

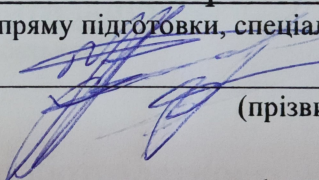
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

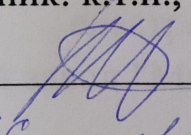
на тему:

«Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів
системи електропостачання приватного акціонерного товариства "Вінницький
завод "Маяк" з побудовою математичної моделі»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-23м
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

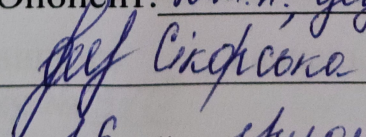

Педос І. Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ


Кутіна М. В.
(прізвище та ініціали)

« 16 » грудень 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ЕСС


Сідоорова О. В.
(прізвище та ініціали)

« 16 » грудень 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

« 16 » грудень 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
ОП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

проф. М. Й. Бурбело
“12” 09 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Педосу Ігору Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання приватного акціонерного товариства "Вінницький завод "Маяк" з побудовою математичної моделі.

керівник роботи Кутіна М. В. к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” 09 2024 року № 310

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

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Вступ. 1. Особливості підприємства та режими його електроспоживання. 1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства. 1.2 Відомості про режими електроспоживання та умови роботоздатності

підприємства. 2. Розрахунок параметрів системи електропостачання приватного акціонерного товариства "Вінницький завод "Маяк". 2.1 Розрахунок навантажень підприємства. 2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП. 2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення. 2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ. 2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП. 3. Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання приватного акціонерного товариства "Вінницький завод "Маяк". 3.1 Побудова математичної моделі силових цехових трансформаторів для визначення умов її роботоздатності. Вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності силових цехових трансформаторів. Висновки. 4 Економічна частина роботи 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання "14" жовтня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Особливості підприємства та режими його електроспоживання	14.10.24р.-19.10.24р.	Вик
2	Розрахунок параметрів системи електропостачання приватного акціонерного товариства "Вінницький завод "Маяк".	19.10.24р.-02.11.24р.	Вик
3	Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання приватного акціонерного товариства "Вінницький завод "Маяк".	02.11.24р.-16.11.24р.	Вик
4	Економічна частина	16.11.24р.-23.11.24р.	Вик
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	23.11.24р.- 30.11.24р.	Вик
6	Графічна частина	30.11.24р.- 7.12.24р.	Вик

Студент

(підпис)

Педос І. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кутіна М. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.316

Педос І.Д. «Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою математичної моделі ». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма – «Електротехнічні системи електроспоживання». – Вінниця, ВНТУ, 2024. 76с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 27 назв; рис.: 17; табл.: 17.

В магістерській кваліфікаційній роботі вирішено комплекс актуальних для ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» науково-прикладних задач – синтез оптимальної схеми електропостачання підприємства, визначено умови роботоздатності силових цехових трансформаторів, розраховано основні техніко-економічні показники системи електропостачання підприємства, розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Отримані висновки підтверджуються розрахунками.

Ключові слова: система електропостачання, силові цехові трансформатори, умови роботоздатності, математична модель.

ABSTRACT

УДК 621.316

Pedos I.D. "Determining the performance conditions of power workshop transformers of the power supply system of the private joint-stock company "Vinnytsia Plant Mayak" with the construction of a mathematical model". Master's thesis in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics", educational program - "Electrical power consumption systems". - Vinnytsia, VNTU, 2024. 76p.

In Ukrainian speech Bibliography: 27 titles; Fig.: 17; table 17.

In the master's qualification work, a set of relevant scientific and applied tasks for PJSC "Vinnytsia Plant "Mayak" was solved - the synthesis of an optimal scheme for the enterprises's power supply, the determination of the operating conditions for workshop power transformers, the calculation of the main technical and economic indicators of the enterprises's power supply system, and the consideration of labor protection and safety issues in emergency situations. The obtained conclusions are confirmed by calculations.

Keywords: power supply system, workshop power transformers, conditions for operability, mathematical model.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ.....	9
1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства.....	9
1.2 Відомості про режими електроспоживання та умови роботоздатності підприємства.....	11
1.3 Висновки до розділу 1.....	14
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПрАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»...	15
2.1 Розрахунок навантажень підприємства.....	15
2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП	17
2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення	25
2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ.....	25
2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП.....	27
2.6 Висновки до розділу 2.....	35
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ СИЛОВИХ ЦЕХОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПрАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»...	36
3.1 Побудова математичної моделі силових цехових трансформаторів для визначення умов її роботоздатності.....	36
3.2 Вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності силових цехових трансформаторів.....	45
3.3 Висновки до розділу 3.....	51
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ.....	52
4.1 Розрахунок чисельності обслуговуючого та ремонтного персоналу.	52
4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	54
4.3 Розрахунок витрат підприємства на матеріали, що потрібні на всі види ремонтів та технічне обслуговування електрообладнання та	

електромереж.....	55
4.4 Визначення амортизаційних відрахувань та інших витрат.....	57
4.5 Розрахунок плати за електроенергію.....	58
4.6 Собівартість електроенергії.....	59
4.7 Висновки до розділу 4.....	59
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	
СИТУАЦІЯХ.....	60
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	60
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	62
5.2.1 Мікроклімат.....	62
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	64
5.2.3 Виробниче освітлення.....	64
5.2.4 Виробничий шум.....	66
5.2.5 Виробничі вібрації.....	68
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	69
5.4 Висновки до розділу 5.....	71
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
Додаток А.....	76
Додаток Б	80
Додаток В.....	86
Додаток Г.....	88

ВСТУП

Актуальність теми. Історія заснування заводу ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» бере свій початок ще з 1969 року. Тому проектування та монтаж системи електропостачання відбувалися ще в минулому столітті і на той час вони повністю задовільняли всі вимоги: електрообладнання було новим і сучасним, і була дещо інша специфіка виробництва з іншими навантаженнями на енергосистему.

За цей великий проміжок часу на підприємстві змінилися як номенклатура продукції, так і технології виробництва. По теперішній час використовується морально застаріле електрообладнання, яке не відповідає як електричним навантаженням, так і параметрам нормальних та аварійних режимів. Разом з цим ціна відмови є високою. Тому для ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» актуальною задачею є підвищення надійності електропостачання.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення надійності системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» шляхом вибору сучасного електрообладнання та визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- загальна характеристика підприємства;
- розрахунок параметрів системи електропостачання та вибір надійного електрообладнання, що відповідає сучасним вимогам;
- побудова математичної моделі силових трансформаторів з визначенням умов роботоздатності силових цехових трансформаторів.

Об'єкт дослідження – функціонування системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Предмет дослідження – Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання приватного

акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою математичної моделі

Методи дослідження. В роботі здебільшого використовувалися теоретичні методи дослідження, такі як: математичне моделювання, аналітичні методи, методи системного аналізу, комп'ютерне моделювання та оптимізація.

Новизна. Удосконалено систему електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» шляхом автоматизованого вибору оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП, перерізів кабельних ліній та місця установки трансформаторних підстанцій, визначено умови роботоздатності силових цехових трансформаторів.

Практичне значення одержаних результатів. Методика визначення умов роботоздатності може бути використана при проєктуванні.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідались на науково-технічній конференції, а тези доповідей опубліковані в матеріалах конференції [6].

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ТП – трансформаторна підстанція.

ЦРП – центральний розподільчий пристрій.

КЛ – кабельні лінії.

ЦЕН – центр електричних навантажень.

ДМ – діагностична модель.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства

Історія підприємства, яке зараз відоме як ПрАТ «Вінницький завод «Маяк», розпочалася ще в 1968 році, коли почалося будівництво великого підприємства оборонної промисловості. І вже 21 липня 1969 року відкрився Вінницький завод радіотехнічної апаратури. Це підприємство виготовляло блоки живлення для друкарських приладів електронно-обчислювальних машин у сфері військово-промислового комплексу, трансформатори, зварювальні апарати та електричні обігрівачі для широкого спектру споживачів.

В 1991 році на базі заводу створено одне з найбільших в Україні промислових підприємств, яке було зареєстроване як ВАТ «Маяк». До нього входили такі дочірні підприємства як “Теплокомуненерго “Маяк ЛТД”, “Житлово-експлуатаційний комплекс”, “Зовнішньоекономічна фірма “Маяк”, “Лікувально-оздоровчий спортивний комплекс “Маяк ЛТД”, “Культурно спортивний комплекс “Маяк ЛТД” та “Автомобіліст”Маяк”.

А в 1997 році уже зареєстровано торгову марку «Термія». Під нею випускалася високоякісна продукція заводу «Маяк», яка була сертифікованою в Україні і Європі.

В березні 2012 року відбулась реорганізація підприємства в ПАТ «Маяк».

15 травня 2017 року — підприємство реорганізоване в ПрАТ «Вінницький завод «Маяк», який складається з головного підприємства та дочірніх підприємств.

На даний час на ПрАТ "Вінницький завод "Маяк" створено п'ять дочірніх підприємств. Це дало змогу в такий важкий час деяким підрозділам приносити прибуток, так як значно розширилося поле діяльності.

ПрАТ "Маяк" зробив внески у статутні фонди цих дочірніх підприємств основними засобами і створив цілісний майновий комплекс в обмін на корпоративні права.

Так, наприклад, дочірнє підприємство "Теплокомуненерго "Маяк" займається виробництвом та продажем тепла на внутрішньому ринку. Воно має котельню, яка обігріває мікрорайон "Вишенька".

Дочірнє підприємство "Зовнішньоекономічна фірма "Маяк" здійснює маркетингові дослідження, а також займається торгівельними операціями у сфері експорту та імпорту, здійснює продаж продукції в країни дальнього та ближнього зарубіжжя, закуповує комплектуючі деталі для її виробництва. Щодо дочірнього підприємства "Автомобіліст-Маяк", то воно надає транспортні послуги та здійснює ремонт транспортних засобів і його утримання.

Що стосується дочірнього підприємства "ЖЕК Маяк", то воно надає комунальні послуги для населення.

Основним видом діяльності ПрАТ "Маяк" є виготовлення електричних побутових приладів, а саме:

- електроконвекторів;
- тепловентиляторів;
- теплових гармат;
- радіаторів опалення;
- теплових завіс;
- електродуховок;
- електричних котлів;
- маслонаповнених електрорадіаторів;
- електроплит;

- пральних машин;
- інфрачервоних обігрівачів;
- плінтусних конвекторів.

Окрім основної діяльності з виробництва продукції, підприємство також надає такі послуги: обслуговування та гарантійний сервіс; виготовлення виробів і виробництво інструментів; повний спектр лабораторних досліджень і тестувань; оренда приміщень та послуги брокера.

В зв'язку із зміною продукції, що випускається, та технологічних процесів з'явилась можливість частину приміщень задавати в аренду. Тому на території колишнього Вінницького заводу радіотехнічної апаратури функціонують об'єкти окремих приватних підприємств, які споживають електроенергію від заводських ТП на правах субабонентів.

За характером технологічного процесу підприємство відноситься до складального виробництва, коли частина комплектуючих вузлів, що виготовляються на інших заводах, збираються, налагоджуються, випробовуються. На підприємстві використовуються ливарні технології, технології порошкової металургії та холодної обробки металів. В цілому за ступенем надійності електропостачання підприємство належить до II категорії.

Основне електрообладнання живиться напругою 380 В промислової частоти, умови приміщення – нормальні.

1.2 Відомості про режими електроспоживання та умови роботоздатності підприємства

В таблиці 1.1 наведені дані щодо електроспоживачів цехів підприємства.

Таблиця 1.1 – Дані по електроспоживачам на підприємстві

№ п/ п	Найменування цеху	$P_{вст}$	$K_{п}$	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	$\omega_{пит\ осв},$ кВт/м ²	F, м ²	Категор. за надій- ністю
1	Основні виробничі приміщення	800	0,7	0,7/1,02	0,016	20000	II
2	Збирально-монтажний	210	0,8	0,8/0,74	0,015	10118	II
3	Субабонент №1, Адмінкорпус	120	0,9	0,9/0,48	0,016	10000	III
4	Ремонтно-механічний	150	0,6	0,9/0,48	0,015	4000	II
5	Очисні споруди	22	0,8	0,8/0,75	0,017	850	III
6	Субабонент №2	380	0,8	0,8/0,74	0,018	2304	III
7	Відділ випробувань	180	0,7	0,8/0,74	0,017	3706	II
8	Нестандартного обладнання	200	0,6	0,8/0,74	0,019	4705	III
9	Тарно-пакувальний	40	0,6	0,7/1,02	0,017	3889	III
10	Субабонент №3	100	0,9	0,85/0,62	0,014	3706	III
11	Друкарня	80	0,7	0,8/0,74	0,019	7624	III
12	Термопластавтоматів	650	0,8	0,8/0,74	0,024	4151	II
13	КСК „Маяк”	40	0,9	0,85/0,62	0,016	882	III
14	Субабонент №4	200	0,7	0,8/0,74	0,012	14082	III

Для даного підприємства джерелом живлення є підстанція „Західна” 110/10 кВ, потужність короткого замикання становить 100 МВА на шинах 110 кВ. На даній підстанції встановлено два трансформатора типу ТДТНГ 20000/110, і вона знаходиться на відстані 0,85 км від підприємства. Вхідна реактивна потужність, яка встановлена енергопостачальною компанією для

підприємства ПрАТ «Маяк», становить 300 квар в години максимальних навантажень в системі.

В цій роботі по даному підприємству ми будемо визначати умови роботоздатності силових цехових трансформаторів, тобто перевіряти сукупність вимог, параметрів і характеристик, що визначають здатність трансформаторів у встановлених експлуатаційних умовах виконувати свої функції. Для наших силових трансформаторів ці умови включають експлуатаційні, технічні та організаційні складові.

До основних умов роботоздатності відносяться:

- Надійність ізоляції (відсутність пробоїв).
- Охолодження (якість і рівень охолоджувального масла мають бути відповідні нормам, якщо це масляні трансформатори, а якщо сухі – справність системи повітряного охолодження; контроль температури обмоток і сердечника).
- Відсутність перевантажень (рівномірне навантаження між фазами).
- Якість живлення (стабільна напруга, фільтрація гармонік).
- Механічна цілісність (відсутність механічних пошкоджень, вібрацій).
- Захист і автоматика (система релейного захисту має бути справна і наявність аварійної сигналізації).
- Заземлення (надійне заземлення корпусу і нейтралі).
- Експлуатаційний моніторинг (регулярне технічне обслуговування, діагностика сучасними методами).

При дотриманні всіх вищеперелічених умов забезпечується надійна та довговічна робота трансформаторів, а також зменшується ризик аварійних ситуацій.

1.3 Висновки до розділу 1

1) На підприємстві використовується електрообладнання, яке морально та фізично застаріле, а це в свою чергу позначається на технічних і економічних характеристиках роботи енергогосподарства підприємства.

2) Частина елементів електричної мережі не відповідає потенційним параметрам аварійних режимів.

3) Оскільки з часом технології виробництва та номенклатура продукції, яка виробляється на підприємстві ПрАТ «Вінницький завод «Маяк», змінилися, тому система електропостачання підприємства не відповідає електричним навантаженням.

4) Для надійної та довговічної роботи трансформаторів необхідно забезпечити їхні умови роботоздатності.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

Для прийняття рішень з оптимізації системи електропостачання необхідно розрахувати навантаження як окремих виробничих об'єктів, так і підприємства. Цей розрахунок виконаємо методом коефіцієнту попиту, який рекомендований саме для промислових підприємств [1].

За методом коефіцієнта попиту розрахункові навантаження визначаються із врахуванням силового і освітлювального навантаження

Навантаження цехів і підприємства як середні, так і розрахункові визначаються за допомогою формул, що представлені нижче.

Розрахункове активне навантаження освітлення і-того цеху:

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

де K_{noi} – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження і-го цеху;

$P_{питi}$ – питома густина освітлювального навантаження і-того цеху, кВт/м²;

F_i – площа і-того цеху, м²;

$K_{праi}$ – коефіцієнт втрат в пуско-регулюючій апаратурі і-того цеху.

Розрахункове реактивне навантаження освітлення і-того цеху:

$$Q_{poi} = F_i \cdot K_{noi} \cdot p_{numi} \cdot K_{праi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{oi}, \quad (2.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{oi}$ – коефіцієнт реактивної потужності освітлення і-того цеху.

Середнє активне навантаження і-того цеху:

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

де $P_{номi}$ – номінальна потужність і-того цеху, кВт.

K_{vi} – коефіцієнт використання і-того цеху;

Середнє реактивне навантаження і-того цеху:

$$Q_{ci} = P_{номі} \cdot K_{vi} \cdot tg\varphi_i + Q_{poi}, \quad (2.4)$$

де $tg\varphi_i$ – коефіцієнт реактивної потужності і-того цеху.

Повне середнє навантаження і-того цеху:

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

Активне розрахункове навантаження і-того цеху

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

де K_{ni} – коефіцієнт попиту і-того цеху.

Реактивне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$Q_{pi} = P_{ni} \cdot K_{ni} \cdot tg\varphi_i + Q_{poi}. \quad (2.7)$$

Повне розрахункове навантаження і-того цеху:

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

Розрахунковий струм і-того цеху:

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

де $U_{ном}$ – номінальна напруга, кВ.

Навантаження всіх цехів:

$$P_{po\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{poi}; \quad (2.10)$$

$$Q_{po\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{poi}; \quad (2.11)$$

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci}; \quad (2.12)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci}; \quad (2.13)$$

$$P_{p\Sigma} = K_o \cdot \sum_{i=1}^N (P_{номі} \cdot K_{ni}) + P_{po\Sigma}; \quad (2.14)$$

$$Q_{p\Sigma} = K_o \cdot \sum_{i=1}^N (P_{номі} \cdot K_{ni} \cdot tg\varphi_i) + Q_{ро\Sigma}, \quad (2.15)$$

де K_o – коефіцієнт одночасності [1-3], (відношення розрахункової потужності на шинах 10 кВ до суми розрахункових потужностей споживачів, які під'єднані до шин 10 кВ ЦРП);

N – кількість цехів.

Повне сумарне навантаження:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2}; \quad (2.16)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}. \quad (2.17)$$

Сумарний струм:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.18)$$

Питома густина навантаження i -того цеху:

$$\rho_i = \frac{S_{pi}}{F_i}. \quad (2.19)$$

Питома густина навантаження підприємства в цілому:

$$\rho_{\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{F_{\Sigma}}. \quad (2.20)$$

Результати такого розрахунку наведені в електронній таблиці (рис. 2.1).

2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

Вибираючи трансформатори ТП необхідно дотримуватись таких вимог:

- показником ефективності вибору трансформаторів ТП повинні бути річні приведені затрати на підстанцію;
- кількість стандартних потужностей трансформаторів ТП на підприємстві не повинна перевищувати дві (максимум 3) [4-5].

