

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. академіка

І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та інформаційні технології»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри _____

“ _____ ” _____ 20 ____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ходаковська Анастасія Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Реконструкція системи зовнішнього електропостачання заводу «Росинка»**

керівник роботи _____ ст. викладач Ізволенький І.Є.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” 04 2024 року № 256-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 30 травня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, кількість та потужність електричних споживачів, план розвитку підприємства.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розрахунок силових потужностей, розрахунок та вибір ТП, розрахунок та вибір обладнання ТП, розрахунок релейного захисту, розрахунок струмів КЗ. Розгляд питань з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| ОП | Доц. Сірик А.О. | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 05. 04. 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|-------------------------------|----------|
| | Видача завдання на проектування. | 05.04.2024р. | |
| | Визначення електричних навантажень | 16.04.2024р. | |
| | Вибір зовнішнього електропостачання | 24.04.2024р. | |
| | Розрахунок струмів короткого замикання | 02.05.2024р. | |
| | Вибір обладнання | 10.05.2024р. | |
| | Вибір релейного захисту | 14.05.2024р. | |
| | Індивідуальне завдання | 16.05.2024р. | |
| | Внесення правок | 20.05.2024р. | |
| | Затвердження охорони праці | 25.05.2024р. | |
| | Здача роботи на перевірку | 30.05.2024р. | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Здобувач _____
(підпис)

_____ Ходаковська А.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

_____ Ізволенький І.Є. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

Ходаковська Анастасія Володимирівна.

Дипломний проект на тему:

Реконструкція системи зовнішнього електропостачання заводу «Росинка»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ-2024

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Дана пояснювальна записка складається із вступу, 6 розділів, індивідуального завдання, висновків та списку використаної літератури. Обсяг дипломного проекту становить 74 сторінок.

До опису надано графічну частину, яка складається з таких креслень: схема електропостачання цеху, схема розташування обладнання цеху, силове обладнання цеху.

У проекті представлена характеристика підприємства та описана технологія виробництва. Я виконала розрахунок електричних навантажень та освітлення нової технологічної лінії розливу. Визначила пікову потужність і струм. Обрала потужності трансформатора понижувальної підстанції та характеристики живлення трансформаторної підстанції (ТП). Проведено розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання заводу було виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту та управління. Також розраховано кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

У розділі охорона праці обґрунтувати рішення щодо розміщення висковольтних вимикачів на виробничому об'єкті; вказані кваліфікаційні вимоги до персоналу, визначенно факторів небезпеки електротравм, тощо.

Ключові слова: понижувальна підстанція, трансформатор, струми короткого замикання, релейний захист, втрати напруги.

Abstract

KHODAKOVSKA ANASTASIIA.

Diploma project on the topic:

"Reconstruction of the external power supply system of the Rosinka plant"

National University of Food Technologies, Kiev -2023

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electro-mechanics"

This explanatory note consists of an introduction, 6 chapters, an individual task, conclusions and a list of references. The volume of the diploma project is 74 pages.

The description includes a graphic part, which consists of the following drawings: power supply scheme of the workshop, workshop equipment layout, power equipment of the workshop.

The project presents the characteristics of the enterprise and describes the production technology. I calculated the electrical loads and lighting of the new bottling line. I determined the peak power and current. I selected the transformer capacity of the step-down substation and the power characteristics of the transformer substation (TS). Operating currents were calculated and appropriate cables were selected. Short-circuit currents were calculated for the plant's power supply system. Electrical protection and control devices were selected. The number and type of equipment for reactive power compensation was also calculated.

In the labor protection section, justify the decision to place high-voltage circuit breakers at the production facility; specify the qualification requirements for personnel, identify the risk factors for electrical injuries, etc.

Keywords: step-down substation, transformer, short-circuit currents, relay protection, voltage losses.

Завдання

Тема. Реконструкція системи зовнішнього
електропостачання заводу «Росинка»

Вихідні дані для розрахунку:

| № п/п | Обладнання | Потужність | Кількість |
|-----------------------|--|------------------------------|----------------|
| | | $P_{\text{пот}}, \text{кВт}$ | $n, \text{шт}$ |
| 1 | Вентилятор (В1) | 0,75 | 2 |
| 2 | Холодильна установка (ХУ) | 23 | 2 |
| 3 | Станок точильно-шліфувальний (СТШ) | 0,75 | 1 |
| 4 | Настільно-свердлувальний верстат (НСВ) | 0,6 | 1 |
| 5 | Вентилятор (В2) | 11 | 1 |
| 6 | Приточна вентосистема (ПВ) | 11 | 2 |
| 7 | Установка розливу і охолодження (УРО) | 8,6 | 4 |
| 8 | Вентилятор (В3) | 1,1 | 3 |
| 9 | Насос вакуумний (НВ) | 4,6 | 1 |
| Тип приміщення – В 16 | | | |

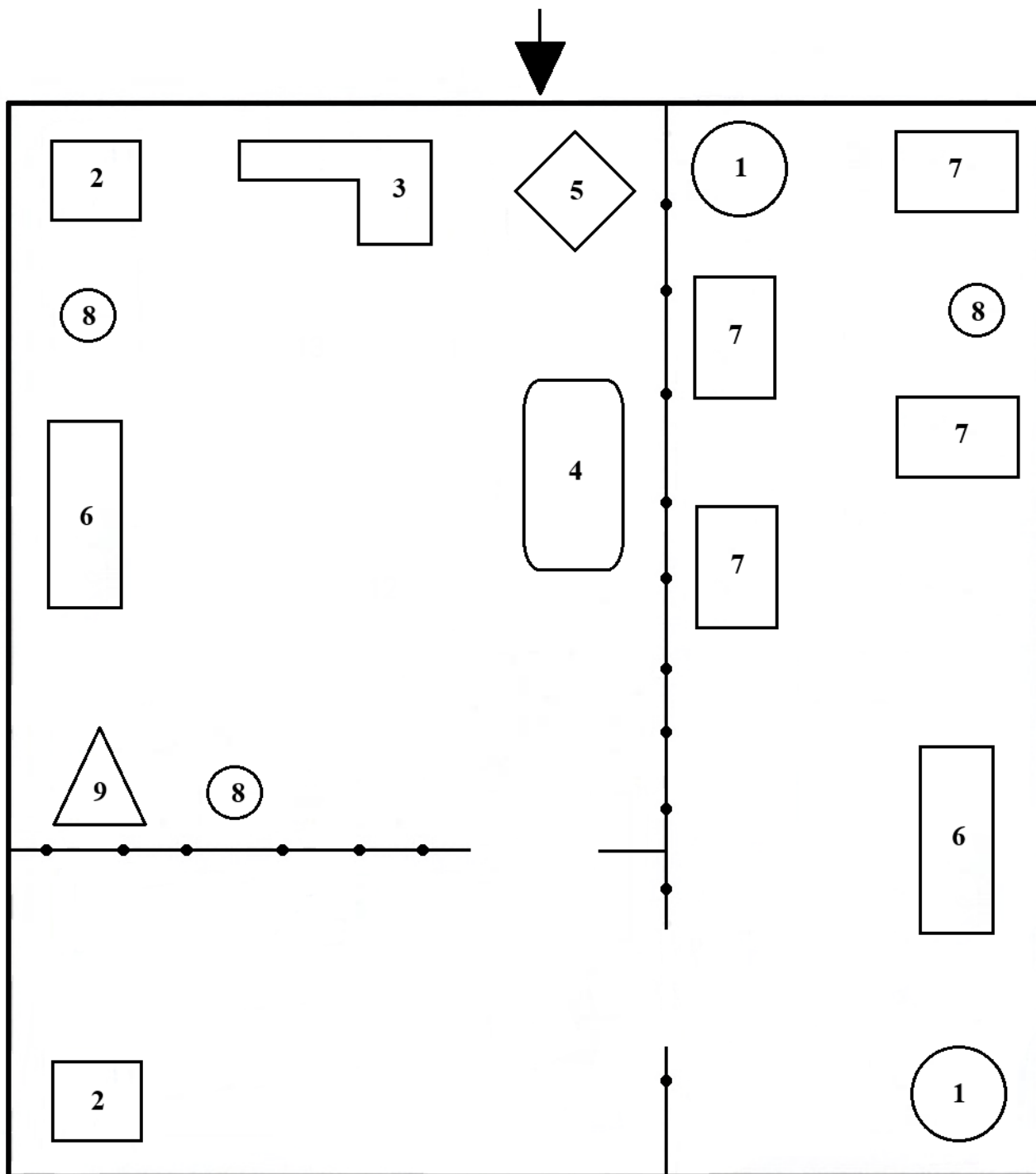


Рис.1. Генеральный план цеху

ВСТУП

Промисловість безалкогольних напоїв є важливою частиною харчової промисловості та охоплює виробництво різноманітних напоїв, таких як газовані напої, соки, мінеральні води, енергетичні напої, чай та каву без алкоголю, а також спортивні напої. Ця галузь є однією з найбільш динамічних і конкурентоспроможних, з постійними інноваціями та змінами відповідно до споживчих трендів.

Безалкогольні напої характеризуються мінімальною концентрацією спирту, оптимальною кількістю біологічно активних речовин і застосовуються як для тамування спраги, так і для оздоровлення організму людини. Більшість безалкогольних напоїв мають тонізуючі властивості, приємний аромат та смак завдяки вмісту цукрів та інших екстрактивних речовин, які надходять до них із екстрактами, концентратами, соками, морсами тощо. До складу напоїв входять також мінеральні речовини, діоксид вуглецю, органічні кислоти та інші речовини. Завдяки цьому деякі безалкогольні напої мають лікувально-профілактичні властивості, регулюючи в організмі водний режим, обмін речовин тощо.

Виробництво та споживання безалкогольних напоїв зростає у світі з кожним роком. Найвищий рівень споживання цих напоїв у Німеччині — 195 дм³/рік на одну людину; в США — 164, Великобританії — 189; Бельгії — 129, Чехії — 110, Україні — менше ніж 50. Серед безалкогольних напоїв, які споживають у світі, 20% становлять фруктові-ягідні негазовані соки.

Безалкогольні напої в Україні класифікуються за кількома ознаками. Залежно від способу випуску розрізняють рідкі напої та концентрати напоїв. Рідкі напої виготовляють прозорими та з помутніннями, в яких допускається осад та суспензія.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------------------|--------|------|----------------|------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Вступ | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський І.</i> | | | | | 8 | 77 |
| | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |
| | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛІ4-3 | | |

Концентрати для безалкогольних напоїв можуть випускатися у вигляді однорідного порошку, таблеток, зволоженої кристалічної або пастоподібної маси та гранул великого розміру.

Деякі концентрати складаються із двох частин — ароматичної та екстрактивної. Для помутніння напоїв випускають пастоподібні, а також сухі рослинні суміші для гарячих напоїв.

