

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій Блаженко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » 2024 p.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Сергій Балюта**
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » 2024 p.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Електротехнічні системи електроспоживання
на тему: «Проект реконструкції системи електропостачання молокопереробного
підприємства»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи Ел-4-3

Богданович Віталій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Омельчук Анатолій Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____ (підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи
електроспоживання»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
електропостачання та
енергоменеджменту**

“___” _____ 2024 року
С.М.Балюта

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Богдановича Віталія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проект реконструкції системи електропостачання
молокопереробного підприємства» _____

керівник роботи Омельчук Анатолій Олександрович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 2024 року № _____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: характеристика споживачів електроенергії
підприємства, схема електричної мережі та план підприємства, графіки
електричного навантаження _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Характеристика системи електропостачання молокопереробного підприємства.
Розрахунок струмів короткого замикання.
Вибір електрообладнання мережі підприємства.
Компенсація реактивної потужності в електричній мережі підприємства.
Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання підприємства.
Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу

- 1.Схема живлення підприємства до і після реконструкції.
2. Схема електрична з'єднань закритої трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.
- 3.Компенсація реактивної потужності на ЗТП-10/0,4 кВ
4. Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання підприємства

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика системи електропостачання молокопереробного підприємства.		
2	Розрахунок струмів короткого замикання.		
3	Вибір електрообладнання мережі підприємства.		
4	Компенсація реактивної потужності в електричній мережі підприємства.		
5	Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання підприємства.		
6	Охорона праці.		

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Богданович В.В. _____
(прізвище та ініціали)

Омельчук А.О. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

Дипломний проект включає наступні розділи: характеристика системи електропостачання молокопереробного підприємства, розрахунок струмів к.з., вибір електрообладнання мережі підприємства, компенсація реактивної потужності в електричній мережі підприємства, управління та моніторинг стану електрообладнання підприємства та охорона праці. Виконано аналіз існуючої системи електропостачання підприємства та режимів електроспоживання. Зростання електричного навантаження підприємства потребує встановлення другого силового трансформатора. Виконано вибір електрообладнання системи електропостачання, його перевірка на електротермічну та електродинамічну стійкість струмам к.з. Розраховано заземлюючий пристрій підстанції та її блискавкозахист та розглянуто можливі ситуації небезпечного контактування персоналу з пошкодженим електрообладнанням.

Abstract

The diploma project includes the following sections: characteristics of the power supply system of the milk processing enterprise, calculation of currents, selection of electrical equipment of the enterprise's network, compensation of reactive power in the enterprise's electrical network, management and monitoring of the state of the enterprise's electrical equipment and labor protection. An analysis of the company's existing power supply system and power consumption modes was performed. The increase in the electrical load of the enterprise requires the installation of a second power transformer. The selection of the electrical equipment of the power supply system, its checking for electrothermal and electrodynamic resistance to DC currents was carried out. The grounding device of the substation and its lightning protection were calculated and possible situations of dangerous contact of personnel with damaged electrical equipment were considered.

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					4	76
Перевірів		Омельчук А.О.						
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

Зміст

Вступ.....	7
1. Характеристика системи електропостачання молокопереробного підприємства.....	9
1.1. Характеристика системи електропостачання підприємства	9
1.2. Добові графіки навантаження підстанції 10/0,4 кВ.....	17
2. Розрахунок електричного навантаження підприємства.....	20
2.1. Розрахунок електричного навантаження освітлювальних пристроїв.....	20
2.2. Розрахунок потужності силових трансформаторів.....	26
2.3. Перевірка електричної мережі за умовою пуску асинхронного двигуна..	27
3. Розрахунок струмів короткого замикання.....	32
4. Вибір електрообладнання мережі підприємства.....	34
4.1. Вибір шин розподільчих пристроїв напругою 10 і 0,4 кВ.....	34
4.2. Вибір захисної електричної апаратури	37
4.3. Вибір вимикачів навантаження і роз'єднувачів.....	38
4.4. Вибір апаратів захисту для електричних ліній напругою 380/220 В.....	39
5. Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання підприємства.....	40
5.1. Моніторинг параметрів електричних приводів.....	40
5.2. Основні діагностичні параметри електротехнічних комплексів.....	47
5.3. Види контролю і методи діагностування електрообладнання.....	49
5.4. Діагностичні комплекси.....	54
6. Компенсація реактивної потужності в електричній мережі підприємства.....	56
6.1. Розрахунок плати за реактивні перетікання без компенсації.....	56
6.2. Розрахунок плати за реактивні перетікання при компенсації.....	58

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В						
Перевірив		Омельчук А.О.					5	76
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

6.3. Оцінка компенсації реактивної потужності на шинах 0,4 кВ ЗТП.....	61
7. Охорона праці.....	63
7.1. Вимоги щодо безпечної експлуатації електрообладнання підприємства....	63
7.2. Безпечне обслуговування трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.....	65
7.3. Захисні заходи від ураження електричним струмом.....	68
7.4. Протипожежні заходи на трансформаторній підстанції 10/0,4 кВ.....	71
7.5. Розрахунок заземлюючого пристрою підстанції 10/0,4 кВ.....	72
Висновки.....	75
Список використаних джерел.....	76

					ДП 2024 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вступ

Підвищення ефективності використання електроенергії кожним споживачем окремо, вирішить задачу енергозбереження для всієї енергетичної системи України. Безумовно, шляхів вирішення цієї проблеми є достатньо багато, але кожний споживач має свої особливості (приведену потужність, графік навантаження, коефіцієнт потужності). Цим зумовлюється необхідність індивідуального підходу до вирішення проблеми підвищення ефективності використання електроенергії для кожного споживача. Однією з найбільш енергоємних галузей промисловості є переробна промисловість агропромислового комплексу.

Підвищення ефективності системи електроспоживання можливе шляхом впровадження енергозберігаючих заходів та застосування більш економічних тарифів за спожиту електроенергію.

Економія електроенергії на молокопереробному підприємстві залежить насамперед від її ефективного використання при роботі окремих виробничих систем і технологічних установок. Такими стандартними системами та установками будь-яких технологічних процесів є електроприводи технологічного обладнання, вентиляції, робоче освітлення, електрохолодильне та електронагрівальне обладнання.

При цьому, для економії енергії абсолютно неприйнятний такий спосіб як примусове відключення і зупинка виробничих процесів. Кожна система повинна працювати з максимально можливою енергетичною ефективністю. Цього можна домогтися за таких умов:

- максимально високий обсяг виробництва;
- правильний вибір технології та обладнання для основних енергоємних виробництв;

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					7	76
Перевірив		Омельчук А.О.						
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

- зменшення втрат у системах розподілу та споживання енергії.

В проекті проведено аналіз стану електропостачання підприємства. Визначено основні проблеми ефективності електроспоживання.

Метою дипломного проекту є підвищення надійності електропостачання шляхом збільшення пропускної спроможності, модернізації обладнання ТП та підвищення економічності електроспоживання шляхом запровадження компенсації реактивної потужності.

Об'єктом дослідження визначено процеси передачі, перетворення і розподілу електроенергії в мережі підприємства. Відповідно до цього, предметом дослідження виступає електрообладнання системи електропостачання підприємства.

1. Характеристика системи електропостачання молокопереробного підприємства

1.1. Характеристика системи електропостачання підприємства.

У 1996 році після реконструкції народилася оновлена компанія ВАТ «Літинський молзавод», а в 2004 році на ринку молочних продуктів України з'явилась торгова марка «Білозгар». У 2016 року рішенням позачергових загальних зборів акціонерів ПрАТ «Літинський молзавод» було прийнято рішення про реорганізацію даного підприємства у Товариство з обмеженою відповідальністю «Літинський молочний завод».



Рис.1.1. Літинський молочний завод до реконструкції.

У товаристві проводиться постійний контроль безпечності та якості, як сировини так і продукції власною виробничою лабораторією, а також контроль здійснюється незалежними акредитованими лабораторіями.

Ми дотримуємося європейських стандартів якості та постійно впроваджуємо сучасні технології виготовлення продукції із цільного молока,

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Характеристика системи електропостачання молокопереробного підприємства	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					9	76
Перевірив		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

при цьому використовуючи давні традиції подільських майстрів-сироварів.

Активно діє та розвивається дистрибуція підприємства, яка сьогодні охоплює такі міста як Київ, Львів, Харків та ін. Розширюється і мережа фірмової торгівлі як по Вінницькій обл. так і за її межами: продукція заводу експортується за кордон в Молдову, Пакистан, Ємен, Алжир, Сирію, Єгипет, Бангладеш, В'єтнам, Мавританію, Філіппіни.



Рис.1.2. Літинський молочний завод після модернізації.

ТОВ «Літинський молзавод» має власне фермерське господарство європейського типу, на якому щороку відбудовувалося по одній будівлі. На даний момент у власному фермерському господарстві ПОСП «Нападівське» налічується 2200 голів великої рогатої худоби, з них 900 голів дійного стада із продуктивністю 9600 кг на корову на рік. Для порівняння – у 2013 році було лише 146 голів великої рогатої худоби. Розведення дійного поголів'я корів голштинської породи почалося із 300 українських та 100 чеських нетелей. Саме так закладається фундамент для високопродуктивної тварини. Як результат – 23 тони екологічно чистого молока за добу.

Власні потужності дозволяють нам виробляти продукцію найвищої якості - сири тверді сичужні, плавлені та пастоподібні, солодковершкове масло, сироватку та сухе молоко, йогурти, цільномолочну продукцію (*молоко коров'яче*

питне, сметану, кефір, ряжанку, сир кисломолочний). Активно діє та розвивається дистрибуція підприємства, яка сьогодні охоплює такі міста як Київ, Львів, Харків та ін. Розширюється і мережа фірмової торгівлі як по Вінницькій області так і за її межами.



Рис.1.3. Цех вироблення сирів.

Продукція заводу експортується за кордон в Молдову, Пакистан, Ємен, Алжир, Сирію, Єгипет, Бангладеш, В'єтнам, Мавританію, Філіппіни. На сьогоднішній день підприємство є одним із лідерів по виготовленню молочної продукції в країні - потужності заводу дозволяють переробляти до 300 тон молока за добу.



Рис.1.4. Цех переробки молока.

За категорією надійності електропостачання електроприймачів підприємства, котре знаходиться в смт. Літин Вінницької обл. по вул. Ринкова, 33 відносяться до II категорії, пожежна сигналізація - до I категорії.

Встановлена потужність електроприймачів 279,6 кВт.

Розрахункова потужність 193,7 кВт, зокрема електроосвітлення - 18,48 кВт.

Щорічне споживання електроенергії складає 387400 кВт·год/рік.

Мережа з глухозаземленою нейтраллю 380/220 В з системою заземлення TN-C-8.

Електропостачання цеху по переробці молока виконане двома взаєморезервними кабелями марки ВВГ-4х185.

Основними силовими електроприймачами є технологічне, сантехнічне обладнання, електроосвітлення. Ввідним пристроєм до цеху є ящик типу ЯУРП-А-4 00-21УЗ виробництва «Елетон».

Щиток евакуаційного освітлення 303-ЩЕО має тип ПР8501-045. Щитки освітлення (304ЩО - 305ЩО) мають тип НЩОВ(н) виробництва ПО "Контактор", які комплектуються автоматичними вимикачами ВА63 і диференціальними реле (ПЗВ) РД-2.

Групові лінії №2, які живлять штепсельні розетки для переносних електричних приладів, приєднуються до РД-2, які обладнані електромеханічним захистом від витоку струму на землю і комбінованим розчіплювачем від перенавантажень і коротких замикань, а також додатково виконують функцію автоматичних вимикачів.

Розподільчі мережі виконуються кабелем ВВГ, прокладеним в металевих лотках, спуски і підведення до навантаження - в металевих коробах. Передбачається встановлення розподільчої коробки з клемником в душових на висоті 0,8м для створення додаткової системи зрівнювання потенціалів та приєднання до цього клемника відкритих провідних частин електрообладнання та сторонніх провідних частин (труб водопроводу, опалення, ванн, металевих мийок тощо).

Система зрівнювання потенціалів передбачає металеве з'єднання між собою

нульових захисних провідників (шин РЕ розподільчих щитів) і сторонніх провідних частин (труб водопроводу, опалення, повітроводів) за допомогою проводу ПВІ-450 перетином 1х4,0, що прокладається в ПВХ трубі Ø16 мм. З метою вирівнювання потенціалів будівельні і виробничі конструкції стаціонарно прокладені трубопроводи всіх призначень, металеві корпуси технологічного обладнання, стійки, полки, лотки кабельних конструкцій, металеві коробки заземлюються шляхом приєднання до мережі занулення за допомогою катанки 8 мм². Розрахунковий облік електроенергії передбачається у ввідному пристрої.

Ввідний пристрій виконано за допомогою ящика типу ЯУРП-А-400-21УЗ виробництва «Елетон». Ввідний розподільчий пристрій 300-ВРП виконаний за допомогою пункту розподільчого типу ПР8501-096; як 301-ВРП - за допомогою пункту розподільчого типу ПР8501-062; 302-ВРП - за допомогою пункту розподільчого типу ПР8501-051. Щиток евакуаційного освітлення ЗОЗ-ЩЕО прийнятий типу ПР8501-045. Щитки освітлення (30А-Щ0 - 305Щ0) прийняті типу НЩОВ(н) виробництва ПО "Контактор".

Мінімальна освітленість загального освітлення, типи світильників і проводки Вказані на кресленнях марки "ЕМ1" і прийняті згідно з нормами штучного освітлення згідно з ДБН.В.2.5-27-2006. Мережі освітлення виконуються проводом ПУНП перерізом 2,5кВ мм закрито під штукатурку, кабелем ВВГ перерізом 1,5мм² кріпленням під дужку і на струні у вологих приміщеннях і приміщеннях з пожежонебезпечними зонами класу П-Па. Провід, використаний в якості несучого тросу, заземлити шляхом приєднання з обох протилежних кінців до нульової захисної жили кабелю. Основним захисним заходом від ураження електричним струмом у випадку дотику до металевих частин, які можуть знаходитись під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, с занулення, для чого використовуються захисні нульові РЕ-провідники. Групова мережа від групових щитків до світильників і розеток виконується трьох провідною (фазний, нульовий робочий і нульовий захисний РЕ-провідники. Всі електромонтажні роботи виконати у відповідності з ПУЕ.

На території молокопереробного цеху знаходиться дві трансформаторні підстанції закритого типу напругою 10/0,4 кВ потужністю 400 кВ·А і напругою 6/0,4 кВ потужністю 400 кВ·А.

Облік електроенергії має декілька призначень:

- розрахунок за електроенергію з енергопостачальною організацією;
- контролювання витрат активної енергії в окремих цехах і на об'єктах;
- визначення кількості реактивної потужності, отриманої споживачами від енергопостачальної організації, коли по цим даним проводяться розрахунки або контроль дотримання заданого режиму роботи компенсаційних установок підприємств;
- складання електробалансів по підприємству і по найбільш енергоємним установкам і цехам для аналізу використання електроенергії.

Розрахунковий облік здійснюється розрахунковими лічильниками і використовуються для грошових розрахунків за електроенергію.

Технічний облік – облік електроенергії по цехам і окремим установкам для складання енергобалансу, розрахунку питомих витрат електроенергії на продукцію, що випускається.

Оплата за електроенергію може проводитися по одноставковому та двохставковому тарифу.

По двохставковому тарифу оплачується електроенергія, що втрачається промисловими і прирівняними до них підприємствами з потужністю ≥ 750 кВ·А.

Двохставочний тариф складається з річної плати за 1 кВтгод заявленої споживачем максимальної потужності, що приймає участь в максимальному навантаженню енергосистеми, і плата за 1 кВтгод відпущеної споживачеві активної енергії, що враховується лічильниками.

Для обліку електричної енергії на підприємстві застосовуються лічильники електричної енергії електромеханічного типу.

Електромеханічні лічильники електричної енергії безнадійно застаріли в середовищі сучасного електронного обладнання виробництва і розподілу електроенергії і її обліку.

Таблиця 1.1

Розрахунок електроспоживання основного технологічного обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Потужність двигуна	Ресурс робочого часу на добу	Витрата електроенергії кВт год/добу
1	Танк теплоізоляційний	4	1,5	2	12
2	Автом. пластинчата пастер.- охол. установка	1	12	3	36
3	Сепаратор	3	6	2	12
4	Охолоджувач пластинч.	3	1,5	3	12
5	Пастеризатор	2	1,5	4	12
6	Сировиготовлювач	2	1,5	4	12
7	Агрегат чедеризації	1	7,5	2	15
8	Заквасочна установка	4	1,5	3	18
9	Агрегат виготовлення плавлених сирів	1	6,3	4	25,2
10	Вовчок	1	5,5	1	5,5
11	Шприц - дозатор	1	5	2	10
12	Фасувальний агрегат	1	3,5	2	7
13	Вакуум - упаковоч. апарат	1	4,0	2	8
14	Гомогенізатор	1	7,5	2	15
15	Ванна нормалізації вершків	2	2,5	2	10
16	Масловиробник	1	11	3	33
17	Автомат фасовочний	1	2,2	4	8,8
18	Насоси	6	1,5	6	54
19	Танки льодяної води	5	3,5	2	35
20	Компресор фреоновий	3	5,5	6	99
21	Повітряний компресор	1	4,5	6	27
22	Машина холодильна	3	6,3	5	94,5
23	Теплообмінник	1	2,7	3	8,1
24	Підігрівач води	1	6	2	12
25	Резервуар мийних р-нів	3	2,8	2	11,2
26	Камера холодильна	1	1,5	24	36
27	Стерилізатор	1	2,0	2	4
28	Термостат	1	1,5	4	6
29	Електроводонагрівач	1	1,6	4	6,4
	Разом				632,7

Принцип роботи їх ґрунтується на підрахунку кількості обертів металевого

диску, який обертається в магнітному полі, яке в свою чергу, створюється двома електромагнітами. Магнітний потік першого повинен бути пропорційний струмові, що протікає через навантаження, а потік другого – напрузі. При цьому, частота обертання диску пропорційна потужності, а кількість його обертів – спожитій електроенергії. Дані електромеханічні лічильники не відповідають усім вимогам енергетики, а подальше покращення їх метрологічних характеристик обмежене можливостями вимірювальних механізмів, на основі яких традиційно створювалися ці прилади.