2								U= 0,38															
3			Дані сили				Світло							Середні навантаження			Розрах. Нав.				ρ кВА/м ^2		
4	№	Найменування цехів	Рн кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа м^2	Ксо	Ргит кВт/м^2	Кпра	tgφ0	Qмо квар	Рро кВт	Рс кВт	Qс квар	Sc кВА	Рр кВт	Qр квар	Sp кВА		Ip, А	
5	1	Основні виробничі приміщення	800	0,7	1,02	0,7	0,2	20000,00	0,80	0,004	1,20	0,48	36,86	76,80	236,80	200,10	310,02	636,80	608,18	880,57	1337,88	0,044	
6	2	Збирально-монтажний цех	200	0,65	1,17	0,8	0,4	10118,00	0,85	0,007	1,10	0,48	31,79	66,22	146,22	125,32	192,58	226,22	218,85	314,76	478,22	0,0311	
7	3	Субабонент №1 Админкорпус	120	0,8	0,75	0,9	0,5	10000,00	0,80	0,008	1,10	0,48	33,79	70,40	130,40	78,79	152,36	178,40	114,79	212,14	322,31	0,0212	
8	4	Ремонтно-механічний цех	150	0,9	0,48	0,6	0,35	4000,00	0,85	0,005	1,10	0,48	8,08	16,83	69,33	33,51	77,00	106,83	51,67	118,67	180,30	0,0297	
9	5	Очисні споруди	22	0,8	0,75	0,8	0,55	850,00	0,85	0,003	1,10	0,48	1,14	2,38	14,48	10,22	17,73	19,98	14,34	24,60	37,38	0,0289	
10	6	Субабонент №2	380	0,85	0,62	0,8	0,5	2304,00	0,70	0,006	1,10	0,48	5,11	10,64	200,64	122,86	235,27	314,64	193,51	369,39	561,23	0,1603	
11	7	Відділ випробовувань	180	0,8	0,75	0,7	0,45	3706,00	0,90	0,005	1,10	0,48	8,81	18,34	99,34	69,56	121,27	144,34	103,31	177,50	269,69	0,0479	
12	8	Цех нестандартного обладнання	200	0,8	0,75	0,6	0,7	4705,00	0,80	0,009	1,10	0,48	17,89	37,26	177,26	122,89	215,69	157,26	107,89	190,71	289,76	0,0405	
13	9	Тарно-пакувальний цех	40	0,7	1,02	0,6	0,3	3889,00	0,85	0,003	1,10	0,48	5,24	10,91	22,91	17,48	28,82	34,91	29,72	45,85	69,66	0,0118	
14	10	Субабонент №4	100	0,85	0,62	0,9	0,55	3706,00	0,85	0,007	1,10	0,48	11,64	24,26	79,26	45,73	91,50	114,26	67,42	132,66	201,56	0,0358	
15	11	Друкарня	80	0,8	0,75	0,7	0,45	7624,00	0,90	0,010	1,10	0,48	36,23	75,48	111,48	63,23	128,16	131,48	78,23	152,99	232,45	0,0201	
16	12	Цех термопластавтоматів	650	0,8	0,75	0,8	0,2	4151,00	0,85	0,006	1,20	0,48	12,19	25,40	155,40	109,69	190,22	545,40	402,19	677,66	1029,60	0,1633	
17	13	КСК "Маяк"	40	0,85	0,62	0,9	0,50	882,00	0,80	0,005	1,10	0,48	1,86	3,88	23,88	14,26	27,81	39,88	24,17	46,64	70,85	0,0529	
18	14	Субабонент №5	200	0,8	0,75	0,7	0,25	14082,00	0,80	0,003	1,10	0,48	17,84	37,18	87,18	55,34	103,26	177,18	122,84	215,60	327,57	0,0153	
19	Всього по підприємству		3162				0,34	90017,00					228,48	475,99	1554,59	1068,97	1886,65	2710,01	2041,68	3393,03	5155,17	0,0377	

Рисунок 2.1 – Розрахунок навантажень підприємства

Вибір ТП здійснюється за питомою густиною навантаження. При питомій густині навантаження до 0,2 кВА/м² [7] слід обирати трансформатори потужність до 1000 кВА, при густині навантаження 0,2-0,3 кВА/м² – потужністю 1600 кВА, а при густині навантаження більше 0,3 кВА/м² – 2500 кВА.

Розрахувавши сумарну питому густину навантаження $\sum \rho_0 = 0,13$ кВА/м² згідно із [1] розподіл проводимо для трансформаторів потужністю до 1000 кВА. У відповідності до отриманих результатів розрахунку навантажень для живлення підприємства необхідно вибрати три двотрансформаторних підстанції. Створюємо табличну форму розрахунку навантаження кожної ТП (рис. 2.2).

Керованою змінною в математичній моделі вибору оптимальної потужності ТП є потужність трансформаторів – S_T [10]. Множину доступних значень формують всі стандартні потужності трансформаторів S_T . Показник ефективності рішення ПЕР – річні приведені затрати, які залежать від керованої змінної.

$$Z(S_T) = (E_e + E_a) \cdot k_{ТП}(S_T, k_T) + \left[\Delta P_{xx}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot \frac{S_{ТП}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S_{СТ}} \quad (2.21)$$

Обмеження на керовану змінну:

$$\begin{aligned} S_T \cdot k_T \cdot k_H &\geq S_{ТП\text{см}} \\ k_T > 1 &\Rightarrow S_T \cdot k_{па} \geq S_{ТПp} \cdot k_{ппа}, \\ S_T &\in S_{СТ} \end{aligned} \quad (2.22)$$

де $S_{СТ}$ – множина стандартних потужностей трансформаторів;

E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$S_{ТП\text{см}}$ – середня потужність трансформаторної підстанції;

$S_{ТПp}$ – розрахункова потужність трансформаторної підстанції;

$k_{ТП}(S_T, k_T)$ – капіталовкладення в трансформаторну підстанцію, що залежить від потужності та кількості вибраних трансформаторів.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		№ ТП	Номер цеху	Розрахункова активна потужність P_r , кВт	Розрахункова реактивна потужність Q_r , квар	Повна розрахункова потужність S_r , кВА	Середня активна потужність P_c , кВт	Середня реактивна потужність Q_c , квар	Повна середня потужність S_c , кВА	Кількість трансфор- маторів в ТП
3		ТП1	6	314,64	193,51	369,39	200,64	122,86	235,27	2
4			7	144,34	103,31	177,50	99,34	69,56	121,27	
5			8	157,26	107,89	190,71	177,26	122,89	215,69	
6			9	34,91	29,72	45,85	22,91	17,48	28,82	
7			13	39,88	24,17	46,64	23,88	14,26	27,81	
8			14	177,18	122,84	215,60	87,18	55,34	103,26	
9			Всього по ТП1	868,22	581,44	1044,93	611,22	402,38	731,78	
10		ТП2	2	226,22	218,85	314,76	146,22	125,32	192,58	2
11			10	114,26	67,42	132,66	79,26	45,73	91,50	
12			11	131,48	78,23	152,99	111,48	63,23	128,16	
13			12	545,40	402,19	677,66	155,40	109,69	190,22	
14			Всього по ТП2	1017,36	766,69	1273,91	492,36	343,97	600,61	
15		ТП3	1	636,80	608,18	880,57	236,80	200,10	310,02	2
16			5	19,98	14,34	24,60	14,48	10,22	17,73	
17			4	106,83	51,67	118,67	69,33	33,51	77,00	
18			3	178,40	114,79	212,14	130,40	78,79	152,36	
19			Всього по ТП3	942,01	788,98	1228,77	451,01	322,61	554,52	

Рисунок 2.2 – Розподіл навантаження між ТП

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ЦТП за мінімум затрат														
2	Економічні характеристики														
3	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo =	560,895			
4	Коефіцієнт ефективності капітоловкладень										Ee =	0,1			
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea =	0,036			
6							ТП1								
7	Дані нормального режиму														
8	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	1044,93			
9	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	731,78			
10	Кількість трансформаторів										кт=	2			
11	Допустимий коефіцієнт навантаження в н. режимі										Кн=	1			
12	Дані післяаварійного режиму														
13	Допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі										Кпа =	1,3			
14	Доля навантаження в післяаварійному режимі										Кппа =	0,8			
15															
16	*	St кВА	ΔРкз кВт	ΔРхх кВт	Ктп, тис.грн.	Е*К, тис.грн.	ΔРэм кВт	ΔРпс кВт	ΔР кВт	Вв, тис.грн.	З, тис.грн	Х	кт*кн*St >=Sc	кпа*St>= кппа*Sp	*
17		63	1,28	0,24	95,78	13,02608	176,0652	0,48	176,5452	99,02335		-	-	-	
18		100	1,97	0,33	101,71	13,83256	107,5501	0,66	108,2101	60,69453		-	-	-	
19		160	3,1	0,51	109,45	14,8852	66,1099	1,02	67,1299	37,65282		-	-	-	
20		250	4,2	0,74	119,46	16,24656	36,68716	1,48	38,16716	21,40777		-	-	-	
21		400	5,9	0,95	143,38	19,49968	20,13153	1,9	22,03153	12,35738		-	+	-	
22		630	8,5	1,31	159,53	21,69608	11,69183	2,62	14,31183	8,027435		-	+	-	
23	V	1000	10,5	2,1	188,23	25,59928	5,732368	4,2	9,932368	5,571016	31,1703	1000	+	+	V
24		1600	18	2,8	234	31,824	3,838639	5,6	9,438639	5,294086	37,11809	1600	+	+	
25		2500	23,5	3,85	267,73	36,41128	2,052734	7,7	9,752734	5,47026	41,88154	2500	+	+	
26															
27	Мінімальні затрати, грн									Зmin=	31,1703				
28	Оптимальна потужність трансформатора, кВА									St*=	1000				
29	Оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора									кз*=	0,522465				

Рисунок 2.3 – Вибір потужності ТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ЦТП за мінімум затрат														
2	Економічні характеристики														
3	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo =	560,895			
4	Коефіцієнт ефективності капітоловкладень										Ee =	0,1			
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea =	0,036			
6						ТП2									
7	Дані нормального режиму														
8	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	1273,91			
9	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	600,61			
10	Кількість трансформаторів										кт=	2			
11	Допустимий коефіцієнт навантаження в н. режимі										Кн=	1			
12	Дані післяаварійного режиму														
13	Допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі										Кпа =	1,3			
14	Доля навантаження в післяаварійному режимі										Кппа =	0,8			
15															
16	*	Ст кВА	ΔРкз кВт	ΔРхх кВт	Ктп, тис.грн.	Е*К, тис.грн.	ΔРзм кВт	ΔРпс кВт	ΔР кВт	Вв, тис.грн.	З, тис.грн	Х	кт*кн*Ст ≥Sc	кпа*Ст>= кппа*Sp	*
17		63	1,28	0,24	95,78	13,02608	261,6817	0,48	262,1617	147,0452		-	-	-	
18		100	1,97	0,33	101,71	13,83256	159,8493	0,66	160,5093	90,02884		-	-	-	
19		160	3,1	0,51	109,45	14,8852	98,2576	1,02	99,2776	55,68431		-	-	-	
20		250	4,2	0,74	119,46	16,24656	54,52726	1,48	56,00726	31,41419		-	-	-	
21		400	5,9	0,95	143,38	19,49968	29,92102	1,9	31,82102	17,84825		-	+	-	
22		630	8,5	1,31	159,53	21,69608	17,3773	2,62	19,9973	11,21638		-	+	-	
23	V	1000	10,5	2,1	188,23	25,59928	8,519885	4,2	12,71988	7,13452	32,7338	1000	+	+	V
24		1600	18	2,8	234	31,824	5,70528	5,6	11,30528	6,341075	38,16507	1600	+	+	
25		2500	23,5	3,85	267,73	36,41128	3,05093	7,7	10,75093	6,030143	42,44142	2500	+	+	
26															
27	Мінімальні затрати, грн									Зmin=	32,7338				
28	Оптимальна потужність трансформатора, кВА									Ст*=	1000				
29	Оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора									кз*=	0,636953				

Рисунок 2.4 – Вибір потужності ТП2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ЦТП за мінімум затрат														
2	Економічні характеристики														
3	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo =	560,895			
4	Коефіцієнт ефективності капітоловкладень										Ee =	0,1			
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea =	0,036			
6							ТПЗ								
7	Дані нормального режиму														
8	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	1228,77			
9	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	554,52			
10	Кількість трансформаторів										кт=	2			
11	Допустимий коефіцієнт навантаження в н. режимі										Кн=	1			
12	Дані післяаварійного режиму														
13	Допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі										Кпа =	1,3			
14	Доля навантаження в післяаварійному режимі										Кпа =	0,8			
15															
16	*	St кВА	ΔРкз кВт	ΔРхх кВт	Ктп, тис.грн.	Е*К, тис.грн.	ΔРзм кВт	ΔРпс кВт	ΔР кВт	Вв, тис.грн.	З, тис.грн	Х	кт*кн*St >=Sc	кпа*St>= кпа*Sp	*
17		63	1,28	0,24	95,78	13,02608	243,4683	0,48	243,9483	136,8294		-	-	-	
18		100	1,97	0,33	101,71	13,83256	148,7235	0,66	149,3835	83,78848		-	-	-	
19		160	3,1	0,51	109,45	14,8852	91,41873	1,02	92,43873	51,84842		-	-	-	
20		250	4,2	0,74	119,46	16,24656	50,73209	1,48	52,21209	29,2855		-	-	-	
21		400	5,9	0,95	143,38	19,49968	27,83848	1,9	29,73848	16,68016		-	+	-	
22		630	8,5	1,31	159,53	21,69608	16,16781	2,62	18,78781	10,53799		-	+	-	
23	V	1000	10,5	2,1	188,23	25,59928	7,926889	4,2	12,12689	6,801911	32,40119	1000	+	+	V
24		1600	18	2,8	234	31,824	5,308185	5,6	10,90818	6,118346	37,94235	1600	+	+	
25		2500	23,5	3,85	267,73	36,41128	2,838581	7,7	10,53858	5,911037	42,32232	2500	+	+	
26															
27	Мінімальні затрати, грн									Зmin=	32,40119				
28	Оптимальна потужність трансформатора, кВА									St*=	1000				
29	Оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора									кз*=	0,614387				

Рисунок 2.5 – Вибір потужності ТПЗ

Вибір зовнішньої лінії живлення потрібно виконувати враховуючи втрати потужності в трансформаторах ТП. По лініях живлення трансформаторів та підприємства буде протікати не лише потужність навантаження, а й потужність втрат в трансформаторах ТП [8-9]. Результати розрахунку втрат потужності в трансформаторах ЦТП представлені на рис. 2.6.

Втрати активної потужності:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2, \quad (2.23)$$

де n - кількість трансформаторів в ТП;

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

ΔP_{xx} - втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

$\Delta P_{кз}$ - втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

$S_{ном.тр}$ - номінальна потужність трансформатора ТП, кВА;

S_p - повне розрахункове навантаження на ТП, кВА.

Втрати реактивної потужності[5]:

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.24)$$

де ΔQ_{TP} - втрати реактивної потужності ТП, квар;

I_{xx} - струм холостого ходу трансформатора, А;

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

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1											
2	$\Delta P_{кз},$ кВт	$I_{xx}, \%$	$U_{кз}, \%$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$	$\Delta P_{тр},$ кВт	$\Delta Q_{тр},$ квар	$\Delta S_{тр},$ кВА	$P, \text{кВт}$	$Q, \text{квар}$
3	10,5	1,4	6	868,2187	581,443	1044,93	9,932368	60,75639	61,5629	878,1511	642,1993
4	10,5	1,4	6	1017,36	766,6904	1273,905	12,71988	76,68505	77,73283	1030,08	843,3755
5	10,5	1,4	6	942,0143	788,9821	1228,773	12,12689	73,29651	74,29293	954,1411	862,2786
6				2827,593	2137,115		34,77914	210,738	213,5886	2862,372	2347,853

Рисунок 2.6 – Результати розрахунку втрат потужності в трансформаторах ТП

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» відноситься до 2-ої категорії споживачів за надійністю електропостачання. Живлення підприємства повітряною лінією не можливо, оскільки воно знаходиться в межах міста Вінниця. Тому зовнішнє електропостачання буде здійснюватися двокабельною лінією напругою 10 кВ від підстанції 110/10 кВ «Західна». Перерізи кабелів живлення мають вибиратись по загальній потужності підприємства [11-12].

Цехові трансформаторні підстанції живляться від ЦРП підприємства кабельними лініями. Переріз кожної лінії повинен вибиратись по відповідній потужності.

Вибір оптимального перерізів кабельних ліній напругою 10кВ проводимо за допомогою Excel. Для цього створюємо електронні таблиці (рис. 2.7–2.10), де наведені також стандартні перерізи кабельних ліній, допустимі струми, опори та вартість кабельних ліній, що залежать від її перерізу, а також будуть розраховані річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення.

2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ

Рішення з вибору перерізів кабельних ліній 10 кВ приймемо за математичною моделлю, яка складена у відповідності до вимог [13].

Критеріальна функція математичної моделі описує річні приведені затрати.

Множина доступних рішень: множина всіх стандартних перерізів кабельних ліній 10 кВ.

Керована змінна: переріз кабельних ліній (мм^2).

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(x) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_L^2 \cdot r_0(x) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_L \rightarrow \min_{x \in X_{cm}} \\ x \geq x_{don} \equiv k_{don} \cdot I_{don}(x) \geq I_L \\ x \geq x_{don} \equiv k_{na} \cdot I_{don}(x) \geq I_L \cdot k_L \cdot k_{nna} \\ \Delta U_n(x) \leq \Delta U_{don} \\ \Delta U_{na}(x) \leq \Delta U_{don} \\ x \geq x_{kз} = \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_n}}{C} \\ x \in X_{cm} \end{array} \right. \quad (2.25)$$

де $B_{кл}(x)$ - витрати в кабельних ліній перерізом X приведені до експлуатаційних;

$k_0(x)$ – питома вартість кабельних ліній, що залежить від перерізу і кількості ліній;

$B_v(x)$ - річна вартість втрат електричної енергії в кабельних лініях перерізом X ;

I_L – струм однієї лінії;

$I_{don}(x)$ – допустимий струм за ПУЕ по перерізу ([3] §1.3.13–§1.3.18);

$\Delta U_n(x)$ – втрати напруги в лінії в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{na}(x)$ – втрати напруги в лінії перерізом x в після аварійному режимі;

ΔU_{don} – допустимі втрати напруги([10] А.4.7);

$K_{don}(x)$ - коефіцієнт допустимого навантаження([3] §1.3.22);

$k_{доп}$ – коефіцієнт допустимого навантаження, $k_{доп} = k_{п} \cdot k_c$;

$k_{п}$ – коефіцієнт прокладки, $k_{п}=1$ ([3] таблиця 1.3.26.), оскільки живлення відбувається двокабельною лінією, то кабелі прокладаються в різних траншеях по одному кабелю в траншеї;

k_c – коефіцієнт середовища. Згідно з [1] §1.3.12 та §1.3.13 для кабельних ліній прокладених в піщано-глинистому ґрунті вологістю 14% напругою 10кВ

допустима температура жили кабелю 60°C , а землі 15°C , то за даними в таблиці 1.3.3 [1] $k_c = 1$;

k_{na} – максимальний допустимий коефіцієнт навантаження кабельних ліній в п.а. р., приймаємо $k_{na} = 1,25$ для найважчих умов перевантаження в п.а.р. при тривалості перевантаження 6 год. і $K_3 = 0,6$ та при прокладці у землі.

$x_{кз}$ – мінімальний переріз лінії за умов термічної дії струмів к. з.;

t_n – приведений час к. з. (с) $\approx 1,5$ с;

$I_{кз}$ – струм к. з. на початку лінії;

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{\text{мм}^2}$ ([6], для кабелів 10кВ з AL жилами = 90).

Результати розрахунків оптимальних перерізів кабельних ліній 10 кВ містяться в таблицях 2.7 – 2.10.

2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

За оптимальне місце розташування ЦРП приймемо таку точку на плані підприємства, якій відповідають мінімальні втрати активної потужності в розподільних мережах 10 кВ підприємства. Таке рішення можна прийняти маючи результати розрахунку центра навантажень і побудувавши картограму навантажень [13]. Картограма електричних навантажень – це схематичний генплан підприємства, в якому на площі окремих об'єктів наносяться навантаження підрозділів за характером (силове, освітлювальне) у вигляді кіл, радіус яких визначається за формулою [16]:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (2.26)$$

де- m - масштаб картограми навантажень, $\frac{\text{кВт}}{\text{мм}^2}$, $m=0,05$;

$\pi = 3,14$.