Серед безалкогольних напоїв бродіння найбільш розповсюдженим є хлібний квас. Виробництво хлібного квасу зосереджено, головним чином, у великих містах. Через малий термін зберігання (2 доби) виробництво хлібного квасу, фасованого у споживчу тару, в Україні практично відсутнє. Необхідно відзначити, що газований безалкогольний напій під назвою «Квас» не має нічого спільного із хлібним квасом, який є напоєм бродіння. До того ж, називати газований напій купажування квасом — це порушення державного стандарту.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|---------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. У МОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Загальна характеристика промислового об'єкта

У дипломному проекті здійснено реконструкцію системи зовнішнього електропостачання заводу «Росинка». Київський завод безалкогольних напоїв «Росинка» колись був одним із найбільших виробників безалкогольних і слабоалкогольних напоїв в Україні. Підприємство випускало продукцію під торговими марками «Росинка», «Софія Київська», «Capri-Sonne», а також слабоалкогольні напої «Бренді-кофе» і «Водка-клюква». Завод мав сучасне обладнання для виробництва, включаючи лінії з розливу та упаковки продукції.

Київський колективний завод «Росинка» - підприємство харчової промисловості, засноване у 1960 році як Київський завод безалкогольних напоїв. У 1985 році завод отримав назву «Росинка» і випускав продукцію під цією ж торговою маркою. У 1962 році введено в експлуатацію чотири автоматичні лінії розливу потужністю 6 тисяч пляшок на годину кожна. На одній з них розливали мінеральну воду «Київська», а на трьох інших – фруктові напої. До 1962 року виробляли лише мінеральну воду «Київська». У 1965 році налагоджено виробництво хлібного квасу «Український», який на Всеукраїнському фестивалі квасу «Агро-2009» отримав почесний диплом за високу якість.

У 1970 році розпочато випуск відомих напоїв «Ситро», «Лимонад», «Буратіно», «Тархун». З 1983 року завод став основним партнером компанії «Coca-Cola» в Україні з розливу напоїв. У 1992 році введено в дію цех з виробництва сиропів для газованих напоїв, а в 1996 році проведено технічне переоснащення заводу, встановивши нові лінії для розливу безалкогольних напоїв і мінеральної води у ПЕТ-пляшки.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|--------------------------------------|------|------|---------|
| Розробив | | Ходаковська А. | | | Умови проектування | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | Изволенький І. | | | | | 10 | 77 |
| Н. Контр. | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | | |
| Затвердив | | Балюта С.М. | | | | | | |

У 1970 році розпочато випуск відомих напоїв «Ситро», «Лимонад», «Буратіно», «Тархун». З 1983 року завод став основним партнером компанії «Coca-Cola» в Україні з розливу напоїв. У 1992 році введено в дію цех з виробництва сиропів для газованих напоїв, а в 1996 році проведено технічне переоснащення заводу, встановивши нові лінії для розливу безалкогольних напоїв і мінеральної води у ПЕТ-пляшки.

З 1998 року завод співпрацює з компанією «Cargi Sun AG», почавши виробництво соків для дітей «Cargi-Sonne» в оригінальних упаковках об'ємом 0,2 літра. У 1999 році введено в дію потужну лінію ПЕТ для випуску напоїв у пляшках об'ємом від 0,5 до 2 літрів, а у 2001 році – лінію для розливу мінеральної природної столової води у пляшки об'ємом 5 літрів і більше. У 2002-2006 роках введено в експлуатацію дві нові лінії для випуску безалкогольних напоїв, мінеральної води та слабоалкогольних напоїв продуктивністю 15 та 20 тисяч ПЕТ-пляшок на годину.

З 2006 року (з перервами) завод знаходиться у власності Київської інвестиційної групи (2007-2010 роки – у складі провідної європейської групи «Orangina Schweppes Group»), розроблено новий дизайн етикетки та пляшки. Наразі підприємство входить до п'ятірки найкращих підприємств України з виготовлення солодких газованих та мінеральних вод, виробляючи близько 250 мільйонів літрів щороку. Асортимент включає понад 85 найменувань безалкогольних та слабоалкогольних напоїв, сокових напоїв і мінеральної води. За якість продукції завод отримав понад 100 нагород і 9 премій Гран-Прі. Станом на 2012 рік на підприємстві працює близько 500 осіб.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.2. Коротка характеристика технологічних процесів заводу «Росинка»

Технологічний процес починається із підготовки води. Вода проходить через систему механічних фільтрів для видалення твердих частинок, потім через вугільні фільтри для видалення органічних домішок і запахів. Далі вода піддається ультрафіолетовій обробці для знищення мікроорганізмів. Для цих процесів на заводі встановлена система фільтрації води.

Наступним етапом є приготування сиропу. Цукор розчиняють у гарячій воді в спеціальних сироповарильних котлах. До сиропу додаються фруктові концентрати, кислоти, ароматизатори та інші компоненти згідно з рецептурою. Суміш ретельно перемішується до отримання однорідної маси.

Далі змішування та карбонізація. Сироп змішується з попередньо підготовленою водою в пропорціях, що визначені рецептурою. Для цього використовуються змішувальні апарати з точним дозуванням компонентів. Карбонізація це процес коли вуглекислий газ додається до напою за допомогою карбонізаторів, що забезпечує насичення рідини газом. Процес відбувається під контролем тиску і температури для досягнення оптимальних характеристик напою.

Одним з останніх етапів є розлив та упаковка. Готовий напій розливається у пляшки або банки на автоматизованих лініях розливу. Лінії включають мийні, розливні та закупорювальні машини. Також деякі види напоїв проходять пастеризацію для знищення мікроорганізмів і збільшення терміну зберігання. Потім пляшки або банки етикетуються і упаковуються в картонні коробки або пластикові обгортки для захисту під час транспортування.

І ключовим етапом є контроль якості виготовленої продукції. Тобто, перед початком виробництва проводяться лабораторні дослідження якості води, цукру та інших інгредієнтів. Проби напою беруться на кожному етапі для перевірки відповідності стандартам. Отова продукція проходить заключну перевірку перед відправкою на склад або дистрибуцію.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|---------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

1.3. Загальна характеристика споживачів електричної енергії

Надійність електропостачання – здатність системи електропостачання забезпечити споживачів електроенергією, що відповідає вимогам якості, без аварійних перерв у електропостачанні і порушень технологічного процесу споживача.

Споживачів електроенергії за надійністю електропостачання розділяють на три категорії:

I - об'єкти-споживачі, порушення працездатності яких через відключення електроенергії може спричинити за собою травми або загибель людей, нанесення шкоди державній безпеці, зупинку систем життєзабезпечення населених пунктів, аварії ще більш серйозного масштабу або просто великі фінансові втрати. Щоб убезпечити усіх споживачів першої категорії, для них передбачаються альтернативні системи електроживлення та комунікацій, резервування генераторів та модулі автоматичного перемикачання – АВР (автоматичне введення резерву). Для об'єктів підвищеної важливості може передбачатися наявність навіть другого рівня резерву з власної захисною автоматикою та трифазним вводом.

II - споживачі, які не становлять суттєвої загрози при припинення своєї діяльності, проте так чи інакше впливають на подальше існування населеного пункту. У першу чергу до них відносяться усі місця великого скупчення людей – школи та ВНЗ, супермаркети, концертні зали, спортивні комплекси, ринки. При відключенні стельових світильників у таких місцях можлива паніка, через що там має бути передбачене достатню аварійне освітлення. Зупинка касових апаратів у залах, безумовно, не є критичною, але істотно впливає на динаміку переміщення людських мас.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

III - усі споживачі, які не ввійшли до перших двох категорій. Передбачається, що для них відключення електрики не пов'язане з матеріальним або фізичним збитком, не загрожує аварією більшого масштабу та не є критичним. Сюди відносять різні офіси та невиробничі організації, гаражі, житлові будинки, масиви та мікрорайони, дачні кооперативи та селища, дрібні цехові підприємства, які не працюють з небезпечними речовинами.

Резерв електроживлення для них не є обов'язковим та залишається повністю на розсуд керівництва відповідно до того, яким є безпосередній рід діяльності організації, або самих мешканців, які бажають убезпечити своє майно додатковою лінією живлення або застосуванням ДБЖ. За правилами, усунення наслідків зовнішньої аварії, яка впливає на можливість отримання електроживлення будь-яким з таких об'єктів, має тривати не більше за одну добу.

Споживачі I категорії повинні мати можливість отримувати електроенергію з двох різних джерел живлення. В разі перебоїв у електропостачанні може статися перерва лише на період автоматичного підключення резервного джерела електроживлення.

Для споживачів II категорії допускаються перерви в електропостачанні на період, необхідний для включення резервного джерела живлення черговим персоналом або виїзною бригадою. Постачання електроенергії споживачам другої категорії можливе через одну повітряну лінію напругою 6 кВ і вище. При живленні споживачів за допомогою кабелів допускається використання однієї лінії, розділеної не менш як на 2 кабелі, підключених через окремі роз'єднувачі. У разі наявності централізованого резерву споживачів другої категорії живлять від одного трансформатора.

Для споживачів III категорії можуть стикатися з перервами у електропостачанні на період, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, проте ця перерва не повинна перевищувати однієї доби.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

1.4. Характеристика джерел живлення

Існуюче електропостачання заводу «Росинка» здійснюється від двох джерел напруги 10 кВ від ПС "Довженківська" і ПС "Більшовик" кабельними лініями по 10 кВ. На заводі є РУ-10 кВ ТП-1495, в ТП встановлені два трансформатори по 1600 кВА, 10/04 кВ. Після вводу потужностей у цеху безалкогольних напоїв максимальне навантаження становитиме 3012 кВт.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1. Розрахунок електричних навантажень силових установок

Електричні навантаження є вихідними даними для вирішення складного комплексу технічних та економічних завдань, що виникають при проектуванні електропостачання підприємства.

Згідно зі ступенями надійності електропостачання, електроприймачі на заводі поділяються на I, II та III категорії.

До споживачів електроенергії належать установки розливу та охолодження, холодильні установки, вакуумний насос, настільно-свердильний верстат, точильно-шліфувальний станок, а також вентилятори.

Опис метода розрахунку електричних навантажень

Визначення номінальної потужності споживачів:

$$P_{\text{НОМ}} = n \cdot P_{\text{встановл.}}$$

$P_{\text{встановл.}}$ – номінальна потужність одного пристрою;

$n_{\text{шт}}$ – кількість електроприймачів.

Застосовуючи довідкові дані:

Коефіцієнт використання приймаємо $K_B=0,12$.

Коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,4$.

$$\text{tg}\varphi = \text{tg}(\arccos(\cos\varphi)),$$

Щоб вибрати схему електропостачання та встановлюване обладнання, потрібно визначити середні та розрахункові максимальні навантаження окремих цехів і всього підприємства.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|------------------------|--------|------|---|--------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Розрахунок електричних навантажень | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Изволеньский І.</i> | | | | | 17 | 77 |
| | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |

Середнє активне навантаження для найзавантаженішої зміни групи силових електроприймачів з однаковим режимом роботи визначається шляхом множення сумарної номінальної потужності електроприймачів на коефіцієнт використання цієї групи:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_{ном.}$$

Коефіцієнт використання залежить від типу обладнання та режиму його роботи.

Середня реактивна потужність у найбільш завантажену зміну обчислюється за такою формулою:

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot tg\varphi.$$

Згідно з «Вказівками щодо визначення електричних навантажень для промислових потреб», розрахункова активна потужність групи електроприймачів обчислюється множенням середньої потужності на коефіцієнт максимуму.

$$P_P = K_M \cdot \sum P_{CM}.$$

де K_M – коефіцієнт максимуму визначається за допомогою таблиць, залежно від ефективної кількості електроприймачів n_e та коефіцієнта використання.

Ефективна кількість електроприймачів розраховується за формулою:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_H)^2}{\sum_{i=1}^n P_H^2}$$

при $m > 3$ та $K_B = 0,2$ ефективне число електроприймачів визначається за допомогою формули:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{Hmax}}$$

де, $\sum P_{ном}$ – загальна потужність групи електроприймачів,

P_{max} – електроприймач з найбільшою потужністю.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|---------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 18 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | | | | |

Метод визначення розрахункової реактивної потужності залежить від конкретного значення n_e :

$$n_e > 10 ; Q_P = Q_{CM} , \text{квар};$$

$$n_e \leq 10; Q_P = 1,1 \cdot Q_{CM} , \text{квар}.$$

Після визначення активних і реактивних електричних навантажень проводиться обчислення повної розрахункової потужності:

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

Розрахунковий струм усіх електроприймачів:

$$I_{розр} = \frac{S_{розр}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$$

Визначення пікової потужності та пікового струму

Піковий струм групи споживачів із змінним графіком навантаження визначається за таких умов: всі двигуни, окрім найпотужнішого, працюють у нормальному режимі, а найпотужніший запускається.

Піковий струм групи споживачів із змінним графіком навантаження:

$$I_{пик} = i_{пуск} + (I_{розр} - K_B \cdot I_{НОМ})$$

$i_{пуск}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{розр}$ – розрахунковий струм всіх електросприймачів;

K_B – коефіцієнт використання;

$I_{НОМ}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{пуск} = K_{пуск} \cdot I_{НОМ}$$

$K_{пуск}$ – кратність пускового струму.

$$K_{пуск} = 5$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Розрахунок навантажень цехової мережі

Визначаємо сумарну номінальну потужність для ЕП:

- Вентилятор (В1)

$$P_{\Sigma В1} = n_{шт} \cdot P_1 = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ кВт}$$

- Холодильна установка (ХУ)

$$P_{\Sigma ХУ} = n_{шт} \cdot P_2 = 2 \cdot 23 = 46 \text{ кВт}$$

- Станок точильно-шліфувальний (СТШ)

$$P_{\Sigma СТШ} = n_{шт} \cdot P_3 = 1 \cdot 0,75 = 0,75 \text{ кВт}$$

- Настільно-свердлувальний верстат (НСВ)

$$P_{\Sigma НСВ} = n_{шт} \cdot P_4 = 1 \cdot 0,6 = 0,6 \text{ кВт}$$

- Вентилятор (В2)

$$P_{\Sigma В2} = n_{шт} \cdot P_5 = 1 \cdot 11 = 11 \text{ кВт}$$

- Приточна вентсистема (ПВ)

$$P_{\Sigma ПВ} = n_{шт} \cdot P_6 = 2 \cdot 11 = 22 \text{ кВт}$$

- Установка розливу і охолодження (УРО)

$$P_{\Sigma УРО} = n_{шт} \cdot P_7 = 4 \cdot 8,6 = 34,4 \text{ кВт}$$

- Вентилятор (В3)

$$P_{\Sigma В3} = n_{шт} \cdot P_8 = 3 \cdot 1,1 = 3,3 \text{ кВт}$$

- Насос вакуумний (НВ)

$$P_{\Sigma НВ} = n_{шт} \cdot P_9 = 1 \cdot 4,6 = 4,6 \text{ кВт}$$

Визначаємо сумарну номінальну потужність цеху:

$$\begin{aligned} P_{\Sigma} &= P_{\Sigma В1} + P_{\Sigma ХУ} + P_{\Sigma СТШ} + P_{\Sigma НСВ} + P_{\Sigma В2} + P_{\Sigma ПВ} + P_{\Sigma УРО} + P_{\Sigma В3} + P_{\Sigma НВ} = \\ &= 1,5 + 46 + 0,75 + 0,6 + 11 + 22 + 34,4 + 3,3 + 4,6 = 124,15 \text{ кВт} \end{aligned}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Проводимо розрахунок навантажень цехової мережі і розраховуємо середню активну і реактивну потужність для електроприймачів:

- Вентилятор (В1)

$$P_{смВ1} = P_{\Sigma В1} \cdot K_B = 1,5 \cdot 0,65 = 0,975 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,975 \cdot 0,75 = 0,731 \text{ квар}$$

- Холодильна установка (ХУ)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 46 \cdot 0,7 = 32,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 32,2 \cdot 0,4 = 24,15 \text{ квар}$$

- Станок точильно-шліфувальний (СТШ)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 0,75 \cdot 0,16 = 0,12 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,12 \cdot 1,732 = 0,208 \text{ квар}$$

- Настільно-свердлувальний верстат (НСВ)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 0,6 \cdot 0,12 = 0,072 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,072 \cdot 0,4 = 0,165 \text{ квар}$$

- Вентилятор (В2)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 11 \cdot 0,8 = 7,15 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 7,15 \cdot 0,75 = 5,362 \text{ квар}$$

- Приточна вентсистема (ПВ)

$$P_{смВ1} = P_{\Sigma В1} \cdot K_B = 22 \cdot 0,12 = 2,145 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2,145 \cdot 2,291 = 6,049 \text{ квар}$$

- Установка розливу і охолодження (УРО)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 34,4 \cdot 0,7 = 24,08 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 24,08 \cdot 0,75 = 18,06 \text{ квар}$$

- Вентилятор (В3)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 3,3 \cdot 0,65 = 2,145 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2,145 \cdot 0,75 = 1,609 \text{ квар}$$

- Насос вакуумний (НВ)

$$P_{смХУ} = P_{\Sigma ХУ} \cdot K_B = 4,6 \cdot 0,7 = 3,22 \text{ кВт}$$

$$Q_{смРСв} = P_{смВ1} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 3,22 \cdot 0,329 = 1,058 \text{ квар}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

Розраховуємо сумарну активну і реактивну потужність цеху:

$$P_{\Sigma \text{см}} = P_{\text{смВ1}} + P_{\text{смХУ}} + P_{\text{смСТШ}} + P_{\text{смНСВ}} + P_{\text{смВ2}} + P_{\text{смПВ}} + P_{\text{смУРО}} + P_{\text{смВ3}} + P_{\text{смНВ}} \\ = 0,975 + 32,2 + 0,12 + 0,072 + 7,15 + 2,64 + 24,08 + 2,145 + 3,22 = 72,602$$

$$Q_{\Sigma \text{см}} = Q_{\text{смВ1}} + Q_{\text{смХУ}} + Q_{\text{смСТШ}} + Q_{\text{смНСВ}} + Q_{\text{смВ2}} + Q_{\text{смПВ}} + Q_{\text{смУРО}} + Q_{\text{смВ3}} + Q_{\text{смНВ}} \\ = 0,731 + 24,15 + 0,208 + 0,165 + 5,362 + 6,049 + 18,06 + 1,609 + 1,058 = 57,393$$

Розрахункові навантаження електроприймачів визначаємо в такій послідовності:

$$K_B = \frac{P_{\Sigma \text{см}}}{P_{\Sigma}} = \frac{72,60}{124,15} = 0,59$$

$$n_{\text{еф}} = \frac{124,15}{0,75^2 \cdot 2 + 23^2 \cdot 2 + 0,75^2 \cdot 1 + 0,6^2 \cdot 1 + 11^2 \cdot 1 + 11^2 \cdot 2 + 8,6^2 \cdot 4 + 1,1^2 \cdot 3 + 4,6^2 \cdot 1} = 8,84$$

Беремо табличні значення $K_M = 1,55$ і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів:

$$P_M = K_M \cdot K_B \cdot P_H = 1,55 \cdot 72,602 = 112,533 \text{ кВт},$$

$$Q_M = Q_{\Sigma \text{см}} = 57,393 \text{ квар.}$$

Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{112,533^2 + 57,393^2} = 126,323 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Знаходимо розрахунковий струм усіх електроприймачів:

$$I_{\text{розр}} = \frac{S_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{126,323}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 191,93 \text{ А}$$

Розрахунок пікової потужності та пікового струму

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{23}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 2} = 21,84 \text{ А}$$

$P_{\text{ном}}$ – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 21,84 = 109,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск}} + (I_{\text{розр}} - K_B \cdot I_{\text{ном}}) = 109,2 + (191,93 - 0,59 \cdot 21,84) = 297,64 \text{ А}$$

Визначення пікової потужності:

$$S_{\text{пik}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пik}} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 297,64 = 195,90 \text{ кВА}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

2.2. Розрахунок освітлення технологічної лінії розливу

Споживач, потужність якого розраховується за допомогою формули:

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_{п} \cdot K_{ПРА},$$

де $P_{уст}$ – установлена потужність ламп;

$K_{п}$ — коефіцієнт попиту;

$K_{ПРА}$ - коефіцієнт, враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі.

Для визначення встановленої потужності ламп потрібно знайти їх кількість, яка залежить від розташування світильників. Розташування світильників на плані цеху визначається наступними розмірами:

$H = 6$ м - висота цеху;

$h_c = 0,21$ м - відстань світильника від перекриття;

$h_{п} = H - h_c$ - висота світильника над підлогою;

$h_p = 0,5$ м - висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{п} - h_p$ - розрахункова висота;

L - відстань між сусідніми світильниками або рядами ламп;

I - відстань від крайніх світильників до стіни.

При виборі розташування світильників важливо враховувати їх доступність для обслуговування та економічність. Одним з ключових критеріїв є відношення відстані між світильниками або рядами світильників до розрахункової висоти, позначене як $\lambda = L / h$. Зменшення цього відношення призводить до зростання вартості освітлення та ускладнення обслуговування, а надмірне збільшення може призвести до різкої нерівномірності освітлення та збільшення енергоспоживання.