Основними недоліками електромеханічних лічильників електроенергії є такі:

- електромеханічні лічильники калібруються на заводі, але втрачають точність при транспортуванні, а також в умовах експлуатації точність лічильників через 12 років переважно складає 5-8 % (за класу точності 2,5);

- механічні лічильники піддаються втручанню; реверсивне підключення, магнітне порушення функціонування диску, або його призупинення – являються відомими методами, які споживачі використовують для крадіжок електроенергії;

- оплата після споживання дозволяє споживачам не вносити плату за вже спожиту електроенергію;

- енергопостачальні компанії не можуть зменшити пікове споживання шляхом введення більш високих тарифів, і не можуть встановити більш низькі тарифи для нічного споживання електроенергії підприємством.

На покази лічильників впливають зовнішні фактори: напруга, частота, температура, магнітні поля, порядок чергування фаз.

Параметри електричного навантаження електроприймачів підприємства приведено в табл.1.1.

Сумарна потужність основного технологічного обладнання складає 200,1 кВт. Витрата електроенергії в розрахунку на тонну молока складає:

$$632,7 : 50 = 12,65 \text{ кВт}\cdot\text{год/т.}$$

1.2. Добові графіки навантаження підстанції 10/0,4 кВ.

Фактичні величини розрахункового активного P_p , реактивного Q_p і повного

S_p навантаження на шинах 0.4 кВ підстанцій 10/0,4 кВ: $P_p = 481$ кВт,

$$Q_p = 411.333 \text{ кВАр}, \quad S_p = 632.895 \text{ кВА}.$$

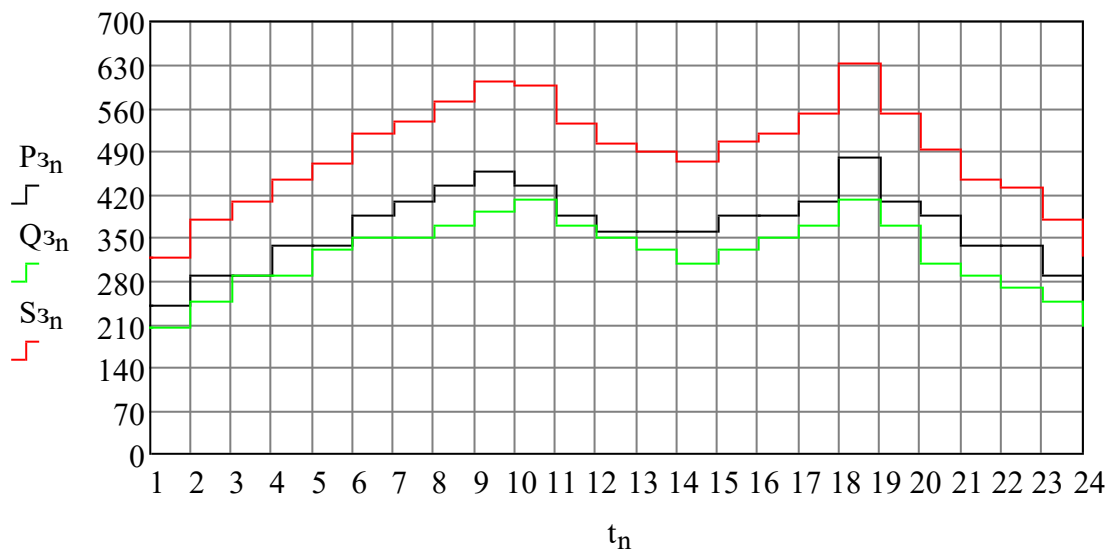


Рис.1.5. Добові графіки активного P_3 , реактивного Q_3 та повного S_3 навантаження ЗТП 10/0,4 кВ зимового періоду.

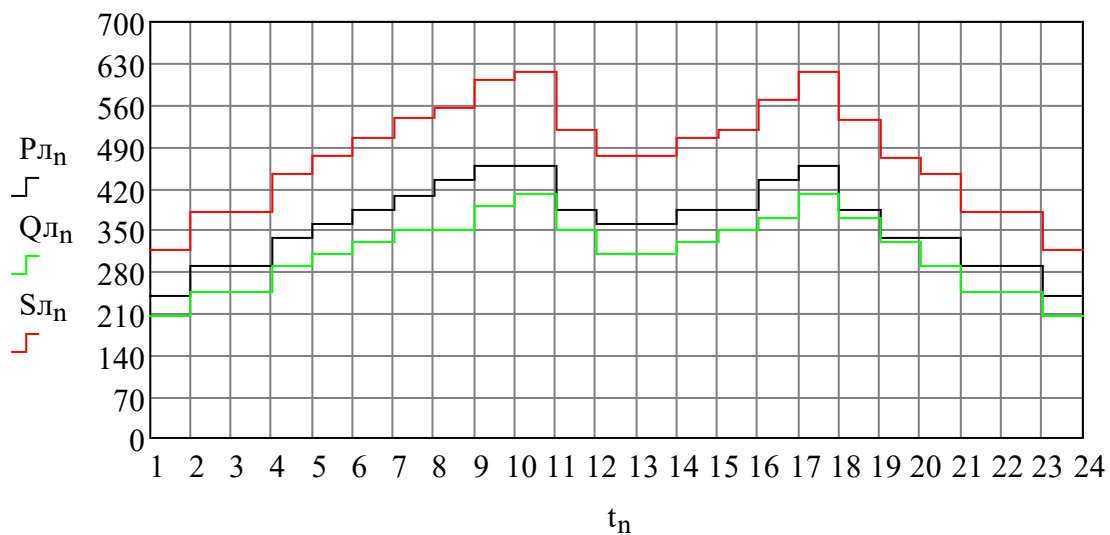


Рис. 1.6. Добові графіки активного $P_л$, реактивного $Q_л$ та повного $S_л$ навантаження ЗТП 10/0,4 кВ літнього періоду.

Характеристика силових трансформаторів підстанції типу ТМ-400:

- номінальна потужність $S_{\text{НОМ}} := 400 \text{ кВА};$
- номінальна напруга обмотки ВН $U_{10} := 10 \text{ кВ};$
- номінальна напруга обмотки НН $U_{04} := 0.4 \text{ кВ};$
- потужність короткого замикання $P_{\text{кз}} := 5.5 \text{ кВт};$
- напруга короткого замикання $U_{\text{кз}} := 4.5 \text{ } \%;$
- потужність неробочого ходу $P_{\text{хх}} := 0.92 \text{ кВт};$
- струм неробочого ходу $I_{\text{хх}} := 2.1 \text{ } \%;$
- розрахунковий період - місяць $t_p := 742 \text{ год.}$

Характеристика електричної мережі напругою 10 кВ:

- базова (еквівалентна) напруга мережі: $U_{\text{баз}} := 10 \text{ кВ};$
- опір системи (згідно схеми заміщення мережі РЕМ): $r_c := 2.1 \text{ Ом};$
- опір КЛ напругою 10 кВ, довжиною 1650 м, виконаної кабелем ААШВ 3х120:

$$R_{\text{Л}} := r_{120} \cdot L_{10} \quad (1.1)$$

$$R_{\text{Л}} = 0.502 \text{ Ом.}$$

Опір силового трансформатора підстанції, приведений до напруги 0,4 кВ:

$$R_{\text{Т}} := \frac{P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{баз}}^2 \cdot 10^3}{S_{\text{НОМ}}^2}$$

$$R_{\text{Т}} = 3.438 \text{ Ом.}$$

Сумарний опір розподільної мережі 10 кВ, приведені до базової напруги U:

$$R_{\text{сум}} := \frac{R_{\text{Т}}}{2} + R_{\text{Л}} + r_c$$

$$R_{\text{сум}} = 4.32 \text{ Ом.}$$

Вартість 1 кВт год електроенергії в мережі: $\underline{\underline{c}} := 5.0 \text{ грн/кВт год.}$

Кількість спожитої щомісяця підприємством активної (WP) і реактивної електроенергії:

$$WP := \frac{\left(\sum_n P_{3n} + \sum_n P_{Лн} \right)}{2} \cdot 30 \quad WQ := \frac{\left(\sum_n Q_{3n} + \sum_n Q_{Лн} \right)}{2} \cdot 30 \quad (1.2)$$

$$WP = 2.59 \times 10^5 \quad \text{кВт год.}$$

$$WQ = 2.277 \times 10^5 \quad \text{кВАр год.}$$

Середні значення активного і реактивного навантаження підстанції

$$P_{cp} := \frac{WP}{t_p} \quad Q_{cp} := \frac{WQ}{t_p}$$

$$Q_{cp} = 306.837 \quad \text{кВАр.}$$

$$P_{cp} = 349.082 \quad \text{кВт.}$$

Фактичне середнє завантаження трансформатора, кВА:

$$S_{cp} := \sqrt{P_{cp}^2 + Q_{cp}^2}$$

$$S_{cp} = 464.765 \quad \text{кВА.}$$

Середнє завантаження підстанції за розрахунковий період:

$$k_3 := \frac{S_{cp}}{S_{ном} \cdot 2}$$

$$k_3 = 0.581$$

Середньодобові втрати електроенергії в силових трансформаторах W:

$$\Delta W := \frac{\sum_n \left[\left(\frac{P_{3n} + P_{Лн}}{2} \right)^2 + \left(\frac{Q_{3n} + Q_{Лн}}{2} \right)^2 \right] \cdot R_T}{\left(U_{баз}^2 \cdot 10^3 \right)} \quad (1.3)$$

$$\Delta W = 195.251 \quad \text{кВт год.}$$

Очікувані річні втрати електроенергії W_p в силових трансформаторах:

$$\Delta W_p := \Delta W \cdot 365$$

$$\Delta W_p = 7.127 \times 10^4 \quad \text{кВт год.}$$

2. Розрахунок електричного навантаження підприємства

2.1. Розрахунок електричного навантаження освітлювальних пристроїв.

В цеху передбачене робоче і аварійне (освітлення безпеки і евакуаційне) освітлення. Для аварійного освітлення безпеки прийняті світильники типу НСПОЗ з вмонтованим в корпус світильника акумулятором, які приєднуються до мережі робочого освітлення і при зникненні напруги робочого освітлення автоматично вмикаються.

Як джерела світла прийняті люмінесцентні лампи і LD-лампи. Керування освітленням передбачається вимикачами, встановленими біля входів у приміщення. Вимикач матеріального складу встановлюється на зовнішній негорючій стіні в металевій коробці типу У994, яка при монтажі обладнується пристроєм для пломбування.

У проекті електроосвітлення виконані вимоги ДБН В.2.5-28-2006: вибір типу світильників відповідає характеру середовища і призначення приміщень.

Групова мережа електроосвітлення виконується проводом марки ПУНП перетином 2,5 мм² закрито під штукатурку, кабелем ВВГ перерізом 1,5 мм² кріпленням під дужку і на струні в вологих приміщеннях і в приміщеннях з пожежонебезпечними зонами класу П-Па. Провід, використаний в якості несучого тросу, заземлити шляхом приєднання з обох протилежних кінців до нульової захисної жили кабелю.

Розрахунок освітлювальних навантажень проводимо методом коефіцієнта попиту [8].

Згідно [8] у виробничих приміщеннях молокозаводу повинна бути система комбінованого освітлення (загальне і місцеве освітлення на робочих машинах).

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок електричного навантаження підприємства	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					21	76
Перевірив		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						



Багато робочих машин мають місцеве освітлення, що входить у комплект робочої машини. Місцеве освітлення, як правило, монтується разом з електроустановкою і не розраховується, тому розраховуємо загальне освітлення.

Приймаємо висоту приміщення $H=10$ м. Виходячи з умов технології і середовища, приймаємо до установки світильник типу ЛСПО2В.

Мінімальна норма освітленості згідно [8]:

$E_n=300$ лк при висоті розрахункової поверхні над підлогою $h_p=0,8$ м.

Визначаємо висоту підвісу світильників:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (2.1)$$

де h_c - відстань від світильника до перекриття, дорівнює 1,2 м.

$$h = 10 - 0,8 - 1,2 = 8 \text{ м.}$$

Визначимо необхідну кількість світильників для створення рівномірної освітленості в майстерні.

Площа приміщення:

$$S = 35 \cdot 20 = 700 \text{ м}^2.$$

Кількість рядів світильників:

$$N_p = \frac{B}{L_a}, \quad (2.2)$$

де L_a - визначається як $L_a = \lambda \cdot h = 1 \cdot 8 = 8$ м (згідно [8]);

B - ширина цеху, дорівнює 40 м.

$$N_p = \frac{40}{8} \approx 5 \text{ ряди.}$$

Кількість світильників в одному ряді:

$$N_{cb} = \frac{A}{L_b}, \quad (2.3)$$

де $L_b=L_a$;

A – довжина цеху, дорівнює 60 м.

$$N_{cb} = \frac{60}{8} \approx 7,5 \text{ шт.}$$

Кількість світильників у цеху:

$$N = N_p \cdot N_{св} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ шт.}$$

Розрахунок освітлення.

Індекс приміщення складає:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} , \quad (2.4)$$

$$i = \frac{35 \cdot 20}{6 \cdot (35 + 20)} = 2,2 .$$

Згідно [8] приймаємо $\eta=0,74$.

Визначаємо мережний потік однієї лампи:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot K_{зап} \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} , \quad (2.5)$$

де $K_{зап}$ – коефіцієнт запасу, дорівнює 0,5;

Z – для ДРЛ приймаємо 1,15.

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 700 \cdot 1,15}{30 \cdot 0,74} = 16320 \text{ лм.}$$

Згідно [8] вибираємо лампу типу ЛСПО2В потужністю $P_{н.о.і}=1000$ Вт з світловим потоком $\Phi_H=50000$ лм.

Установлена потужність освітлювальних установок:

$$P_{н.о.} = P_{н.о.і} \cdot N ; \quad (2.6)$$

$$P_{н.о.} = 1000 \cdot 30 = 30000 \text{ Вт.}$$

Максимальне активне і реактивне навантаження освітлення:

$$P_{м.о.} = K_c \cdot P_{н.о.} , \quad (2.7)$$

де K_c - коефіцієнт попиту, дорівнює 0,95.

$$P_{м.о.} = 30000 \cdot 0,95 = 28,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{м.о.} = K_c \cdot P_{н.о.} \cdot \operatorname{tg} \phi_0 , \quad (2.8)$$

де $\operatorname{tg} \phi_0 = 0,57$.

$$Q_{м.о.} = 28,5 \cdot 0,57 = 15,96 \text{ кВАр.}$$

Повне навантаження:

$$S_{\text{м.о.}} = \sqrt{28,5^2 + 15,96^2} = 32,66 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Аварійне освітлення встановлюється в приміщеннях, у яких раптове відключення робочого освітлення може привести до важких наслідків для людей і технологічного устаткування: в молокопереробному цеху воно не потрібне.

Евакуаційне освітлення необхідне для створення безпечного виходу людей при зникненні робочого освітлення. Для нього передбачаємо в місцях проходів людей, а також у входів-виходів освітленість не менш 0.5 лк, створювану світильниками з лампами розжарювання, що живляться від незалежного джерела живлення.

Ремонтне освітлення робочих місць передбачається на час проведення ремонтів устаткування, у вигляді розеток на підлогах через 12 м на напругу 36 В для переносних світильників. Для живлення розеток встановлюємо трансформатор типу ОСВУ-0,25/0,5.

2.2. Розрахунок потужності силових трансформаторів.

Згідно бізнес-проекту перспективного розвитку підприємства розрахункова потужність складатиме 630 кВ·А. У випадку двох трансформаторної підстанції потужність кожного повинна бути 0,7 від розрахункової, тобто:

$$S_{\text{тр}} = 0,7 \cdot S_{\text{р}}, \quad (2.9)$$

$$S_{\text{тр}} = 0,7 \cdot 630 = 441 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Відповідно вибираємо два трансформатори ТМ–400/10 з технічними даними [10]: $\Delta P_{\text{кз}} = 5500 \text{ Вт}$, $\Delta P_{\text{х.х}} = 1050 \text{ Вт}$, $U_{\text{кз}} \% = 4,5\%$, $I_{\text{х.х}} = 2,1\%$, $Z_{\text{к}(0,4)} = 0,018$ - прямої послідовності; $Z_{\text{к}(0,4)} = 0,195$ - при однофазному к.з.

2.3. Перевірка електричної мережі 380 В за умовою пуску асинхронного двигуна.

Вихідні дані: перевірити можливість пуску двигунів 4160S4Y3 і 4A100S2Y3, які отримують живлення по найдовшій лінії – 247 м, яка виконана кабелем ВВГ-4х95. Напруга на затискачах двигунів $0,95U_H$.

Каталожні дані трансформатора і двигунів:

- трансформатор ТМ – 400/10; $S_{H.T}=400$ кВ·А; $U_{H2}=400$ В; $\Delta U_K=4,5\%$;

$\Delta P_{K.3}=5,5$ кВт.

- двигун 4A160S4Y3: $P_H=15$ кВт; $I_H=29,3$ А; $k_i=7$; $\cos\varphi_H=0,88$; $m_H=1,4$.

- двигун 4A100S2Y3: $P_H=4$ кВт; $I_H=7,8$ А; $k_i=7,5$; $\cos\varphi_H=0,89$; $m_{max}=2,5$.

