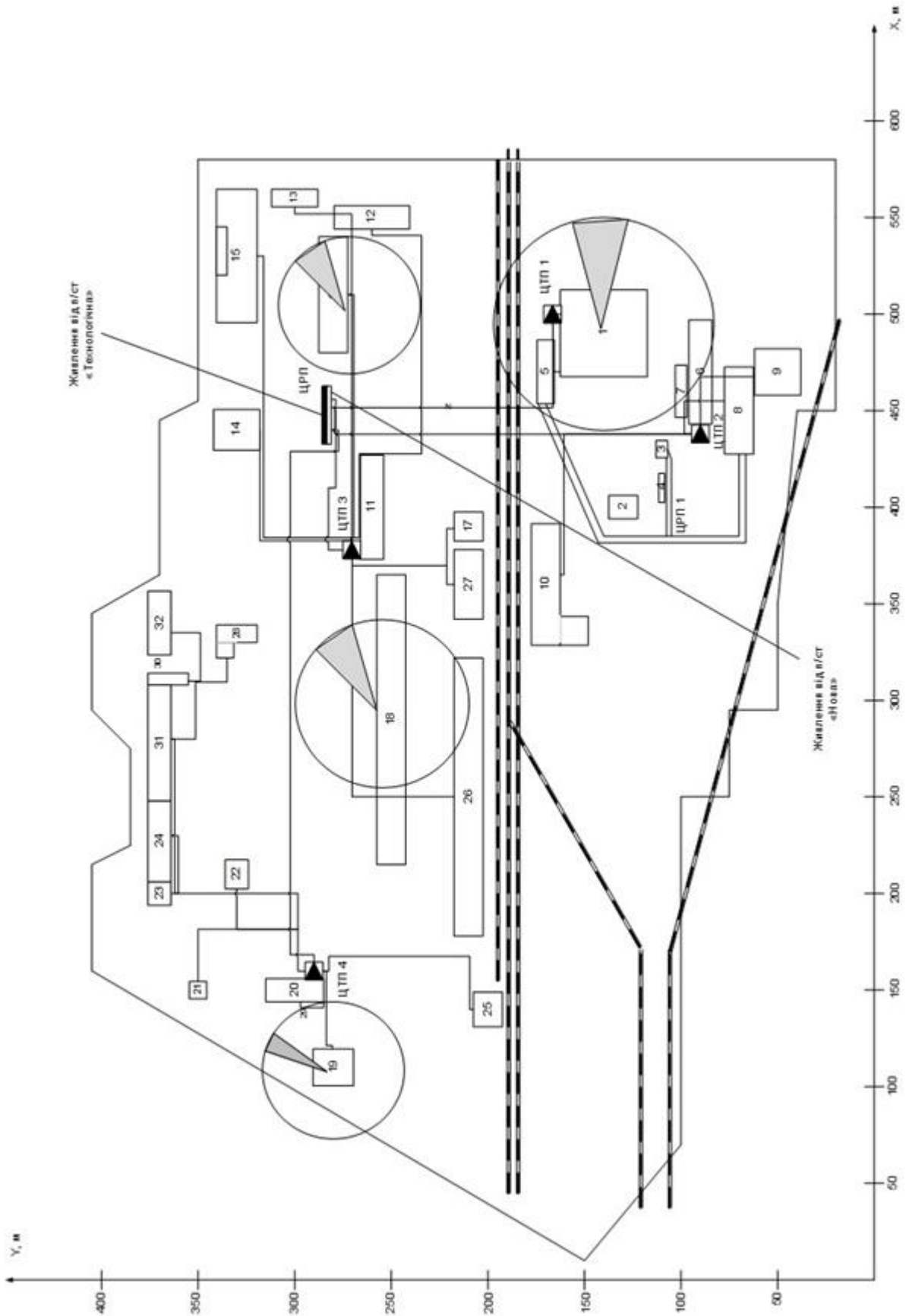
№ п/п	Назва цеху	Р _н , кВт
1	2	3
1.	Підготовче відділення олійнопресового цеху (три поверхи)	1090(1пов); 1770(2пов) 865(3 пов)
2.	Олійноекстрактний цех	580
3.	Насосна оборотної води	210
4.	Градирні	55
5.	Елеватор шроту	135
6.	Елеватор насіння	428
7.	Транспортна галерея насіння	77
8.	Транспортна галерея лушпиння	70
9.	Котельня	840