Покращене освітлення сприяє виявленню недоліків, які можуть бути допущені при обробці деталей, що в свою чергу сприяє підвищенню якості продукції. Недостатнє або неефективне освітлення, з іншого боку, може призвести до збільшення травматизму, оскільки недостатнє освітлення ускладнює виявлення небезпечних частин верстатів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для освітлення цеху використовуються світильники ЛПО 01-2x40 з люмінесцентними лампами ЛБ, які мають коефіцієнт відношення відстані до розрахункової висоти $\lambda = 0,9$.

Ми визначаємо значення розрахункової висоти h відповідно до формули:

$$h = H - h_p - h_c,$$

$$h = 6 - 0,21 - 0,5 = 5,29 \text{ м}$$

Відстань між рядами світильників в цеху:

$$L = \lambda \cdot h$$

$$L_B = 0,9 \cdot 5,29 = 4,761$$

На основі отриманих значень L ми проводимо розташування світильників у цеху.

Щоб визначити потужність ламп за допомогою методу коефіцієнта використання, ми обчислюємо світловий потік кожного світильника, який необхідний для досягнення потрібного рівня освітленості:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{\text{зап}} \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}$$

де Φ - світловий потік одного світильника, лм;

E_n - нормована мінімальна освітленість, лк;

$K_{\text{зап}} = 1,3$ - коефіцієнт запасу;

S - площа приміщення, м^2 ;

$z = 1,1$ - для люмінесцентних ламп;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

N - кількість світильників.

Норма освітленості для цеху становить - $E_n = 300$ лк [3].

Коефіцієнт використання світлового потоку є функцією індексу приміщення i :

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

де A - довжина приміщення, м; B - ширина приміщення, м.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Індекс приміщення для цеху згідно плану:

$$i = \frac{40 \cdot 25}{5,29 \cdot (40 + 25)} = 2,91$$

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку, серед інших факторів, потрібно знати коефіцієнти відбиття стелі, стін та робочої поверхні: $p_n = 70 \%$, $p_c = 50 \%$, $p_p = 30 \%$.

Коефіцієнт використання світлового потоку для цеху складається з різних факторів і може бути визначений відповідно до конкретних умов та параметрів освітлення складає 90%.

Згідно з планом розташування світильників, визначаємо необхідний світловий потік для цього цеху, враховуючи розмір приміщення, види діяльності та вимоги до освітлення:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 1000 \cdot 1,1}{44 \cdot 0,9} = 10833 \text{ лм}$$

Ми обираємо лампи ЛБ40 з потужністю $R_{ном} = 40$ Вт та світловим потоком $\Phi_{ном} = 3000$ лм.

Знаходимо кількість світильників:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{2\Phi_{л} \cdot \eta};$$

де k – коефіцієнт запасу: $k=1,3$;

кількість ламп в світильнику ЛПО 01-2x40.

$$N = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 1000 \cdot 1,1}{2 \cdot 3000 \cdot 0,9} \approx 80 \text{ світильників}$$

Загальна кількість ламп ЛБ-40 в цеху $N = 80$.

Встановлена потужність ламп:

$$P_{уст} = N \cdot P_{ном.л}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

$$P_{уст} = 79 \cdot 44 \cdot 2 + 6 \cdot 100 = 7552 \text{ Вт}$$

Ми встановимо 5 рядів світильників, в кожному з яких 16 світильників, відстань між рядами складає 5 метрів.

Для аварійного освітлення встановлюємо спеціальні світильники, які призначені для забезпечення освітлення в разі аварійних ситуацій або відключення основного джерела електропостачання. Встановимо 6 ламп розжарювання типу МОЕ27 100 W, з потужністю 100 Ват .

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

3. ВИБІР ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

3.1. Вибір напруги живлячої мережі

Вибір оптимальної напруги для живлення залежить від різних чинників, таких як загальна споживана потужність підприємства, відстань до джерела живлення та характеристики конкретних електроприймачів. Підбір правильної напруги впливає на ефективність електричної мережі, розміри обладнання та загальні капітальні витрати.

Для визначення оптимальної напруги спочатку розраховується нестандартна напруга, при якій спостерігаються мінімальні річні витрати електроенергії. Ця нестандартна раціональна напруга визначається за допомогою спеціальної формули, яка враховує різноманітні фактори, що впливають на ефективність живлення та витрати електроенергії.

Нестандартна раціональна напруга обчислюється за допомогою формули:

$$U = 4.34 \cdot \sqrt{1 + 16 \cdot P} , \text{кВ},$$

1 – довжина живильної лінії, км;

P - потужність одного передавального кола, МВт.

$$U = 4.34 \cdot \sqrt{1.3 + 0.016 \cdot 126,323} = 7,3 \text{кВ},$$

Напруга живильної мережі складатиме 10 кВ.

Живлення цеху здійснюється від комплектної двухтрансформаторної підстанції зовнішньої установки трьохфазного змінного струму частотою 50 Гц є електротехнічним пристроєм, призначеним для прийому, перетворення (за рівнем напруги за допомогою силових трансформаторів), передачі та розподілу електричної енергії.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | | | |
|-----------|------|-------------------------|--------|------|--|--------------------------------------|------|---------|
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Вибір зовнішнього електропостачання підприємства | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський І.</i> | | | | | 27 | 77 |
| Н. Контр. | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Комплектна двухтрансформаторна підстанція зовнішньої установки є ключовим елементом електричної мережі, який забезпечує надійне та ефективне живлення цеху. Вона складається з двох силових трансформаторів, які призначені для перетворення високої напруги електричної енергії, що надходить від мережі, на необхідний рівень напруги для подальшого використання в цеху.

Такі підстанції зазвичай розташовуються поза приміщенням цеху та мають спеціальне захистне устаткування для забезпечення безпеки та надійності роботи. Їх основна функція полягає у прийомі та розподілі електричної енергії, забезпечуючи потрібний рівень напруги та потужності для всіх електроприймачів у цеху.

Напруга живлячої мережі, яка становить 10 кВ (киловольт), вказує на те, що підстанція працює на високовольтному рівні, що є звичайним для промислових об'єктів. Це забезпечує ефективну передачу електроенергії на великі відстані та дозволяє зменшити втрати енергії в системі передачі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

3.2. Вибір трансформатора на ГПП

Для цеху з середньою потужністю (124,15 кВт), точкою прийому електроенергії з урахуванням наявності напруги живлення 35-220 кВ є головна понижувальна підстанція (ГПП).

Головна понижувальна підстанція (ГПП) є ключовим елементом електричної системи підприємства, який відповідає за зниження напруги електроенергії з високого рівня, що надходить з зовнішньої мережі, до рівня, придатного для подальшого використання в цеху.

У випадку, коли на підприємстві присутні споживачі першої та другої категорій (що характеризуються різними вимогами до надійності електропостачання), на ГПП встановлюються два трансформатори однакової потужності. Це забезпечує резервну можливість у разі відключення одного з них, так як інший може забезпечити усю необхідну потужність з допустимим перенавантаженням.

Підбір потужності трансформаторів на ГПП здійснюється на основі розрахункового навантаження підприємства та інших споживачів, що отримують електропостачання від ГПП. Для цього використовують середню потужність на шинах 10 кВ, що є стандартним рівнем напруги для промислових підстанцій. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальне та ефективне функціонування електричної мережі підприємства.

Для забезпечення оптимальної ефективності та надійності електричної мережі враховуються також інші фактори, такі як зміни в потребі в електроенергії протягом дня, недільної навантаження та інші фактори, які можуть впливати на роботу системи живлення підприємства.

Необхідну потужність трансформаторів S_T визначаємо за формулою:

$$S_T \geq \frac{S_p}{2K_3},$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

де $K_3 = 0,7$ – коефіцієнт завантаження трансформатора в нормальному режимі.

За отриманим значенням потужності S_T вибирається номінальна потужність трансформатора $S_{T.ном}$.

Вибираємо два трансформатори типу ТП-160/10/0,4 кВ з характеристиками:

$$S_{тр}^{ном} = 160 \text{ кВТ} \quad \Delta P_x = 0.37 \text{ кВТ} \quad U_K = 4.5\%$$

$$U_{номВН} = 10 \quad \Delta P_K = 2.65 \text{ кВТ}$$

$$U_{номНН} = 0.4 \quad i_x = 1.4\%$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.3. Вибір лінії електропередачі

Для живлення головної понижувальної підстанції (ГПП) з напругою 10 кВ у більшості випадків застосовують повітряні лінії передачі (ПЛ). Це означає, що електроенергія передається через мережу стовпів та опор, де проводи розтягнуті на певній висоті над землею. ПЛ можуть бути використані для передачі електроенергії на значні відстані і зазвичай застосовуються для живлення великих підприємств та населених пунктів.

Для живлення центральних розподільних підстанцій (ЦРП) з напругою від 6 до 35 кВ зазвичай використовують кабельні лінії (КЛ). Кабельні лінії складаються з ізольованих кабелів, які закладені у землю або у спеціальні кабельні канали. Це дозволяє ефективно та безпечно транспортувати електроенергію на короткі та середні відстані, зокрема в міських умовах, де важко використовувати повітряні лінії через велику забудованість території.

Обираючи між ПЛ і КЛ, розраховуються вимоги до надійності, вартості будівництва та експлуатації, а також ураховуються особливості місцевості та потреби споживачів в електроенергії.

Вибір повітряної лінії напругою 10 кВ

Для визначення струмів для нормального та максимального режимів використаємо формулу:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{пл}} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{126.323}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 3.65 \text{ А}$$
$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot 3.65 = 7.3 \text{ А}$$

Приймаємо економічно вигідну густину струму $j_{\text{ек}} = 1.1 \text{ А/мм}^2$ (для алюмінієвих проводів, за умови $T_{\text{макс}} = 3200$ год).

Розрахуємо економічно вигідний поперечний переріз повітряної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{макс}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{7.3}{1.1} = 6.63 \text{ мм}^2$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

Згідно з довідником вибираємо провід типу АВВГ 3х6.

$$S_{\text{ст}} = 10 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 6.63 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{доп}} = 37 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 21,84 \text{ А.}$$

Перевіряємо переріз проводу з урахуванням падіння напруги в лінії в нормальному та післяаварійному режимах:

$$\Delta U_{\%} = \frac{P_3 \cdot R + Q_3 \cdot X}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100\% < 10 - 15\%;$$

$$R = r_0 \cdot l = 3.08 \cdot 13.2 = 40.66 \text{ Ом};$$

$$X = x_0 \cdot l = 0.105 \cdot 13.2 = 1.39 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{P_3 \cdot R + Q_3 \cdot X}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100\% = \frac{126.323 \cdot 40.66 + 0 \cdot 1.39}{10^2} \cdot 100\% = 5\text{м\%}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.4. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП, визначається шляхом встановлення низьковольтних компенсаторів реактивної потужності (КУ) на трансформаторній підстанції (ТП) промислового підприємства. Встановлення таких КУ дозволяє знизити втрати електроенергії та підвищити ефективність електропостачання.