Момент опору механізму потужного двигуна складає половину номінального моменту двигуна $M_{o.M}=0,5 \cdot M_H$, для механізму другого двигуна $M_{o.M}=0,9 \cdot M_H$

Визначаємо активний r_L і реактивний x_L опори лінії і трансформатора r_T , x_T :

$$r_L=r_o \cdot l; \quad x_L=x_o \cdot l. \quad (2.10)$$

$$r_L=0,31 \cdot 0,247=0,077 \text{ Ом}; \quad x_L=0,31 \cdot 0,247=0,074 \text{ Ом}$$

$$r_T=\Delta P_{K.3} \cdot U_H^2 / S_{H.T}^2, \quad (2.11)$$

$$r_T=5,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^3 / 400^2=0,0055 \text{ Ом}.$$

За даними паспорту трансформатора ТМ – 400/10 $z_{тр}=0,018$ Ом, тоді:

$$x_t = \sqrt{z_t^2 - r_t^2}, \quad (2.12)$$

$$x_t = \sqrt{0,018^2 - 0,0055^2} = 0,017 \text{ Ом}.$$

Сумарні опори лінії і трансформатора:

$$r_{BH}=r_L+r_T; \quad x_{BH}=x_L+x_T. \quad (2.13)$$

$$r_{BH}=0,077+0,0055=0,083 \text{ Ом}; \quad x_{BH}=0,074+0,017=0,091 \text{ Ом}.$$

Перевіряємо можливість пуску найбільш потужного двигуна. Коефіцієнт потужності цього двигуна при пуску:

$$\cos\varphi_n = 2 \cdot \cos\varphi_n m_n / k_i, \quad (2.14)$$

де k_i – кратність пускового моменту електродвигуна;

$\cos\varphi_n$ – коефіцієнт потужності двигуна.

$$\cos\varphi_n = 2 \cdot 0,88 \cdot 1,4/7 = 0,352.$$

Тоді напруга на затискачах двигуна при пускові:

$$U_{n*} = U_{\omega*} / (1 + \Delta U_{n*}), \quad (2.15)$$

де $U_{n*} = U_{\omega} / U_n$ – напруга в точці під'єднання двигуна до його пуску у в.о.;

ΔU_{n*} – втрати напруги в електричній мережі при пуску електродвигун у в.о.

$$\Delta U_{n*} = \sqrt{3} \cdot \frac{(r_{BH} \cdot \cos\varphi + x_{BH} \sin\varphi_n) \cdot I_n}{U_n}, \quad (2.16)$$

де I_n – пусковий струм електродвигуна;

Тоді:

$$\Delta U_{n*} = \sqrt{3} \cdot \frac{(0,083 \cdot 0,352 + 0,091 \cdot 0,936) \cdot 29,3 \cdot 7}{380} = 0,107;$$

$$U_{n*} = 0,95 / (1 + 0,107) = 0,858.$$

Можливість пуску асинхронних короткозамкнутих двигунів від мережі 380 В перевіряємо за формулою:

$$M_n = \eta_{зап} \cdot M_{амех} / m_n, \quad (2.17)$$

або у відносних одиницях (при діленні лівої і правої частини виразу на M_n):

$$1 \geq \eta_{зап} \cdot M_{амех} / m_n, \quad (2.18)$$

де M_n – номінальний момент електродвигуна, Нм;

$\eta_{зап}$ – коефіцієнт запасу, який враховує неспівпадання дійсних характеристик двигуна з каталожними даними і похибками розрахунку ($\eta_{зап} = 1,2 \dots 1,3$);

$M_{ом}$ – момент опору механізму, Нм;

$M_{амех}$ – момент опору механізму у відносних одиницях;

$m_{п'}$ – кратність пускового моменту двигуна з урахуванням зниження напруги при пуску:

$$m_{п'} = U_{п*}^2 \cdot m_{п}, \quad (2.19)$$

де $U_{п*} = U_{п} / U_{н}$ - напруга на затискачах електродвигуна при пуску у в.о.;

$U_{п}$ - напруга на затискачах двигуна при пускові, В;

$U_{н}$ – номінальна напруга, В;

$m_{п}$ – кратність пускового моменту двигуна при номінальній напрузі.

Тоді :

$$m_{п'} = 0,858^2 \cdot 1,4 = 1,03;$$

$$1 \geq 1,25 \cdot 0,5 / 1,03 = 0,607.$$

Тобто умова виконується.

Перевіряємо двигун 4А100S2У3 на стійкість роботи при пуску

$$M_{н} \geq \eta_{зап} \cdot M_{омех} / m'_{max}, \quad (2.20)$$

або у відносних одиницях,

$$1 \geq \eta_{зоп} \cdot M_{омех*} / m'_{max},$$

де $M_{н}$ - номінальний момент працюючого двигуна;

$M_{омех*}$ - момент опору механізму, який приводить в дію працюючий двигун;

m'_{max} – кратність критичного моменту двигуна з урахуванням зниження напруги при пускові сусіднього двигуна:

$$m'_{max} = U_{*} \cdot m_{max},$$

де m_{max} – кратність максимального моменту двигуна при номінальній напрузі.

$$m_{max} = 0,858^2 \cdot 2,5 = 1,84.$$

Тоді:

$$1 \geq 1,25 \cdot 0,9 / 1,84 = 0,64.$$

Тобто, умова стійкої роботи працюючого двигуна також виконуються.

ОДНОЛІНІЙНА СХЕМА ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА (ТП №793)

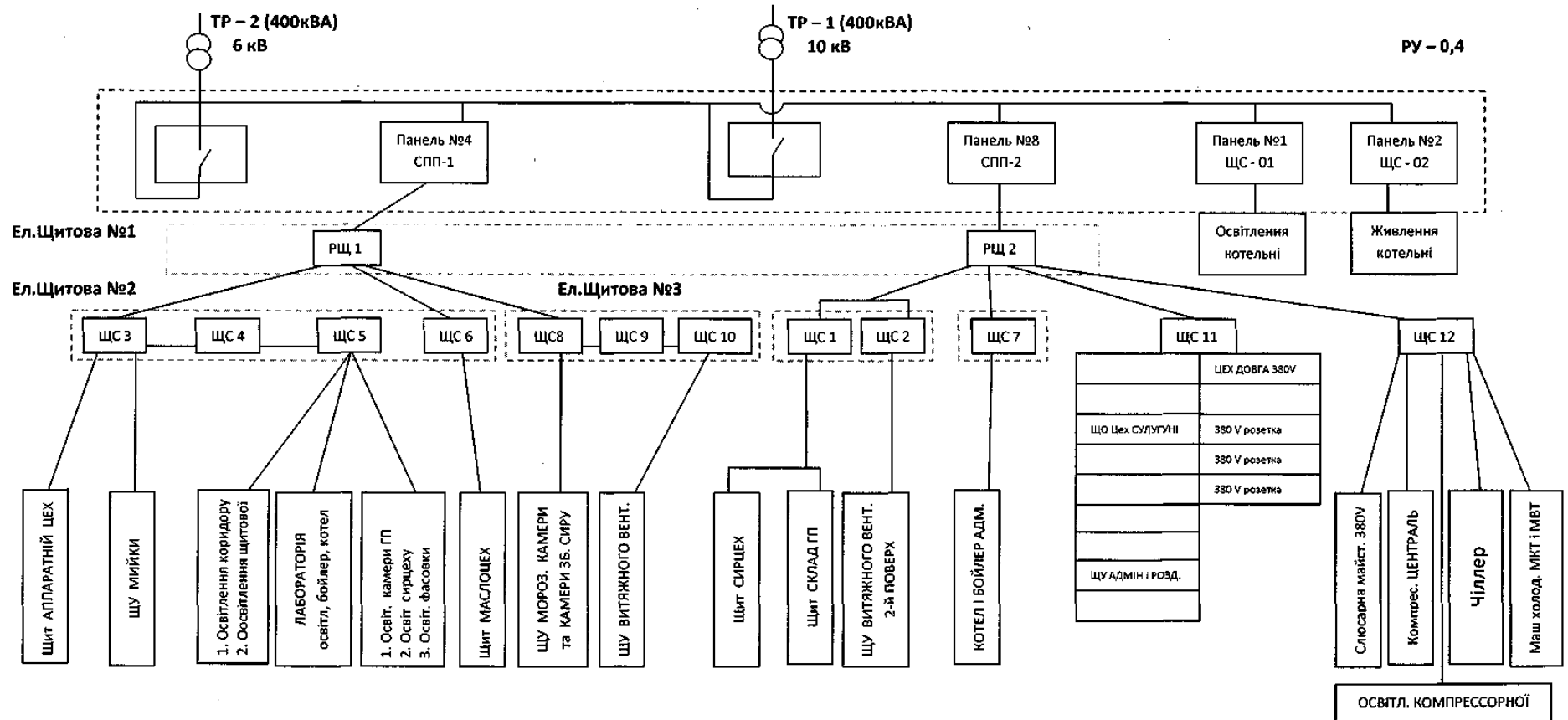


Рис.2.3. Структурна схема електроживлення електроприймачів молокопереробного заводу.

Однолінійна схема електропостачання Літинського молокопереробного заводу

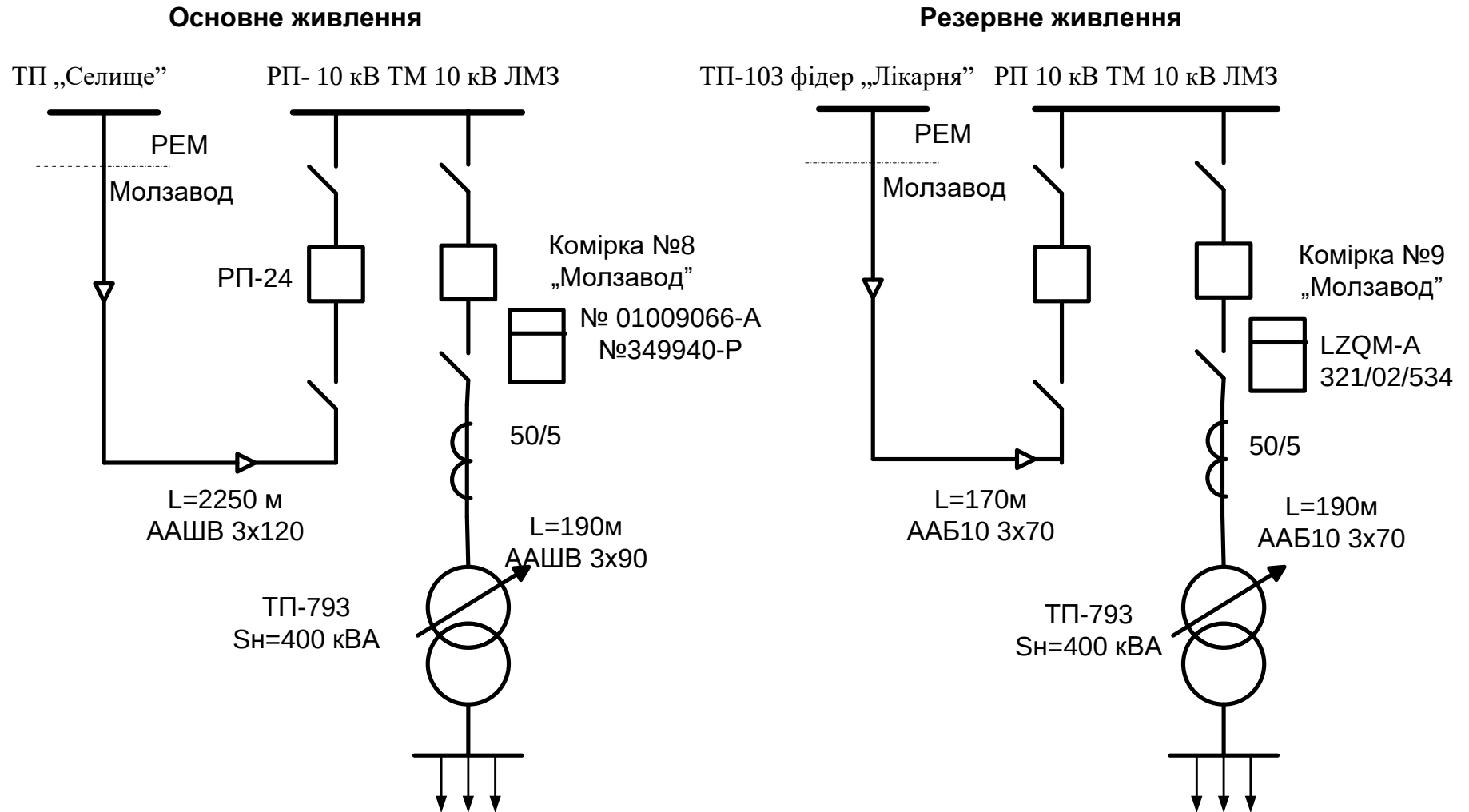


Рис.2.4. Схема електропостачання молокопереробного заводу.

3. Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів к.з. виконуємо на шинах 0,4 кВ ЗТП 10/0,4 (точка К1), найбільш віддалена точка (К2) лінії 0,38 кВ згідно вихідних даних:

Номінальна потужність трансформатора: $S_{\text{ном.}}=400\text{кВА}$; $U_{\text{н}}=0,4\text{кВ}$; $U_{\text{к.з.}}=4,5\%$; $P_{\text{к.з.}}=5,5\text{кВт}$.

Довжина ділянки КЛ 0,38 кВ $L_1=0,27\text{км}$; $L_2=0$.

Питомий опір для кабелю ВВГ 4х50:

$$r_0=0,588 \text{ Ом/км}; x_0=0,035 \text{ Ом/км}.$$

Опір контактів (автоматичний вимикач, трансформатор струму, шини та інше) $z_a=0,015\text{Ом}$.

Визначення опорів елементів мережі:

$$R_T = P_{\text{кз}} \frac{U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}^2} 10^3; \quad (3.1)$$

$$R_T=0,009 \text{ Ом}.$$

$$z_T = U_{\text{кз}} \frac{U_{\text{н}}}{S_{\text{н}}} 10^3; \quad (3.2)$$

$$z_T=0,029 \text{ Ом}.$$

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - R_T^2}; \quad x_T=0,027 \text{ Ом}.$$

$$x_1=x_0 \cdot L_1; \quad x_2=x_0 \cdot L_2;$$

$$R_1=R_0 \cdot L_1; \quad R_2=x_0 \cdot L_2.$$

$$x_1=0.195 \text{ Ом}; \quad x_2=0; \quad R_1=0,159 \text{ Ом}; \quad R_2=0.$$

$$z_L = \sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (R_1 + R_2)^2},$$

$$z_L=0.185 \text{ Ом}.$$

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок струмів короткого замикання	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					32	76
Перевірив		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

Трифазний струм в точці К1:

$$I_{\kappa.3}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot (z_c + z_T + z_a)}; \quad (3.3)$$

$$I_{\kappa.3}^{(3)} = 7 \text{ кА.}$$

Трифазний струм к.з. в точці К2:

$$I_{\kappa.3}^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot (z_T + z_L + z_c)}, \quad (3.4)$$

$$I_{\kappa.3}^{(3)} = 1,136 \text{ кА.}$$

Двофазний струм к.з. в точці К2:

$$I_{\kappa.3}^{(2)} = I_{\kappa.3}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad (3.5)$$

$$I_{\kappa.3}^{(2)} = 0,984 \text{ кА.}$$

Однофазний струм к.з. в точці К2:

$$I_{\kappa.3}^{(1)} = \frac{U_\phi}{\sqrt{(2 \cdot (R_1 + R_2))^2 + (2 \cdot (x_1 + x_2))^2 + \frac{1}{3} \cdot z_T}}, \quad (3.6)$$

$$I_{\kappa.3}^{(1)} = 0,61 \text{ кА.}$$

Для вибору апаратури на стороні 10 кВ ЗТП робимо додатковий розрахунок струмів к.з. в точці К3. По даним РЕМ $I_{\kappa.3}^{(3)}$ на шинах 10 кВ ЗТП – 0,83 кА, тоді:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{\kappa.3}^{(3)}, \quad (3.7)$$

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 0,83 = 1,41 \text{ кА.}$$

де k_y – ударний коефіцієнт (для ТП 10/0,4=1,2)

$$I_y^{(3)} = I_k^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_y - 1)^2}, \quad (3.8)$$

$$I_y^{(3)} = 0,832 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,2 - 1)^2} = 0,86 \text{ кА.}$$

$$I_k^{(2)} = 0,87 \cdot I_k^{(3)} = 0,87 \cdot 0,83 = 0,702 \text{ кА.}$$

4. Вибір електрообладнання мережі підприємства

4.1. Вибір шин розподільчих пристроїв напругою 10 і 0,4 кВ

Надійна і економічна робота електричних апаратів і струмоведучих частин (шини, кабелів та інше) забезпечується при їх правильному виборі по умовам роботи в тривалому режимі, так і в режимі короткого замикання.

Для тривалого режиму апарати і провідники виконуються за номінальною напругою, допустимим нагріванням при тривалому струмі, конструкційному виконанню, типу установки і умовах навколишнього середовища.

При виборі за номінальною напругою повинна виконуватися умова:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.уст.пр.}, \quad (4.1)$$

де $U_{н.а.}$ – номінальна напруга пірата, В;

$U_{н.уст.пр.}$ – номінальна напруга пристрою.

Вибір апаратів та провідників за допустимим нагріванням повинен задовольняти форсованому режиму роботи, який виникає у випадках:

- при відключенні однієї з двох працюючих паралельних ліній;
- при можливому перевантаженні силових трансформаторів;
- при використанні перевантажувальної здатності силових кабелів тощо.

За тривало допустимим нагріванням апарати вибирають згідно умови:

Електричні апарати:

$$I_{н.а.} \geq I_{р.форс.}; \quad (4.2)$$

шини і кабелі:

$$I_{доп} \geq I_{р.форс.}, \quad (4.3)$$

де $I_{н.а.}$ – номінальний струм апарата;

$I_{доп}$ – тривало допустимий струм провідник;

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір електрообладнання мережі підприємства	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					34	76
Перевірив		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

$I_{р.форс.}$ – струм в колі при форсованому режимі.