1	Вибір оптимального перерізу зовнішньої живлячої КЛ																	
2	Економічні характеристики																	
3	Питома вартість втрат, грн/кВт															Bo=	560,895	
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень															Ee=	0,1	
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію															Ea=	0,04	
6	Дані нормального режиму																	
7	Напруга, кВ															U =	10	
8	Активна розрахункова потужність споживача, кВт															P =	2862,3719	
9	Реактивна розрахункова отужність споживача, кВАр															Q =	2347,8534	
10	Розрахунковий струм окремого кабелю, А															Ip =	106,87	
11	Коефіцієнт допустимого навантаження															Kдоп =	1,00	
12	Допустима втрата напруги в КЛ, %															dUдоп =	5	
13	Кількість кабелів															k =	2	
14	Довжина лінії, км															L =	2,5	
15	Дані аварійного режиму																	
16	Струм КЗ на початку лінії, кА															Iкз =	3,0386856	
17	Приведений час КЗ, с															tn =	1,5	
18	Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2															C =	90	
19	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2															Fкз =	41,35	
20																		
21	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі															Kпа =	1,25	
22	Доля навантаження в післяаварійному режимі															Kпа =	0,8	
23	Допустима втрата напруги в КЛ, %															dUпадоп =	5	
24																		
25	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Ko, т.грн/км	Iдоп, А	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т.грн	E*K, т.грн	Bв, т.грн	З, т.грн	X	Kдоп*Iдоп оп >= Ip	n*Iдоп оп >= Kпа*k*	dUn <= dUдоп	dUpa <= dUпадоп	F >= Fкз
26	10	3,1	0,122	9,5381	65	11,45	18,32	531,09	47,69	6,68	297,89	-	-----	-	-	-	-	-
27	16	1,94	0,113	13,784	75	7,27	11,64	332,36	68,92	9,65	186,42	-	-----	-	-	-	-	-
28	25	1,24	0,099	19,854	90	4,73	7,56	212,44	99,27	13,90	119,15	-	-----	-	-	+	-	-
29	35	0,89	0,095	25,953	115	3,46	5,54	152,47	129,77	18,17	85,52	-	-----	+	-	+	-	-
30	50	0,62	0,09	36,927	140	2,48	3,97	106,22	184,64	25,85	59,58	85,43	50	+	+	+	+	+
31	70	0,443	0,086	50,501	165	1,84	2,94	75,89	252,51	35,35	42,57	77,92	70	+	+	+	+	+
32	v 95	0,326	0,083	65,451	205	1,41	2,26	55,85	327,26	45,82	31,33	77,14	95	+	+	+	+	+
33	120	0,258	0,081	82,823	240	1,16	1,86	44,20	414,12	57,98	24,79	82,77	120	+	+	+	+	+
34	150	0,206	0,079	102,11	275	0,97	1,55	35,29	510,55	71,48	19,80	91,27	150	+	+	+	+	+
35	185	0,167	0,077	137,48	310	0,82	1,32	28,61	687,40	96,24	16,05	112,28	185	+	+	+	+	+
36	Мінімальні затрати, тис.грн										Змін	77,14						
37	Оптимальний переріз КЛ, мм^2										Хопт	95						

Рисунок 2.7 – Таблична форма розрахунку оптимального перерізу КЛ – 10 кВ від ТП «Західна» до ЦРП

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Вибір оптимального перерізу КЛ1																		
2	Економічні характеристики																		
3	Питома вартість втрат, грн/кВт																Bo=	560,895	
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень																Ee=	0,1	
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію																Ea=	0,04	
6	Дані нормального режиму																		
7	Напруга, кВ																U =	10	
8	Активна розрахункова потужність споживача, кВт																P =	878,1511	
9	Реактивна розрахункова отужність споживача, кВАр																Q =	642,1993	
10	Розрахунковий струм окремого кабелю, А																Ip =	31,41	
11	Коефіцієнт допустимого навантаження																Kдоп =	0,92	
12	Допустима втрата напруги в КЛ, %																dUдоп =	5	
13	Кількість кабелів																k =	2	
14	Довжина лінії, км																L =	0,5	
15	Дані аварійного режиму																		
16	Струм КЗ на початку лінії, кА																Iкз =	2,576205	
17	Приведений час КЗ, с																tn =	1,5	
18	Тепловий коефіцієнт C, (А*с ^{0,5})/мм ²																C =	90	
19	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²																Fкз =	35,06	
20																			
21	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі																Kпа =	1,2	
22	Доля навантаження в післяаварійному режимі																Kпа =	0,8	
23	Допустима втрата напруги в КЛ, %																dUпадоп =	5	
24																			
25	F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	KO, т.грн/км	Iдоп, А	dUn, %	dUna, %	dP, кВт	K, т.грн	E°K, т.грн	Вс, т.грн	З, т.грн	X	Kдоп*Iдоп >= Ip	Kпа*Kдоп >= Kпа*KIр	dUn <= dUндоп	dUna <= dUпадоп	F >= Fкз	
26	10	3,1	0,122	9,5381	65	0,70	1,12	9,17	9,54	1,34	5,14	-	-----	+	+	+	+	-	
27	16	1,94	0,113	13,784	75	0,44	0,71	5,74	13,78	1,93	3,22	-	-----	+	+	+	+	-	
28	25	1,24	0,099	19,854	90	0,29	0,46	3,67	19,85	2,78	2,06	-	-----	+	+	+	+	-	
29	35	0,89	0,095	25,953	115	0,21	0,34	2,63	25,95	3,63	1,48	-	-----	+	+	+	+	-	
30	50	0,62	0,09	36,927	140	0,15	0,24	1,83	36,93	5,17	1,03	6,20	50	+	+	+	+	+	
31	70	0,443	0,086	50,501	165	0,11	0,18	1,31	50,50	7,07	0,74	7,81	70	+	+	+	+	+	
32	95	0,326	0,083	65,451	205	0,08	0,14	0,96	65,45	9,16	0,54	9,70	95	+	+	+	+	+	
33	120	0,258	0,081	82,823	240	0,07	0,11	0,76	82,82	11,60	0,43	12,02	120	+	+	+	+	+	
34	150	0,206	0,079	102,11	275	0,06	0,09	0,61	102,11	14,30	0,34	14,64	150	+	+	+	+	+	
35	185	0,167	0,077	137,48	310	0,05	0,08	0,49	137,48	19,25	0,28	19,52	185	+	+	+	+	+	
36	Мінімальні затрати, тис.грн											Змін	6,20						
37	Оптимальний переріз КЛ, мм ²											Хопт	50						

Рисунок 2.8 – Таблична форма розрахунку оптимального перерізу КЛ – 10 кВ від ЦРП до ТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Вибір оптимального перерізу КЛ2																		
2	Економічні характеристики																		
3	Питома вартість втрат, грн/кВт																Bo=	560,895	
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень																Ee=	0,1	
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію																Ea=	0,04	
6	Дані нормального режиму																		
7	Напруга, кВ																U =	10	
8	Активна розрахункова потужність споживача, кВт																P =	1030,08	
9	Реактивна розрахункова потужність споживача, кВАр																Q =	843,3755	
10	Розрахунковий струм окремого кабелю, А																Ip =	38,43	
11	Коефіцієнт допустимого навантаження																Kдоп =	0,92	
12	Допустима втрата напруги в КЛ, %																dUдоп =	5	
13	Кількість кабелів																k =	2	
14	Довжина лінії, км																L =	0,5	
15	Дані аварійного режиму																		
16	Струм КЗ на початку лінії, кА																Iкз =	2,380644	
17	Приведений час КЗ, с																tn =	1,5	
18	Тепловий коефіцієнт C, (A*c*(1/2))/мм^2																C =	90	
19	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2																Fкз =	32,40	
20																			
21	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі																Kпа =	1,25	
22	Доля навантаження в післяаварійному режимі																Kппа =	0,8	
23	Допустима втрата напруги в КЛ, %																dUпадоп =	5	
24																			
25	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	K0, т.грн/км	Iдоп, А	dUn, %	dUna, %	dP, кВт	K, т.грн	E*K, т.грн	Вс, т.грн	З, т.грн	X	Kдоп*Iдоп >= Ip	Kппа*Kдоп >= Kппа*k%р	dUn <= dUдоп	dUna <= dUпадоп	F >= Fкз	
26	10	3,1	0,122	9,5381	65	0,82	1,32	13,74	9,54	1,34	7,70	-	-----	+	+	+	+	-	
27	16	1,94	0,113	13,784	75	0,52	0,84	8,60	13,78	1,93	4,82	-	-----	+	+	+	+	-	
28	25	1,24	0,099	19,854	90	0,34	0,54	5,49	19,85	2,78	3,08	-	-----	+	+	+	+	-	
29	35	0,89	0,095	25,953	115	0,25	0,40	3,94	25,95	3,63	2,21	5,85	35	+	+	+	+	+	
30	50	0,62	0,09	36,927	140	0,18	0,29	2,75	36,93	5,17	1,54	6,71	50	+	+	+	+	+	
31	70	0,443	0,086	50,501	165	0,13	0,21	1,96	50,50	7,07	1,10	8,17	70	+	+	+	+	+	
32	95	0,326	0,083	65,451	205	0,10	0,16	1,44	65,45	9,16	0,81	9,97	95	+	+	+	+	+	
33	120	0,258	0,081	82,823	240	0,08	0,13	1,14	82,82	11,60	0,64	12,24	120	+	+	+	+	+	
34	150	0,206	0,079	102,11	275	0,07	0,11	0,91	102,11	14,30	0,51	14,81	150	+	+	+	+	+	
35	185	0,167	0,077	137,48	310	0,06	0,09	0,74	137,48	19,25	0,42	19,66	185	+	+	+	+	+	
36	Мінімальні затрати, тис.грн											Змін	5,85						
37	Оптимальний переріз КЛ, мм^2											Хопт	35						

Рисунок 2.9 – Таблична форма розрахунку оптимального перерізу КЛ – 10 кВ від ЦРП до ТП2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Вибір оптимального перерізу КЛЗ																		
2	Економічні характеристики																		
3	Питома вартість втрат, грн/кВт																Bo=	560,895	
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень																Ee=	0,1	
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію																Ea=	0,04	
6	Дані нормального режиму																		
7	Напруга, кВ																U =	10	
8	Активна розрахункова потужність споживача, кВт																P =	954,1411	
9	Реактивна розрахункова отужність споживача, кВАр																Q =	862,2786	
10	Розрахунковий струм окремого кабелю, А																Ip =	37,12	
11	Коефіцієнт допустимого навантаження																Kдоп =	0,92	
12	Допустима втрата напруги в КЛ, %																dUдоп =	5	
13	Кількість кабелів																k =	2	
14	Довжина лінії, км																L =	0,5	
15	Дані аварійного режиму																		
16	Струм КЗ на початку лінії, кА																Iкз =	2,380644	
17	Приведений час КЗ, с																tn =	1,5	
18	Тепловий коефіцієнт C, (А*с ^{1/2})/мм ²																C =	90	
19	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²																Fкз =	32,40	
20																			
21	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі																Kпа =	1,25	
22	Доля навантаження в післяаварійному режимі																Kппа =	0,8	
23	Допустима втрата напруги в КЛ, %																dUpадоп =	5	
24																			
25	F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	KO, т.грн/км	Iдоп, А	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т.грн	E*К, т.грн	Вс, т.грн	З, т.грн	X	Kдоп*Iдоп >= Ip	Kпа*Kдоп n*Iдоп >= Kппа*K*Iр	dUn <= dUдоп	dUpa <= dUpадоп	F >= Fкз	
26	10	3,1	0,122	9,5381	65	0,77	1,23	12,82	9,54	1,34	7,19	-	-----	+	+	+	+	-	
27	16	1,94	0,113	13,784	75	0,49	0,78	8,02	13,78	1,93	4,50	-	-----	+	+	+	+	-	
28	25	1,24	0,099	19,854	90	0,32	0,51	5,13	19,85	2,78	2,88	-	-----	+	+	+	+	-	
29	35	0,89	0,095	25,953	115	0,23	0,37	3,68	25,95	3,63	2,06	5,70	35	+	+	+	+	+	
30	50	0,62	0,09	36,927	140	0,17	0,27	2,56	36,93	5,17	1,44	6,61	50	+	+	+	+	+	
31	70	0,443	0,086	50,501	165	0,12	0,20	1,83	50,50	7,07	1,03	8,10	70	+	+	+	+	+	
32	95	0,326	0,083	65,451	205	0,10	0,15	1,35	65,45	9,16	0,76	9,92	95	+	+	+	+	+	
33	120	0,258	0,081	82,823	240	0,08	0,13	1,07	82,82	11,60	0,60	12,19	120	+	+	+	+	+	
34	150	0,206	0,079	102,11	275	0,07	0,11	0,85	102,11	14,30	0,48	14,77	150	+	+	+	+	+	
35	185	0,167	0,077	137,48	310	0,06	0,09	0,69	137,48	19,25	0,39	19,63	185	+	+	+	+	+	
36	Мінімальні затрати, тис.грн											Змін	5,70						
37	Оптимальний переріз КЛ, мм ²											Хопт	35						

Рисунок 2.10 – Таблична форма розрахунку оптимального перерізу КЛ – 10 кВ від ЦРП до ТПЗ

Сектор кола картограми, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначається [19]:

$$\alpha_{\text{осв } i} = \frac{P_{\text{ро}} * 360}{P_{\text{ро}} + P_{\text{рі}}}, \quad (2.27)$$

де $P_{\text{ро}}$ – розрахункова потужність освітлювального навантаження, кВт;

$P_{\text{рі}}$ – розрахункова потужність силового навантаження, кВт.

$P_{\text{рі}}$ та $P_{\text{ро}}$ містяться в таблиці рис. 2.1.

Результати розрахунку картограми електричних навантажень наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок картограми активних навантажень

№ за планом	Найменування цехів	P_{Σ} , кВт	$P_{\text{ро}}$, кВт	R , мм	$\alpha_{\text{осв}}$, град
1	Основні виробничі приміщення	636,3	76,8	63,6	43,5
2	Збирально-монтажний	226,2	66,2	37,9	105,3
3	Субабонент №1, Адмінкорпус	178,4	70,4	33,6	80,8
4	Ремонтно-механічний	106,8	16,8	25,9	56,6
5	Очисні споруди	20,0	2,4	11,2	43,2
6	Субабонент №2	314,6	10,6	44,7	12,1
7	Відділ випробувань	144,3	18,3	30,2	45,7
8	Нестандартного обладнання	157,2	37,2	31,6	84,8
9	Тарно-пакувальний	34,9	10,9	14,8	112,4
10	Субабонент №3	114,3	24,2	26,9	108
11	Друкарня	131,4	75,5	28,8	206
12	Термопластавтоматів	545,4	25,4	58,9	16,7
13	КСК „Маяк”	39,9	3,9	15,7	35,1
14	Субабонент №4	177,2	37,3	33,5	75,2

Центр електричних навантажень (ЦЕН) підприємства розраховується за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^{14} (P_{p.i} + P_{p.o.i}) X_i}{\sum_{i=1}^{14} (P_{p.i} + P_{p.o.i})}; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{14} (P_{p.i} + P_{p.o.i}) Y_i}{\sum_{i=1}^{14} (P_{p.i} + P_{p.o.i})}, \quad (2.27)$$

де X_i, Y_i – координати центру навантажень i -го виробничого об'єкту.

Розрахунок ЦЕН виконано в масштабі креслення формату А4. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок ЦЕН підприємства

№ за планом	Найменування цехів	$P_{роз} + P_{ос}$ кВт	X, см	Y, см	$P_{роз} * X$, кВт*см	$P_{роз} * Y$, кВт*см
1	Основні виробничі приміщення	636	11,0	12,5	6996	7950
2	Збирально-монтажний	226,2	10,0	17,9	2262	4048,9
3	Субабонент №1, Адмінкорпус	178,4	11,5	19,5	1695,1	3478,8
4	Ремонтно-механічний	106,8	16,0	13,8	1708,8	1473,8
5	Очисні споруди	20,0	15,6	10,7	312	214
6	Субабонент №2	314,6	14,5	3,7	4561,7	1164
7	Відділ випробувань	144,3	9,0	5,7	1298,7	822,5
8	Нестандартного обладнання	157,2	9,0	2,4	1414,8	377,9
9	Тарно-пакувальний	34,9	9,0	4,1	314,1	143,1
10	Субабонент №3	114,3	5,0	16,0	371,5	1828,8
11	Друкарня	131,4	15,0	15,3	1971	2010,4
12	Термопластавтоматів	545,4	4,8	15,6	2617,9	8508,2
13	КСК „Маяк”	39,9	8,5	8,0	339,1	319,2
14	Субабонент №4	177,2	4,0	4,7	708,8	832,8
Всього по підприємству		2710,0			26571,5	33172,4

Координати ЦЕН підприємства (оптимального місця розташування ЦРП), визначені за наведеними формулами, становлять:

$$X_0 = \frac{26571,5}{2710} = 9,8 \text{ см}; \quad Y_0 = \frac{33172,4}{2710} = 12,2 \text{ см}.$$

Отримані результати за проведеними розрахунками показані на рис. 2.11

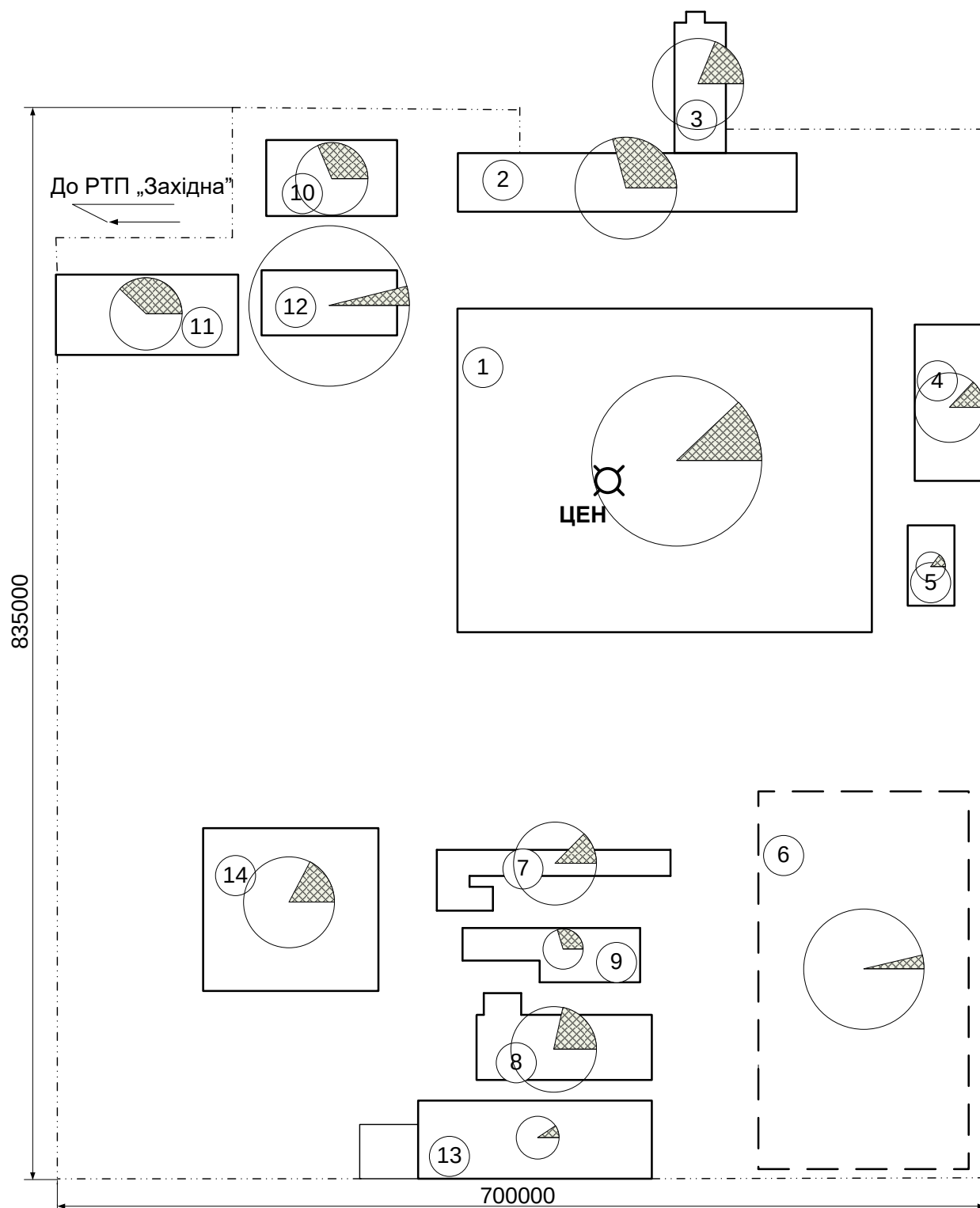


Рисунок 2.11– Результати розрахунку оптимального місця розташування
ЦРП підприємства

Розташувати ЦРП безпосередньо в ЦЕН неможливо, оскільки будуть порушуватись технологічні планування і створюватись перешкоди для руху технологічного транспорту [20]. Тому приймемо рішення з розташування ЦРП, змістивши його в сторону джерела живлення, як це показано в презентації магістерської роботи. ЦРП має виконуватись в окремій будівлі і комплектуватися електрообладнанням переважно, що вироблено в Україні.

2.6 Висновки до розділу 2

1) В системі електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» доцільно встановити три двотрансформаторні підстанції з потужністю трансформаторів по 1000 кВА.

2) Доцільним, з економічної точки зору, є використання кабельних ліній перерізами:

- РТП «ЗАХІДНА» – ЦРП підприємства 2ААБ(3×95);
- ЦРП підприємства – ТП1 2ААБ(3×50);
- ЦРП підприємства – ТП1 2ААБ(3×35);
- ЦРП підприємства – ТП1 2ААБ(3×35).