Продовження таблиці Б.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

1	2	3
10.	Олійнозливна станція	115
11.	Механічна майстерня	58
12.	Насосна	205
13.	Медпункт	8
14.	Ідальня	10
15.	Адміністративний корпус / Прохідна	28
17.	Олійноекстрактний завод	1370
18.	Цех маргаринової продукції	85
19.	Гідрогенезіційний завод	1910
20.	Електролізний цех	710
21.	Кисневонасосна станція	15
22.	Насосна другого підйому (технічне водопостачання)	105
23.	Станція очистки стічних вод	32
24.	Пожежна частина	4
25.	Гараж та автотранспортний цех	6
26.	З/д цех	27
27.	Токарний цех	12
28.	Цех фасовки олії	25
29.	Теплопункт	51
30.	Електроцех	3
31.	Столярний цех	7
32.	Центральний склад	4,5
33.	Склад холодильників	23

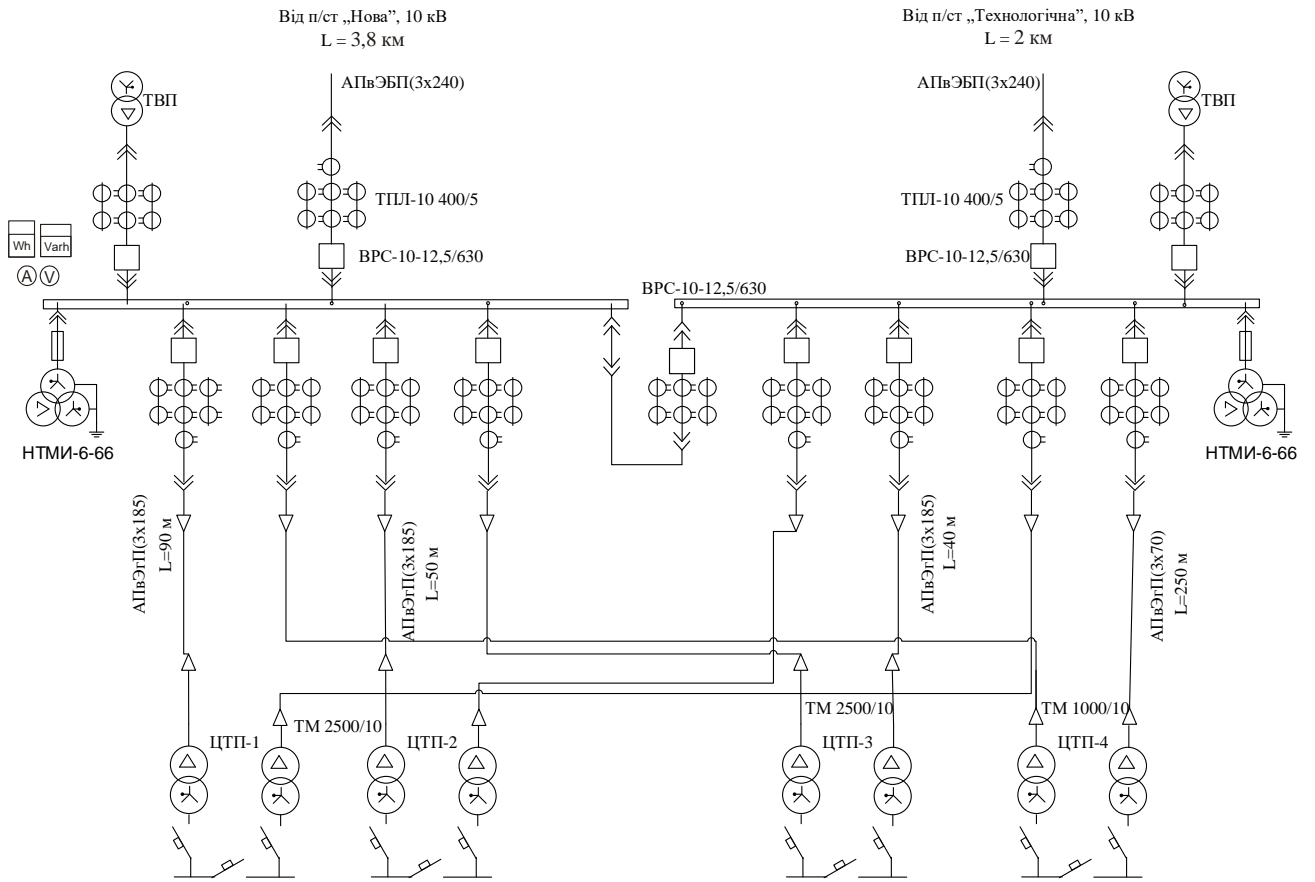
Додаток В

Генплан підприємства з нанесеною картограмою навантажень