За конструктивним виконанням апарати і струмоведучі частини вибираємо таким чином, щоб вони за конструкцією і своїм техніко–економічним показником найкращім чином відповідали умовам роботи електроустановки.

Після вибору апаратів за умовами тривалого режиму їх перевіряємо на електродинамічну та термічну стійкість при протіканні струмів к.з., які викликають найбільші механічні напруження і нагрівання. Комутаційні апарати вибирають також по їх вимикаючій здатності.

При напрузі до 20 кВ в електроустановках використовуємо плоскі шини.

Дані для розрахунку: $S_{max1}=400$ кВА, $S_{max2}=441$ кВА.

Тоді:

$$I_{р.мах} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (4.4)$$

$I_{р.мах1(10)}=23,1$ А;

$I_{р.мах2(10)}=25,5$ А;

$I_{р.мах1(0,4)}=578$ А;

$I_{р.мах2(0,4)}=637,3$ А.

Розрахунки виконуємо для більш завантаженого другого трансформатора

$$I_{р.форс}=1,4 \cdot I_{р.мах.}$$

$I_{р.форс(10)}=35,7$ А;

$I_{р.форс(0,4)}=891$ А.

Згідно [3] вибираємо шини, враховуючи 5% зниження табличних значень при встановленні шин плазом. На стороні 10 кВ приймаємо шини з площею поперечного перерізу 20х5 мм, а на стороні низької напруги 50х5 мм.

Перевірка шин на електродинамічну стійкість.

Перевірка шин на електродинамічну стійкість виконується за умовою:

$$G_{розр} \geq G_{доп.} \quad (4.5)$$

де $G_{розр}$ - розрахункове напруження на згин, яке виникає в матеріалі шин при протіканні ударного струму трифазного к.з;

$G_{доп}$ – допустиме напруження на згин матеріалу шин.

Порядок визначення розрахункового напруження $G_{розр}$ наступний:

1. Визначаємо силу $F^{(3)}$ (Н), яка діє при протіканні по шинам струму трифазного к.з.

$$F^{(3)}=1,76 \cdot k_{\phi} \cdot i_y^{(3)} \cdot l \cdot 10^{-1}/a, \quad (4.6)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт форми шин;

$i_y^{(3)}$ – ударний струм трифазного к.з. кА;

l – довжина проміжку, м;

a – відстань між осями шин, м.

Коефіцієнт k_{ϕ} для прямокутних шин знаходимо згідно кривих [3] в залежності від відношення

$$(a-b)/(a+b) \text{ і } b/h$$

Шини (20x5) $(a-b)/(a+b)=(250-20)/(20+5)=13$; $b/h=20/5=4$;

(50x5) $(a-b)/(a+b)=(250-50)/(50+5)=3,64$; $b/h=50/5=10$.

У випадку $(a-b)/(a+b) \geq 2$ $k_{\phi}=1$ [3].

Тоді:

$$F_{10}^{(3)}=1,76 \cdot 1 \cdot 1,41^2 \cdot (0,9/0,25) \cdot 10^{-1}=1,26 \text{ Н},$$

$$F_{0,4}^{(3)}=1,76 \cdot 1 \cdot 7^2 \cdot (10/0,25) \cdot 10^{-1}=34,5 \text{ Н}.$$

2. Визначаємо момент опору:

$$W=b^2 \cdot h/6,$$

де h – товщина шини, м;

b – ширина шини, м.

$$W_{10}=(15 \cdot 10^{-3}) \cdot (3 \cdot 10^{-3})/6=2,25 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3;$$

$$W_{0,4}=(50 \cdot 10^{-3}) \cdot (5 \cdot 10^{-3})/6=2,08 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

3. Визначаємо розрахункове напруження при згині:

$$G_{\text{розр.}}=F^{(3)} \cdot l/(10W)$$

$$G_{\text{розр}10}=1,26 \cdot 0,9/(10 \cdot 2,25 \cdot 10^{-8})=5,04 \text{ МПа};$$

$$G_{\text{розр}0,4}=34,5 \cdot 1/(10 \cdot 2,08 \cdot 10^{-7})=16,6 \text{ МПа}.$$

Так як для алюмінієвих шин АТ допустиме напруження $G_{\text{доп}}=70 \text{ МПа}$, то наші шини приймаємо для встановлення.

4.2. Вибір захисної електричної апаратури.

Згідно [3] приймаємо номінальний струм вставки запобіжника за умовою відлагодження від кидків намагнічуючого струму. Для трансформаторів 400 кВА $I_{н..пл.в.}=50$ А. перевіряємо вставку на селективність дії з апаратами захисту зі сторони 0,4 кВ.

Селективність буде забезпечена при виконанні умови:

$$t_B \geq (t_{c.з.} + \Delta t) / k_{\pi}, \quad (4.7)$$

де t_B – час поновлення вставки запобіжника при к.з. на стороні 0,4 кВ, с;

$t_{c.з.}$ – повний час спрацювання захисту з боку 0,4 кВ (для електричних розчіплювачів $t_{c.з.}=0,02 \pm 0,01$);

Δt – мінімальна ступінь селективності: для автоматів – 0,3 с;

k_{π} – коефіцієнт приведення каталожного часу плавлення плавкої вставки до фактичного часу її плавлення.

Згідно [3] для $I_{к.з.}=0,611$ кА; $I_{пл.в.}=50$ А; $t_B=0,2$ с.

Тоді:

$$0,2 \geq (0,025 + 0,3) / 0,9 = 0,36.$$

Тобто запобіжники будуть діяти неселективно, тому приймаємо наступну ступінь струму плавкої вставки 75 А, аналогічно визначаємо $t_B=0,8$;

Тепер $0,8 \geq 0,36$, тому для встановлення приймаємо запобіжники ПК -10/100 з наступними технічними даними

$U_{н.з.}=10$ кВ; $I_{н.з.}=100$ А; $I_{н..пл.в.}=75$ А; $S_{маж.}=200$ МВА; $I_{мин.від.}=3I_{н.}$

Після цього перевіряємо плавку вставку за умовою:

$$t_B \leq t_k \leq 5 \text{ с},$$

де $t_k = 900/k^2$ – допустимий час проходження струму к.з. у трансформаторі за умовою термічної стійкості, с;

$k = I_{\infty} / I_{н.т.}$ – відношення встановленого струму к.з. до номінального струму трансформатора.

$$K = 611/23,1 = 26,5,$$

тоді $0,8 \leq 1,29 \leq 5$ с.

4.3. Вибір вимикачів навантаження і роз'єднувачів.

Вибираємо вимикач навантаження типу ВНВ–10 з електромагнітним приводом та дугогасильними камерами типу КВД, згідно [2]. Розрахункові і паспортні дані заносимо в табл.4.1.

Таблиця 4.1

Вибір вимикача навантаження і роз'єднувача

Умови вибору	Розрахункові дані мережі	Каталожні дані апаратів	
		Вимикач навантаження ВНР-10/400-103У3	Роз'єднувач РВЗ-10/400
$U_{н.с} \leq U_{н.а}$	10кВ	10 кВ	10 кВ
$I_{фас.с} \leq I_{н.а}$	32,4	400А	400 А
$I_y^{(3)} \leq i_{max}$	1,41 кА	25 кА	50 кА
$I_y^{(3)} \leq I_{гр.відкл.}$	0,86 кА	12 кА	29 кА
$I_k^{(3)} t_k \leq I_t^2 t$	$0,611^2 * 1,4 = 0,5 \text{ кА}^2\text{с}$	$100 \text{ кА}^2\text{с}$	$16^2 * 4 = 1024 \text{ кА}^2\text{с}$

Як бачимо, наші апарати відповідають всім умовам.

Для захисту підстанції від набігаючих хвиль перенапруг з боку 10 кВ встановлюємо вентильні розрядники РВП – 10, з боку 0,4 кВ – РВН – 0,5 з наступними технічними даними:

- РВП–10; $U_n = 10$ кВ, найбільша допустима напруга на розряднику, кВ (діюче значення) 12,7 кВ;
- пробивна напруга розрядника з частотою 50 Гц: не менше 26 кВ; не більше 35 кВ.
- імпульсна пробивна напруга не більше 50 кВ;
- залишкова напруга розрядника при імпульсному струмі, А: 3000-47; 5000-50.

РВН – 0,5: найбільша допустима напруга на розряднику в момент гасіння дуги – не більше 0,5 кВ;

Пробивна напруга при промисловій частоті не менше 2,5-3 кВ.

4.4. Вибір апаратів захисту для електричних ліній напругою 380/220 В.

Струм спрацювання теплового розчіплювача, А;

$$I_c = 1,1 \cdot (I_{\max} + 0,41 \cdot I_{\pi}), \quad (4.8)$$

де $I_{\max}$ – максимальний струм навантаження лінії без урахування номінального струму самого потужного двигуна;

I_{π} – пусковий струм найпотужнішого двигуна (якщо $I_{\pi} < 0,1 \cdot I_{\max}$, то іншим складовим розрахункової формули можна знехтувати).

Для встановлення вибираємо автоматичний вимикач серії ВА5200 – (для розподільчих ліній 0,38 кВ);

АВМ – для вводу в РП 0,4 кВ і секційного вимикача.

Для секційного вимикача вибираємо автомат АВМ – 10Н.

Чутливість захисту перевіряємо за умовою

$$k_{\text{ч}} = I_{\text{к.мін.}} / I_{\text{т.р.}} \geq 3, \quad (4.9)$$

де $k_{\text{ч}}$ – коефіцієнт чутливості;

$I_{\text{к.мін.}}$ – найменше значення однофазного струму в нульовому проводі к.з.;

$I_{\text{т.р.}}$ – найменший струм теплового розчіплювача, А.

Струм спрацювання реле:

$$I_{\text{с.р.}} = 0,7 \cdot I_{\text{р.мах}}, \quad (4.10)$$

$$I_{\text{с.р.}} = 0,7 \cdot 241 = 169,$$

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = (I_{\text{к.мін.}}^{(1)} - I_{\text{р.мах}}) / I_{\text{с.р.}}, \quad (4.11)$$

$$k_{\text{ч}}^{(1)} = (611 - 241) / 169 = 2,2 > 1,5,$$

тобто чутливість забезпечується.

5. Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання підприємства

5.1. Моніторинг параметрів електричних приводів.

Стосовно технічного обслуговування і ремонту складних технічних об'єктів має місце доцільність заміни стратегії планово-попереджувальних ремонтів на стратегію управління експлуатаційною надійністю цих об'єктів за їх технічним станом. Моніторинг - це система регулярних, довготривалих спостережень у просторі й часі, які дають інформацію щодо стану об'єкта з метою оцінки минулого, поточного стану та прогнозу зміни у майбутньому його параметрів. Виходячи з цього, до структури процесу моніторингу стану об'єкту має входити як мінімум три вищезазначені задачі у відповідній послідовності (рис. 5.1).

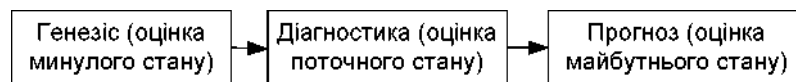


Рис.5.1. Узагальнена структура процесу моніторингу.

Якщо умовно позначити вектор параметрів поточного стану об'єкту, що діагностується, як X_t , то, з погляду на структуру процесу, стає зрозуміло, що задача оцінки минулих станів є нічим іншим як аналіз низки n - оцінок векторів $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-k}, X_{t-n}$, отриманих на етапах попередньої діагностики відповідно у терміни $t - 1, t - 2, t - k, \dots, t - n$. Виходячи з цього, задача оцінки майбутнього стану, тобто прогноз, - це оцінка низки векторів стану $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+k} \dots$ (рис.5.2).

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Управління та моніторинг стану електротехнічного обладнання підприємства	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					40	76
Перевірів		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						



Рис.5.2. Структура взаємозв'язку задач процесу моніторингу.

Очевидно, що вірогідність результатів оцінки минулого і прогнозу, яка безпосередньо впливає на правильність рішень стосовно стану досліджуваного об'єкту, залежить від точності визначення вектору параметрів X_t .

Таким чином, при розробці систем моніторингу, по-перше, необхідно дослідження і обґрунтування оптимальної кількості діагностичних показників, а, по-друге, необхідно проведення дослідження системи невеликої кількості факторів, що зумовлюють формування шкідливого тренду, які визначаються не тільки методами й засобами їх вимірювання, але й особливостями самих діагностичних показників. Це дало б змогу корегування математичних моделей для визначення параметрів об'єкту без втручання в технічну складову вимірювального комплексу за рахунок повного чи часткового виключення $\Delta_{сист}$

Так чи інакше моніторинг параметрів ЕД систем ЕП потребує обґрунтування вимог до показників моніторингу, зокрема, обґрунтування обсягу діагностичних показників та технічну реалізацію процесу їх вимірювання з достатньою точністю у реальних умовах ремонту та експлуатації ЕД систем ЕП.

Вимоги до показників моніторингу електромеханічного обладнання.

Виходячи із структури процесу моніторингу (рис.5.1) та структури взаємозв'язку його задач (рис.5.2), вимоги до його показників можна умовно представити наступною схемою (рис.5.3):

У першу чергу це об'єм необхідної інформації, яку необхідно отримати шляхом спостережень за об'єктом, що безпосередньо впливає на точність визначення параметрів стану об'єкта і визначає точність і вірогідність оцінки прогнозу майбутнього його стану. До того ж враховуючи, що об'єм вимірювальної інформації також визначає швидкість її обробки, а остання

потребує певних обчислювальних потужностей, доцільно говорити, з одного боку, про обґрунтування мінімально необхідної кількості діагностичних показників, які б обчислювались на основі ефективних, зі статистичної точки зору, оцінок параметрів стану електричного двигуна системи електроприводу, моніторинг якого здійснюється.

Існуючі методи діагностики АД мають суттєві недоліки, зокрема трудомісткість діагностичних процедур, які нерідко потребують демонтажу електричних машин (ЕМ) та на неповноту параметрів, що визначаються, тому необхідні методи діагностики й автоматизації процесу випробувань з використанням електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) не тільки для математичної обробки емпіричних даних, але й під час проведення експерименту.

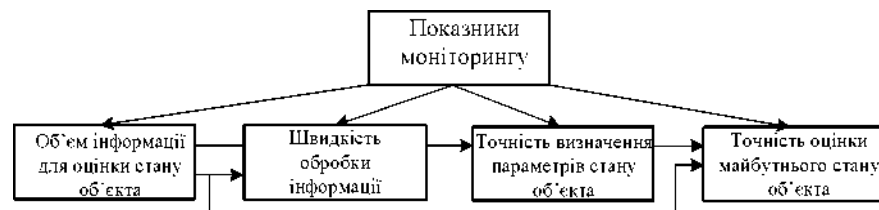


Рис.5.3. Показники процесу моніторингу та їх взаємозв'язок.

До функцій ЕОМ повинні входити засоби управління ходом випробувань, підтримки необхідного режиму роботи випробувального комплексу, контролю датчиків та інтерпретації одержаних даних відповідно до тих або інших методів діагностики, засоби видачі результатів випробувань і висновків про працездатність машини, що діагностується. Більшість відомих методів випробувань є нетехнологічними. Практично всі методи дозволяють визначити тільки частину електромагнітних параметрів СД і лише у вигляді інтегральних величин без можливості визначення параметрів окремо по фазах.

Промислові системи контролю стану асинхронних двигунів.

Для оцінки технічного стану електричних машин (різного виконання) доцільно використати системи фірми «Вібро-Центр», зокрема системи AMTest.

У режимі реального часу ця система моніторингу дозволяє:

- оперативно оцінювати поточний технічний стан електричної машини;
- вирішувати питання про можливість і, в ідеалі терміни, експлуатації генератора або електродвигуна;
- виявляти, і постійно контролювати ступінь розвитку дефектів в ізоляції електричної машини.

Технічна ефективність роботи систем моніторингу залежить від набору діагностичних функцій, реалізованих в ній: чим більше цих функцій, тим вища ймовірність коректної оцінки технічного стану контролюваного електрообладнання.

Таблиця 5.1 - Типи систем моніторингу

Марка систем	Типи контрольованих	Діапазон напруги	Технологічна важливість і контрольованих машин
AMTest	Асинхронні двигуни 0,4 кВ	$U_{\text{роб}} > 0,4 \text{ кВ}$ $P_{\text{дв}} > 1 \text{ кВт}$	- Контроль і управління електродвигунами з робочою напругою 0,4 кВ - Допоміжна система для
MDR-M	Високовольтні асинхронні і синхронні двигуни	$U_{\text{роб}} > 6,0 \text{ кВ}$ $P_{\text{дв}} > 200 \text{ кВт}$	- Контроль стану ізоляції статорів електродвигунів і генераторів - Контроль електромагнітної асиметрії статора

Перелік діагностичних алгоритмів, реалізованих в різних системах моніторингу, наведено в табл.5.2.

AMTest - прилад захисту, управління і діагностики електродвигунів і механізмів.

Управління асинхронними електродвигунами, захист, діагностика дефектів двигунів і насосів, планування ремонтних робіт - всі функції реалізовані в одному компактному стаціонарному приладі марки AMTest. Прилад відповідає всім сучасним вимогам до систем керування асинхронними електроприводами.

Прилад AMTest може застосовуватися для роботи з електродвигунами практично будь-якої потужності з робочою напругою 0,4 - 10,0 кВ. Для контролю загальної ефективності роботи електроприводу в прилад вбудований

мікропроцесорний трифазний лічильник, який контролює споживану електроенергію.