Для визначення оптимального значення реактивної потужності, яку можна компенсувати, проводять ретельний аналіз електричних мереж промислового підприємства, враховуючи типи навантаження, потужності обладнання, режими його роботи та інші фактори. Зазвичай цей аналіз виконується інженерами з електротехніки чи спеціалістами з електропостачання.

Після проведення аналізу встановлюють КУ з оптимальними параметрами для компенсації реактивної потужності. Ці параметри можуть бути визначені з урахуванням необхідної потужності компенсації, характеристик електричних мереж та вимог до якості електропостачання.

На основі цього аналізу інженери з електротехніки розраховують оптимальні значення КУ для забезпечення ефективною компенсації реактивної потужності на промисловому підприємстві.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП (трансформаторні підстанції), визначається з урахуванням декількох факторів, таких як потужність трансформаторів, їхні технічні характеристики, ступінь навантаження, типи підключених навантажень, та потреби у компенсації реактивної потужності.

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_T^e \cdot \beta)^2 - (P_p)^2} \text{ квар};$$
$$Q_T = \sqrt{(160 \cdot 2 \cdot 0.75)^2 - 126.323^2} = 184 \text{ квар}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

де $S_T = 160$ кВА – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;

$\Delta N^e_T = 2$ шт. - кількість трансформаторів на ТП;

$\beta = 0,75$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

$P_p = 126.323$ кВт - розрахункова потужність електроприймачів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.5. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ КАБЕЛІВ

Вибір кабелів для підключення цехових ТП.

Нормальний та максимальний струми:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{пл}} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{126.323}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 91.17 \text{ A}$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot 91.17 = 182.33 \text{ A}$$

Знаходимо економічно вигідний переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{макс}}}{J_{\text{ек}}} = \frac{91.17}{1.1} = 82.88 \text{ мм}^2$$

По економічно вигідному перерізу обираємо стандартний переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ст}} = 95 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 82.88 \text{ мм}^2$$

Вибираємо 2 кабелі типу АВВГ 2х95 прокладка в повітрі.

Погонні параметри кабельної лінії за табл. 3.28. [1]:

$$\gamma_0 = 0,32 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,075 \text{ Ом/км}.$$

Перевіряємо кабельну лінію за умовою допустимого нагріву:

$$I_{\text{доп}} = 197 \text{ A} > I_{\text{макс}} = 182.33 \text{ A}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

4. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Під час розробки складних електричних систем враховуються не лише звичайні, тривалі режими роботи електричних установок, а й ситуації аварійного характеру. Один з таких аварійних режимів - коротке замикання (КЗ), яке відбувається, коли дві точки електричного кола з'єднуються непередбачено через низький опір.

Причинами короткого замикання можуть бути механічні ушкодження ізоляції, її розрив внаслідок перенапруги або старіння, обриви або переплетення проводів повітряних ліній, неправильні дії персоналу і таке інше. Коротке замикання може призводити до небезпечних для компонентів мережі струмів, що можуть їх вивести з ладу. Отже, для забезпечення надійної роботи електричної мережі та устаткування, а також реле захисту, необхідно провести розрахунок струмів КЗ.

У трифазних мережах і установках розрізняють трифазні (симетричні), двофазні і однофазні (несиметричні) короткі замикання. Можливі також двофазні КЗ на землю, або КЗ з одночасним обривом фази. Однофазні КЗ на землю є найпоширенішими, а двофазні значно рідше відбуваються.

Струм короткого замикання і його характер зміни залежать від різноманітних факторів, таких як потужність джерела живлення, опір короткого замикання, тип КЗ, час виникнення і тривалість КЗ, наявність автоматичних регуляторів напруги (АРН) на генераторах і т.п. При розрахунку струмів КЗ визначають наступні параметри:

I – пікове значення струму КЗ, кА;

i_y – струм КЗ, який використовується для перевірки електричних апаратів, шин і ізоляторів на їхню електродинамічну стійкість, часто називають "ударним струмом";

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------------------|--------|------|---|------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Розрахунок струмів короткого замикання | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський І.</i> | | | | | 36 | 77 |
| Н. Контр. | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |

При визначенні режиму короткого замикання (КЗ) залежно від мети розрахунку визначають можливі максимальні і мінімальні розрахункові струми КЗ.

Максимальний розрахунковий струм КЗ визначається для оцінки максимального впливу короткого замикання на систему та вибору відповідного реле захисту. Цей струм враховує найбільшу можливу кількість коротких замикань, які можуть виникнути в системі, і допомагає у забезпеченні надійної роботи системи за рахунок вчасного виявлення і відключення пошкоджених ділянок.

Мінімальний розрахунковий струм КЗ використовується для оцінки можливих мінімальних значень струму короткого замикання, які можуть виникнути в системі. Цей показник важливий для визначення ефективності захисних пристроїв в умовах низького струму короткого замикання, щоб уникнути непотрібного відключення системи при незначних або неперешкоджаючих коротких замиканнях.

Перевірка електротехнічного обладнання на електродинамічну і термічну дію струмів короткого замикання (КЗ) виконується для найважчого режиму - максимального, якщо через елемент, який перевіряється, протікає найбільший струм КЗ. Для цього режиму проводиться розрахунок і перевірка працездатності пристроїв релейного захисту і автоматики на чутливість.

По мінімальному режиму, якому відповідає мінімальний струм КЗ, виконується розрахунок і перевірка працездатності пристроїв релейного захисту і автоматики на чутливість.

Для визначення електродинамічної стійкості апаратів і жорстких шин у якості розрахункового приймають трифазне КЗ. Для визначення термічної стійкості апаратів і провідників застосовують трифазне або двофазне КЗ, залежно від величини струму.

Перевірка комутаційної здатності апаратів здійснюється за трифазним або однофазним струмом КЗ на землю, залежно від його значення.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вибір виду КЗ в розрахунках релейного захисту визначається його функціональним призначенням і може бути трьохфазним, двофазним, однофазним або двофазним на землю..

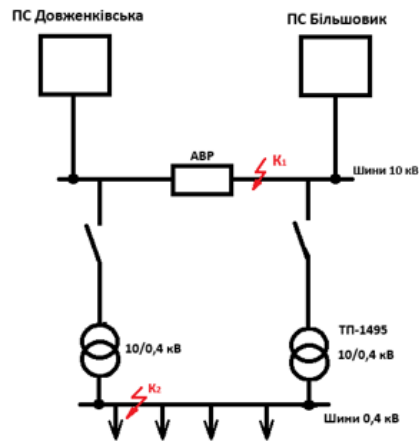


Рис. 2.1. Розрахункова схема

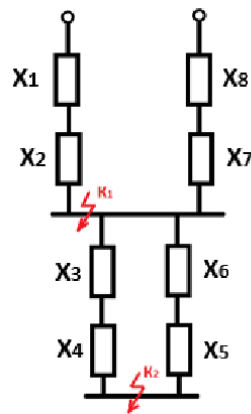


Рис. 2.2. Схема заміщення

Для початку задамося базисною потужністю $S_6=160$ МВА.

Розрахуємо параметри схеми заміщення для схеми, зображеної на рисунку.

В підрахунках номінальну напругу сторін трансформаторів беремо на 5% більшу (зважаючи на допустиме відхилення напруги за ГОСТ 13109-97, що становить 5 %).

Потужність системи приймається рівною нескінченості ($S_c = \infty$).
Приведений до базової потужності опір системи визначається за формулою

$$x_c^* = \frac{S_b}{S_c}$$

Визначимо опори ліній 10 кВ. Для цього скористаємося наступними формулами:

$$r = r_0 \cdot l,$$

$$x = x_0 \cdot l,$$

де: l – довжина лінії, км;

r_0 – питомий активний опір проводу, Ом/км;

x_0 – питомий індуктивний опір проводу, Ом/км.

Для ПЛ-10 кВ Довженківська:

$$r_{л1} = 0,183 \cdot 1,293 = 0,237 \text{ Ом},$$

$$x_{л1} = 0,068 \cdot 1,293 = 0,088 \text{ Ом},$$

$$r_{л1,1} = 0,125 \cdot 0,226 = 0,028 \text{ Ом},$$

$$x_{л1,1} = 0,068 \cdot 0,226 = 0,015 \text{ Ом}.$$

Для ПЛ-10 кВ Більшовик:

$$r_{л2} = 0,183 \cdot 0,474 = 0,087 \text{ Ом},$$

$$x_{л2} = 0,068 \cdot 0,474 = 0,032 \text{ Ом},$$

$$r_{л2,1} = 0,125 \cdot 1,964 = 0,246 \text{ Ом},$$

$$x_{л2,1} = 0,068 \cdot 1,964 = 0,133 \text{ Ом},$$

Для обраної ПЛ-0,4:

$$r_{л2} = 3,08 \cdot 1,7 = 5,236 \text{ Ом},$$

$$x_{л2} = 0,105 \cdot 1,7 = 0,179 \text{ Ом},$$

$$r_{л2,1} = 3,08 \cdot 1,5 = 4,62 \text{ Ом},$$

$$x_{л2,1} = 0,105 \cdot 1,5 = 0,158 \text{ Ом},$$

Приведені до базисної потужності активний та реактивний опори ліній 2КТП-160/10/0,4 кВ визначаються за формулами:

$$r_l^* = r_l \cdot \frac{S_b}{U_{ном}^2}, x_l^* = x_l \cdot \frac{S_b}{U_{ном}^2},$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

де S_6 – базисна потужність, кВА;

$U_{ном}$ – номінальна напруга, кВ.

Приведені активний та реактивний опори ліній 10 кВ “ТП-160/10/0,4-Довженківська”:

$$r_{л1}^* = 0,237 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,38;$$

$$x_{л1}^* = 0,088 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,14;$$

$$r_{л1.1}^* = 0,028 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,045;$$

$$x_{л1.1}^* = 0,015 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,024.$$

Приведені активний та реактивний опори ліній 10 кВ “ТП-160/10/0,4-Більшовик”:

$$r_{л2}^* = 0,087 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,139;$$

$$x_{л2}^* = 0,032 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,051;$$

$$r_{л2.1}^* = 0,246 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,394;$$

$$x_{л2.1}^* = 0,133 \cdot \frac{160}{10^2} = 0,213.$$

Визначаємо опори трансформаторів, за формулами:

$$R_{TP}^* = \frac{\Delta P_K \cdot UBH^2}{S_{TP}},$$

$$X_{TP}^* = \frac{U_p\%}{100\%} \cdot \frac{UBH^2}{S_{TP}},$$

де ΔP_K – втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

UBH – номінальна напруга високої сторони, кВ;

S_{TP} – потужність трансформатора, кВА.