Додаток Г

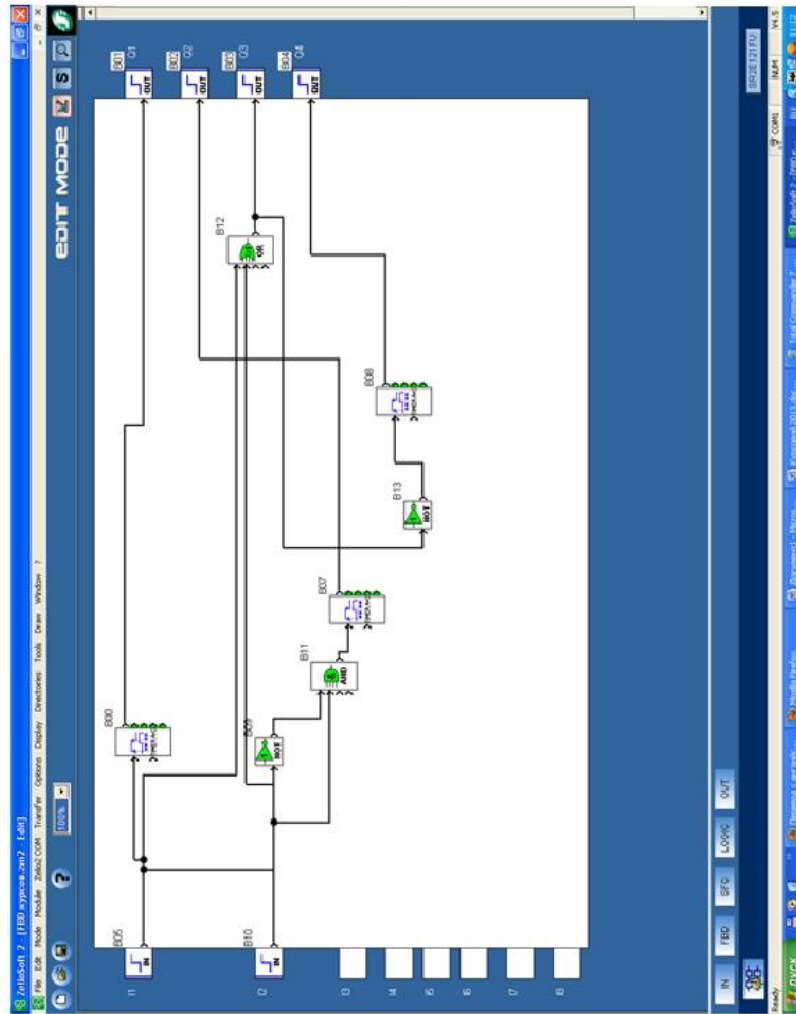
Однолінійна схема електропостачання



Додаток Д

Лист програми керування АВР для ПЛК

Програмування ПЛК



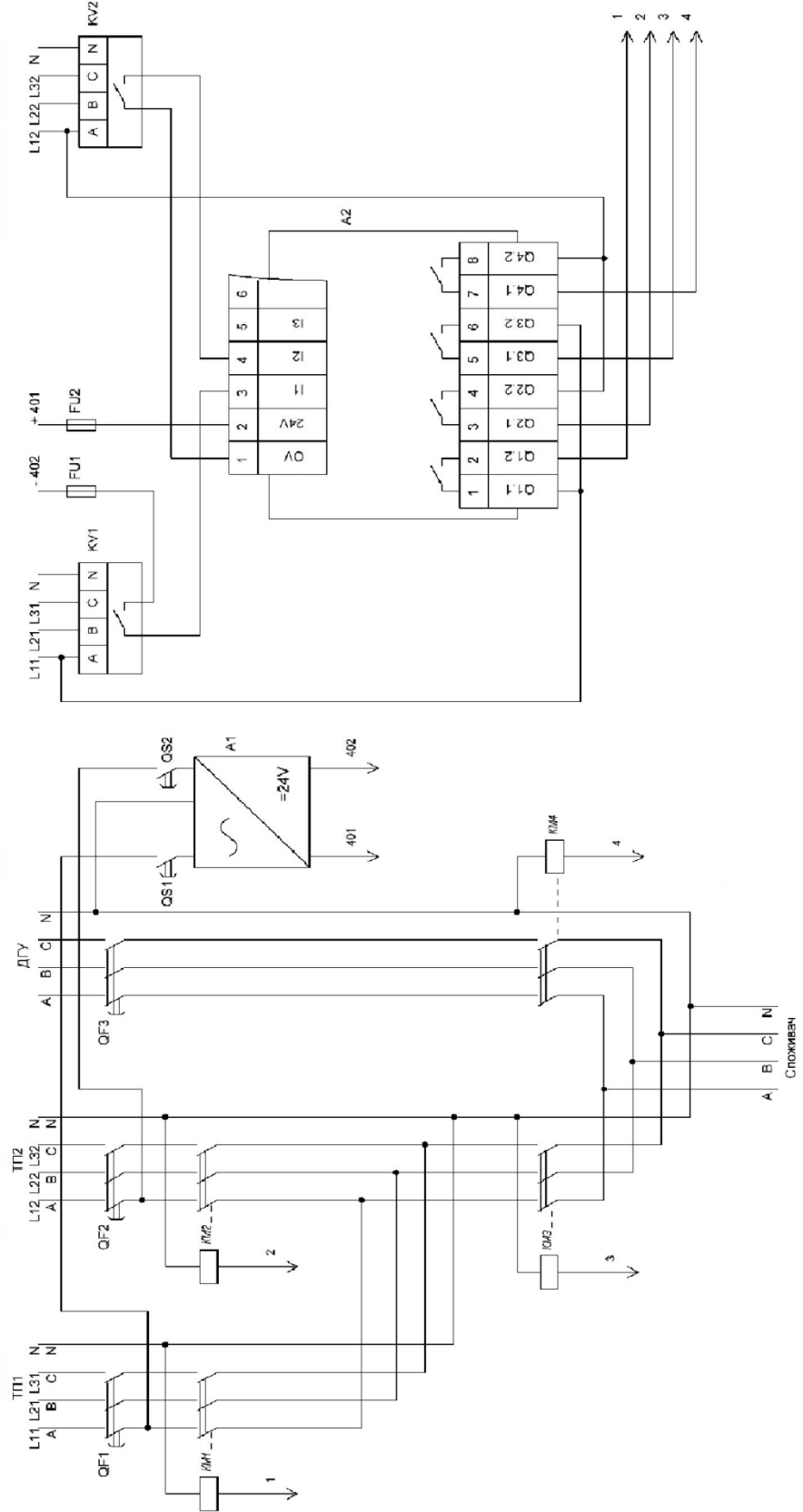
Лист програми Zelio Soft2



Програмований логічний контролер Zelio Logic SR2E121B.

Додаток Е

Принципова електрична схема автоматичного увімкнення резерву (АВР)