Таблиця 5.2 - Перелік діагностичних алгоритмів систем моніторингу

Марка систем	Призначення	Реалізовані методи діагностики
AMTest	Контроль асинхронних двигунів від 0,4 кВ	1. Контроль електромагнітної асиметрії статора і стану КЗ клітини ротора за спектрами струму і потужності (6 датчиків) 2. Контроль і захист електродвигуна від тривалих перевантажень 3. Контроль вібрації підшипників електродвигуна (2 датчики)
MDR-M	Контроль високовольтних асинхронних і синхронних гунів	1. Контроль стану ізоляції обмотки статора по частковим розрядам (4 датчика) 2. Контроль електромагнітної асиметрії статора за спектрами струму і потужності (2 датчика) 3. Контроль вібрації пакета статора для визначення ослаблення кріплення обмотки (1 датчик) Контроль вібрації підшипників двигуна (2 датчика)

Все вирішуються приладом AMTest завдання можуть бути розділені на три групи. Це - функції управління електродвигуном, функції захисту та функції діагностики стану електродвигуна і приводного механізму.

1. Функції місцевого та дистанційного керування електродвигуном:

- Включення і відключення електродвигуна за спеціальним алгоритмом, заснованому на тимчасові затримки до 24 годин;
- Відключення електродвигуна за технологічними параметрами, наприклад, після повного відкачування (закачування) рідини, наявності кавітації, і ін.;
- Можливість дистанційного включення і відключення електродвигуна системою більш високого рівня по протоколу зв'язку RS-485.

2. Функції захисту і забезпечення безпеки роботи обладнання:

- Реєстрація спожитої електроенергії;

- Захист електродвигуна від перевантаження;
- Захист від зниження напруги живлення;
- Захист від однофазного включення електродвигуна;
- Захист від виходу контрольованого обладнання (насосів) в "Анормальні" режими (захист від сильної кавітації і від відсутності робочої рідини в насосі);
- Контроль стану ізоляції з'єднувального кабелю і електродвигуна;
- Контроль температури підшипників;
- Контроль вібрації підшипників;
- Контроль часу вільного вибігу агрегату після відключення від мережі.

3. Функції діагностики дефектів електродвигуна і насоса:

- Діагностика дефектів стану електродвигуна - контроль наявності дефектних стрижнів на роторі, визначення стану підшипників, якості центрування і балансування;
- Оцінка режиму роботи насосів, виявлення кавітації;
- Збір інформації від додаткових датчиків, які підключаються до приладу по цифровому інтерфейсу (витрата, тиск, параметри рідини);
- Визначення залишкового ресурсу обладнання і визначення оптимального часу проведення ремонту;
- Передача інформації про стан обладнання по каналу зв'язку RS-485 в інформаційні системи більш високого рівня.

Прилад реалізований в окремому корпусі. Для практичної настройки установок захисту і параметрів діагностики в програмі приладу може застосовуватися внутрішня клавіатура з екраном. Другим варіантом режиму настройки приладу є використання інформаційного каналу зв'язку RS-485, до якого також підключається пульт настройки з екраном і клавіатурою.

Зовнішні комунікації приладу AMTest в максимальній комплектації показані на рис.5.4. Для пояснення призначення клем приладу вони позначені цифрами.



Рис.5.4. Прилад AMTest:

- 1 – контакти реле включення аварійної сигналізації;
- 2 - контакти реле включення/відключення контрольованого електродвигуна;
- 3 - сигнали з зовнішніх вимірювальних трансформаторів струму: використовуються для реєстрації споживаної потужності і захисту від перевантаження;
- 4 - сигнали трьох фаз живлячої напруги 0,4 kV (для високовольтних двигунів це сигнали з трансформаторів напруги 100 V): використовуються для реєстрації потужності, контролю зниження напруги і перекосу трифазних напруг;
- 5 - клеми для підключення напруги живлення 220 V;
- 6 - два аналогових входи для підключення датчиків вібрації: один вихід 5 V призначений для підключення напруги живлення датчиків;
- 7 - два входи для підключення датчиків температури типу Pt100;
- 8 - вхід для підключення диференціального трансформатора контролю струму витoku в живильному кабелі і статорі контрольованого електродвигуна;
- 9 - клеми для підключення додаткових датчиків технологічних параметрів, які працюють по інтерфейсу зв'язку CAN;
- 10 - клеми для підключення лінії зв'язку від приладу до системи АСУ-ТП для організації управління і передачі інформації про стан контрольованого обладнання. Дана лінія організована за допомогою гальванічно ізольованого інтерфейсу зв'язку RS-485.

5.2. Основні діагностичні параметри електротехнічних комплексів.

Серед ряду можливих варіантів за критерієм інформативності основними діагностичними параметрами електротехнічного встаткування виступають наступні показники:

- електричні параметри: відхилення струмів і напруг від номінальних значень, (по амплітуді, частоті, фазі), поява всякого втрат;
- параметри теплових процесів, що супроводжують електромагнітні процеси при порушеннях нормальних режимів і старінні конструкційних матеріалів [температури в пазах ротора, стержнях статора, щітково-контактного апарата, температури охолодних (вода, повітря, масло) і ізолюючих середовищ (порцелянових ізоляторів у ЛЕП тощо];
- параметри хімічних процесів, що проходять в охолодних й ізолюючих середовищах (наявність домішок у воді, маслі, газу й вологи в трансформаторному маслі й ізоляції);
- світлові ефекти, викликані електромагнітними ефектами (світіння високовольтних пристроїв через поверхневі заряди на ізоляторах);
- шумові параметри (вібрації та ін.), що супроводжують функціонування електротехнічних пристроїв (генераторів, двигунів).

Для високовольтного встаткування рекомендуються безконтактні дистанційні методи (тепловізійні, візуальні тощо).

Основним електротехнічним обладнанням є генератори, трансформатори, мережне встаткування. Розглянуті нижче методи й засоби орієнтовані на це встаткування, але можуть застосовуватися й для інших агрегатів і пристроїв, що працюють на подібних принципах перетворення електричної енергії. Деякі з методів і засобів застосовуються й для тепломеханічного устаткування (тепловізійний, хімічний).

Схеми заміщення діелектрика шляхом представлення конденсатором представлені на рис.5.5. У електричному конденсаторі з ідеальним діелектриком, тобто діелектриком без втрат, вектор струму I_c випереджає

вектор напруги на 90° . У реальних діелектриках кут між струмом I_c , що протікає через ємність, і напругою менше 90° за рахунок втрат, які викликають протікання активного струму I_a , співпадаючого по фазі з напругою. Векторні діаграми для ідеального діелектрика і спрощена векторна діаграма діелектрика з втратами показані на рис. 5.5 – тут також показані схеми заміщення діелектрика без втрат і з втратами (рис.5.5, а, б, в). В простому випадку схема заміщення може бути вибрана з паралельно або послідовно сполучених ємності і активного опору.

Кут, доповнюючий кут зрушення фаз між струмом і напругою до 90° , називається кутом діелектричних втрат. Як видно з векторної діаграми тангенс цього кута рівний відношенню активного і реактивного струмів

$$\operatorname{tg} \delta = I_a / I_c \quad (5.1)$$

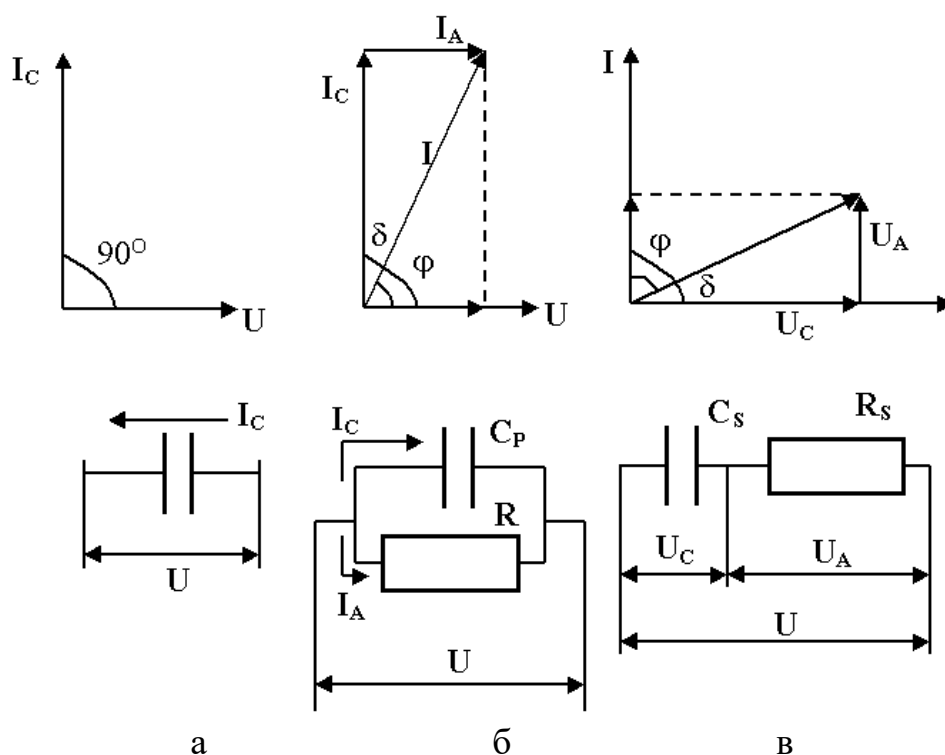


Рис.5.5. Варіанти представлення властивостей ізоляції

або відношенню активної потужності P_a до реактивної P_p

$$\operatorname{tg} \delta = P_a / P_p \quad (5.2)$$

Старіння діелектрика (поступова його зміна, що супроводжується

погіршенням або повною втратою ізоляційних властивостей) викликається процесами, пов'язаними з хімічними, тепловими, механічними й електричними впливами. Ці процеси діють одночасно і є взаємозалежними.

До хімічних процесів погіршення органічних ізоляційних матеріалів ставляться окислювання й реакції з агресивними компонентами навколишнього середовища, яким сприяє наявність вологи й підвищена температура. При нагріванні внаслідок зовнішніх причин і діелектричних втрат зношування матеріалу супроводжується розпадом речовини, появою крихкості, зниженням електричної міцності.

5.3. Види контролю і методи діагностування електрообладнання.

Випробування при ремонтах (капітальних і поточних), а також у період між ремонтами проводяться з метою оцінки стану й виявлення дефектів.

При випробуваннях під час експлуатації, проведених за допомогою пересувних установок, може бути отриманий обмежений обсяг інформації. Найкращий метод контролю без виводу встаткування з експлуатації, під робочою напругою, що забезпечує підвищення ефективності технічного діагностування (ТД) при зниженні витрат праці на його проведення, а також поліпшення умов праці персоналу. Контроль під напругою легко автоматизувати. Застосовують два варіанти ТД під напругою: ранню діагностику й сигналізацію граничних станів.

До основних явищ старіння ставляться фізичні й хімічні зміни органічних ізоляційних матеріалів, викликані процесами часткових розрядів.

Механічні впливи, викликаючи порушення цілісності матеріалу (розриви, розшарування), знижують електричну міцність ізоляційної конструкції.

Електрична міцність $E_{миц}$ називають середнє значення напруженості поля в міжелектродному просторі безпосередньо перед пробоем:

$$E_{np} = \frac{U_{np}}{S}, \quad (5.3)$$

S - відстань між електродами.

Ізоляційне масло є також і тепловідвідним і захисним середовищем. При старінні масло окисляється, що приводить до утворення органічних кислот, розчинних у маслі або опади, що створює (шлам). Зволоження знижує його електричну міцність. Термічні впливи приводять до крекінгу.

Старіння масла знижує надійність ізоляційної конструкції, тому що підвищена кислотність сприяє старінню твердої ізоляції, а осадження шламу збільшує діелектричні втрати й погіршує відвід теплоти. Волога з масла, переходячи у твердий діелектрик, підсилює в ньому процеси руйнування. Наявність у маслі пухирців газу сприяє розвитку часткових розрядів.

Кінцевим результатом впливу перерахованих факторів на ізоляційну конструкцію є зміна структури діелектриків, їхніх властивостей, поява внутрішніх дефектів і продуктів розкладання.

Прямі методи визначення інтенсивності перерахованих процесів, придатні для експлуатаційних умов, відсутні. Застосовуються непрямі методи контролю. Для цього використовуються параметри ізоляції, значення яких визначаються процесами, що відбуваються в діелектриках (поляризація, абсорбція, іонізація, провідність тощо). До таких параметрів ставляться комплексна провідність ізоляції, діелектричні втрати, ємність, інтенсивність часткових розрядів. Для діагностування використовуються також залежності їх від температури, прикладеного напруги, часу тощо.

Бракувальним критерієм є сукупність значень діагностичних параметрів й інших ознак, достатніх для оцінки стану контрольованого об'єкта й віднесення (класифікації) його до числа ушкодження, що має (дефекти). Кінцевою метою такої класифікації є прогнозування працездатності встаткування.

Як бракувальний критерій приймається вихід значень контрольованих параметрів за встановлені межі. Ураховується, що ті самі зміни значення параметра можуть бути викликані різними дефектами, при розвитку яких небезпека відмови об'єкта неоднакова.

Вимірювання діелектричних втрат й ємності ізоляції.

Застосовують мостовий метод (рис. 5.6). Діагностичні параметри:

- при випробуванні відключеного встаткування - тангенс кута діелектричних втрат ($\operatorname{tg} \delta$) і ємність ізоляції;
- при контролі встаткування без висновку з роботи - зміна комплексної провідності, $\operatorname{tg} \delta$ й ємності ізоляції.

Мостовий метод заснований на порівнянні параметрів контрольованого об'єкта з параметрами елемента схеми, прийнятого в якості зразкового (ланка порівняння).

Вимір опору ізоляції. Схема вимірів складається з послідовно з'єднаних контрольованої ділянки ізоляції, джерела напруги й приладу, що вимірює струм через ізоляцію. Діагностичний параметр - опір ізоляції.

Вимірювальний пристрій - мегаомметр (рис.5.7.) містить стабілізоване джерело напруги постійного струму U_0 й вольтметр V , на вході якого включений зразковий резистор R_0 .

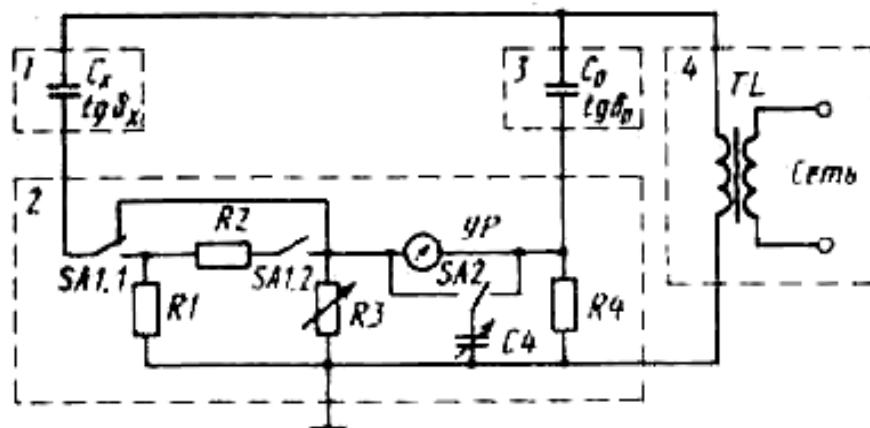


Рис. 5.6. Схема мостового вимірювального пристрою: 1 - об'єкт контролю; 2 - вимірювальний міст; 3 - зразковий конденсатор; 4 - джерело напруги; R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , C_4 - елементи плечей моста; УР - показчик рівноваги.

Вимірюваний опір ізоляції:

$$R_x \approx R_0 \frac{U}{U_0}, \quad (5.4)$$

де U - значення напруги.

Межі виміру залежать від опору резистора R_0 .

Вимір абсорбційних характеристик ізоляції. При подачі постійної напруги спочатку відбувається різкий стрибок напруги від нуля до сталого значення, при якому струм протікає тільки по ємнісних елементах (рис. 5.8).

Розподіл напруги визначається ємностями цих елементів. По закінченні деякого часу ємнісні елементи перестають грати яку-небудь роль і розподіл напруги по шарах визначається їхніми омичними опорами.

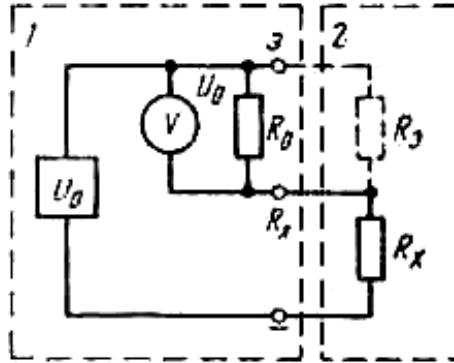


Рис. 5.7. Схема виміру опору ізоляції: 1 - мегомметр; 2 - об'єкт контролю

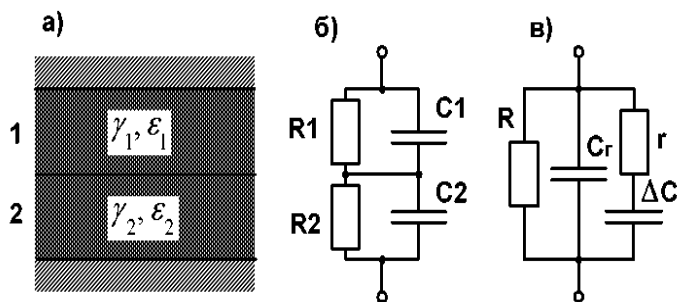


Рис. 5.8. Схема зволоження ізоляції.

Якщо величини опорів великі, то перезарядження ємнісних елементів триває досить довго, показання мегомметра протягом деякого часу (десятки секунд) будуть змінюватися; гарна ізоляція без зволоження означають досить тривалий процес переходу в сталий режим. При зволоженні одного із шарів перезарядження через один з низькоомних елементів R_1 або R_2 пройде досить швидко, за час менш 15 с. Якщо навіть другий шар має великий опір (а при змінній напрузі низькоомний шар буде нагріватися ємнісними струмами

високоомного шару), то по співвідношенню опорів, обмірюваних у різні моменти часу (конкретно - через 60 с, R_{60} , і через 15 с, R_{15}), можна судити про зволоження одного із шарів.