Підставивши у формули числові значення отримаємо:

$$r_{TP}^* = \frac{2,65 \cdot 10^2}{160^2} = 10,35;$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

$$X_{TP}^* = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{10^2}{160} = 28,13.$$

Приведемо отримані опори до базових умов:

$$r^* = r_H^* \cdot \frac{S_0}{S_H},$$

$$x^* = x_H^* \cdot \frac{S_0}{S_H}$$

де r^*, x^* – опір трансформатора переведений до базових умов;

r_H^*, x_H^* – опір трансформатора виражений у відносних одиницях по відношенню до номінальних умов, %;

S_0 – задана базисна потужність, кВА;

S_H – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Отже, опір живлячого трансформатора, приведений до базисних умов, складатиме:

$$r_{6T1,T2}^* = 10,35 \cdot \frac{160}{10^2} = 16,56;$$

$$x_{6T1,T2}^* = 28,13 \cdot \frac{160}{10^2} = 45,01.$$

Спростимо еквівалентну схему заміщення для розрахунку струмів КЗ до наступного вигляду.

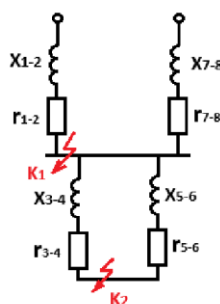


Рис. 2.3

Отже, зводимо активні і реактивні опори:

$$x_{1-2} = x_1 + x_2 = 0,088 + 0,015 = 0,103$$

$$r_{1-2} = r_1 + r_2 = 0,237 + 0,028 = 0,265$$

$$x_{3-4} = x_3 + x_4 = 0,179 + 45,01 = 45,189$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

$$r_{3-4} = r_3 + r_4 = 5,236 + 16,56 = 21,796$$

$$x_{5-6} = x_5 + x_6 = 45,01 + 0,158 = 45,168$$

$$r_{5-6} = r_5 + r_6 = 16,56 + 4,62 = 21,18$$

$$x_{7-8} = x_7 + x_8 = 0,213 + 0,051 = 0,264$$

$$r_{7-8} = r_7 + r_8 = 0,394 + 0,139 = 0,533$$

Спрощуємо схему до наступного вигляду:

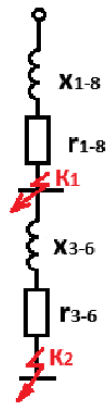


Рис. 2.4

Отже, активний і реактивний еквівалентний опір для двох паралельних ліній:

$$r_{\text{екв1-8}} = \frac{r_{1-2} \cdot r_{7-8}}{r_{1-2} + r_{7-8}};$$

$$x_{\text{екв1-8}} = \frac{x_{1-2} \cdot x_{7-8}}{x_{1-2} + x_{7-8}};$$

де r_{1-2}, r_{7-8} – активні базисні опори лінії 1 і 2;

x_{1-2}, x_{7-8} – реактивні базисні опори лінії 1 і 2.

$$r_{\text{екв1-8}} = \frac{0,265 \cdot 0,533}{0,265 + 0,533} = 0,177$$

$$x_{\text{екв1-8}} = \frac{0,103 \cdot 0,264}{0,103 + 0,264} = 0,074$$

Визначимо повний еквівалентний опір схеми для визначення струмів КЗ в точці К1 за формулою:

$$Z_{\text{екв1}}^* = \sqrt{r_{\text{екв1-8}}^2 + x_{\text{екв1-8}}^2},$$

$$Z_{\text{екв1}}^* = \sqrt{0,177^2 + 0,074^2} = 0,192$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

Визначимо струм короткого замикання I_K , кА, в точці К1.

$$I_K = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot Z_{екв}^* \cdot U_{в.н}}$$

де S_B – задана базисна потужність, кВА;

$Z_{екв}^*$ – повний еквівалентний опір;

$U_{в.н}$ – номінальна напруга для точки К1, кВ.

$$I_K = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,192 \cdot 10} = 48,11 \text{ кА}$$

Для знаходження ударного струму КЗ в точках К1 розрахуємо T_a , k_y , i_y ,
(постійна часу короткозамкнутого кола, ударний коефіцієнт, ударний струм.)

Для точки К1 маємо

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 48,11 \cdot e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 9,2 \text{ кА}$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{0,0}^{к1} \cdot K_y = \sqrt{2} \cdot 48,11 \cdot 1,8 = 122,47 \text{ кА}$$

Визначення теплового імпульсу:

$$W_k = I_{0,0}^2 \cdot (\tau_k + T_a)$$

Постійну часу короткозамкнутої ділянки T_a можна визначити із рівняння,
маючи значення ударного коефіцієнта $k_{уд} = 1,8$:

$$k_{уд} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \Rightarrow T_a = \frac{-0,01}{\ln(k_{уд} - 1)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с.}$$

де τ_k – час протікання режиму КЗ, с.

$$\tau_k = \tau'_{р.з.} + \tau_{п.в.} = 0,3 + 0,09 = 0,39 \text{ с}$$

де $\tau'_{р.з.}$ – максимальний час спрацювання релейного захисту для
даного приєднання

$\tau_{п.в.}$ – час спрацювання вимикача.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Значення теплового імпульсу в точці К1:

$$B_k = (I_{0.0}^{K1})^2 \cdot (\tau_k + T_a) = 48,11^2 \cdot (0.39 + 0.045) = 1006,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{90} = \frac{\sqrt{190,2 \cdot 10^6}}{90} = 352,56 \text{ мм}^2$$

Знаходимо активний і реактивний еквівалентний опір для двох паралельних ліній:

$$r_{\text{екв}3-6} = \frac{r_{3-4} \cdot r_{5-6}}{r_{3-4} + r_{5-6}};$$
$$x_{\text{екв}3-6} = \frac{x_{3-4} \cdot x_{5-6}}{x_{3-4} + x_{5-6}};$$

де r_{3-4}, r_{5-6} – активні базисні опори лінії 3 і 4;

x_{3-4}, x_{5-6} – реактивні базисні опори лінії 3 і 4.

$$r_{\text{екв}3-6} = \frac{21,796 \cdot 21,18}{21,796 + 21,18} = 10,74$$

$$x_{\text{екв}3-6} = \frac{45,189 \cdot 45,168}{45,189 + 45,168} = 22,59$$

Скорочуємо схему до найпростішого вигляду:



Рис. 2.5

Знаходимо активний і реактивний еквівалентний опір для двох послідовних ліній:

$$r_{\text{екв}} = r_{\text{екв}1-8} + r_{\text{екв}3-6}$$

$$x_{\text{екв}} = x_{\text{екв}1-8} + x_{\text{екв}3-6}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Підставимо значення в формули:

$$r_{\text{екв}} = 0,177 + 10,74 = 10,917$$

$$x_{\text{екв}} = 0,074 + 22,59 = 22,664$$

Визначимо еквівалентний опір схеми для визначення струмів КЗ в точці К2 за формулою:

$$Z_{\text{екв}}^* = \sqrt{r_{\text{екв}}^2 + x_{\text{екв}}^2},$$

$$Z_{\text{екв}}^* = \sqrt{10,917^2 + 22,664^2} = 25,156$$

Визначимо струм короткого замикання I_K , кА, в точці К2.

$$I_K = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{екв}}^* \cdot U_{\text{в.н}}}$$

де S_B – задана базисна потужність, кВА;

$Z_{\text{екв}}^*$ – повний еквівалентний опір;

$U_{\text{в.н}}$ – номінальна напруга для точки К1, кВ.

$$I_K = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 25,156 \cdot 10} = 0,37 \text{ кА.}$$

Для визначення ударного струму короткого замикання в точці К2 розрахуємо T_a , k_y , i_y ,

(постійна часу короткозамкнутого кола, ударний коефіцієнт, ударний струм.)

Для точки К2 маємо

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 0,37 \cdot e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 0,07 \text{ кА}$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{0.0}^{K1} \cdot K_y = \sqrt{2} \cdot 0,37 \cdot 1,8 = 0,94 \text{ кА}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Аналіз ринку електричного обладнання.

На ринку України зараз доступний широкий вибір високовольтної апаратури, яка представлена як вітчизняними, так і закордонними виробниками. Відомі міжнародні компанії, такі як АВВ, Siemens та інші, пропонують свої продукти, разом із великою кількістю вітчизняних виробників, таких як ВАТ "Високовольтний союз", ВАТ "Запорізький завод високовольтної апаратури", підприємство "Таврида Електрик Україна", підприємство "Ампер" та інші.

Найбільшим виробником вимикачів потужності на території України є ВАТ "Високовольтний союз". Особливо велика кількість пропонується вакуумних вимикачів, які є більш надійними порівняно з застарілими масляними вимикачами і потребують заміни на реконструйованій підстанції. У нашому випадку найбільш підходящим є вакуумний вимикач зовнішньої установки ВР35НС з пружинним приводом, призначений для комутації електричних кіл з номінальною напругою 35 кВ. Ці вимикачі застосовуються у відкритих розподільних пристроях 35 кВ, а також для заміни повітряних і масляних вимикачів, які вичерпали свій ресурс на діючих підстанціях. В полюсах вимикачів використовуються сучасні вакуумні камери виробництва АВВ. Привід розташований у винесеному з основної рами вимикача шафі, що забезпечує його безпеку і зручність обслуговування. Вимикачі можуть працювати як при змінному, так і при постійному напрузі.

Експлуатація вимикачів дозволена в діапазоні температур від -45 до +50 °С. Для роботи при температурах нижче -25 °С передбачений автоматичний підігрів відсіку приводу за допомогою вбудованих нагрівальних елементів.

| | | | | | ДП 2024 | | | |
|-----------|------|-------------------------|--------|------|-------------------------|--------------------------------------|------|---------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Вибір обладнання | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський І.</i> | | | | | 46 | 77 |
| Н. Контр. | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |

"Таврида Електрик Україна", українське підприємство, що є частиною промислової групи Таврида Електрик, виробляє широкий асортимент комутаційної апаратури. Основним напрямком діяльності підприємства є масове виробництво вакуумних комутаційних апаратів і обмежувачів перенапруги для розподільних мереж напругою від 10 до 160 кВ. На сьогоднішній день воно є одним з основних виробників комутаційного обладнання для мереж середньої напруги на внутрішньому ринку. Основні замовники продукції - підприємства паливно-енергетичного комплексу, електротранспорту, металургії, а також комунальні підприємства енергетики.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

5.2 Вибір комутаційної апаратури на стороні 10 кВ.

Вибір вимикача.