3) За своїми економічними показниками дана розроблена система електропостачання підприємства є оптимальною.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ СИЛОВИХ ЦЕХОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»

3.1 Побудова математичної моделі силових цехових трансформаторів для визначення умов їх роботоздатності

Ключовими елементами електроенергетичних систем є силові трансформатори, які забезпечують розподіл та передачу електричної енергії, вони активно використовуються в промисловості для забезпечення обладнання живленням у цехах. Від надійності їх роботи залежить увесь виробничий процес. А для забезпечення безперебійної та тривалої експлуатації силових трансформаторів потрібно враховувати багато факторів, які впливають на їх роботоздатність. Тому математичне моделювання є дуже важливим інструментом для аналізу роботи таких трансформаторів, адже дозволяє [4]:

- оцінити характеристики трансформатора: можна аналізувати їх ефективність роботи та втрати енергії;
- визначати умови експлуатації: враховуючи змінні умови роботи (напруга, температура, частота) допомагає виявити допустимі навантаження;
- прогнозувати аварійні ситуації: виявляє ризики короткого замикання, перенапруги або перевантаження;
- оптимізувати технічне обслуговування: для зменшення зносу обладнання розробляти графіки профілактичної роботи.

Побудова математичної моделі силового трансформатора дозволяє врахувати деякі технічні та фізичні фактори, а саме [24]:

1. механічні впливи: коли під дією електродинамічних сил можуть відбуватися деформації;
2. деградація ізоляційних матеріалів: коли старіння ізоляції впливає на електричну міцність;
3. теплові процеси: коли відбувається нагрівання обмотки та ізоляції та вплив на роботу трансформаторів температури;
4. електромагнітні процеси: коли враховується індукція, магнітний потік, втрати в сталі.

Розглянемо параметри та схеми заміщення трансформаторів в розподільній електричній мережі.

Для двообмоткових трансформаторів [8] (рис. 3.1, в) існують Г-подібні схеми заміщення з достатнім ступенем точності (рис. 3.1, г), де для понижувальних трансформаторів провідність підключається з боку обмотки високої напруги.

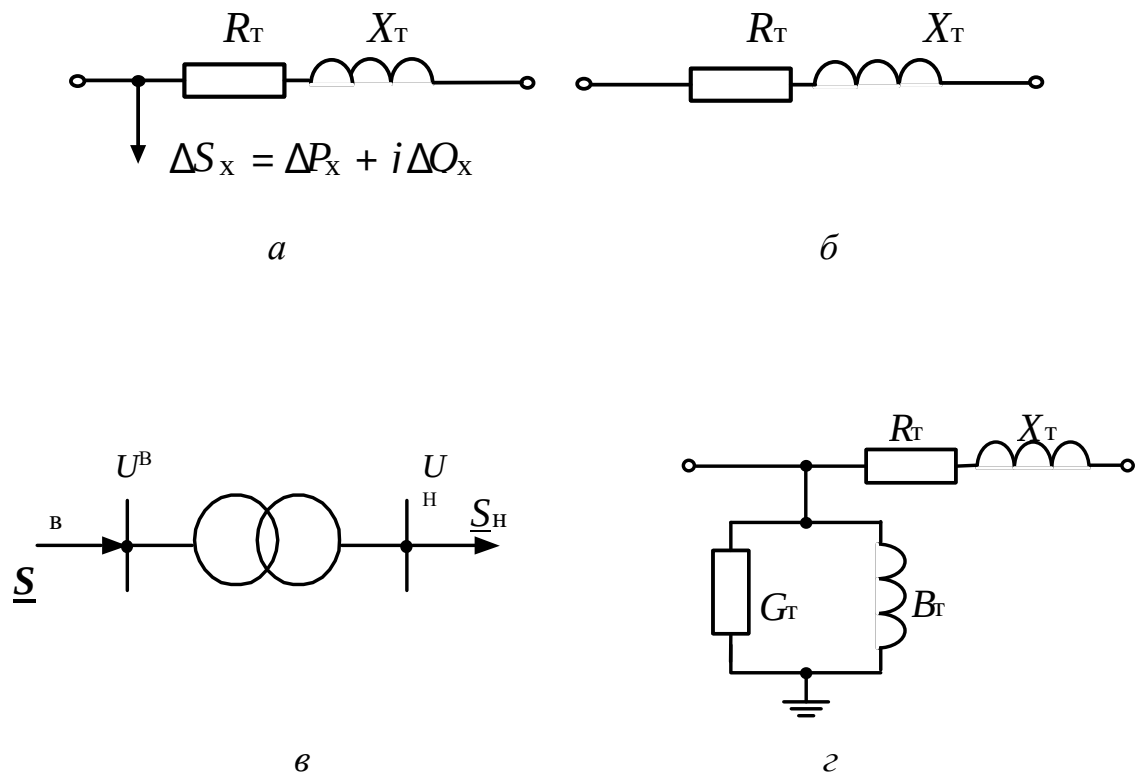


Рисунок 3.1 – Позначення і схеми заміщення двообмоткових трансформаторів

Поздовжня частина в схемі заміщення трансформатора має R_T і X_T , це відповідно активний та індуктивний опори в трансформаторі, які дорівнюють відповідно сумі активних і реактивних опорів обмоток високої напруги (R_B, X_B) та приведених до неї опорів обмоток низької напруги (R_H', X_H'):

$$R_T = R_B + R_H'; \quad X_T = X_B + X_H'; \quad Z_T = R_T + jX_T. \quad (3.1)$$

Поперечна частина в схемі заміщення (гілка намагнування) включає в себе активну та реактивну провідності G_T і B_T :

$$\underline{Y}_T = G_T - jB_T. \quad (3.2)$$

G_T – активна провідність, яка зумовлена втратами активної потужності в сталі трансформатора від струму намагнічування I_μ (на перемагнічування і вихрові струми).

B_T – реактивна провідність, яка визначається в обмотках трансформатора магнітним потоком взаємоіндукції, його ще називають потужністю, що намагнічує.

При напрузі високої сторони до 110 (150) кВ двообмоткові трансформатори зображають спрощеною схемою заміщення (рис. 3.1, а). В ній враховуються замість гілки намагнічування втрати потужності у сталі трансформатора, які ще називаються втратами холостого ходу, у вигляді додаткового навантаження:

$$\Delta \underline{S}_x = \Delta P_x + j\Delta Q_x. \quad (3.3)$$

При напрузі високої сторони до 10 кВ для двообмоткових трансформаторів нехтують впливом провідності та використовують просту схему заміщення [22], яка складається лише з послідовно з'єднаних активного й індуктивного опорів (рис. 3.1, б).

За паспортними даними визначають опори і провідність двообмоткових трансформаторів:

$U_{H.B}, U_{H.H}$ – номінальна напруга обмоток високої та низької напруги, кВ;

$S_{H.T}$ – номінальна потужність трансформатора, МВА;

ΔP_x – втрати холостого ходу (або втрати у сталі), кВт;

ΔP_k – втрати короткого замикання (або втрати в міді), кВт;

I_x – струм холостого ходу, %;

u_k – напруга короткого замикання, %.

Для визначення активного опору трансформатора користуються наступною формулою, Ом:

$$R_T = \Delta P_k \cdot U_{H.B}^2 / S_{H.T}^2 \quad (3.4)$$

А для визначення індуктивного опору трансформатора використовують формулу, Ом:

$$X_T = u_k'' \cdot U_{H.B}^2 / (100 S_{H.T}), \quad (3.5)$$

де u_k'' – падіння напруги в індуктивному опорі від струму, який протікає в режимі короткого замикання, %.

Визначимо параметри схеми заміщення (рис. 3.1, з) двообмоткового трансформатора типу ТМ 1000/10, який використовується на підприємстві, приведені до номінальної напруги первинної та вторинної обмоток.

Паспортні дані цього трансформатора такі: $S_{H.T} = 1000$ кВА;

$U_{H.B} = 10$ кВ; $U_{H.H} = 0,4$ кВ; $\Delta P_k = 12,2$ кВт; $\Delta P_x = 2,1$ кВт; $u_k = 5,5$ %; $I_x = 1,4$ %.

1. Активні опори обмоток трансформатора, зараховані до номінальної напруги первинної обмотки ($U_{H.B} = 10$ кВ) і вторинної обмотки ($U_{H.H} = 0,4$ кВ), визначаються за виразами:

$$R_{TB} = \Delta P_k \cdot U_{H.B}^2 / S_{H.T}^2; \quad R_{TH} = \Delta P_k \cdot U_{H.H}^2 / S_{H.T}^2. \quad (3.6)$$

Тоді $R_T^B = 12,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 / 1^2 = 1,22$ Ом;

$R_T^H = 12,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4^2 / 1^2 = 19,5 \cdot 10^{-2}$ Ом.

2. Для визначення індуктивних опорів обмоток трансформатора знаходиться значення u_k'' :

$$u_k' = 100 \Delta P_k / S_{H.T}; \quad (3.7)$$

$$u_k'' = \sqrt{(u_k')^2 - u_k^2}. \quad (3.8)$$

Тоді $u_k' = 100 \cdot 12,2 \cdot 10^{-3} / 1 = 1,22$ %;

$$u_k'' = \sqrt{(5,5^2 - 1,22^2)} = 5,36 \text{ \%}.$$

3. Індуктивні опори обмоток трансформатора визначаються за виразами:

$$X_T^B = u_k'' \cdot U_{H,B}^2 / (100 S_{H,T}); \quad X_T^H = u_k'' \cdot U_{H,H}^2 / (100 S_{H,T}). \quad (3.9)$$

$$\text{Тоді } X_T^B = 5,36 \cdot 10^2 / (100 \cdot 1) = 5,36 \text{ Ом};$$

$$X_T^H = 5,36 \cdot 0,4^2 / (100 \cdot 1) = 8,58 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}.$$

4. Активна провідність намагнічування трансформатора визначається за виразами:

$$G_{TB} = \Delta P_x / U_{H,B}^2; \quad G_{TH} = \Delta P_x / U_{H,H}^2. \quad (3.10)$$

$$\text{Тоді } G_T^B = 2,1 \cdot 10^{-3} / 10^2 = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ См};$$

$$G_T^H = 2,1 \cdot 10^{-3} / 0,4^2 = 1,31 \cdot 10^{-2} \text{ См}.$$

5. Реактивна провідність намагнічування трансформатора визначається за виразами:

$$B_T^B = I_x \cdot S_{H,T} / (100 U_{H,B}^2); \quad (3.11)$$

$$B_T^H = I_x \cdot S_{H,T} / (100 U_{H,H}^2). \quad (3.12)$$

$$\text{Тоді } B_T^B = 1,4 \cdot 1 / (100 \cdot 10^2) = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ См};$$

$$B_T^H = 1,4 \cdot 1 / (100 \cdot 0,4^2) = 8,75 \cdot 10^{-2} \text{ См}.$$

6. Для трансформаторів з вищою напругою до 110(150) кВ допустиме використання схеми заміщення, де гілка намагнічування замінюється потужністю втрат холостого ходу, тобто

$$\Delta \underline{S}_x = \Delta P_x + j \Delta Q_x, \quad (3.13)$$

де ΔQ_x – реактивна потужність утрат холостого ходу;

$$\Delta Q_x = I_x \cdot S_{H,T} / 100. \quad (3.14)$$

$$\text{Тоді } \Delta Q_x = 1,4 \cdot 1 / 100 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Мвар}.$$

7. Відношення потужностей втрат холостого ходу і номінальної потужності трансформатора відповідно дорівнюють:

$$\Delta P_x / S_{H,T} = 2,1 \cdot 10^{-3} / 1 = 0,0021; \quad \Delta Q_x / S_{H,T} = 1,4 \cdot 10^{-2} / 1 = 0,014.$$

Таким чином, значення ΔP_x становить приблизно 0,21 %, а ΔQ_x – 1,4 % номінальної потужності трансформатора і потужності втрат холостого ходу не враховуються в схемах заміщення двообмоткових трансформаторів 10 кВ [25].

8. Повні опори обмоток трансформатора

$$\underline{Z}_T^B = R_T^B + jX_T^B = (1,22 + j5,36) \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_T^H = R_T^H + jX_T^H = (19,5 \cdot 10^{-2} + j8,58 \cdot 10^{-3}) \text{ Ом}.$$

9. Повна провідність намагнічування трансформатора

$$\underline{Y}_T^B = G_T^B - jB_T^B = (2,1 \cdot 10^{-5} - j1,4 \cdot 10^{-4}) \text{ См};$$

$$\underline{Y}_T^H = G_T^H - jB_T^H = (1,31 \cdot 10^{-2} - j8,75 \cdot 10^{-2}) \text{ См}.$$

10. Повна потужність утрат холостого ходу трансформатора

$$\Delta \underline{S}_x = \Delta P_x + j\Delta Q_x = (2,1 \cdot 10^{-3} + j1,4 \cdot 10^{-2}) \text{ МВА}.$$

Розглянемо математичну модель об'єкта перевірки.

Модель — це об'єкт (явище, процес, система), що знаходиться у відношенні подібності до модульованого об'єкта.

Діагностичною моделлю (ДМ), або моделлю з порушенням, називають формальний опис, який відображає зміну стану об'єкта діагностування під дією порушень.

Всі ДМ можна поділити на дві групи: звичайні та спеціальні. Під звичайними моделями розуміють такі, в яких математичний опис поведінки об'єкта без порушень збігається з описом, який ми використовуємо для дослідження об'єкта з порушеннями. В спеціальних моделях опис поведінки об'єкта з порушеннями та без них суттєво відрізняється.

Залежно від того, які використовуються характеристики об'єкта, їх поділяють на детерміновані та ймовірнісні (стохастичні). Особливістю детермінованої моделі є єдина траєкторія, яка визначає детермінований зв'язок роботоздатності з характеристикою пошкодження. Класифікацію математичних моделей за іншими ознаками подано на рис. 3.2.

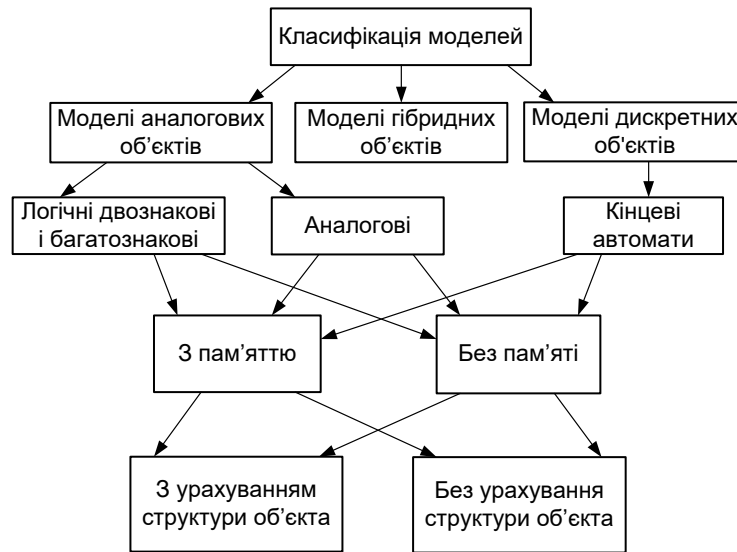


Рисунок 3.2 — Класифікація моделей

Для аналогових об'єктів найчастіше використовують двознакові логічні моделі, які застосовуються для різних способів задання об'єктів перевірки: функціональними схемами або структурами, системами рівнянь будь-якого виду, а також сукупність причинно-наслідкових зв'язків між параметрами об'єктів. Двознакові логічні моделі, однак, мають обмежені можливості з локалізування пошкоджень, які входять до контурів зворотних зв'язків. Усунути цей недолік можна шляхом розімкнення зворотних зв'язків, якщо це допустимо в процесі перевірки об'єкта. В протилежному випадку необхідно застосувати більш складні математичні моделі — наприклад, багатозначні логічні або навіть аналогові.

Для дискретних об'єктів перевірки природною моделлю є кінцевий автомат. Питання побудови, аналізу і синтезу таких моделей є предметом дослідження теорії релейних пристроїв і кінцевих автоматів. Умовою побудови математичних моделей об'єктів перевірки є задання моделі несправності. Коли моделлю об'єкта перевірки є структурний кінцевий автомат або двозначова логічна модель, то розглядають логічні несправності виду: константа 0 або константа 1. В багатозначних логічних і аналогових

моделях несправність модулюється як зміна значень відповідних параметрів.

При виборі моделі несправності важливою є однозначність між моделлю несправності і її фізичним тлумаченням. На рис. 3.3 подана класифікація несправностей.

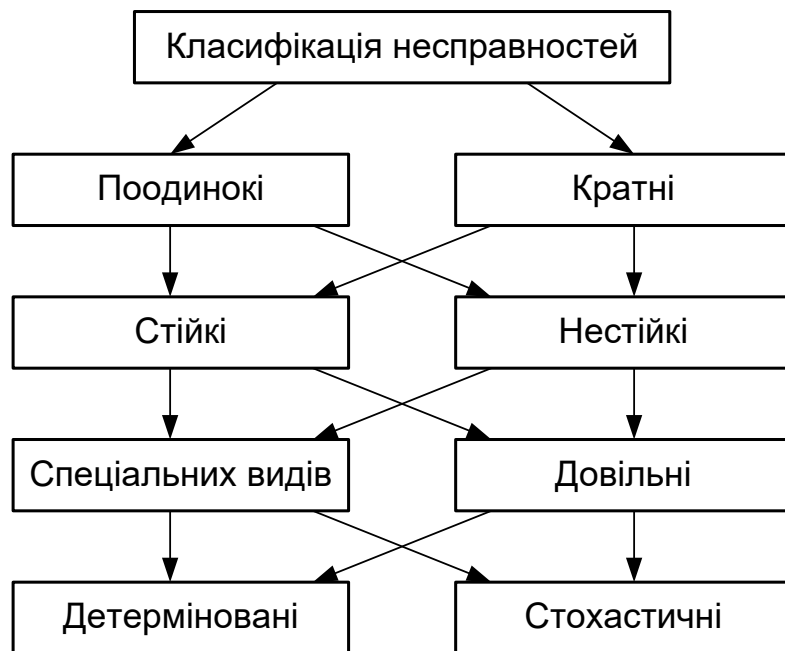


Рисунок 3.3 — Класифікація несправностей

Аналіз математичних моделей об’єктів перевірки відносять до головних етапів побудови програм перевірки технічного стану об’єкта. Метою аналізу (рис. 3.4) є отримання: таблиці функцій несправності в цілому або окремих її частин; переліку несправностей (пар несправностей), які розрізняються заданою окремою перевіркою, або переліку окремих перевірок, які виявляють дану несправність (пару несправностей).

Відомі методи аналізу поділяються на аналітичні, які працюють з “формульним” поданням моделі об’єкта, і структурні, які працюють з моделлю, поданою у вигляді структури об’єкта. Як в аналітичних, так і в структурних моделях аналіз поведінки моделі може здійснюватись за прямими

і зворотними функціями компонентів моделі.

При аналізі моделі об'єкта перевірки основною є задача пошуку і розробки ефективних за об'ємом обчислення і пам'яті методів і алгоритмів аналізу.

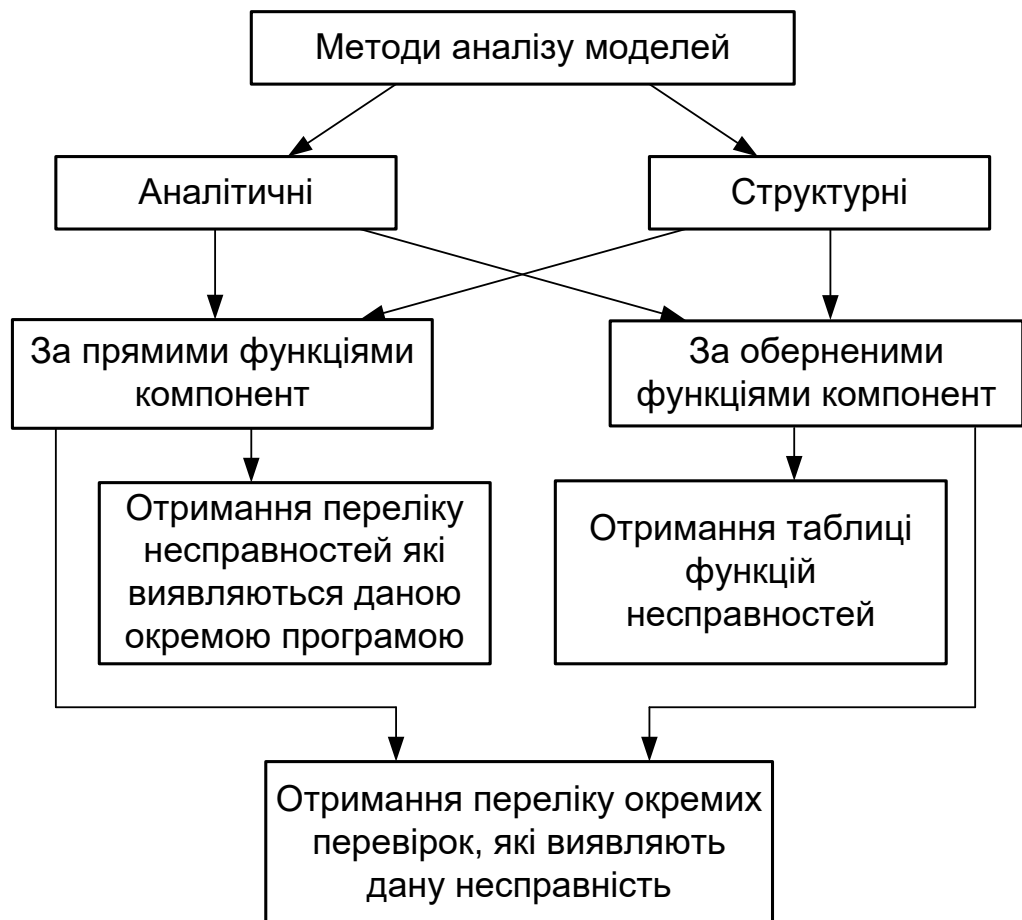


Рисунок 3.4 — Класифікація методів аналізу математичних моделей

Під раціональністю моделі розуміють зручність проведення її аналізу і отримання кінцевого результату. Вибір того чи іншого типу моделі залежить від великої кількості різних факторів: режиму роботи, умови експлуатації, конструктивного виконання, типу комплектуючих елементів і т. п.