Таким чином, контролюючи величину R_{60} , можна судити про наявність суцільного зволоження ізоляції, а по відношенню $K_{abc} = \frac{R_{60}}{R_{15}}$.

Для оцінки стану ізоляції виміру роблять на частотах 2 Гц й 50 Гц при незмінній температурі ізоляції й потім визначають відношення C_2 і C_{50} , що і служить показником якості ізоляції.

Більш конкретно, якщо $K_{abc} < 1.3$, то ізоляція неприпустимо зволожена.

Контроль ізоляції масла. Визначається зміною фізико-хімічного складу масла.

Основні характеристики трансформаторних ізолюючих рідин: $U_{проб}$, $tg\delta$,

- кислотне число,
- вологість,
- вміст механічних домішок.

Останнім часом усе більше широке поширення знаходить методика виявлення ушкоджень у силових трансформаторах за результатами аналізу розчинених у маслі газів. Ідея методу заснована на припущенні про те, що ушкодження в трансформаторі супроводжується виділенням різних газів, відсутніх у маслі при нормальній роботі. Ці гази спочатку розчиняються в масл. Виділивши ці гази з масла й провівши їхній аналіз, можна виявити ушкодження на різній стадії їхнього виникнення.

Відбір масла виробляється так, щоб виключити його зіткнення з навколишнім повітряним середовищем для запобігання втрат розчинених у маслі газів. Масло міститься в замкнутий обсяг і газ над поверхнею масла піддається аналізу на хроматографі. Оцінка стану маслonaповненого устаткування здійснюється звичайно на базі наступних критеріїв:

– критерій граничних концентрацій (водень, метан, етилен, етан, ацетилен, окис і двоокис вуглецю й ін. гази); розкладання масла й розкладання целюлози

приводять до перевищення концентрацій різних газів, часткові розряди приводять до появи водню тощо;

- критерій швидкості наростання концентрацій газів - при щомісячному контролі;

- критерій відносин концентрацій газів - співвідношення концентрацій дозволяє виявляти перегрів й навіть температуру перегріву;

Хроматографічний аналіз газів виробляється на комп'ютерних комплексах, що дозволяють автоматизувати аналіз критеріїв і розпізнавати дефекти, що з'являються, в устаткуванні до відмови устаткування.

5.4. Діагностичні комплекси.

Найбільшими можливостями володіють автоматизовані системи ТД, що функціонують на базі ЕОМ. Вони можуть вести виміру, обробку отриманих даних з метою зниження впливу перешкод, аналізувати результати й проводити без втручання персоналу інші операції контролю, міняючи при необхідності його тактику (періодичність вимірів, спосіб оцінки результатів тощо).

Основна область застосування діагностичних комплексів - контроль устаткування без виводу його з експлуатації.

Діагностичний комплекс КИН-750 забезпечує контроль силових трансформаторів, їхніх уведень і трансформаторів струму. Автоматично вимірюються комплексна провідність ізоляції й часткові розряди. Передбачено можливість періодичних вимірів $tg\delta$ й ємності ізоляції уведень і трансформаторів струму.

Комплекс КИН (рис.5.9) складається з комплекту пристроїв приєднання П, установлених на об'єктах, пульта контролю ізоляції (ПКІ) і з'єднуючих їхніх ліній зв'язку. Пристрої приєднання забезпечують безпеку вимірів і виконують роль датчиків. Від ПКІ дані надходять у мікроЕОМ. Ланцюги від ПП будь-якого об'єкта за допомогою перемикача БПО можуть бути підключені до мостової вимірювальної установки МВУ. У якості вимірювальних

перетворювачів пристрою автоматичного контролю використаний вимірник комплексної провідності ИКП і вимірник часткових розрядів ВЧР.

Ланцюги об'єктів підключаються до них комутатором КАС. Проміжний вимірювальний перетворювач ВП служить для узгодження сигналів у тракті виміру.

Виміри, попередня обробка результатів, оцінка отриманих даних і вибір подальшої тактики контролю забезпечуються програмою ЕОМ. Передбачено перевірку вимірювальних пристроїв (тестовий контроль) і зниження впливу перешкод шляхом статистичної обробки даних.

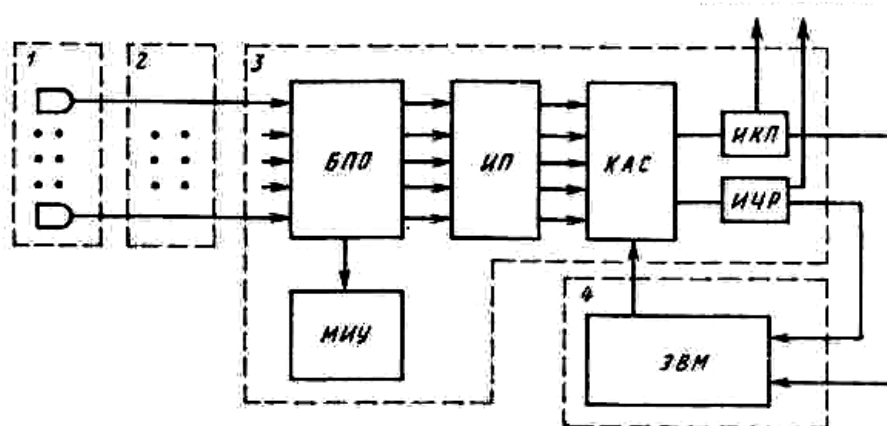


Рис. 5.9. Структурна схема комплексу КИН-750: 1 - пристрою приєднання; 2- лінії зв'язку; 3 - пульт контролю ізоляції; 4 – ЕОМ.

Прийнято тактику контролю по трьох рівнях значень параметра, що допускають, з представлення інформації про стан ізоляції (попередження, бракування, аварійний стан). Відповідно міняється режим контролю (спосіб фільтрації перешкод, періодичність вимірів).

В ЕОМ вводяться також і паспортні дані об'єктів, результати інших вимірів, аналізів масла тощо. Ці дані необхідні для оцінки загального стану об'єкта й уточнення характеру дефекту.

6. Компенсация реактивной мощности в электрической сети предприятия

6.1. Расчет платы за реактивную потерю без компенсации

1. Потери активной и реактивной энергии в трансформаторе.

Потери реактивной мощности в режиме холостого хода

$$\Delta Q_{xx} := S_{ном} \cdot \frac{I_{xx}}{100} \quad (6.1)$$

$$\Delta Q_{xx} = 8.4 \text{ кВАр.}$$

в режиме короткого замыкания

$$\Delta Q_{kz} := S_{ном} \cdot \frac{U_{kz}}{100} \quad (6.2)$$

$$\Delta Q_{kz} = 18 \text{ кВАр.}$$

Расчетные средние активные и реактивные нагрузки трансформатора

$$P := \frac{WP}{t_p} \quad Q := \frac{WQ}{t_p} \quad (6.3)$$

$$P = 349.082 \text{ кВт,}$$

$$Q = 306.837 \text{ кВАр,}$$

Фактическая нагрузка трансформатора:

$$S := \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = 464.765 \text{ кВА.}$$

Средняя нагрузка за расчетный период:

$$k := \frac{S}{S_{ном}} \quad k = 1.162$$

Потери реактивной энергии в трансформаторе за расчетный период:

$$\Delta WQ := \Delta Q_{xx} \cdot t_p + k^2 \cdot \Delta Q_{kz} \cdot t_p \quad (6.4)$$

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	Компенсация реактивной мощности в электрической сети предприятия	Литера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В.					56	76
Перевірив		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

$$\Delta WP := P_{xx} \cdot t_p + k^2 \cdot t_p \cdot P_{kз} \quad (6.5)$$

$$\Delta WP = 6.192 \times 10^3 \text{ кВт год.}$$

2. Спожита електроенергії обома трансформаторами з урахуванням втрат за розрахунковий період - місяць:

активна енергія $WP_{\text{сум}} := WP + \Delta WP$

$$WP_{\text{сум}} = 2.652 \times 10^5 \text{ кВт год,}$$

реактивна енергія $WQ_{\text{сум}} := WQ + \Delta WQ$

$$WQ_{\text{сум}} = 2.519 \times 10^5 \text{ кВАр год.}$$

3. Розрахунок основної плати за місяць:

Вихідні дані до розрахунку перетоків реактивної потужності

$t_p := 744$ - тривалість розрахункового періоду, год;

$T := 5.0$ - тариф на електроенергію, грн/кВт год;

$C_{baz} := 1.0$ - нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання капітальних вкладень в засоби КРП;

$D := 0.03$ - економічний еквівалент реактивної потужності;

$k := 3$ - нормативний коефіцієнт урахування збитків енергопостачальної організації від генерації реактивної енергії з мережі споживача.

Сумарні реактивні перетікання в мережу електропостачальної організації

$$WQ_g := 0 \text{ кВАр год.}$$

основна плата: $\pi_1 := (WQ + 3 \cdot WQ_g) \cdot D \cdot T \quad (6.6)$

$$\pi_1 = 34150.91 \text{ грн/місяць.}$$

4. Розрахунок додаткової плати за місяць:

- коефіцієнт потужності $\text{tg}\phi := \frac{WQ}{WP} \quad \text{tg}\phi = 0.879$

- коефіцієнт, що вибирається в залежності від $\text{tg}\phi$: $K_\phi = 1.453$

- додаткова плата $\pi_2 := \pi_1 \cdot C_{baz} \cdot (K_\phi - 1) \quad (6.7)$

$$п2 = 20118.09 \quad \text{грн/місяць.}$$

5. Розрахунок плати за перетоки реактивної потужності протягом місяця.

$$п := п1 + п2$$

$$п = 54269 \quad \text{грн/місяць.}$$

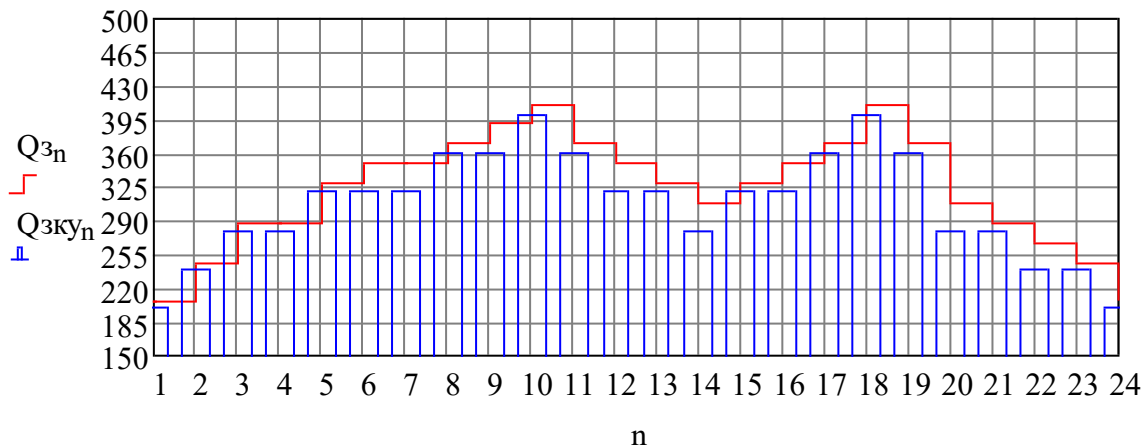
6.2. Розрахунок плати за реактивні перетікання при компенсації.

Максимальні реактивні потужності за добовими графіками в зимовий період

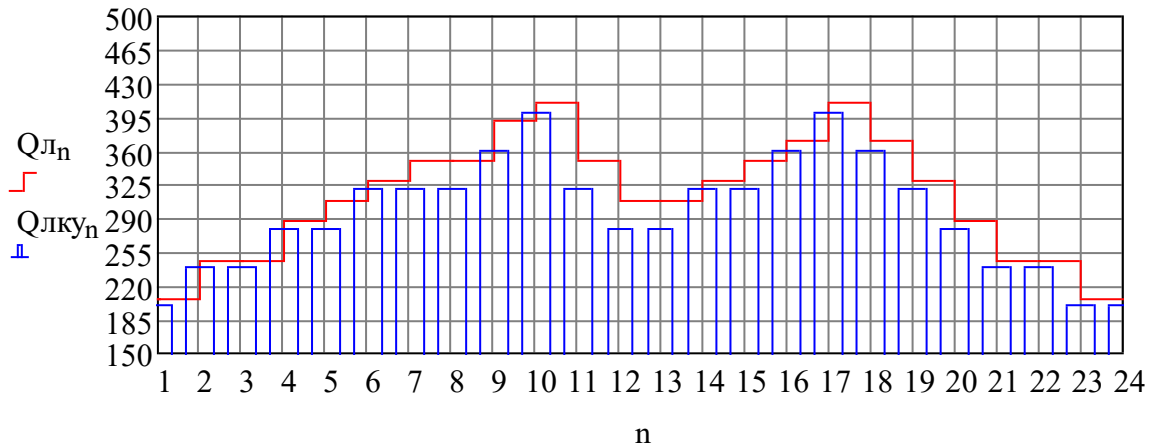
$$\max(Q_3) = 411.333 \quad \text{кВАр, в літній період} \quad \max(Q_л) = 411.333 \quad \text{кВАр}$$

Параметри регульованої конденсаторної установки типу УКРМ 0.4-400/10-40 ступені: 40x10 (ETI+Novar), вартістю 155 000 грн:

Визначення реактивної потужності КУ в залежності від графіку навантаження:

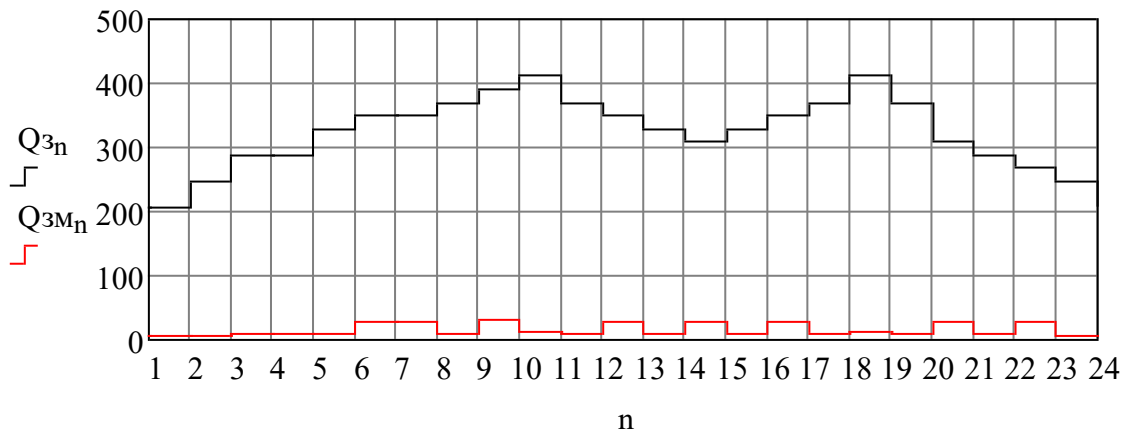


а

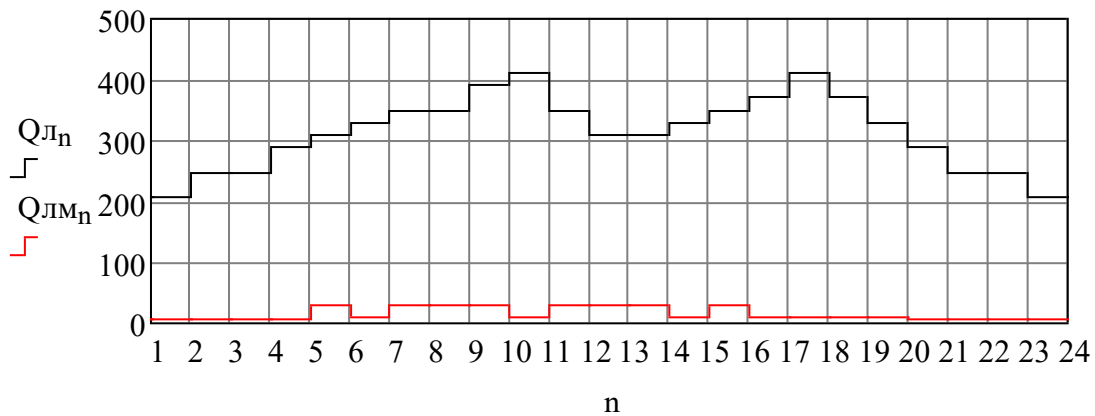


б

Рис.6.1. Графіки реактивних навантажень і потужності КУ: а - зима, б - літо.



а



б

Рис.6.2. Графіки споживання реактивної потужності з мережі до і після її компенсації за допомогою КУ: а - зима: б - літо.

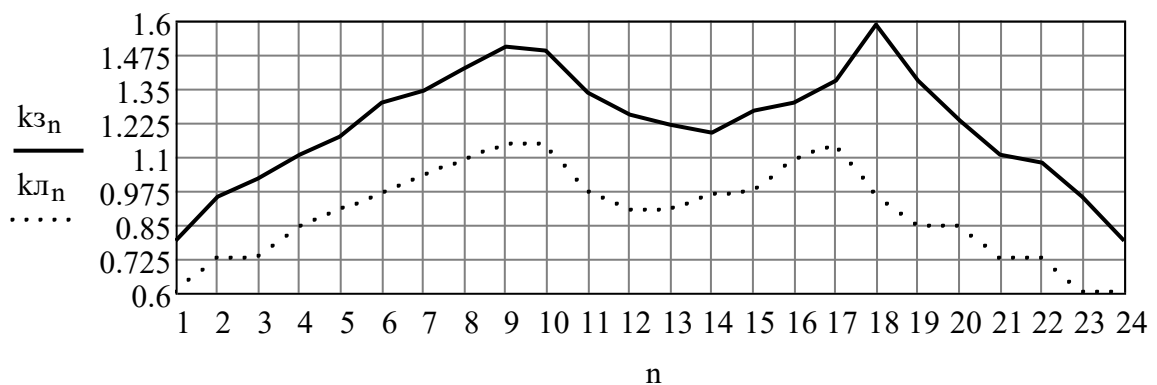


Рис.6.3. Коефіцієнти завантаження трансформаторів протягом доби для зимового і літнього періодів.