Ми обираємо високовольтні вимикачі та роз'єднувачі згідно з додатковою літературою:

Вибір вимикача марки А3730Б - це вибір автоматичного вимикача з термобіметалічними та електромагнітними розчеплювачами, який може бути застосований для різних типів монтажу, таких як монтаж на DIN-рейку, вбудований монтаж або зовнішній монтаж.

$$U_{\text{ном}} = 10\text{кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 400\text{ А};$$

Обираю роз'єднувач РЛНДз-10/400 У1

| Умови вибору | Розрахункові дані мережі | Каталожні дані апаратів | |
|--|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | | Вимикач навантаження А3730Б | Роз'єднувач РЛНДз-10/400 |
| $U_{н.с} \leq U_{н.а}$ | 10 кВ | 10 кВ | 10 кВ |
| $I_{ф\text{арс}} \leq I_{н.а}$ | 297,64 А | 400 А | 400 А |
| $I_{\text{норм}}(3) \leq i_{\text{мах}}$ | 21,84 А | 25 А | 25 А |

Як бачимо, наші апарати відповідають усім вимогам. Для захисту підстанції від набігаючих хвиль перенапруг із боку 10 кВ встановлюємо вентильні розрядники РВП-10, а з боку 0,4 кВ – РВН-0,5. Їхні технічні характеристики такі:

РВП-10:

- Номінальна напруга (U_n): 10 кВ
- Максимально допустима напруга на розряднику (діюче значення): 12,7 кВ
- Пробивна напруга при частоті 50 Гц:
 - не менше 26 кВ
 - не більше 35 кВ

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|---------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 48 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | |

- Імпульсна пробивна напруга: не більше 50 кВ
- Залишкова напруга при імпульсному струмі:
 - 3000 А – 47 кВ
 - 5000 А – 50 кВ

РВН-0,5:

- Максимально допустима напруга на розряднику під час гасіння дуги: не більше 0,5 кВ
- Пробивна напруга при промисловій частоті: не менше 2,5-3 кВ

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

6. ВИБІР РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

6.1 Вибір характеристик апаратів захисту до споживачів цеху.

Згідно з завданням як апарат захисту вибираємо автоматичний вимикач.

Умова вибору вимикача:

$$U_{\text{НОМ}}^{\text{АВ}} \geq U_{\text{НОМ}}^{\text{мережі}}$$

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{розч}} \geq I_{\text{НОМ}}$$

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{АВ}} \geq I_{\text{НОМ}}^{\text{розч}}$$

$$I_{\text{спрац}}^{\text{АВ}} \geq 1,25I_{\text{пік}}$$

$I_{\text{НОМ}}^{\text{АВ}}$ – номінальний струм АВ

Для прикладу розрахунок проводимо для радіально-свердильного верстату

Розраховуємо номінальний струм

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{РСВ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}^{\text{РСВ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{НОМ}}}$$

Підставляємо свої значення у формулу:

$$I_{\text{НОМ}}^{\text{РСВ}} = \frac{23}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 2} = 21,84 \text{ А}$$

$$1,25I_{\text{пік}} = 1,25 \cdot 5 \cdot I_{\text{НОМ}} = 1,25 \cdot 5 \cdot 21,84 = 136,5 \text{ А.}$$

Таблиця. Умови вибору автоматичного вимикача

| | | |
|--------------------------------------|--------|---|
| $U_{\text{НОМ АВ}} = 0,38\text{кВ}$ | \geq | $U_{\text{НОМ мер}} = 0,38 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{НОМ розч}} = 25 \text{ А}$ | $>$ | $I_{\text{р}} = 21,84 \text{ А}$ |
| $I_{\text{НОМ АВ}} = 25 \text{ А}$ | $=$ | $I_{\text{НОМ розч}} = 25 \text{ А}$ |
| $I_{\text{спрац}} = 300 \text{ А}$ | $>$ | $1,25 \cdot I_{\text{пік}} = 136,5 \text{ А}$ |

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | | | |
|-----------|------|------------------|--------|------|--|--------------------------------------|------|---------|
| Розробив | | Ходаковська А. | | | Вибір релейного захисту елементів системи | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | Ізволеньський І. | | | | | 50 | 77 |
| Н. Контр. | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | |
| Затвердив | | Балюта С.М | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Вибираємо автоматичний вимикач АЕ20.

Вибір АВ до інших споживачів в таблиці.

| № п/п | Найменування електроприймача | п, шт. | $P_{\text{ном}}$, кВт | $\cos\varphi / \eta_{\text{ном}}$ | $I_{\text{ном}}$, А | $1,25 \cdot I_{\text{пик}}$, А | $I_{\text{ном розг}}$, А | $I_{\text{ном АВ}}$, А | $I_{\text{спрал}}$, А | Тип |
|----------|--------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------|
| 1 | Вентилятор 1 | 2 | 0,75 | 0,8 / 0,75 | 3,56 | 22,81 | 10 | 63 | 200 | АЕ20 |
| 2 | Холодильна установка | 2 | 23 | 0,8 / 0,75 | 109,2 | 682,5 | 160 | 63 | 800 | АЕ 2050 |
| 3 | Станок точильно- шліфувальний | 1 | 0,75 | 0,5/1,73 | 1,78 | 11,13 | 10 | 63 | 200 | АЕ20 |
| 4 | Настільно- свердлувальний верстат | 1 | 0,6 | 0,4/2,29 | 1,42 | 8,88 | 10 | 63 | 200 | АЕ20 |
| 5 | Вентилятор 2 | 1 | 11 | 0,8/0,75 | 26,11 | 163,2 | 40 | 63 | 200 | АЕ20 |
| 6 | Приточна вентосистема | 2 | 11 | 0,4/2,29 | 52,23 | 326,4 | 100 | 63 | 400 | АЕ 2050 |
| 7 | Установка розливу і охолодження | 4 | 8,6 | 0,8/0,75 | 81,67 | 510,4 | 100 | 63 | 600 | АЕ 2050 |
| 8 | Вентилятор 3 | 3 | 1,1 | 0,8/0,75 | 7,83 | 48,9 | 10 | 63 | 200 | АЕ20 |
| 9 | Насос вакуумний | 1 | 4,6 | 0,95/0,33 | 10,92 | 68,25 | 12,5 | 63 | 200 | АЕ 20 |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

6.2 Вибір типу силового розподільчого пункту

Вибір силових розподільчих пунктів (СРП) є важливим етапом проектування електричних мереж. СРП служать для приймання та розподілу електроенергії, забезпечуючи надійність і безпеку електропостачання. Основні аспекти, які потрібно враховувати при виборі СРП:

Вибір силових розподільчих пунктів наведений в таблиці.

| № п/п | Тип | п·Ів.л, А | Іном.р., А | Назва електроприймача | п, шт | Запас | Електроприймач |
|-------|----------|--------------|------------|--|----------|-------|---|
| | | | | | | | Струм електроприймача Ісп., А |
| 1 | СПА-77-5 | 8х63 | 400 | Холодильна установка, насос вакуумний | 2 | 1х63 | $2 \times 109,2 = 218,4$ |
| 2 | СПА-77-5 | 8х63 | 400 | Установка розливу і охолодження | 4 | 2х63 | $4 \times 81,67 = 326,68$ |
| 3 | СПА-77-5 | 8х63 | 400 | Станок точно-шліфувальний, настільно-свердлувальний верстат, приточна вентосистема | 4 | 1х63 | $1 \times 1,78 + 1 \times 1,42 + 2 \times 52,23 = 107,66$ |
| 4 | СПА-77-5 | 8х63 | 400 | Вентилятор 1, вентилятор 2, вентилятор 3 | 7 | 1х63 | $2 \times 3,56 + 1 \times 26,11 + 3 \times 7,83 + 1 \times 10,92 = 67,64$ |

Вибір силових розподільчих пунктів вимагає комплексного підходу, що враховує всі технічні, економічні та експлуатаційні аспекти. Правильний вибір СРП забезпечує надійне та ефективне електропостачання, мінімізуючи ризики аварій та забезпечуючи довготривалу безперебійну роботу системи.

| | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|--|--|------|
| | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | 52 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | | | |

6.3 Визначення перерізів струмоведучих жил

Тип приміщення – В Іб

У пожежонебезпечних приміщеннях застосовуються алюмінієві провідники.

Марка проводу – АПРТО500

Умови вибору провідників:

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{ном}}^{\text{П}} \cdot \frac{K_3}{K_{\text{п}}}$$

де K_3 – кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту $K_3 = 1,0$

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт прокладки $K_{\text{п}} = 1,0$

$$I_{\text{пр}} \leq I_{\text{пр}}^{\text{доп}}$$

Вибираємо допустимо тривалий струм та стандартний переріз.

Обираємо діаметр жили.

| № п/п | Найменування електроприймача | Р ном, кВт | I розч= I _з , А | I пр, А | провід АПРТО-500 | | |
|-------|-------------------------------------|---------------|----------------------------------|---------|------------------|----------|-------|
| | | | | | I доп, А | S ст, мм | d, мм |
| 1 | Вентилятор 1 | 0,75 | 10 | 10 | 30 | 6 | 6,3 |
| 2 | Холодильна установка | 23 | 160 | 160 | 19 | 2,5 | 5,4 |
| 3 | Станок точильно-шліфувальний | 0,75 | 10 | 10 | 30 | 6 | 6,3 |
| 4 | Настільно-свердлувальний верстат | 0,6 | 10 | 10 | 23 | 4 | 5,8 |
| 5 | Вентилятор 2 | 11 | 40 | 40 | 9 | 2,5 | 5,4 |
| 6 | Приточна вентсистема | 11 | 100 | 100 | 19 | 2,5 | 5,4 |
| 7 | Установка розливу і охолодження | 8,6 | 100 | 100 | 19 | 2,5 | 5,4 |
| 8 | Вентилятор 3 | 1,1 | 10 | 10 | 19 | 2,5 | 5,4 |
| 9 | Насос вакуумний | 4,6 | 12,5 | 12,5 | 23 | 4 | 5,8 |

6.4 Вибір діаметру сталевих труб звичайного виконання

Вибір діаметру сталевих труб зазвичай залежить від кількох факторів, включаючи внутрішній об'єм потрібного рідини чи газу, тиск, який вони повинні витримувати, і обмеження на доступний бюджет. Зазвичай, чим більший діаметр труби, тим більше рідини або газу вона може переносити, але при цьому збільшується вартість труби та складність її установки.

При виборі діаметру слід також враховувати потужність насосів або інших систем переміщення рідини чи газу, а також можливі тепловтрати або тискові втрати через опір труб. Також важливо враховувати будь-які стандарти або нормативи, які можуть вимагати певних діаметрів для конкретних застосувань.

У кожному випадку оптимальний діаметр труби буде визначатися конкретними вимогами та умовами проекту. Інженерні розрахунки та консультації спеціалістів можуть бути корисними для точного визначення правильного діаметру труби для вашого проекту.