Дослідження ДМ передбачає: визначення умов роботоздатності, тобто правила розділу множини станів S на підмножини: роботоздатних S_1 та

нероботоздатних S_2 станів; визначення критерію для оцінювання роботоздатності ОД (різницю станів в підмножині S_1); визначення ознак порушень (різницю станів в підмножині S_2).

3.2 Вибір сукупності показників для оцінювання умов роботоздатності силових цехових трансформаторів

Технічний об'єкт в загальному випадку можна розглядати як перетворювач одних величин x_i , які вводяться в об'єкт спеціально, в інші — y_i , які виникають на виході та називаються вихідними. Це перетворення можна записати так

$$\bar{Y} = A \cdot \bar{X}, \quad (3.15)$$

де $\bar{X}$ та $\bar{Y}$ відповідно вектори вхідних та вихідних величин; A — оператор, який характеризує ці перетворення.

Як модель об'єкта розглядають оператор A , а умовами роботоздатності при цьому буде ступінь відповідності дійсного оператора A заданому A_0 .

Математичне формування оператора A може бути різним залежно від природи системи, що розглядається. Однак будь-який стан системи повинен визначатися оператором однозначно, тобто він є детермінованим. Це складає особливість моделі роботоздатності першого типу. Але обмеженість наших знань фізики процесів зміни роботоздатності приводить до необхідності використовувати ймовірнісні характеристики, тобто моделі роботоздатності другого типу.

Особливістю моделей першого типу є єдина траєкторія, що визначає детермінований зв'язок роботоздатності з характером пошкодження. В другому випадку в силу гіпотетичності оператора перетворень необхідно враховувати ймовірні характеристики причинно-наслідкових зв'язків.

При використанні детермінованого оператора роботоздатність

розглядається з урахуванням того, що нами визначено характер зміни параметрів. При гіпотетичному операторі ми повинні враховувати ймовірні закони зміни параметрів, а роботоздатність оцінюється з допомогою усереднених ймовірних характеристик. Тобто ми вважаємо, що існує фіксована ймовірність того, що система, яка знаходиться в стані i в момент часу t перейде в стан j в момент часу $t + \Delta t$.

Згідно з цим матрицю переходів можна подати як

$$P = \|p_{ij}\|, \quad (3.16)$$

де p_{ij} — ймовірність переходу виробу із стану i в стан j , причому

$$p_{ij} \leq 1; \quad \sum_{i=1}^n p_{ij} = 1. \quad (3.17)$$

Якщо розглядати дискретний марковський процес і характеризувати поведінку системи n -вимірним вектором з компонентами p_{ij} , що визначають ймовірність знаходження системи в момент часу t в стані j , то поведінку системи в момент часу $t+1$ можна визначити із розв'язання системи рівнянь виду [7]

$$X_i(t+1) = \sum_{j=1}^n p_{ij} X_j(t), \quad i = 1, \dots, n. \quad (3.18)$$

Реальні об'єкти мають нелінійні елементи, але для практичних цілей вони можуть бути лінеаризовані і як діагностичні моделі можна використати лінійні диференційні рівняння, передатні функції або характеристичні рівняння передатної функції. В цьому випадку умови роботоздатності задають в найбільш загальному вигляді як обмеження на переміщення нулів і полюсів на комплексній площині і, використовуючи метод малого параметра, визначають допустиму зміну контрольованого параметра. На практиці обмежуються побудовою моделі на основі передавальної функції від вибраних входів і цікавих для нас виходів або задовольняються визначенням тих характеристик передатної функції, які мають значення для оцінення

роботоздатності об'єкта.

У багатьох практичних випадках як діагностичну модель можна розглядати характеристичне рівняння типу $a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 = 0$ та аналізувати тільки переміщення полюсів $p_i (i = 1, 2, \dots, n)$ системи.

Для елемента системи, заступна схема якого показана на рис. 3.5, задамо умови роботоздатності, при відомих нам і розрахованих параметрах і початкових значеннях.

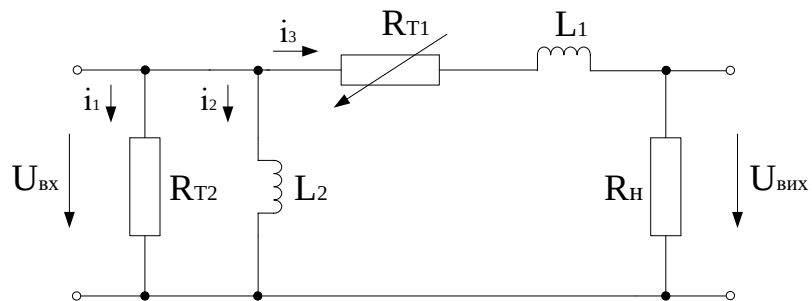


Рисунок 3.5 — Заступна схема

Запишемо систему рівнянь за I та II законом Кірхгофа:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{ВХ}}(t) = i_1(t) \cdot R_{T2} = \frac{L_2 di_2}{dt} \Rightarrow U_{\text{ВХ}}(p) = i_1(p) \cdot R_{T2} = i_2(p) \cdot pL_2 \\ \\ U_{\text{ВІХ}}(t) = i_3(t) \cdot R_H \Rightarrow U_{\text{ВІХ}}(p) = i_3(p) \cdot R_H \\ \\ \frac{L_2 di_2}{dt} = R_H \cdot i_3(t) + R_{T1} \cdot i_3(t) + \frac{L_1 di_3(t)}{dt} \Rightarrow \end{array} \right.$$

в операторній формі:

$$\Rightarrow i_2(p) \cdot p \cdot L_2 = R_H \cdot i_3(p) + R_{T1} \cdot i_3(p) + L_1 \cdot i_3(p) \cdot p;$$

$$i_1(p) = \frac{U_{BX}(p)}{R_{T2}}; \quad i_2(p) = \frac{U_{BX}(p)}{p \cdot L_2}; \quad i_3(p) = \frac{U_{ВИХ}(p)}{R_H};$$

$$\frac{p \cdot L_2 \cdot U_{BX}(p)}{p \cdot L_2} = \frac{R_H \cdot U_{ВИХ}(p)}{R_H} + \frac{R_{T1} \cdot U_{ВИХ}(p)}{R_H} + \frac{L_1 \cdot p \cdot U_{ВИХ}(p)}{R_H}$$

$$U_{BX}(p) = U_{ВИХ}(p) \cdot \left(\frac{R_H}{R_H} + \frac{R_{T1}}{R_H} + \frac{L_1 \cdot p}{R_H} \right) = \frac{U_{ВИХ}(p) \cdot (R_H + R_{T1} + L_1 \cdot p)}{R_H}$$

$$\frac{R_H}{R_H + R_{T1} + L_1 \cdot p} = \frac{U_{ВИХ}(p)}{U_{BX}(p)} = W(p)$$

$$L_1 \cdot p + R_H + R_{T1} = 0 \Rightarrow p = \frac{-R_H - R_{T1}}{L_1};$$

де R_H - це опір навантаження. В нашому випадку $R_H = 10$ Ом.

З формули:

$$x_L = \omega \cdot L_1 \quad (3.19)$$

$$L_1 = \frac{x_L}{\omega} = \frac{x_L}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad (3.20)$$

x_L - це наш індуктивний опір обмотки трансформатора. В наших розрахунках він становить $8,58 \cdot 10^{-3}$ Ом;

R_{T1} - активний опір обмотки трансформатора, який становить для нашого випадку 0,195 Ом.

Підставивши наші значення у формулу (3.20), отримаємо, що $L_1 = 2,73 \cdot 10^{-5}$ Ом.

Маючи всі дані для розрахунку, знайдемо наше значення p :

$$p = \frac{-10 - 0,195}{2,73 \cdot 10^{-5}} = -3,73 \cdot 10^5$$

Відомо, що відхилення активного опору обмоток трансформатора $\pm 5\%$. Тому $0,185 < R_{T1} < 0,205$.

Визначимо корені (полюси) характеристичного рівняння і подамо їх величину у вигляді табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Величини полюсів характеристичного рівняння

R_{var}	$P \cdot 10^5$
0.145	-3.716
0.15	-3.718
0.155	-3.72
0.16	-3.722
0.165	-3.723
0.17	-3.725
0.175	-3.727
0.18	-3.729
0.185	-3.731
0.19	-3.733
0.195	-3.734
0.2	-3.736
0.205	-3.738
0.21	-3.74
0.215	-3.742
0.22	-3.744
0.225	-3.745
0.23	-3.747
0.235	-3.749
0.24	-3.751
0.245	-3.753

Отже, ми визначили допустимі зміни значень активного опору обмоток трансформатора.

Графічне відображення умов роботоздатності елемента об'єкта діагностування подано на рис. 3.6.

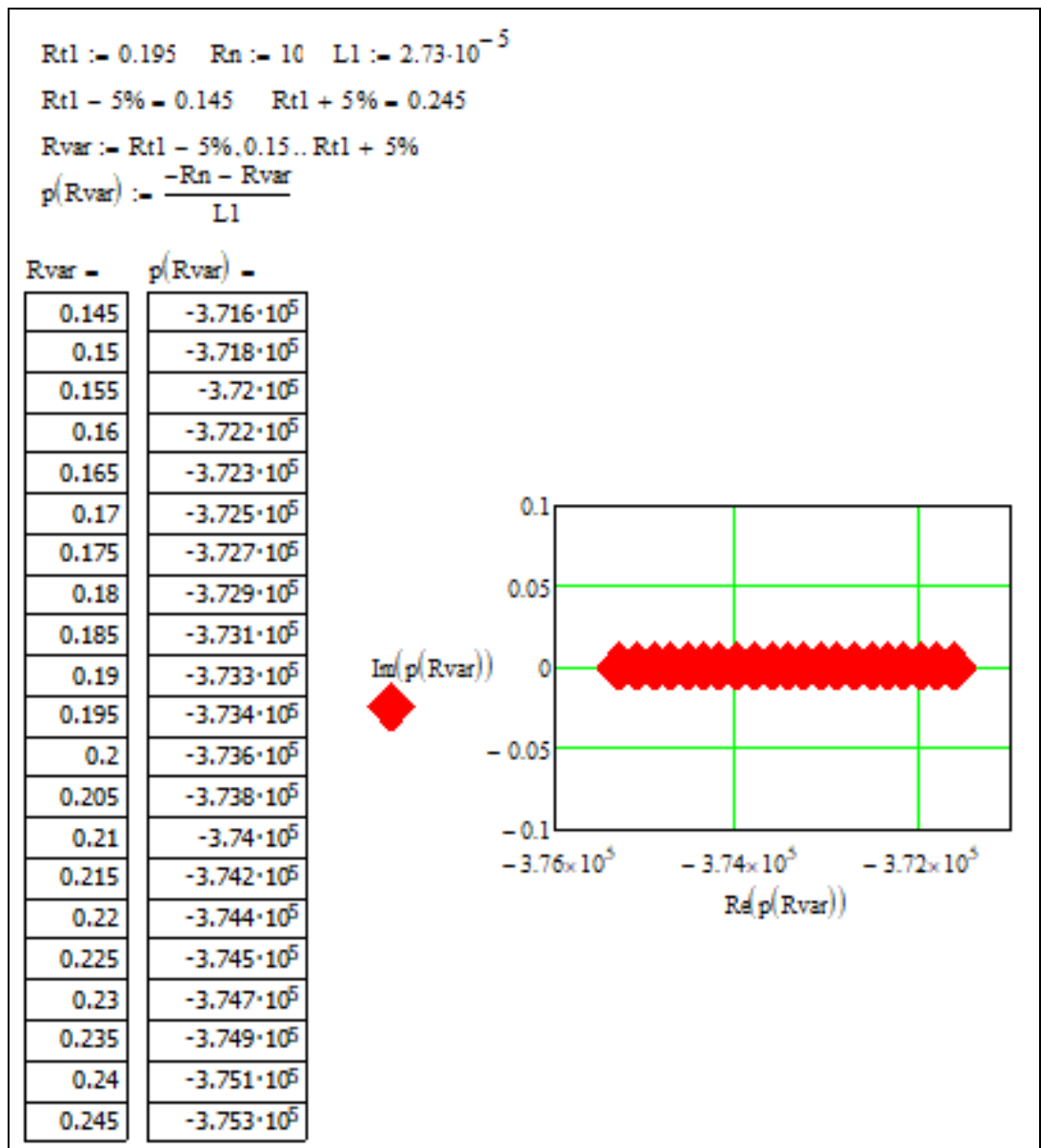


Рисунок 3.6 — Умови роботоздатності елемента об'єкта діагностування

3.3 Висновки до розділу 3

1) Побудовано математичну модель силових цехових трансформаторів типу ТМ-1000/10 для визначення умов їх роботоздатності. Визначено параметри схеми заміщення двообмоткового трансформатора ТМ-1000/10, приведені до номінальної напруги первинної та вторинної обмоток.

2) Визначено умови роботоздатності силових цехових трансформаторів марки ТМ-1000/10 за зміною величини активного опору трансформатора.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

4.1 Розрахунок чисельності обслуговуючого та ремонтного персоналу

Чисельність електроперсоналу визначається трудомісткістю поточного ремонту та технічного обслуговування електрообладнання та мереж [14]. Планова трудомісткість відповідного виду робіт T' ($T_{пр}$, $T_{огл}$) визначається :

$$T' = \Pi * t_{норм} * h \quad (4.1)$$

де Π – число ремонтів даного виду за рік, що приходить на одиницю обладнання;

$t_{норм}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд*год;

h – кількість обладнання даного виду.

Розрахунок планової трудомісткості технічного обслуговування виконується :

$$T_{то} = 12 * t_{норм} * k_{ср} \quad (4.2)$$

де $t_{норм}$ – планова трудомісткість поточного ремонту, люд*год;

$k_{ср}$ – коефіцієнт складності ремонту, 1/міс.

Розрахунок виконаємо у табличній формі за [9].

Потреба в ремонтному персоналі визначається за формулою:

$$N_{пр} = \frac{T_{пр}}{\Phi_{д} * K_{вн}}, \quad (4.3)$$

де $\Phi_{д}$ – дійсний фонд робочого часу за рік, $\Phi_{д}=1850-1900$ год;

Потреба в ремонтному персоналі визначається за формулою:

$$N_{пр} = \frac{T_{пр}}{\Phi_{д} * K_{вн}}, \quad (4.3)$$

де $\Phi_{д}$ – дійсний фонд робочого часу за рік, $\Phi_{д}=1850-1900$ год;

Таблиця 4.1 – Розрахунок планової трудомісткості технічного обслуговування

Обладнання та мережі	Поточний ремонт				Огляди			Технічне обслуговування, люд*год,
	Кількість	Число одиниць обладнання, рем/рік	Норми трудомісткості, люд*год	Загальна трудомісткість, люд*год	Число оглядів на одиницю облад., 1/рік	Норми трудомісткості, люд*год	Загальна трудомісткість, люд*год	
1.Кабельні лінії зовнішньої системи електропост, км ААБ(3*95)	0,85	1	15	75	-	-	-	180
2.Кабельні лінії заводського електропостачання ААБ(3*35),км	0,5	1	15	30	-	-	-	180
3.Кабельні лінії заводського електропостачання ААБ(3*50),км	0,2	1	15	15	-	-	-	180
4. Силовий трансформатор ТМ1000/10	6	0,33	60	118,8	12	4,5	324	147,6
5.Батарея конденсаторів ККУ-0,4-300/12-25-21УЗ	4	1	20	80	12	8,4	403,2	204,2
6. Батарея конденсаторів ККУ-0,4-60/12-5-21УЗ	2	1	20	40	12	8,4	201,6	102,1
7. Батарея конденсаторів ККУ-0,4-240/12-20-21УЗ	2	1	20	40	12	8,4	201,6	102,1
8. Батарея конденсаторів ККУ-0,4-100/10-10-21УЗ	2	1	20	40	12	8,4	201,6	102,1
Всього				438,8			1332	1198,1

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм, $K_{вн}=1,1$ – для ремонтного персоналу та $K_{вн}=1,05$ – для експлуатаційного,

$$N_{пр} = \frac{438.8}{1850 * 1,1} = 0,215 \text{ людини.}$$

Отриманий результат заокруглимо до цілого числа і приймемо до уваги те, що ряд робіт по ремонту електрообладнання у відповідності з правилами безпеки повинні виконувати двоє людей [9].

Приймемо кількість ремонтного персоналу 2 чол.

Розрахуємо потребу в експлуатаційному персоналі:

$$N_{обсл} = \frac{T_{огл} + T_{мо}}{\Phi_D * K_{вн}} = \frac{1332 + 1198,1}{1850 * 1,05} = 1,3 \text{ людини.} \quad (4.4)$$

Приймаємо кількість експлуатаційного персоналу 2 чоловіки.

4.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Визначимо річний фонд прямої заробітної плати для робочих, що зайняті на роботах з експлуатації та обслуговуванні електрообладнання та мереж

$$\Phi_{п} = N_{обс} \cdot \beta_{в} \cdot t_{ч.е} \cdot \Phi_{д}, \quad (4.5)$$

де $\beta_{в}$ - коефіцієнт використання річного номінального фонду робочого часу, $\beta_{в} = 0.9$;

$t_{ч.е}$ - годинна тарифна ставка, що відповідає середньому тарифному розряду експлуатаційних робочих, що дорівнює 45 грн/год.

$$\Phi_{п} = 2 * 0,9 * 45 * 1850 = 149850 \text{ грн.}$$

Річний фонд прямої заробітної плати для робочих, що виконують поточний ремонт електрообладнання та електромереж

$$\Phi_{в} = T_{пр} \cdot t_{г.в}, \quad (4.6)$$

де $t_{г.в}$ - годинна тарифна ставка відрядників, що відповідає середньому розряду ремонтних робіт, $t_{г.в} = 55$ грн/год.

$$\Phi_{в} = 2 * 690,2 * 55 = 75922 \text{ грн.}$$

Фонд основної заробітної плати:

- на експлуатацію та обслуговування

$$\Phi_{o.п} = \Phi_{п} (1+0,05+0,01+\alpha),$$

де 0.05 (5%) - доля доплат за роботу в нічний час;

0.01 (1%) - доля доплат за роботу в святкові дні;

α - доля преміальних доплат, $\alpha = 0,2$,

$$\Phi_{o.п} = 149850 (1+0,05+0,01+0,2) = 188811 \text{ грн};$$

- на поточний ремонт електрообладнання та мереж

$$\Phi_{o.в} = \Phi_{в} (1+0,05+0,01+\alpha) = 75922(1+0,05+0,01+0,2) = 95661,7 \text{ грн.}$$

Величина сумарного фонду заробітної плати з врахуванням додаткової заробітної плати:

$$\Phi_{об.п} = 188811 \cdot (1 + 0,075) = 202971,8 \text{ грн/рік};$$

$$\Phi_{об.в} = 95661,7 \cdot (1 + 0,075) = 102836,3 \text{ грн/рік},$$

де 0,075 = доля додаткової заробітної плати.