Втрати активної потужності в трансформаторі в зимовий і літній періоди, кВт

$$\Delta P_{3n} := P_{xx} + (k_{3n})^2 \cdot P_{K3} \quad \Delta P_{Лn} := P_{xx} + (k_{Лn})^2 \cdot P_{K3} \quad (6.8)$$

Активна та реактивна потужність з урахуванням втрат в зимовий період:

$$\begin{aligned} PP_{3n} &:= P_{3n} + \Delta P_{3n} \text{ кВт}, \\ QQ_{3n} &:= Q_{3Mn} + \Delta Q_{3n} \text{ кВАр}. \end{aligned} \quad (6.9)$$

в літній період

$$\begin{aligned} PP_{Ln} &:= P_{Ln} + \Delta P_{Ln} \text{ кВт}, \\ QQ_{Ln} &:= Q_{LMn} + \Delta Q_{Ln} \text{ кВАр}. \end{aligned} \quad (6.10)$$

Розрахунок основної плати.

- за добу зимового періоду

$$пп1з := \sum_n [(QQ_{3n} + 3 \cdot WQQ_{3gn}) \cdot D \cdot T] \quad (6.11)$$

$$пп1з = 184.686 \text{ грн.}$$

- за добу літнього періоду

$$пп1л := \sum_n [(QQ_{Ln} + 3 \cdot WQQ_{Lgn}) \cdot D \cdot T]$$

$$пп1л = 138.23 \text{ грн.}$$

- додаткова плата: коефіцієнт потужності для зимового і літнього періодів

$$\text{tg}\phi_{3n} := \frac{QQ_{3n}}{PP_{3n}} \quad \text{tg}\phi_{Ln} := \frac{QQ_{Ln}}{PP_{Ln}}$$

- додаткова плата, зимовий період

$$пп2з := D \cdot T \cdot \left[\sum_n [(QQ_{3n} + 3 \cdot WQQ_{3gn}) \cdot C_{baz} \cdot (K_{3n} - 1)] \right] \quad (6.12)$$

$$пп2з = 0.33 \text{ грн.}$$

- додаткова плата, літній період,

$$пп2л := D \cdot T \cdot \left[\sum_n [(QQ_{Ln} + 3 \cdot WQQ_{Lgn}) \cdot C_{baz} \cdot (K_{Ln} - 1)] \right]$$

$$пп2л = 0.679 \text{ грн.}$$

Сумарна добова плата за реактивні перетікання в мережі споживача

- зимовий період

$$\text{ппз} := \text{пп1з} + \text{пп2з}$$

$$\text{ппз} = 185.016 \text{ грн/добу.}$$

- літній період

$$\text{ппл} := \text{пп1л} + \text{пп2л}$$

$$\text{ппл} = 138.911 \text{ грн/добу.}$$

Середньодобове значення плати за перетікання реактивної потужності

$$\text{ппдоб} := \frac{\text{ппз} + \text{ппл}}{2}$$

$$\text{ппдоб} = 161.964 \text{ грн/добу.}$$

Середньомісячна плата за перетікання реактивної потужності господарства

$$\text{зимовий період} \quad \text{ппз} \cdot 31 = 5.736 \times 10^3 \text{ грн/місяць,}$$

$$\text{літній період} \quad \text{ппл} \cdot 31 = 4.306 \times 10^3 \text{ грн/місяць.}$$

Середньомісячне значення плати за перетікання реактивної потужності

$$\text{ппміс} := \text{ппдоб} \cdot 31$$

$$\text{ппміс} = 5.021 \times 10^3 \text{ грн.}$$

Зниження щомісячної плати за реактивні перетікання при компенсації

$$\Delta \text{ппміс} := \text{п} - \text{ппміс}$$

$$\Delta \text{ппміс} = 4.925 \times 10^4 \text{ грн}$$

6.3. Оцінка компенсації реактивної потужності на шинах 0,4 кВ ЗТ

Розрахунковий період 1 рік ($m = 12$ місяці).

$$\text{Капіталовкладення в КУ} \quad K_{\text{ку}} = 1.55 \times 10^5 \text{ грн.}$$

Номінальна норма дисконту, відрахувань на амортизацію та поточний ремонт

$$E_a := 0.06 \quad E_{\text{пр}} := 0.07$$

Амортизаційні, експлуатаційні та кредитні щомісячні відрахування

$$Z_e := K_{\text{ку}} \cdot E$$

$$З_е = 2.015 \times 10^4 \text{ грн.}$$

Економія плати за реактивні перетікання

$$\Delta \text{Пміс}_2 = 4.925 \times 10^4 \text{ грн.}$$

Чистий дисконтований дохід за формулою

$$\text{ЧДД}_m := \sum_{m=1}^m \left[(\Delta \text{Пміс}_m - З_m - K_m) \cdot \frac{1}{(1+e)^m} \right] \quad (6.13)$$

$$\text{ЧДД}_{\text{сум}} = 2.571 \times 10^5 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків, виконаних за вказаною методикою, показують, що величина плати за спожиту реактивну електроенергії зменшується на

$$\Delta \text{Пміс}_2 = 4.925 \times 10^4 \text{ грн/місяць.}$$

від $\text{П} = 5.427 \times 10^4 \text{ грн/місяць}$ до $\text{ППміс} = 5.021 \times 10^3 \text{ грн/місяць.}$

Чистий дисконтований дохід стає додатнім на 4-му місяці з початку експлуатації конденсаторної установки.

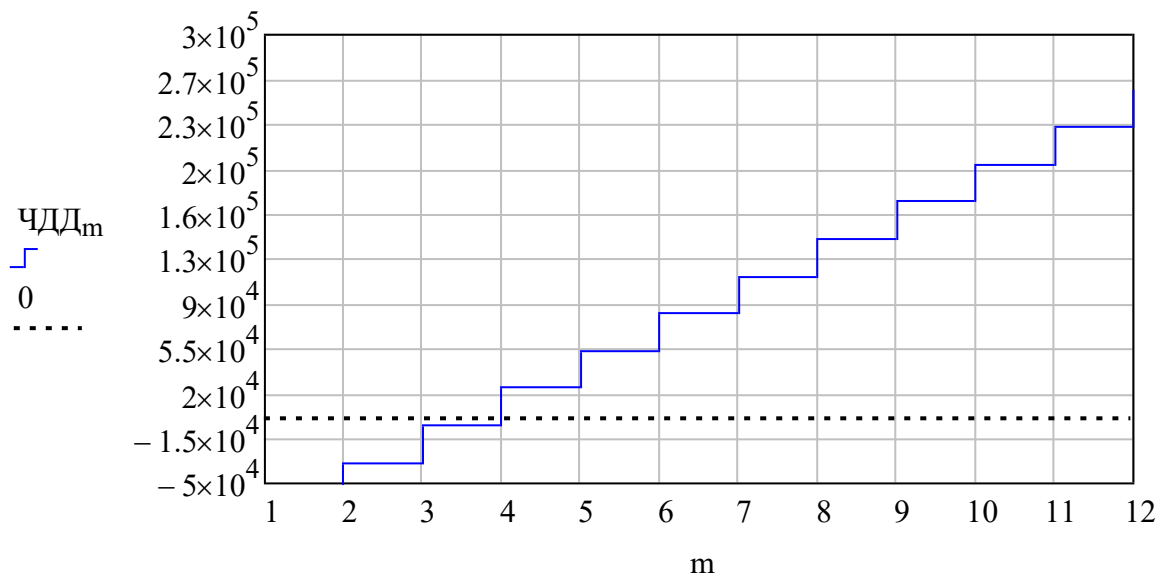


Рис.6.4. Зміна чистого дисконтованого доходу протягом року.

7. Охорона праці

7.1. Вимоги щодо безпечної експлуатації електрообладнання підприємства.

Умови праці на робочих місцях, безпека технологічних процесів, машин, електрообладнання та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів з охорони праці.

Трудомісткі операції по виготовленню продукції механізуються. Маса вантажу, що піднімається та переміщується в процесі роботи, не повинна перевищувати для жінок - 10 кг, для чоловіків - 30 кг.

Для забезпечення охорони праці і техніки безпеки проектом передбачено:

- використання технічно досконалого обладнання;
- застосування належної ізоляції електрообладнання;
- занулення корпусів електроустаткування і елементів електроустановок (приєднанням до РЕ-провідників), які можуть виявитися під напругою;
- для вирівнювання потенціалів виробничі металеві конструкції, металеві корпуси технологічного обладнання повинні бути приєднані до мережі занулення (РЕ-провідників).

Електричний опір ізоляції проводів при температурі 20⁰С, перерахований на 1 км повинен бути не менше:

- при прийманні і постачанні - 1 МОм;
- на період експлуатації і зберігання - 10 кОм.

Провід електромережі вибраний за допустимим навантаженням і перевірений на відповідність струмам захисних апаратів і допустиму втрату напруги.

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В					63	76
Перевірів		Омельчук А.О.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Рецензент								
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

Обладнання, апаратура і молокопроводи слід монтувати таким чином, щоб забезпечувалось повне зливання молока та миючих розчинів. Усі частини, які контактують з молоком і молочними продуктами, повинні бути доступними для миття та дезінфекції, молокопроводи повинні бути роз'ємними. Санітарну обробку резервуарів для виробництва і зберігання молочних продуктів слід проводити після кожного їх спорожнення.

Резервуари для переробки і зберігання молока, вершків, нормалізованих сумішей та інших молочних продуктів (крім тих, що використовуються для виготовлення кисломолочного сиру і твердих сирів) слід забезпечити кришками, які щільно закриваються.

Внутрішньо цеховий транспорт та внутрішньо цехову тару закріпити за окремими видами сировини і готової продукції та відповідно промаркувати.

Апарати, резервуари та інше обладнання, в яких виробляються молочні продукти з використанням води, повинні підключатись до каналізації з розривом струменя 20-30 мм через лійку з сифоном. Не допускається спуск води безпосередньо на підлогу.

Обладнання повинно мати контрольно-реєструючі прилади.

В цехах повинна бути медична аптечка для надання першої медичної допомоги.

Оцінки впливу на навколишнє середовище виконані на основі нормативних матеріалів: закон України "Про охорону навколишнього середовища", закон України "Про екологічну експертизу", ДБН А.2.2-1-95 "Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування)".

Водне середовище. Цех забезпечується водою для виробничих та господарсько-питних потреб від інженерних мереж водопостачання молокозаводу по 10,4 м³/год. дебіту води.

Скидання виробничих та господарсько-побутових стічних вод передбачається в існуючу каналізаційну мережу цеху, яка підключена до

очисних споруд міста через каналізаційний колектор.

Скидання стічних вод виконується через жироловки молокозаводу.

Очисні споруди забезпечують повну біологічну очистку стічних вод, згідно діючих в Україні нормативів на скидання у відкриті водойми.

Охорона атмосферного повітря. В експлуатації даного виробництва основними джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є: існуюча діюча котельня на твердому паливі; фреонова компресорна; коптильна камера.

Замовником розроблений та затверджений проект нормативів ГДВ забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Згідно з розрахунками, розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери викиди не спричинятимуть негативний вплив на стан навколишнього повітря. Додаткові природоохоронні заходи по охороні від забруднення ґрунту, водного середовища, атмосферного середовища в дипломному проекті не розглядались. В повітрі, яке відводиться вентиляційними системами в атмосферу, шкідливі речовини відсутні.

7.2. Безпечне обслуговування трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.

Основною небезпекою при експлуатації комплектної ТП-10/0,4 кВ є можливість включення людини в електричне коло, тобто ураження людини електричним струмом в результаті дотику або наближення до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Аналізуючи отримані дані, розрахункові струми, що проходять через людину, в різних розглянутих на рис.7.1 випадках перевищують допустимий струм, приведений в ГОСТ 12.1.038-88 і є небезпечними для життя людини.

А) В мережі 0,4 кВ при дотику людини до фазного проводу у мережі 0,4 кВ (рис. 7.1,а) струм, що протікає через людину, складе:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{r_{\text{ч}} + r_0} = \frac{220}{2000 + 4} = 0,11 \text{ А} \quad (7.1)$$

де $U_{\phi}=220 \text{ В}$ – фазна напруга мережі;

$r_{\text{ч}}= 2000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини;

$r_0= 4 \text{ Ом}$ – опір заземлюючого пристрою, використовуюваного для заземлення електроустановки повинне бути не більш 4 Ом.

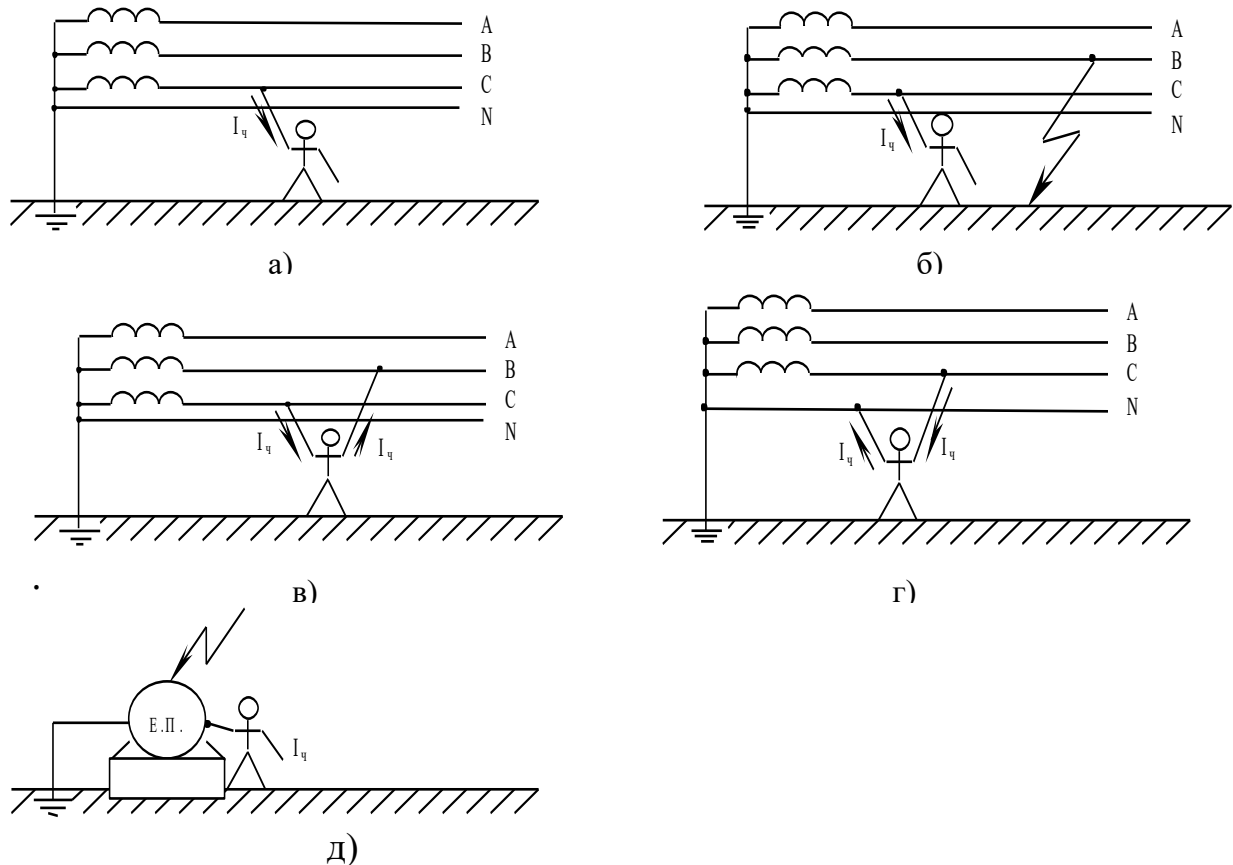


Рис. 7.1. Схеми включення людини в електричне коло мережі напругою 0,4 кВ.

Б) При дотику людини до фазного проводу в аварійному режимі у мережі 0,4 кВ (рис.7.1,б) струм, що протікає через людину, складе:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi} (r_0 \cdot \sqrt{3} + r_{\text{к.з.}})}{r_{\text{к}} \cdot r_0 + r_{\text{ч}} \cdot (r_0 + r_{\text{к.з.}})} = \frac{220(4 \cdot \sqrt{3} + 50)}{4 \cdot 50 + 2000 \cdot (4 + 50)} = 0,116 \text{ А.} \quad (7.2)$$

де $U_{\phi}=220 \text{ В}$ – фазна напруга мережі;

$r_0= 4 \text{ Ом}$ – опір заземлюючого пристрою;

$r_{\text{ч}}= 2000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини;

$r_{\text{к}}= 50 \text{ Ом}$ – опір короткого замикання.

В) при двофазному дотику людини до струмоведучих частин у мережі 0,4 кВ (рис.7.1,в) струм, що протікає через людину, складе:

$$I_q = \frac{U_{\text{л}}}{r_q} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ A}, \quad (7.3)$$

де $U_{\text{л}}=380 \text{ В}$ – лінійна напруга мережі;

$R_q=1000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини.

Г) При дотику людини до фазного і нульового проводу у мережі 0,4 кВ (рис.7.1,г) струм, що протікає через людину, складе:

$$I_q = \frac{U_{\phi}}{r_q} = \frac{220}{1000} = 0,22 \text{ A}, \quad (7.4)$$

де $U_{\phi}=220 \text{ В}$ – фазна напруга мережі;

$R_q=1000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини.