Додаток Ж
Компенсація реактивної потужності

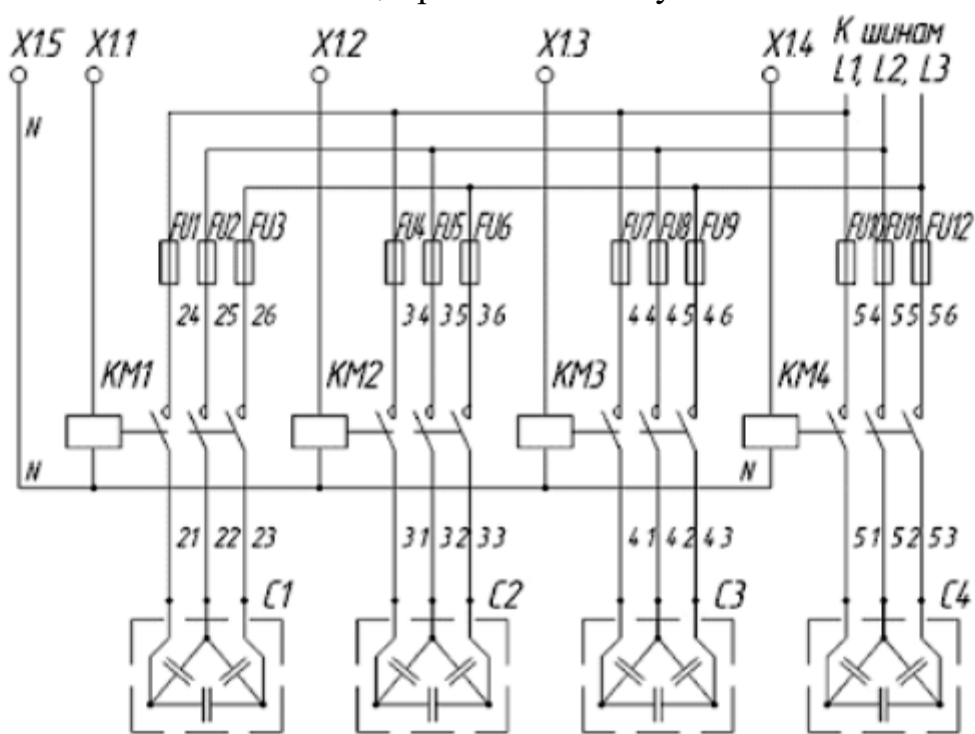


Рисунок Ж.1 – Схема під'єднання батарей КУ

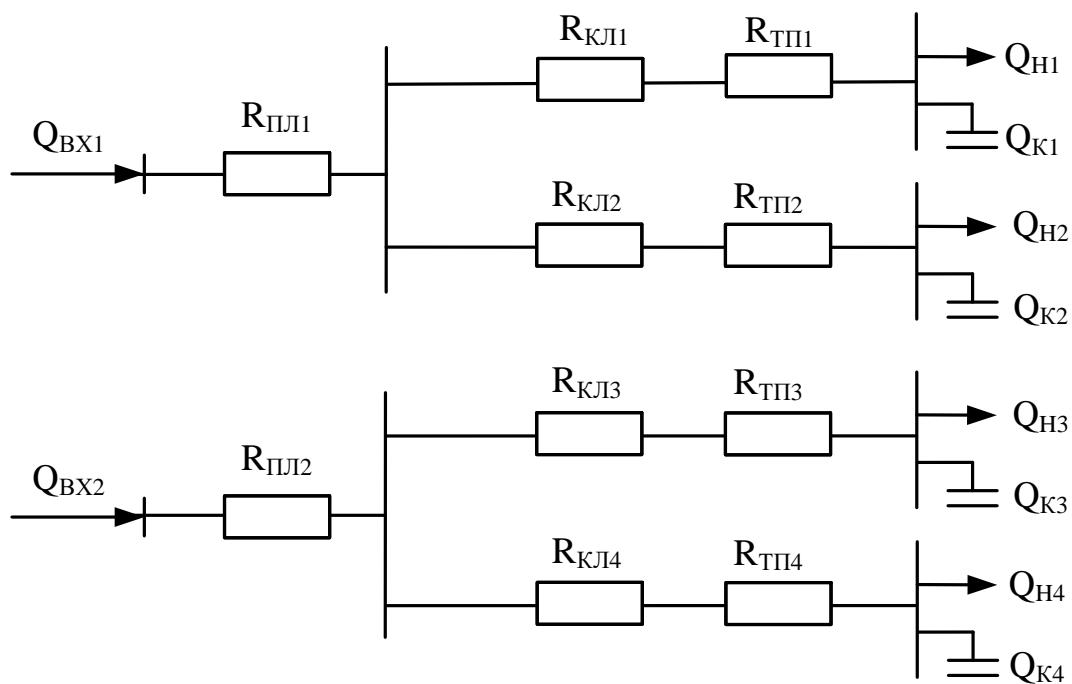


Рисунок Ж.2 – Схема заміщення мережі електропостачання ПрАТ
„Вінницький олієжировий комбінат”