Врахувавши нарахування на заробітну плату (фонд соціального страхування - 4%; фонд зайнятості - 1.5%; пенсійний фонд - 32%), визначимо витрати підприємства на заробітну плату робітникам, що забезпечують експлуатацію та обслуговування електрообладнання та ремонтному енергоперсоналу [3]:

$$C_{зп.т.о} = \Phi_{об.п} (1+0,04+0,015+0,32) = 279086,2 \text{ грн};$$

$$C_{зп.п.р.} = \Phi_{об.в} (1+0,04+0,015+0,32) = 141399,9 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок витрат підприємства на матеріали, що потрібні на всі види ремонтів та технічне обслуговування електрообладнання та електромереж

Розрахунок потреби кількості основних матеріалів для всіх видів ремонтів та технічного обслуговування виконаємо на основі норм витрат матеріалів. В системі ППРОСПЭ витрати матеріалів, віднесені на 100 люд.-год трудомісткості ремонтів, включаючи і технічне обслуговування. Розрахунок виконаємо в

табличній формі, таблиця 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок потреби кількості основних матеріалів

Назва матеріалу	Ціна, грн	Норма витрат на 100люд.-го	Вартість матеріалу, грн
Силові трансформатори			
Сталь сортова, кг	33,3	6	200
Припой олов'яно-свинцевий, кг	409,6	0,02	8,2
Припой мідно-фосфористий, кг	129,5	0,03	3,9
Електроди, кг	77,2	0,15	12
Кріпильні вироби, кг	69,2	2,0	138
Провід, м	130,7	0,5	653
Мідь/алюміній (голий), кг	145,3	62	9009
Картон електроізоляційний, кг	54,8	1,4	77
Кабельна бумага, кг	48	0,6	29
Лакотканина, м	101,0	0,2	20,2
Стрічка кіперна, кг	328	40	13120
Стрічка асбестова, електроіз. кг	9,2	0,05	0,46
Лак ізоляційний, кг	47,6	1,5	71,4
Емалі ґрунтові, кг	59,4	2,5	89,1
Масло трансформаторне, кг	36	0,58	20,9
Бензин, кг	300	0,7	210
Розчинник, кг	98,9	0,8	79
Маслостійка гума, кг	121	0,4	48,4
Гума профільна, кг	121	0,13	16
Шнур кручений, м	101,2	0,3	30,4
Обтирочний матеріал, кг	72	0,4	29
ВСЬОГО			23077
Кабельна лінія			
Сталь сортова, кг	166	2	332
Електроди, кг	77,2	0,1	7,7
ВСЬОГО			340

Вартість матеріалів для поточного ремонту:

$$C_{M \text{ ПР.}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{n,p,i} \sum_{j=1}^g m_{np,i} \cdot \dots \cdot j, \quad (4.7)$$

де f - кількість груп обладнання та мереж;

$T_{n,p,i}$ - трудомісткість поточного ремонту для i групи;

g - число різновидності матеріалів;

$m_{пр,j}$ - норма витрати j -го виду матеріалу на 100 люд.-год. трудомісткості поточного ремонту;

Π_{mj} - ціна одиниці матеріалу, грн.

$$C_{МПР} = 0,01 [39,6 * 23077 + (81 + 57,8 + 12 + 47) * 340] = 9819 \text{ грн.}$$

Планова вартість матеріалів для технічного обслуговування

$$C_{М.Т.О.} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{Т.О.i} \sum_{j=1}^g m_{прj} \cdot \Pi_{mj}, \quad (4.8)$$

де $T_{Т.О.i}$ - трудомісткість технічного обслуговування для всієї i -ої групи.

$$C_{МТО} = 0,01 [147,6 * 2 * 23077 + 180 * 2 * 340] = 68932 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування

$$C_{обс} = C_{зп.т.о} + C_{м.т.о} = 279086,2 + 68932 = 348018,2 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт

$$C_{п.р.} = C_{зп.п.р} + C_{м.п.р} = 141399,9 + 9819 = 151218,9 \text{ грн.}$$

4.4 Визначення амортизаційних відрахувань та інших витрат

Амортизаційні відрахування визначимо за формулою

$$C_a = \sum_{i=1}^f P_{ai} \cdot K_i, \quad (4.9)$$

де P_{ai} - норма амортизаційних відрахувань для i -ої групи;

K_i - капітальні вкладення в i -ту групу обладнання системи електропостачання.

$$C_a = [0,043 * 4670,53 * 1,7 + 0,064(2276,2 + 2276,2 + 2505,8)] * 10^3 = 793 * 10^3 \text{ грн.}$$

Інші витрати (витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частина загально - заводських витрат) приймають в розмірі 25-30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт та амортизацію

$$C_i = 0,25(C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a) =$$

$$= 0,25 (348018,2 + 151218,9 + 793000) = 1292237,1 \text{ грн}$$

Таблиця 4.3 – Кошторис різних поточних витрат

Найменування статей	Втрати, грн	% до підсумку
Затрати на експлуатацію електро-обладнання та мереж	348018,2	10
Поточний ремонт	151218,9	30
Амортизаційні відрахування	793000	38
Інші витрати	1292237,1	19
ВСЬОГО	2584474,2	

4.5 Розрахунок плати за електроенергію

Величина корисно спожитої електроенергії на підприємстві за рік

$$\mathcal{E}_a = P_p T_m = 2771,15 \cdot 3000 = 8313450 \text{ кВт*год.} \quad (4.10)$$

Розрахуємо величину втрат електроенергії в лініях 10 кВ.

$$\Delta \mathcal{E} = 7497 \text{ кВт*год}$$

Втрати потужності в трансформаторах

$$\Delta P_T = 32,96 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо величину втрат електроенергії в трансформаторах.

$$\Delta \mathcal{E}_T = \Delta P_{mp} \cdot \tau = 32,96 \cdot 2000 \cdot 10^{-3} = 65920 \text{ кВт*год.} \quad (4.11)$$

Загальна потреба підприємства в електроенергії

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_a + \Delta \mathcal{E}_l + \Delta \mathcal{E}_T = 8313450 + 7497 + 65920 = 8386867 \text{ кВт*год.}$$

Плата за електроенергію, що спожита підприємством. Тариф на електроенергію становить 6 грн/кВт*год [14].

$$\mathcal{C} = C_0 \cdot \mathcal{E} = 6 \cdot 10^3 \cdot 8386867 = 50321202 \text{ тис грн.} \quad (4.12)$$

4.6 Собівартість електроенергії

Собівартість однієї корисно спожитої кіловат години електроенергії розраховується за формулою:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{\Xi_a}, \quad (4.13)$$

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

Ξ_a – річна кількість корисної споживаної підприємством електроенергії, тобто без обліку втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год/рік.

$$C_{\text{сум}} = Ц + C_{\text{н}} = 50321202 \cdot 10^3 + 2033,376 \cdot 10^3 = 50323235 \cdot 10^3 \text{ грн};$$

$$S = \frac{50323235 \cdot 100}{8313450} = 6,25 \text{ (грн/кВт·год)}.$$

4.7 Висновки до розділу 4

1. За умови, що тариф на електроенергію 6 грн/кВт*год, собівартість електроенергії для Приватного акціонерного товариства «МАЯК» становить 6,25 грн/кВт*год.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному дипломному проєкті розробляється система електропостачання ПрАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК». На підприємстві в цеху термопластавтоматів при виконанні робіт згідно ГОСТ 12.0.002-80 існують такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори у відповідності з прийнятою класифікацією (ГОСТ 12.0.003-74) [15]:

фізичні:

- рухомі машини та механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищений рівень шуму на робочому місці(в цехах);
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень запиленості повітря робочої зони;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може статись через тіло людини;

психофізіологічні:

- нервово психічні перевантаження (монотонність роботи);
- фізичні перевантаження (динамічні).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 повинні виконуватись наступні правила електробезпеки:

Для запобігання ураженню людей електричним струмом під час експлуатації електрообладнання, що знаходиться в цеху вимагається неухильне виконання таких умов [26]:

- електроустановки зазначеного цеху повинні задовольняти вимоги ПВЕ та інших нормативних документів.

- Електропостачання і підключення до джерел живлення електроенергією слід виконувати на основі вимог для будівель і споруд усіх типів.

- Ввідно-розподільчі пристрої електропостачання повинні мати вторинне заземлення з опором не більше 3 Ом;

- Підключення по КЛ-0.4 кВ слід виконувати згідно з вимогами розділу ПВЕ.

- Силове електрообладнання має відповідати вимогам розділу ПВЕ.

- Електричне освітлення має відповідати вимогам розділу ПВЕ.

Електропроводки мають відповідати вимогам розділу ПВЕ.

Перед введенням нового електрообладнання в експлуатацію, а також після проведення ремонтних робіт, електроустановки вище вказаного цеху проходять технічний огляд та випробування в обсязі, що передбачається главою 1.8 ПВЕ та главою Е 2.13ПТЕ електроустановок [18].

Генеральний план підприємства розроблений у відповідності з вимогами безпеки праці та санітарно – гігієнічними нормами. Вони передбачають запобігання можливості виникнення шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Враховується також природне освітлення та провітрювання і ін. Виробничі споруди , в згідності з діючими нормами та правилами , можуть мати різну форму та розмір , які повинні забезпечити добрі санітарно – гігієнічні та безпечні умови праці.

У цехах передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці.

Належну освітленість робочого місця як природнім, так і штучним освітленням дозволяє забезпечити наявність віконних проїмів та світильників.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Генеральний план заводу розробляється згідно з вимогами безпеки праці та санітарно-гігієнічними. Вони передбачають запобігання можливості виникнення шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Враховуються природне освітлення та провітрювання [16-17].

Ділянка підприємства, окремі будівлі з технічними процесами, є джерелами виділення шуму вищих встановлених нормами рівнів, для жилої будівлі вибираються з повітряної сторони, для вітрів – переважного напрямлення.

Особи, на яких впливає в процесі трудової діяльності шум, підлягають періодичним медичним оглядам.

На виробництві встановлюється санітарно-захисну зону розміром 50 м.

Допоміжні приміщення слід розміщувати в прибудовах до виробничих будівель в місцях з найменшим впливом небезпечних та шкідливих факторів. Висота допоміжних будівель повинна бути не менше як 2,4 м. У групу санітарно-побутових приміщень входять гардеробні, вбиральні, умивальні, курильні кімнати, приміщення для особистої гігієни, приміщення для обігрівання працівників та ін [20].

При організації робочого місця та визначенні робочих операцій необхідно керуватись принципами економії руху, які сприяють збільшенню виробничої праці та знижують втомленість, зменшують кількість похибок та травм.

5.2.1 Мікроклімат

Для підвищення працездатності і збереження здоров'я важливо створити для людини стабільні метеорологічні умови – мікроклімат повітряного середовища, що складається з температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та інтенсивності теплового випромінювання. Оптимальні показники

мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону приміщення, допустимі – на постійні і непостійні робочі місця робочої зони. Допустимі показники встановлюються у випадку, коли по технологічним, технічним та економічним причинам неможливе забезпечення оптимальних показників. Роботи на ділянках в основному відносяться до фізичних робіт середньої важкості (категорії Пб).

Пб – роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, перенесенням вантажів до 10 кг і супроводжуються помірним фізичним напруженням (енерговитрати організму 200-250 ккал-год (232-293 Дж/с)).

Відповідно до вищенаведеного, отримаємо такі нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість	Швидкість руху кисню, м/с
		Допустима на робочих місцях		Допустима на постійних та непостійних робочих місцях	Допустима на постійних та непостійних робочих місцях
		Постійних	Непостійних		
Теплий	Середньої важкості Пб	16-27	15-29	70 при 25 °C	0,2-0,5
Холодний	Середньої важкості Пб	15-21	13-23	75	не більше 0,4

Для забезпечення мікроклімату проектом передбачені такі рішення [25]:

- необхідно забезпечувати допустимі температури повітря для різної пори року. Для цього встановлюються пристрої для кондиціювання повітря влітку та нагріву – зимою. Також важливо визначити температуру навколишнього повітря;
- у теплий період року допускається підвищення температури повітря на постійних і непостійних робочих місцях до 30-31 °C .

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично-допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 .

В умовах, які розглядаються, забруднювачем повітря може бути нетоксичний пил. Його ГДК відповідно дорівнює: максимальна разова $0,5 \text{ мг/м}^3$; середньодобова $0,15 \text{ мг/м}^3$ [21].

Для забезпечення складу повітря робочої зони проектом передбачене таке рішення:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання і з яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення.

5.2.3 Виробниче освітлення

Особлива увага приділяється освітленню виробничих приміщень. Природне освітлення [24] нормується коефіцієнтом природного освітлення – (КПО) або e_N :

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (5.1)$$

де e_N – значення КПО, $e_N = 2$ згідно розряду зорових робіт (III);

m – коефіцієнт світлового клімату, згідно з ДБН В.2.5-28-2006 $m=0,9$.

Орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту на північ.

$$e_N = 2 \cdot 0,9 = 1,8 \%. \quad (5.2)$$

На даних ділянках передбачено систему загального освітлення. Також на даному об'єкті передбачається аварійне освітлення.

Система освітлення, що проектується, повинна забезпечувати норму освітленості. Роботи у розрахунковому цеху відносяться до IIIв розряду зорових робіт, тому норма загальної освітленості становить 300 лк , а комбінованої – 750 лк .

Таблиця 5.2 – Вибір ламп денного світла

Дільниця	Тип ламп	Габарити	Номінальна потужність лампи, $P_{\text{ном}}$ Вт	Розрахунковий світловий потік Φ , лк
Цех термопластавтом	УПДДРЛ	446×590	700	35000

Аварійне освітлення повинно створювати на поверхнях, що вимагають обслуговування, освітленість 5% від нормованої від загального освітлення. Тому в розрахунковому цеху норма аварійної освітленості становить 15 лк.

Таблиця 5.3 – Вибір ламп аварійного освітлення

Дільниця	Тип лампи	Габарити	Номінальна потужність лампи, $P_{\text{ном}}$, Вт	Розрахунковий світловий потік, Φ , лк
Корпус металовиробів	ДРЛ	446×590	700	35000

Таблиця 5.4 – Вибір світильників

Тип світильника	Кількість ламп	Номінальна потужність лампи, Вт	Довжина, мм	Ширина, мм
УПДДРЛ	1	700	446	590

Світильники УПДДРЛ мають косинусну криву розподілення сили світла.

Для забезпечення виробничого освітлення проектом передбачені такі рішення [26-27]:

- встановлення світильників типу УПДДРЛ згідно з санітарними нормами;
- живлення робочого і аварійного освітлення в нормальному режимі здійснюється від різних джерел.

5.2.4 Виробничий шум

Шум являє собою хаотичне поєднання звуків різної частоти і інтенсивності, і є одним з найбільш розповсюджених факторів зовнішнього середовища. Звук є хвильовим коливанням пружного середовища, при якому виявляється залишковий тиск. Цей залишковий тиск, завдяки пружності оточуючого повітря, передається від одного шару повітря до іншого, викликаючи цим появу звукових хвиль [22-23].

При розповсюдженні звукової хвилі, частина повітря виконує коливання біля положення рівноваги. Діапазон відчутних частот звуку лежить в межах 20-2000 Гц. Дія шуму на людину може викликати різні загально-біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональний розлад і механічні пошкодження. Тривала дія інтенсивного шуму може викликати погіршення слуху людини, втому, появу професійних захворювань, а при рівнях 120-140 дБ спроможний викликати механічний розлад слухового апарату. Також шум може впливати на інші системи: серцево-судинну систему, погіршення тонусу, роботи шлунку і т.п.

Допустимий рівень шуму для постійних робочих місць і робочих зон у виробничих приміщеннях і на території підприємства дорівнює 75дБ. При перевищенні цих вимог для конкретних приміщень передбачені загороджуючі екрани у машин, які є основними збудниками шуму, а також звукоізолюючі стіни і перегородки між цехами.

Нормуються допустимі рівні звукового тиску:

$$L=20(P_1/P_0), \text{ дБ} \quad (5.3)$$

де P_1 – середньоквадратичне значення звукового тиску, Па, за період часу, що розглядається;

P_0 – значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньо геометричною частотою 1000 Гц.

Нормуються допустимі рівні звукового тиску залежно від частоти, характеру робіт і характеру шуму (нормування за граничними спектрами ГС).
Або нормуються допустимі рівні звуку:

$$L=20\lg(P_A/P_0), \text{ дБа} \quad (5.4)$$

де P_A – середньоквадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції А шумоміра.

Нормуються допустимі рівні звуку залежно від характеру робіт і характеру шуму.

У цеху металовиробів шум є постійним, по походженню механічний. Шум погіршує точність виконання робочих операцій, ускладнює прийом та сприйняття інформації, зменшує продуктивність праці, збільшує брак в роботі, створює передумови до виникнення нещасних випадків.

Таблиця 5.6 – Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях у виробничих приміщеннях на території підприємства [27].

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ в октавних полосах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях У виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні проектом передбачено:

- приміщення, в яких розміщуються такі установки відгороджуються від інших приміщень перегородками;

- вентиляційні установки, які є основними джерелами шуму встановлені на віброізолюючих амортизаторах і окремих фундаментах;

у більшості цехів для виключення випадків перевищення допустимого рівня шуму необхідно регулярно здійснювати контроль роботи обладнання, яке шумить, і своєчасно усувати недоліки, що викликають підвищення рівня шуму під час роботи обладнання.

5.2.5 Виробничі вібрації

Нормуються допустимі величини віброшвидкості (м/с) чи віброприскорення (м/с²), або логарифмічні рівні віброшвидкості [15]:

$$L=20\lg(V_1/V_0), \text{ дБ} \quad (5.5)$$

де V_1 - середньоквадратичне значення віброшвидкості за повний період часу, м/с;

V_0 - 5-10 м/с – вихідне значення віброшвидкості.

У розрахунковому цеху, в основному, має місце локальна вібрація, яка викликає різні ступені судинних, нервово - м'язових, кістково суставних та інших порушень. Спазми судин починаються з кінцевих фаланг пальців і розповсюджуються на всю кисть, передпліччя і судини серця.

Таблиця 5.7 – Допустимі рівні локальної вібрації на постійних робочих місцях

Октавні полоси з середньо-геометричними частотами, Гц									
	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
–	–	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		115	109	109	109	109	109	109	109

Примітка: у чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, 10⁻² м/с, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Відповідно до вимог ”Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів“ передбачено заходи по зниженню виробничих шумів і вібрацій від робочого обладнання.

Для зменшення дії вібрації на працюючих проектом передбачено:

вентиляційні установки, які є основними джерелами вібрації, встановити на віброізолюючих амортизаторах і окремих фундаментах;

- використання гнучких вставок між вентиляторами та газоходами;
- вибір оптимальних швидкостей руху повітря і теплоносія.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до стандартного визначення, пожежа – це неконтрольований процес горіння поза спеціальним вогнищем, яке наносить матеріальний збиток.

Монтажно-штампувальний цех відноситься до приміщень категорії Д. Ступінь вогнестійкості корпусу – IV.

Таблиця 5.8 – Категорії приміщень за вибухо- та пожежонебезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться у приміщенні
Д	Негорючі речовини і матеріали у холодному стані

Таблиця 5.9 – Конструктивні характеристики будівлі в залежності від ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
IV	Будівлі з несучими і відгороджуючими конструкціями природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плиткових негорючих матеріалів. У покриттях будівель допускається застосування незахищених сталевих конструкцій

Мінімальні межі вогнестійкості для будівлі ступеня вогнестійкості IV

наведені у таблиці 5.10.

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В приміщенні, що проектується, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, до 1 чол/м² не обмежується.

Таблиця 5.10 – Мінімальні межі вогнестійкості та мінімальні межі розповсюдження полум'я по будівельних конструкціях цеху №.1

Стіни				Колони	Драбинні площадки	Плити, інші несучі конструкції	Елементи покриття	
Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити	Балки, арки, рами
$\frac{1}{0}$	$\frac{0.5}{0}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{40}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{25}$	$\frac{0.25}{0}$

Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів показана в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів

Об'єм приміщення тис. м ³	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 м ширини Евакуаційного виходу (дверей)
8000	Г	IV	260

На території цеху термопластавтоматів встановлено 1 пожежний щит. До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються в ньому, слід включати: вогнегасники ВП-5 – 3 шт., ящик з піском – 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті 2м х 2м – 1шт., гаки – 3 шт, лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящик для піску має місткість 3м³ та укомплектований совковою лопатою.