Д) При дотику людини до устаткування 0,4 кВ, котре виявилось під напругою (рис.7.1,д) струм, що протікає через людину, складе:

$$I_q = \frac{I_3' \cdot r_3 \cdot \alpha}{r_q} = \frac{4,07 \cdot 4 \cdot 1,0}{2000} = 0,008 \text{ A}, \quad (7.5)$$

де I_3' – розрахунковий струм замикання на землю знаходимо по формулі:

$$I_3' = \frac{U_{\phi}}{r_3 + r_k} = \frac{220}{4 + 50} = 4,07 \text{ A}, \quad (7.6)$$

$r_k = 50 \text{ Ом}$ – опір короткого замикання;

$r_q=2000 \text{ Ом}$ – опір кола людини;

$r_3=4 \text{ Ом}$ – опір заземлення;

$\alpha=1$ - коефіцієнт напруги дотику, залежить від форми заземлювача [2].

Аналізуючи отримані розрахункові струми, що проходять через людину, у різних розглянутих випадках перевищують допустимий струм, приведений у [2] і є небезпечними для життя людини. Отже, експлуатація ЗТП напругою 10/0,4 кВ представляє реальну небезпеку для обслуговуючого персоналу. Тому необхідно прийняти захисні заходи, вибрати комплект електрозахисних засобів.

7.3. Захисні заходи від ураження електричним струмом.

Контроль ізоляції електроустаткування.

Для того, щоб виявити і вчасно усунути слабе місце в ізоляції і попередити можливі аварії, проводять профілактичні випробування. Норми випробувань приведемо в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Норми випробувань ізоляції

Найменування випробування	Норми випробування	Вказівки
1	2	3
1. Лінії електропередачі 0,4 кВ		
Вимір опору ізоляції напругою до 1 кВ	опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 МОм	перевіряється мегаомметром на напругу 2500 В протягом 1 хв
2. Трансформатор ТМ- 400/10		
1.Вимірювання опору ізоляції R60	Згідно ПУЕ та інструкції “Трансформатори силові. Транспортування, розвантаження, зберігання, монтаж і введення в експлуатацію” найменше допустиме значення $R_{60}=200$ МОм при температурі обмотки рівній 30°C	вимірюється мегаомметром на напругу 2500 В
2.Визначення коефіцієнта абсорбції R60/R15	відношення R60/R15 /при температурі 10-30°C не меншого 1,3	вимірюється мегаомметром R60 і R15 на напругу 2500 В
3. Роз'єднувачі 10 кВ		
Вимірювання опору ізоляції повідців і тяги, виконаних з органічних матеріалів	опір повинен відповідати вказаним в технічних даних виробу, але не меншого 1000 МОм згідно ПУЕ п.1.8.21.	вимірювання проводиться мегаомметром на напругу 2,5 кВ.

1	2	3
4. Вимикачі навантаження 0,4 кВ		
Вимір опору ізоляції вторинних кіл, обмоток вмикаючих і вимикаючих котушок	опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 МОм	Виконується мегаомметром на напругу 500÷1000 В із усіма приєднаними апаратами
5. Електропроводки, апарати, вторинні кола і електроустановки до 1000 В		
Вимірювання опору ізоляції електричних апаратів і ізоляції електропроводок	опір повинний відповідати зазначеним у технічних даних виробу, але не менш 0,5 МОм	вимірювання виконується мегаомметром на напругу 1000 В.

Забезпечення недоступності струмопровідних частин.

У ЗТП електроустаткування під напругою, струмоведучі частини встановлені в спеціальному заземленому металевому кожусі, щоб уникнути торкання до струмоведучих частин обслуговуючого персоналу.

Крім того, в ЗТП встановлені роз'єднувачі на вивідних кабелях з видимим розривом кола при виведенні ЗТП в ремонт. Кабельні лінії напругою 0,4 кВ, що відходять від РП до ЩРС, прокладені і закріплені в металевих коробах на висоті 3м.

Для виключення можливості дотику або небезпечного наближення до ввідних ізоляторів трансформатора на ЗТП реалізована недоступність за допомогою огорожі верхньої частини трансформатора щитом з металеві сітки з боку проходу обслуговуючого персоналу.

Орієнтація в електроустановках.

Для орієнтування в електроустановці застосовується маркування частин електроустаткування написами і табличками. Кабельні лінії напругою 0,4кВ що відходять від РП до ЩРС або ЩРО маркуються по прийнятій схемі за допомогою бирок з ізоляційного матеріалу. Автомати навантаження

маркують за типом навантаження (силова або освітлювальна) і порядковим номером, прийнятим по електричній схемі.

Знаки електричної напруги наносять на видних місцях захисного кожуха РП для попередження про небезпеку поразці електричним струмом при його відкритті. На конструкції ЗТП напругою 10/0,4кВ наносять знаки постійного попередження.

Автомати навантаження маркують по типу навантаження (силова чи освітлювальна) і порядковим номером, прийнятим за електричною схемою. Складаються схеми РП, розподільчих щитів з зазначенням устаткування, яке до них підключене.

Знаки електричної напруги наносять на корпусах РП, ЩРС, ЩРО, та на корпусах силового обладнання, де знаходяться струмоведучі частини, для попередження про небезпеку ураження електричним струмом при його відкритті.

На конструкції ЗТП наносять знаки постійного попередження.

1. Основними електрозахисними засобами в електроустановці 10 кВ є:

- ізолююча штанга ШО-10 У4-2 шт.;
- ізолюючі кліщі 10 кВ-1 шт.;
- показчик напруги УВН-10-2 шт.

2. Основні електрозахисні засоби, прийняті в електроустановках до 1000 В:

- кліщі електровимірювальні на напругу 0,4 кВ Ц91-1 шт.;
- показчик напруги на 0,4 кВ УНН-1Ш-1 шт.;
- діелектричні рукавички - 2 пари.

3. Додатковими електрозахисними засобами в електроустановці 10 кВ є:

- діелектричні рукавички -2 пари;
- переносне заземлення ШЗП-10У4-6 шт.;
- боти діелектричні-2 пари;
- килим гумовий-3 шт.;
- плакати безпеки-10 комплектів.

4. Додаткові електрозахисні засоби в електроустановках до 1000В:

- діелектричні галоши-2 пари;
- килим гумовий-3 шт.;
- переносне заземлення-6 шт.;
- плакати безпеки-10 комплектів.

7.4. Протипожежні заходи на трансформаторній підстанції 10/0,4 кВ.

Причинами виникнення пожеж на підстанції можуть бути: неполадки обладнання, порушення правил протипожежної безпеки. Всі будівельні конструкції застосовані на підстанції є негорючими - металевими та залізобетонними. Для запобігання пожежам на підстанції передбачається встановлення протипожежного щита, комплектація якого наведена в табл.7.2.

На ЗТП присутні наступні згорювані матеріали: трансформаторне масло, паперова і полівінілхлоридна ізоляція кабелів, ізоляція електричних апаратів.

На ЗТП напругою 10/0,4 кВ можливі наступні причини пожежі:

- а) Незадовільний стан контактів;
- б) Перегрівання провідників;
- в) Короткі замикання електроустаткування;
- г) Вибух трансформатора при к.з. з подальшим загорянням трансформаторного масла;
- д) Несправність або порушення роботи електроустаткування;
- е) Необережне поводження з вогнем.
- ж) Грозові розряди.

Основними пожежо-профілактичними заходами будуть наступні:

- а) Встановлення можливих причин пожеж: організаційні, експлуатаційні, технічні і конструктивні.
 - б) Обмеження розповсюдження виникаючої пожежі застосування конструкцій, що не згорають, пристрої протипожежних перешкод.
 - в) Забезпечення успішного проведення тактичних дій при гасінні пожежі.
- Засоби гасіння пожежі на ЗТП розміщені на пожежному щиті.

При виникненні пожежі на ЗТП напругою 10/0,4 кВ типу необхідно:

- відключити підстанцію від електричної мережі вищої та нижчої напруги;
- викликати пожежників;
- провести вимкнення електричного обладнання і заземлення, щоб на пошкоджену ділянку не попадала напруга;
- приступити до гасіння пожежі за допомогою вуглекислотних вогнегасників та піску;
- допустити пожежників до гасіння пожежі, перед цим показавши, що об'єкт відключений і електрообладнання заземлене.

7.5. Розрахунок заземлюючого пристрою підстанції 10/0,4 кВ.

Захисному заземленню підлягають корпуси трансформаторів, каркаси щитків і шаф, металеві конструкції ТП.

Вихідні дані: напруга заземлюючого устаткування 10 кВ і 0,4 кВ (з заземленою нейтраллю), питомий опір суглинку з глибиною закладання 3 м $\rho_{зм}=70$ Ом.м, довжина кабельних ліній з боку 10 кВ $l_k=2,64$ км.

Розрахунковий струм замикання на землю з боку 10 кВ:

$$I_3 = \sum I_{\text{пит.і}} \cdot l_{k,і}; \quad (7.7)$$

$I_{\text{пит}}$ - питомий струм замикання на землю, для кабелю перетином 95мм² дорівнює 1А/км.

Довжина кабельних ліній 10 кВ дорівнює 2,64 км.

$$I_3 = 1 \cdot 2,64 = 2,64 \text{ А.}$$

Так як до заземлюючого пристрою приєднані корпуси обладнання напругою до 1000 В и вище (400 і 10000 В), опір заземлюючого пристрою повинен задовольняти двом умовам: $R_3 < 125/I_3$ і $R_3 < 4$ Ом.

За першою умовою:

$$R_3 < \frac{125}{I_3}, \quad (7.8)$$

$$R_3 < \frac{125}{2,64} = 47,35 \text{ Ом},$$

приймаємо $R_3 = 4 \text{ Ом}$ як найменшу.

Розрахунок заземлення виконується методом коефіцієнта використання електродів. Заземлюючий пристрій являє собою прямокутник, розміром 10х16 м. Як горизонтальний електрод, застосовується смуга сталь перетином 4х12 мм. Горизонтальний електрод розташовується на глибині від поверхні 0,8 м.

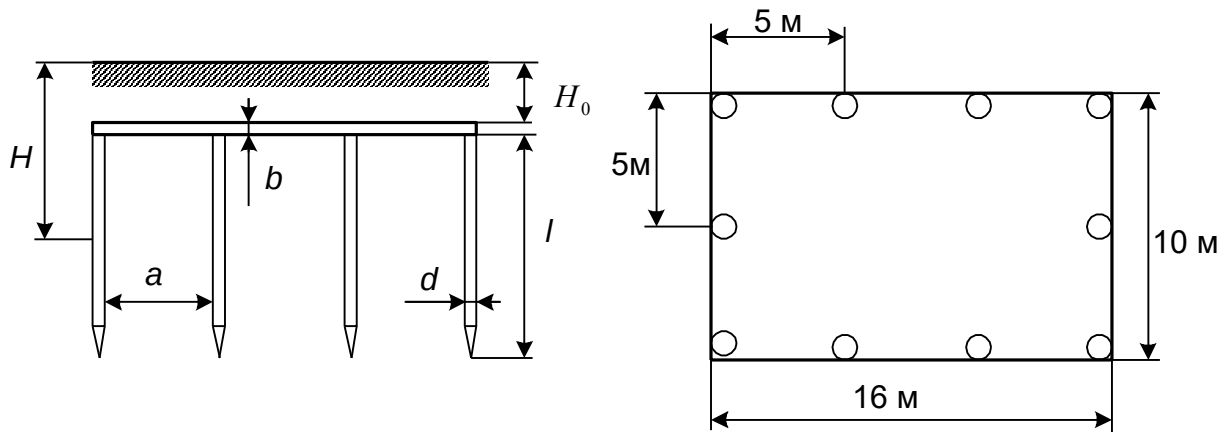


Рис.7.2. План розташування заземлювачів у ґрунті.

Опір одного вертикального заземлювача визначаємо за формулою :

$$r_{\epsilon} = \frac{\rho_{\epsilon p}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{4H - l} \right) \quad (7.9)$$

$$r_{\epsilon} = \frac{70}{2 \cdot \pi \cdot 2,2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,2}{0,015} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,9 + 2,2}{4 \cdot 1,9 - 2,2} \right) = 29,53 \text{ Ом}$$

де $\rho_{\text{гр}}=70 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ - питомий опір ґрунту;

l - довжина вертикального електрода, м, $l = 2,2 \text{ м}$;

d - діаметр вертикального електрода, м, $d = 15 \text{ мм}$;

H - відстань від поверхні до середини заземлювача, м

$$H = H_0 + \frac{l}{2}, \quad (7.10)$$

де H_0 - відстань від поверхні до вертикального електрода, $H_0=0,8 \text{ м}$.

$$H = 0,8 + \frac{2,2}{2} = 1,9 \text{ м}.$$

Довжина сполучної смуги дорівнює периметру прямокутника 10x16 м.

Опір з'єднувальної смуги визначаємо за формулою:

$$r_r = \frac{\rho_{ep}}{2 \cdot \pi \cdot l_z} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_z^2}{b \cdot H_0}, \quad (7.11)$$

де b - ширина горизонтального електрода, $b = 0,004$ м;

l_r - довжина горизонтального електрода, $l_r = 52$ м;

$$r_z = \frac{70}{2 \cdot \pi \cdot 52} \cdot \ln \frac{2 \cdot 52^2}{0,004 \cdot 0,8} = 3,07 \text{ Ом.}$$

Знайдемо опір заземлювача з урахуванням коефіцієнтів використання:

$$R_r = \frac{r_z}{\eta_z}, \quad (7.12)$$

$$R_b = \frac{r_g}{\eta_g \cdot n}, \quad (7.13)$$

де r_r і r_b - опору горизонтального і вертикального заземлювачів без урахування коефіцієнтів використання заземлювачів;

η_r і η_b - коефіцієнти використання горизонтального і вертикального заземлювачів.

$\eta_r = 0,4$, при $n = 10$ шт. [16], $\eta_b = 0,66$, при $n = 10$ шт. [6]:

$$R_r = \frac{3,07}{0,4} = 7,67 \text{ Ом.}$$

$$R_b = \frac{29,53}{0,66 \cdot 10} = 4,47 \text{ Ом.}$$

Загальний опір заземлювача:

$$R_3 = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g} \quad (7.14)$$

$$R_3 = \frac{7,67 \cdot 4,47}{7,67 + 4,47} = 2,82 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом.}$$

Оскільки в електроустановках напругою до 1000 В опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 Ом, то розрахунок задовольняє цій умові.

Висновки

Виконано аналіз існуючої системи електропостачання молокопереробного підприємства та режимів електроспоживання. Щомісячне споживання електроенергії складає 261 800 кВт год, а втрати електроенергії в трансформаторах підприємства становлять 6266 кВт годин.

Перспективне зростання електричного навантаження підприємства до 630 кВА вимагає збільшення пропускної здатності електричної мережі. Для цього необхідно встановити другий силовий трансформатор потужністю 400 кВ·А з відповідною модернізацією розподільчих пристроїв 10 і 0,4 кВ закритої трансформаторної підстанції основної ланки живлення підприємства. Приміщення існуючої ЗТП передбачає встановлення другого силового трансформатора і розширення розподільчих пристроїв 10 і 0,4 кВ.

В роботі представлено вибір електричних апаратів і їх перевірку на електротермічну і електродинамічну стійкість струмам короткого замикання.

У зв'язку з реконструкцією приміщення під технологічні потреби виконано розрахунок освітлення найбільшого приміщення – майстерні підприємства.

Проаналізовано різні можливі схеми небезпечного контакту обслуговуючого персоналу з пошкодженим електрообладнанням. Розраховано заземлюючий пристрій підстанції та її блискавкозахист.

Використання регульованої конденсаторної установки типу УКРМ 0.4-400/10-40 ступені: 40х10 (ЕТІ+Novar), вартістю 155 000 грн дасть змогу зменшити щомісячну оплату за реактивні перетоки підприємством на становить 1881 грн, а конденсаторна установка окупиться протягом 4 місяців.

Затрати на реконструкцію системи електропостачання підприємства складає 686 тис. грн. і окупуються протягом року.

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В						
Перевірив		Омельчук А.О.					75	76
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

Список використаних джерел

1. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навч. посібник/ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, Л.М. Кюрчева/ За ред. к.т.н. О.В. Гвоздєва. – Суми: Довкілля, 2004. – 420 с.
2. Основи електропостачання агропромислового комплексу. Навч.посіб./ Дурняк Б.В., Чумакевич В.О., Лях І.М., Яцун А.М.-Львів, 2017. – 544 с.
3. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі: ГКД 340.000.002-97. - К.: Міненерго України, 1997.-54 с.
4. Корчемний М.О. Енергозбереження в агропромисловому комплексі/ М.О.Корчемний, В.С.Федорейко, В.П.Щербань.–Тернопіль: «Підручники і посібники», 2001.-984 с.
5. Енергозберігаючі режими в системах електропостачання: Навч. посібник / А.О.Омельчук. - К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. - 257 с.
6. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами. Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України №19 від 17.01.2002.
7. Моніторинг і діагностика електромеханічних об'єктів: навчальний посібник/ О. П. Чорний, Ю. В. Зачепа, В. К. Титюк, О. А. Чорна. – Кременчук : ЧП Щербатих А. В., 2019. – 122 с.
8. Основи охорони праці: Навчальний посібник / За ред.. Я.І. Бедрія. – 3-тє вид., переробл. і доп. - Львів: "Магнолія плюс", СПД ФО В.М. Піча, 2004.-240 с.
9. Правила улаштування електроустановок. - Х.: Форт, 2017. - 760 с.
10. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
11. Асоціація виробників молока [Електронний ресурс]. – URL: <http://aymua.org/uk>

					ДП 2024 141			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Богданович В.В						
Перевірив		Омельчук А.О.					76	76
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-3		
Н. контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						