У приміщенні щит розташований у легкодоступному місці, ближче до виходу.

Для визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння потрібно враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні якості горючих речовин, їх взаємодію з вогнестійкими речовинами, а також розміри площ приміщень підприємства, відкритих площадок та установок [19].

5.4 Висновки до розділу 5

Пожежна безпека повинна забезпечуватись системою протипожежного захисту, протипожежними організаційно – технічними заходами:

- паспортизація горючих речовин;
- організація навчання працівників правилам пожежної безпеки;
- розробка заходів по діям адміністрації працівників на випадок виникнення пожежі;
- виготовлення і застосування засобів пожежної сигналізації по забезпеченню пожежної безпеки;
- при зберіганні, перевірці, видачі для роботи і експлуатації приладів і знарядь повинні виконуватись правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок;
- струмоведучі частини повинні бути ізольовані, огороженні чи розміщені в місцях, недоступних дотику людини;
- пристрої РЗА повинні бути постійно ввімкнені, крім пристроїв, які повинні виводитися з роботи згідно їх призначення і принципу дії, режимом роботи енергосистеми і умовами селективності;
- пристрої аварійної та попереджувальної сигналізації повинні бути завжди готові до дії;
- в експлуатації повинна бути забезпечена нормальна робота апаратури релейного захисту.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи, метою якої було підвищення надійності роботи системи електропостачання на ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» отримано такі результати:

✓ Проаналізовано систему електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк». На основі аналізу сформовано задачі дослідження та визначено шляхи їх досягнення.

✓ В системі електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» доцільно встановити три комплектних двотрансформаторних підстанції з трансформаторами марки типу ТМ-1000/10.

✓ Побудовано математичну модель силових трансформаторів та визначено умови їх роботоздатності. В якості діагностичної моделі розглянуто характеристичне рівняння типу $a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0 = 0$ та відображено умови роботоздатності об'єкта у вигляді переміщення полюсів на комплексній площині.

В економічній частині роботи здійснено розрахунок основних показників спроектованої системи електропостачання, величину капіталовкладень та розмір плати за електроенергію для даного підприємства. Собівартість електроенергії склала 6,25 грн/кВт*год.

В розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях були визначені небезпечні та шкідливі фактори, що мають місце на ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» і розроблені відповідні заходи для покращення цих показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2002. – 140с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання / В.Г.Рудницький–Київ Освіта України , 2013. – 286 с
3. Рогальський Б.С. Проблеми енергозбереження. Зниження втрат електроенергії в електричних мережах: Вінниця: ВДТУ, 1996. – 112 с.
4. Кутін В.М. Діагностика електрообладнання : навчальний посібник / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін, М. В. Кутіна – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
5. ВАТ “УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ” Силові трансформатори, трансформаторні підстанції, камери розподільних пристроїв. Режим доступу: www.ukreleктоapparat.km.ua
6. Кутіна М.В., Педос І.Д. Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів. Матеріали LIV всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ– 2024). Збірник наукових праць [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2024-2025. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22825>.
7. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Форт, 2017. 760с.
8. Кутін В.М. Визначення умов роботоздатності розподільчих мереж; монографія /В.М. Кутін, С.В. Матвієнко: Вінниц. нац.. тех. у.-нт.-Вінниця: ВНТУ, 2015. 148с.
9. Норми випробовувань електрообладнання: СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007. – К. ГРІФРЕ, М-во палива та енергетики України Об’єднання енергетичних підприємств, ДП МОУ «Воєнне видавництво України «Варта», 2007 – 262 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Норми).

10. Притискач І. В. Параметрична ідентифікація моделей діагностичних параметрів у системах діагностування силових трансформаторів / І. В. Притискач // Енергетика: економіка, технології, екологія. - 2016. - № 2. - С. 82-87. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2016_2_14.

11. K. Ragavan, L. Satish, “An Efficient Method to Compute Transfer Function of a Transformer from Its Equivalent

12. Circuit”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 2, P 780–788, April 2015.

13. Бардик Є.І., Болотний М.П., Коваль Я.С. Визначення «слабких» за надійністю силових трансформаторів енергосистем за результатами оцінки відмови через збурення в електричній мережі // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Київ, 2021. №2 (2021). С. 28–37. <https://doi.org/10.20535/kpissn.2021.2.236952>

14. Тарифи на електроенергію для споживачів ПАТ "Вінницяобленерго" . - URL: http://www.hoe.com.ua/index_21.html

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

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

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

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

19. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
21. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
23. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
24. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
25. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
26. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей / Уклад. О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 45 с.
27. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти / Уклад. А.О. Семенов, Л. П. Громова, Т.В. Макарова, О. В. Сердюк . Вінниця: ВНТУ, 2021. 122 с.

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ТЕМА РОБОТИ:

«Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою математичної моделі »

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

«Визначення умов роботоздатності силових цехових
трансформаторів системи електропостачання приватного
акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою
математичної моделі »

08-22.МКР.009.01.24ТЗ

Науковий керівник:

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

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 23м

Педос І.Д. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ від _____ року № _____

Дата початку роботи _____ р.

Дата закінчення роботи _____ р.

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

а) мета: підвищення надійності системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» шляхом вибору сучасного електрообладнання та визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи;

в) вихідні дані для виконання МКР:

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

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти / Уклад. А.О. Семенов, Л. П. Громова, Т.В. Макарова, О. В. Сердюк . Вінниця: ВНТУ, 2021. 122 с.

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

3.3 Кутін В.М. Визначення умов роботоздатності розподільчих мереж; монографія /В.М. Кутін, С.В. Матвієнко: Вінниц. нац. тех. у.-нт.- Вінниця: ВНТУ, 2015. 148с.

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	10.09.24р.	23.09.2024р.
4.2 Проведення дослідних розрахунків	02.10.24р.	15.11.24р.
4.3 Розробка робочих креслень	18.11.24р.	25.11.24р.
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	30.11.24р.	6.12.24р.

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

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

на тему:

«Визначення умов роботоздатності силових цехових
трансформаторів системи електропостачання приватного
акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою
математичної моделі »

Рисунок Б.1 – Результати розрахунку оптимального місця розташування ЦРП підприємства

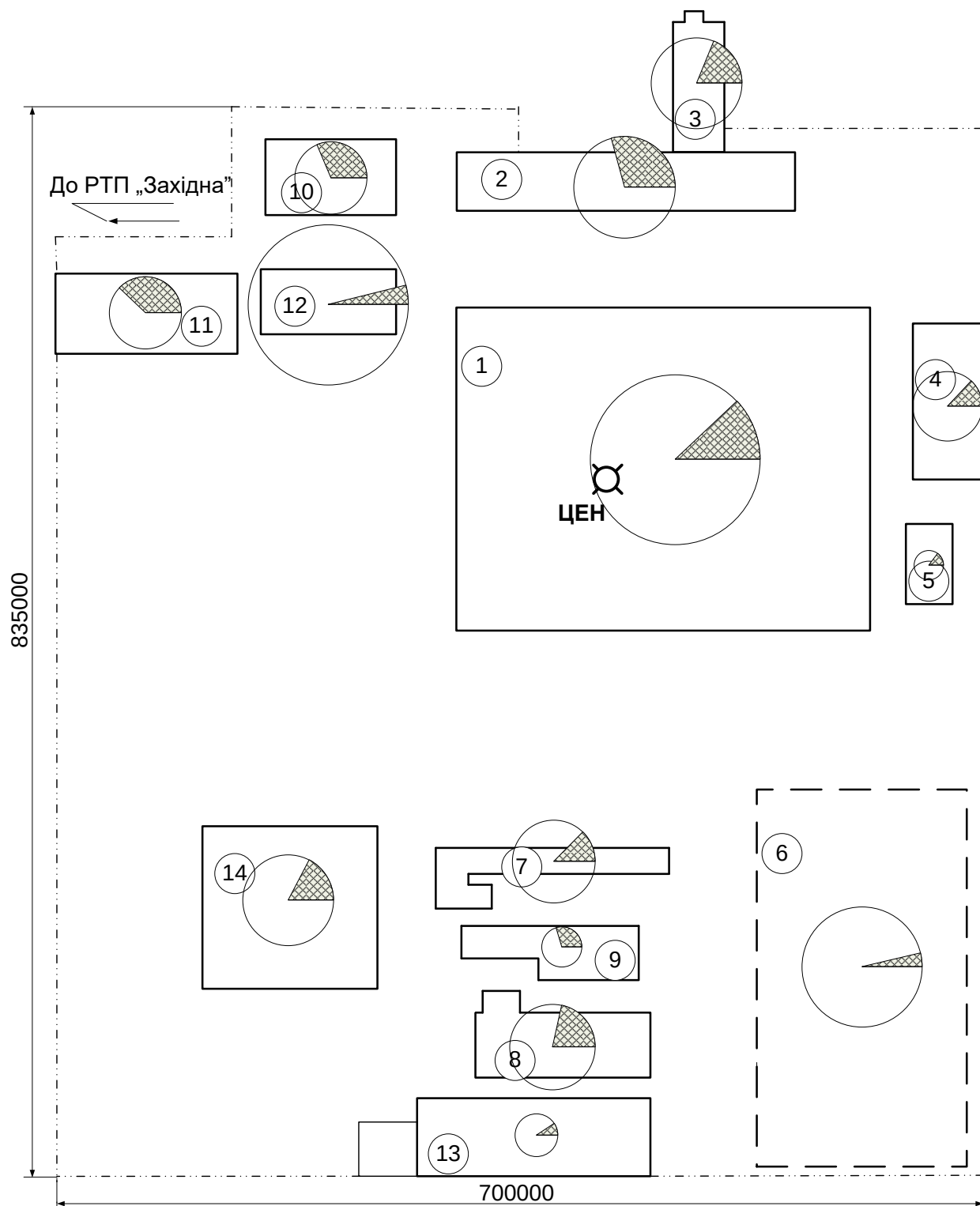


Рисунок Б.2 – Однолінійна схема електропостачання

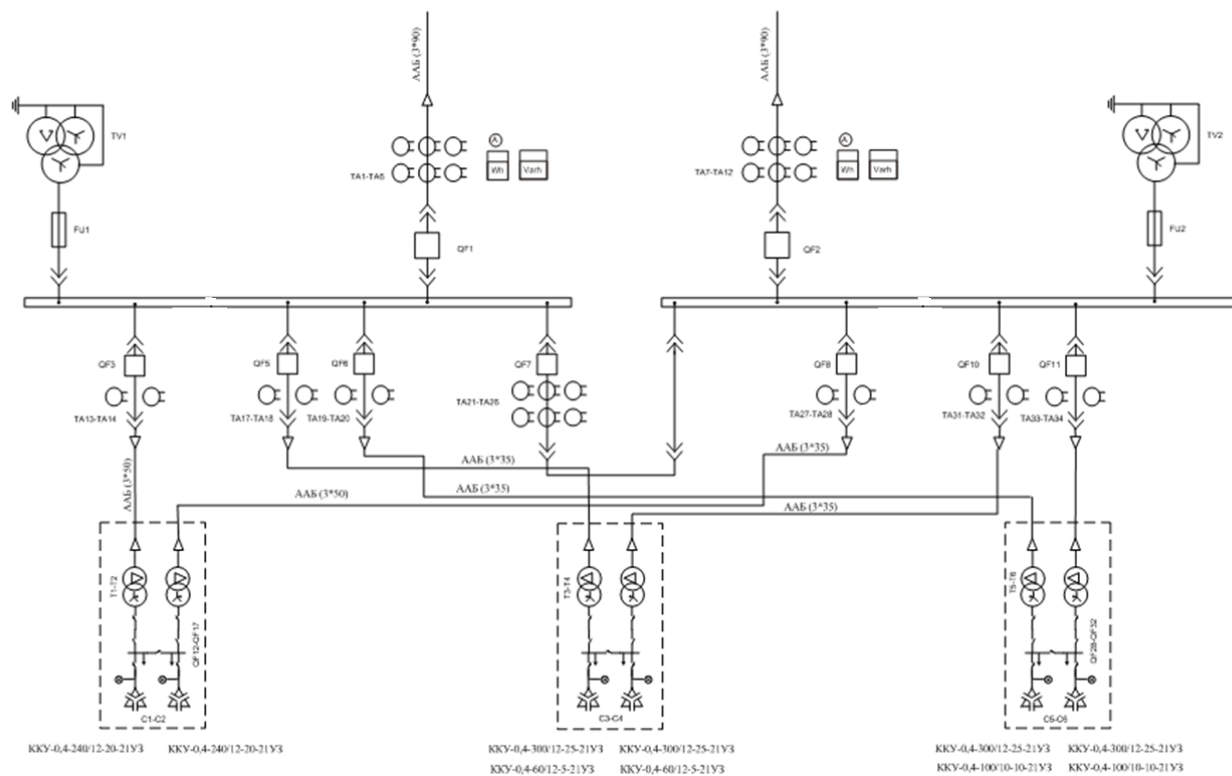


Рисунок Б.3 – Схеми заміщення двообмоткового трансформатора

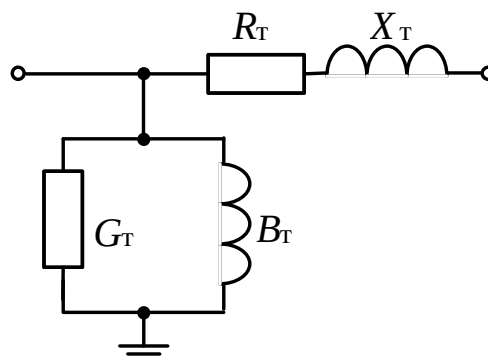


Рисунок Б.4 – Класифікація математичних моделей

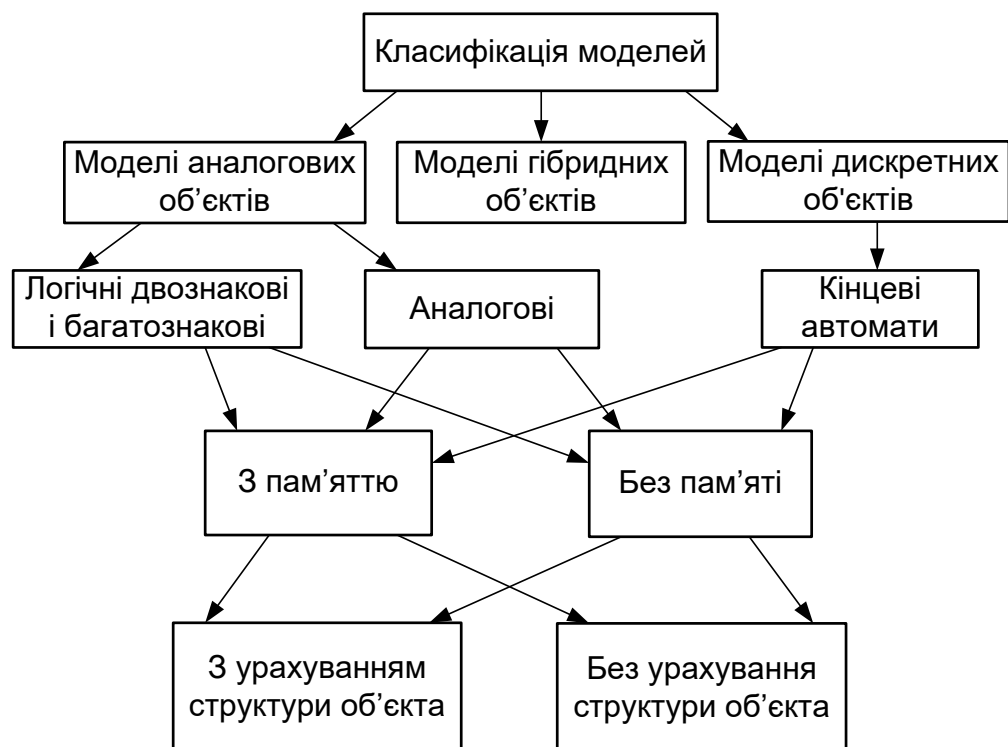


Рисунок Б.5 – Класифікація несправностей

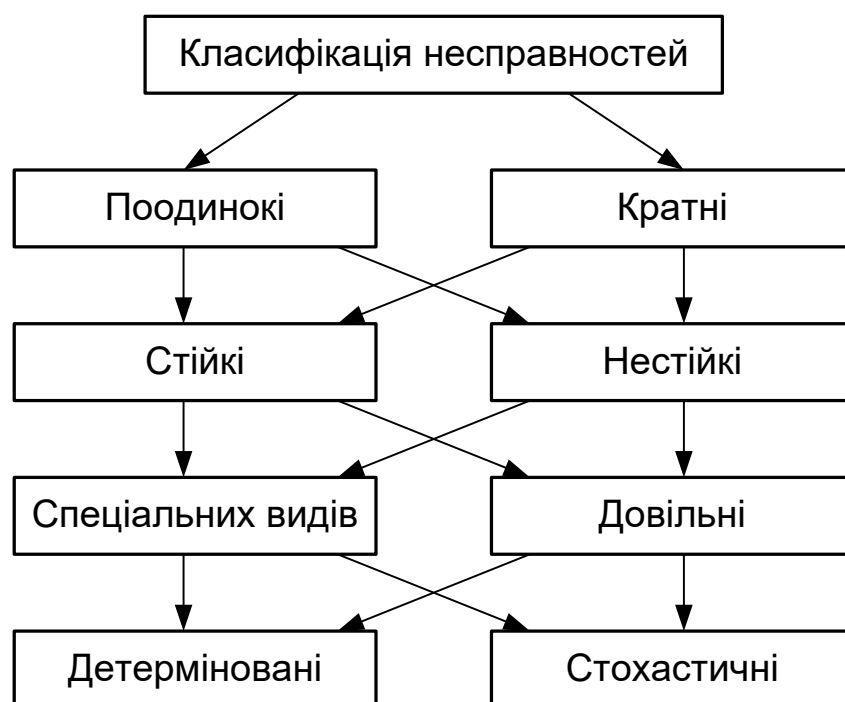


Рисунок Б.6 – Класифікація методів аналізу математичних моделей



Рисунок Б.7 – Заступна схема для розрахунків

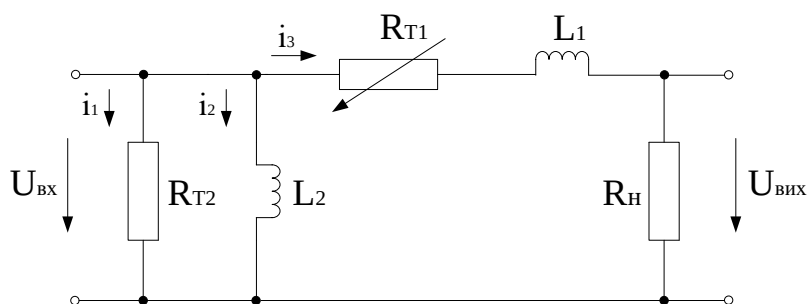
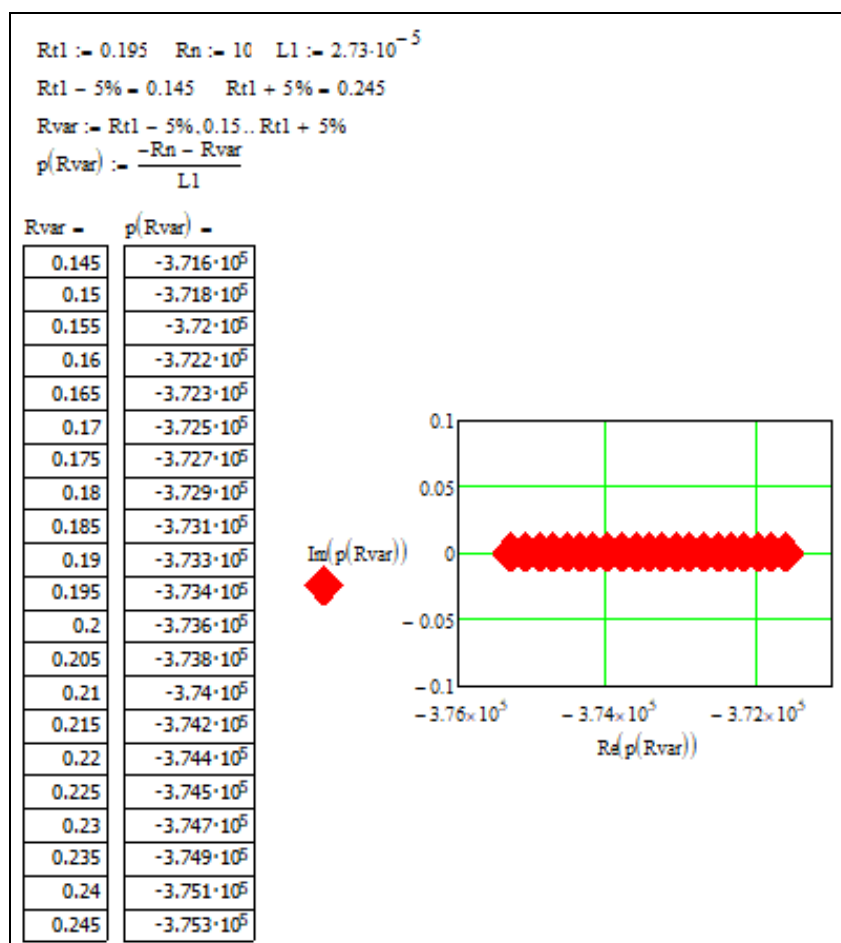


Рисунок Б.8 – Умови роботоздатності елемента об'єкта діагностування



Додаток В

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)
РОБОТИ**

«Визначення умов роботоздатності силових цехових
трансформаторів системи електропостачання приватного
акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою
математичної моделі »

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» з побудовою математичної моделі

Тип роботи: _____ МКР
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність _____ 84% _____ Схожість _____ 16% _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

Автор роботи _____ Педос І.Д.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Додаток Г

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

«Визначення умов роботоздатності силових цехових
трансформаторів системи електропостачання приватного
акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк» з побудовою
математичної моделі »

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

1

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РОБОТОЗДАТНОСТІ СИЛОВИХ ЦЕХОВИХ
ТРАНСФОРМАТОРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА "ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД "МАЯК" З ПОБУДОВОЮ
МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ»

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

Педос І.Д.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ

Кутіна М. В.

Вінниця – 2024 рік

ВСТУП

2

Актуальність теми. Система електропостачання підприємства не змінювалася з часу його заснування, проте змінилися як номенклатура продукції, так і технології виробництва. По теперішній час використовується морально застаріле електрообладнання, яке не відповідає як електричним навантаженням, так і параметрам нормальних та аварійних режимів. Разом з цим ціна відмови є високою. Тому для ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» актуальною задачею є підвищення надійності електропостачання.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення надійності системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» шляхом вибору сучасного електрообладнання та визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

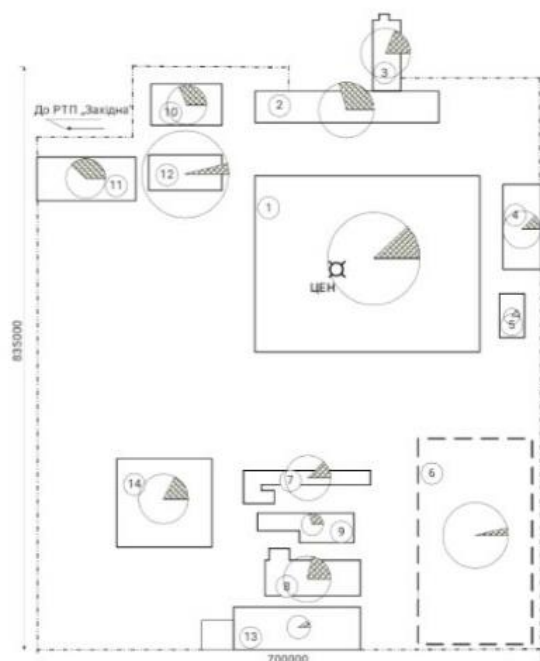
- загальна характеристика підприємства;
- розрахунок параметрів системи електропостачання та вибір надійного електрообладнання, що відповідає сучасним вимогам;
- побудова математичної моделі силових трансформаторів з визначенням умов роботоздатності силових цехових трансформаторів.

Об'єкт дослідження – функціонування системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

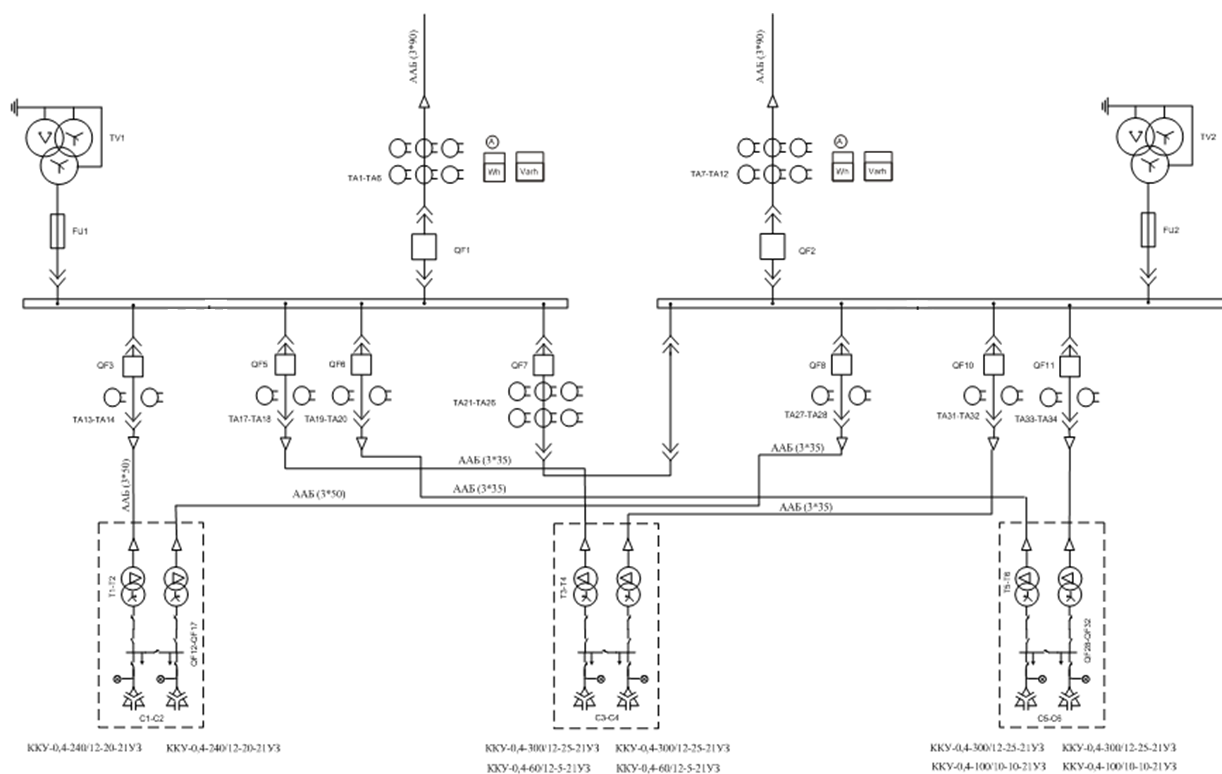
Предмет дослідження – Визначення умов роботоздатності силових цехових трансформаторів системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» з побудовою математичної моделі

Картограма електричних навантажень підприємства

3



№ п/п	Найменування цеху	P, кВт
1	Основні виробничі приміщення	800
2	Збирально-монтажний	210
3	Субабонент №1, Адмінкорпус	120
4	Ремонтно-механічний	150
5	Очисні споруди	22
6	Субабонент №2	380
7	Відділ випробувань	180
8	Нестандартного обладнання	200
9	Тарно-пакувальний	40
10	Субабонент №3	100
11	Друкарня	80
12	Термопластавтоматів	650
13	КСК „Маяк”	40
14	Субабонент №4	200



Математична модель силових цехових трансформаторів

5

Математичне моделювання є дуже важливим інструментом для аналізу роботи таких трансформаторів, адже дозволяє:

- оцінити характеристики трансформатора: можна аналізувати їх ефективність роботи та втрати енергії;
- визначати умови експлуатації: враховуючи змінні умови роботи (напруга, температура, частота) допомагає виявити допустимі навантаження;
- прогнозувати аварійні ситуації: виявляє ризики короткого замикання, перенапруги або перевантаження;
- оптимізувати технічне обслуговування: для зменшення зносу обладнання розробляти графіки профілактичної роботи.

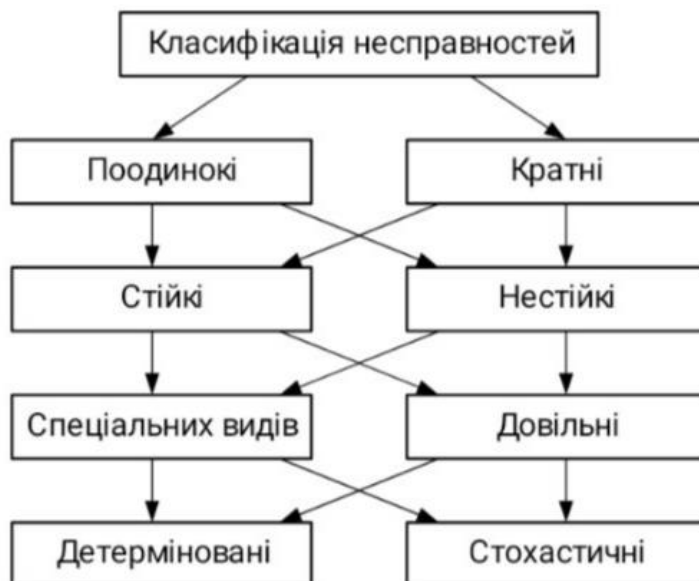
Класифікація математичних моделей

6



Класифікація несправностей

7



Класифікація методів аналізу математичних моделей

8



Визначення параметрів схеми заміщення двообмоткового трансформатора

9

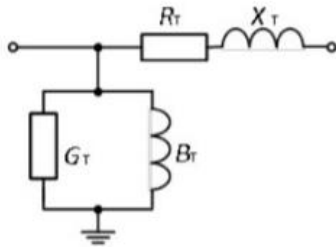


Схема заміщення двообмоткового трансформатора

1. Активні опори обмоток трансформатора, зараховані до номінальної напруги первинної обмотки ($U_{н.в} = 10$ кВ) і вторинної обмотки ($U_{н.н} = 0,4$ кВ), визначаються за виразами: $R_{тв} = \Delta P_k \cdot U_{н.в}^2 / S_{н.т2}$; $R_{тн} = \Delta P_k \cdot U_{н.н}^2 / S_{н.т2}$.

Тоді $R_T^в = 12,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 / 1^2 = 1,22$ Ом; $R_T^н = 12,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4^2 / 1^2 = 19,5 \cdot 10^{-2}$ Ом.

2. Для визначення індуктивних опорів обмоток трансформатора знаходиться значення u_k'' : $u_k' = 100 \Delta P_k / S_{н.т}$; $u_k'' = \sqrt{u_k'^2 - u_k'^2}$.

Тоді $u_k' = 100 \cdot 12,2 \cdot 10^{-3} / 1 = 1,22$ %; $u_k'' = \sqrt{5,5^2 - 1,22^2} = 5,36$ %.

3. Індуктивні опори обмоток трансформатора визначаються за виразами:

$X_T^в = u_k'' \cdot U_{н.в}^2 / (100 S_{н.т})$; $X_T^н = u_k'' \cdot U_{н.н}^2 / (100 S_{н.т})$. Тоді $X_T^в = 5,36 \cdot 10^2 / (100 \cdot 1) = 5,36$ Ом; $X_T^н = 5,36 \cdot 0,4^2 / (100 \cdot 1) = 8,58 \cdot 10^{-3}$ Ом.

4. Активна провідність намагнічування трансформатора визначається за виразами:

10

$G_{тв} = \Delta P_x / U_{н.в}^2$; $G_{тн} = \Delta P_x / U_{н.н}^2$. Тоді $G_T^в = 2,1 \cdot 10^{-3} / 10^2 = 2,1 \cdot 10^{-5}$ См; $G_T^н = 2,1 \cdot 10^{-3} / 0,4^2 = 1,31 \cdot 10^{-2}$ См.

5. Реактивна провідність намагнічування трансформатора визначається за виразами:

$B_T^в = k \cdot S_{н.т} / (100 U_{н.в}^2)$; $B_T^н = k \cdot S_{н.т} / (100 U_{н.н}^2)$. Тоді $B_T^в = 1,4 \cdot 1 / (100 \cdot 10^2) = 1,4 \cdot 10^{-4}$ См; $B_T^н = 1,4 \cdot 1 / (100 \cdot 0,4^2) = 8,75 \cdot 10^{-2}$ См.

6. Для трансформаторів з вищою напругою до 110(150) кВ допустиме використання схеми заміщення, де гілка намагнічування замінюється потужністю втрат холостого ходу, тобто

$\Delta S_x = \Delta P_x + j \Delta Q_x$, де ΔQ_x – реактивна потужність втрат холостого ходу; $\Delta Q_x = k \cdot S_{н.т} / 100$. Тоді $\Delta Q_x = 1,4 \cdot 1 / 100 = 1,4 \cdot 10^{-2}$ Мвар.

7. Відношення потужностей втрат холостого ходу і номінальної потужності трансформатора відповідно дорівнюють:

$\Delta P_x / S_{н.т} = 2,1 \cdot 10^{-3} / 1 = 0,0021$; $\Delta Q_x / S_{н.т} = 1,4 \cdot 10^{-2} / 1 = 0,014$.

8. Повні опори обмоток трансформатора

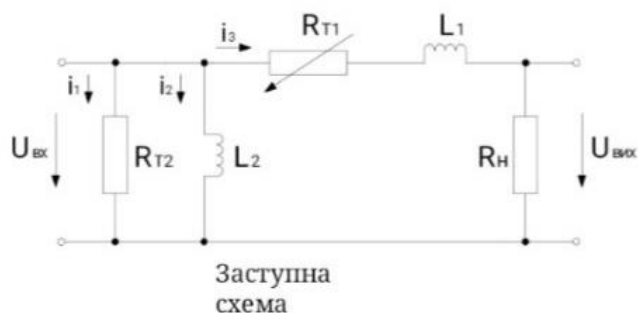
$\underline{Z}_T^в = R_T^в + j X_T^в = (1,22 + j 5,36)$ Ом; $\underline{Z}_T^н = R_T^н + j X_T^н = (19,5 \cdot 10^{-2} + j 8,58 \cdot 10^{-3})$ Ом.

9. Повна провідність намагнічування трансформатора $\underline{Y}_T^в = G_T^в - j B_T^в = (2,1 \cdot 10^{-5} - j 1,4 \cdot 10^{-4})$ См;

$\underline{Y}_T^н = G_T^н - j B_T^н = (1,31 \cdot 10^{-2} - j 8,75 \cdot 10^{-2})$ См.

10. Повна потужність утрат холостого ходу трансформатора $\Delta \underline{S}_x = \Delta P_x + j \Delta Q_x = (2,1 \cdot 10^{-3} + j 1,4 \cdot 10^{-2})$ МВА.

Оцінювання умов роботоздатності силових цехових трансформаторів



$$\begin{cases} U_{BX}(t) = i_1(t) \cdot R_{T2} = \frac{L_2 di_2}{dt} \Rightarrow U_{BX}(p) = i_1(p) \cdot R_{T2} = i_2(p) \cdot p L_2 \\ U_{HIX}(t) = i_3(t) \cdot R_H \Rightarrow U_{HIX}(p) = i_3(p) \cdot R_H \\ \frac{L_2 di_2}{dt} = R_H \cdot i_3(t) + R_{T1} \cdot i_3(t) + \frac{L_1 di_3}{dt} \Rightarrow \end{cases}$$

$$i_2(p) \cdot p \cdot L_2 = R_H \cdot i_3(p) + R_{T1} \cdot i_3(p) + L_1 \cdot i_3(p) \cdot p \quad // \quad i_1(p) = \frac{U_{BX}(p)}{R_{T2}}; \quad i_2(p) = \frac{U_{BX}(p)}{p \cdot L_2}; \quad i_3(p) = \frac{U_{HIX}(p)}{R_H};$$

$$\frac{p \cdot L_2 \cdot U_{BX}(p)}{p \cdot L_2} = \frac{R_H \cdot U_{HIX}(p)}{R_H} + \frac{R_{T1} \cdot U_{HIX}(p)}{R_H} + \frac{L_1 \cdot p \cdot U_{HIX}(p)}{R_H} \quad // \quad U_{BX}(p) = U_{HIX}(p) \cdot \left(\frac{R_H}{R_H} + \frac{R_{T1}}{R_H} + \frac{L_1 \cdot p}{R_H} \right) = \frac{U_{HIX}(p) \cdot (R_H + R_{T1} + L_1 \cdot p)}{R_H}$$

$$\frac{R_H}{R_H + R_{T1} + L_1 \cdot p} = \frac{U_{HIX}(p)}{U_{BX}(p)} = W(p)$$

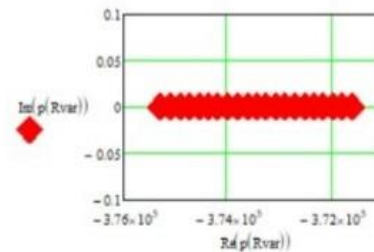
$$p = \frac{-R_H - R_{T1}}{L_1};$$

Таблиця 3.1 — Величини полюсів характеристичного рівняння

R_{var}	$p \cdot 10^5$
0.145	-3.716
0.15	-3.718
0.155	-3.72
0.16	-3.722
0.165	-3.723
0.17	-3.725
0.175	-3.727
0.18	-3.729
0.185	-3.731
0.19	-3.733
0.195	-3.734
0.2	-3.736
0.205	-3.738
0.21	-3.74
0.215	-3.742
0.22	-3.744
0.225	-3.745
0.23	-3.747

$$\begin{aligned} R_{T1} &= 0.195 \quad R_H = 10 \quad L_1 = 2.73 \cdot 10^{-5} \\ R_{T1} - 5\% &= 0.145 \quad R_{T1} + 5\% = 0.245 \\ R_{var} &= R_{T1} - 5\% \dots R_{T1} + 5\% \\ p(R_{var}) &= \frac{-R_H - R_{var}}{L_1} \end{aligned}$$

R_{var}	$p(R_{var})$
0.145	$-3.716 \cdot 10^5$
0.15	$-3.718 \cdot 10^5$
0.155	$-3.72 \cdot 10^5$
0.16	$-3.722 \cdot 10^5$
0.165	$-3.723 \cdot 10^5$
0.17	$-3.725 \cdot 10^5$
0.175	$-3.727 \cdot 10^5$
0.18	$-3.729 \cdot 10^5$
0.185	$-3.731 \cdot 10^5$
0.19	$-3.733 \cdot 10^5$
0.195	$-3.734 \cdot 10^5$
0.2	$-3.736 \cdot 10^5$
0.205	$-3.738 \cdot 10^5$
0.21	$-3.74 \cdot 10^5$
0.215	$-3.742 \cdot 10^5$
0.22	$-3.744 \cdot 10^5$
0.225	$-3.745 \cdot 10^5$
0.23	$-3.747 \cdot 10^5$
0.235	$-3.749 \cdot 10^5$
0.24	$-3.751 \cdot 10^5$
0.245	$-3.753 \cdot 10^5$



Техніко-економічні показники СЕП

13

Кошторис різних поточних витрат

Найменування статей	Втрати, грн
Затрати на експлуатацію електро-обладнання та мереж	348018,2
Поточний ремонт	151218,9
Амортизаційні відрахування	793000
Інші витрати	1292237,1
Всього	2584474,2

Загальна потреба підприємства в електроенергії - 8386867 кВт·год

Тариф - 6 грн/ кВт*год

Оплата за спожиту електроенергію - 50321202 тис. грн.

Собівартість спожитої електроенергії - 6,25 грн/ кВт*год

Також в роботі розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

ВИСНОВКИ

14

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи, метою якої було підвищення надійності роботи системи електропостачання на ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» отримано такі результати:

-Проаналізовано систему електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк». На основі аналізу сформовані задачі дослідження та визначено шляхи їх досягнення.

-В системі електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» доцільно встановити три комплектних двотрансформаторних підстанцій з трансформаторами марки типу ТМ-1000/10.

-Побудовано математичну модель силових трансформаторів та визначено умови їх роботоздатності.

В якості діагностичної моделі розглянуто характеристичне рівняння типу та відображено умови роботоздатності об'єкта у вигляді переміщення полюсів на комплексній площині.

В економічній частині роботи здійснено розрахунок основних показників спроектованої системи електропостачання, величину капіталовкладень та розмір плати за електроенергію для даного підприємства. Собівартість електроенергії склала 6,25 грн/кВт*год.

В розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях були визначені небезпечні та шкідливі фактори, що мають місце на ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» і розроблені відповідні заходи для покращення