Обираємо діаметр сталевих труб.

| № | Найменування електроприймача | d, мм | n, шт. | Труба | | |
|---|----------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | | | D, мм | D, мм | d, мм |
| 1 | Вентилятор 1 | 6,3 | 4 | 19,9 | 21,2 | 20 |
| 2 | Холодильна установка | 5,4 | 4 | 17,1 | 21,2 | 20 |
| 3 | Станок точильно-шліфувальний | 6,3 | 4 | 19,9 | 21,2 | 20 |
| 4 | Настільно-свердлувальний верстат | 5,8 | 4 | 18,3 | 21,2 | 20 |
| 5 | Вентилятор 2 | 5,4 | 4 | 17,1 | 21,2 | 20 |
| 6 | Приточна вентосистема | 5,4 | 4 | 17,1 | 21,2 | 20 |
| 7 | Установка розливу і охолодження | 5,4 | 4 | 17,1 | 21,2 | 20 |
| 8 | Вентилятор 3 | 5,4 | 4 | 17,1 | 21,2 | 20 |
| 9 | Насос вакуумний | 5,8 | 4 | 18,3 | 21,2 | 20 |

6.5 Розрахунок втрат напруги лінії живлення

Втрати напруги визначаються за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0)$$

де I_p – розрахунковий струм лінії

r_0, x_0 – опір проводів.

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg } \varphi$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{Q_{\text{см}}}{P_{\text{см}}}$$

$$\varphi = \text{arctg } \frac{Q_{\text{см}}}{P_{\text{см}}}$$

Визначаємо $\cos \varphi$ та $\sin \varphi$ для лінії живлення для електроприймачів, що працюють із постійним та змінним графіком навантаження:

$$I_{\text{розр}} = 191,93 \text{ А}$$

$$\varphi = \text{arctg } \frac{Q_{\Sigma \text{см}}}{P_{\Sigma \text{см}}} = \text{arctg } \frac{57,393}{112,533} = \text{arctg}(0,471) = 27,02$$

$$\cos \varphi = 0,891$$

$$\sin \varphi = 0,454$$

Визначаємо r_0 та x_0 КЛ типу ААШВ-1,0-4х240

$$r_0 = 0,125 \text{ Ом/км} \quad x_0 = 0,03 \text{ Ом/км}$$

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_{\Sigma \text{розр}} \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} \cdot 191,93 \cdot 0,1 \cdot (0,891 \cdot 0,125 + 0,454 \cdot 0,03) = 4,16 \text{ В} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{4,16}{380} \cdot 100\% = 1,10\% \leq 5\% \text{ - умова виконується.}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|---------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 55 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2024 | | | | |

| Магнітний пускач для ВЗ | | |
|-------------------------|--------------|-------------------|
| Дані пускача | Умова вибору | Розрахункові дані |
| 380 В | = | 380 В |
| 63 А | > | 12,5 А |
| 30 кВт | > | 1,1 кВт |
| ПМА 4200 ПУХЛ4А | | |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

7. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Інформаційна система керування електроспоживанням промислового підприємства.

Інформаційна система керування електроспоживанням промислового підприємства - це комплексний набір програмних та апаратних засобів, який дозволяє ефективно моніторити, аналізувати та оптимізувати споживання електроенергії на промисловому об'єкті.

Така система зазвичай включає в себе:

Системи збору даних: Датчики та прилади обліку, що збирають інформацію про споживання електроенергії на різних ділянках підприємства.

Системи моніторингу і аналізу: Програмне забезпечення, яке обробляє та аналізує зібрані дані, надаючи операторам можливість відстежувати показники енергоспоживання в реальному часі і аналізувати їх на предмет ефективності.

Системи управління: Модулі, що дозволяють здійснювати управління споживанням електроенергії, такі як автоматизовані системи керування освітленням, опаленням, кондиціонуванням повітря та іншими енергоефективними пристроями.

Системи прогнозування: Аналітичні інструменти, які дозволяють прогнозувати майбутнє споживання електроенергії на основі історичних даних та зовнішніх факторів.

Мета такої системи - зниження витрат на електроенергію, підвищення її ефективності та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище шляхом оптимізації використання енергоресурсів.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------------------|--------|------|-----------------------------------|--------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Індивідуальне завдання | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | | | 58 | 77 |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський І.</i> | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |
| | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | |

ІСКЕПП - це комплексна система, яка використовується для моніторингу, аналізу та керування електроспоживанням на промислових підприємствах. Вона допомагає оптимізувати енергоспоживання, знизити витрати на електроенергію та покращити загальну енергоефективність.

Основні компоненти ІСКЕПП:

- **Системи збору даних:** збирають дані про споживання електроенергії з різних джерел, таких як лічильники, датчики та контролери.
- **Програмне забезпечення:** обробляє та аналізує дані, зібрані системами збору даних. Це дозволяє візуалізувати споживання електроенергії, виявляти тенденції та аномалії, а також генерувати звіти.
- **Системи керування:** використовуються для автоматичного регулювання споживання електроенергії на основі даних, зібраних та проаналізованих системою.

Переваги використання ІСКЕПП:

- **Зниження витрат на електроенергію:** ІСКЕПП може допомогти підприємствам значно скоротити свої витрати на електроенергію за рахунок оптимізації споживання.
- **Покращення енергоефективності:** ІСКЕПП може допомогти підприємствам підвищити свою загальну енергоефективність, що може призвести до зниження викидів парникових газів та інших екологічних переваг.
- **Підвищення надійності:** ІСКЕПП може допомогти підприємствам підвищити надійність своїх систем електропостачання за рахунок виявлення та усунення потенційних проблем.
- **Покращення прийняття рішень:** ІСКЕПП може допомогти підприємствам приймати кращі рішення щодо управління енергоспоживанням, надаючи їм точні дані та аналітику.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

Приклади використання ІСКЕПП:

- **Оптимізація графіків роботи обладнання:** ІСКЕПП може використовуватися для оптимізації графіків роботи обладнання, щоб воно працювало, коли електроенергія доступніша або дешевша.
- **Виявлення та усунення енергетичних втрат:** ІСКЕПП може використовуватися для виявлення та усунення енергетичних втрат, таких як витоки та неефективне використання енергії.
- **Управління попитом на електроенергію:** ІСКЕПП може використовуватися для управління попитом на електроенергію, щоб допомогти підприємствам уникати пікових періодів споживання, коли ціни на електроенергію вищі.

Впровадження ІСКЕПП:

Впровадження ІСКЕПП може бути складним процесом, який потребує значних інвестицій. Однак переваги, які може забезпечити ІСКЕПП, часто перевищують витрати на її впровадження.

Під час впровадження ІСКЕПП важливо врахувати такі фактори:

- **Розмір та складність підприємства:** Більші та складніші підприємства, як правило, потребують більш складної та дорогої ІСКЕПП.
- **Цілі впровадження:** Важливо чітко визначити цілі впровадження ІСКЕПП, щоб вибрати відповідну систему та виміряти її успішність.
- **Бюджет:** Витрати на впровадження ІСКЕПП можуть варіюватися залежно від розміру та складності системи.
- **Персонал:** Для успішного впровадження та експлуатації ІСКЕПП потрібен кваліфікований персонал.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 60 |

Інтелектуальні інформаційні системи керування (ІСК) використовуються для розв'язання різноманітних завдань, включаючи моніторинг, діагностику, прогнозування та підтримку прийняття рішень. Ці системи використовують різні технології, такі як експертні системи, штучні нейронні мережі, нечітка логіка, еволюційні методи та генетичні алгоритми.

Однією з головних особливостей ІСК є їхній здатність аналізувати дані, автоматично виявляти закономірності та накопичувати знання, що може підкріплюватися інструментами самонавчання на основі досвіду. Це дозволяє ІСК у певних ситуаціях надавати користувачеві "готові" рішення на рівні людини-експерта.

Особливістю архітектури ІСК є наявність засобів для зберігання та обробки знань для виконання потрібних функцій в умовах динамічності вхідних даних або їх невизначеності внаслідок зовнішніх впливів, таких як зміни у завданнях, параметрах зовнішнього середовища або характеристиках об'єктів керування.

Цифрові керуючі системи є основним технічним засобом інтелектуальних інформаційних систем керування (ІСК), які використовуються для контролю, управління та вирішення завдань штучного інтелекту. Вони базуються на сучасній інформаційній техніці, що суттєво підвищує рівень інтелектуалізації. ІСК автоматизують процеси підготовки інформації для прийняття рішень та вироблення варіантів рішень на основі накопичених знань.

Мережа електропостачання заводу є складним об'єктом управління, що вимагає складної структури ІСК з підконтрольними системами.

Застосування технологій обробки даних (data mining) дозволяє впроваджувати в ІСК комплекс інтелектуальних методів мінімізації витрат на електроенергію, що може приносити значні економічні вигоди для галузі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 62 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Підсистема автоматизованої діагностики та екстреного прийняття рішень спрямована на зменшення ролі людського фактору в оперативній роботі персоналу при вирішенні нештатних та аварійних ситуацій в мережі електропостачання згідно з концепцією Smart Grid. Вона складається з "Блоку прогнозу відмов обладнання", який визначає залишковий ресурс обладнання, та "Блоку формування аварійної інформації та керуючих впливів", який інформує диспетчера про нештатні ситуації, надає дані про поточний режим роботи та запропоновані шляхи виправлення ситуації через систему підтримки та прийняття рішень.

Підвищення ефективності економіки є однією з найактуальніших проблем сучасності, особливо в Україні. Лише максимально ефективне використання кожного кВт·год електроенергії забезпечить економічну незалежність і конкурентоспроможність як окремих промислових підприємств (ПП), так і країни в цілому. Отже, питання енергоефективності є надзвичайно важливим. Якщо розглядати вирішення цієї проблеми на рівні окремого ПП, варто відзначити наступне. Останнім часом з'явилися численні шляхи застосування автоматизованих систем обліку електроенергії (АСОЕ) для підвищення ефективності та раціонального використання електроенергії, а також для контролю параметрів режимів електропостачальних систем (ЕПС) промислових підприємств.

АСОЕ вже кілька десятиліть знаходять застосування на промислових підприємствах для організації та автоматизації обліку електричної енергії. Перші інформаційно-вимірювальні системи були розроблені в СРСР у 70-х роках минулого століття. Здебільшого впроваджені АСОЕ використовуються як AMR (Automated Meter Reading) – дистанційний збір даних із лічильників електричної енергії. Дані з первинної бази даних лічильника зчитуються через цифрові інтерфейси та передаються в центри обробки для аналізу та формування рахунків за поставлену/спожиту електроенергію.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| | | | | | | 64 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

З урахуванням швидкого вдосконалення технічних засобів та математичних методів, які можуть бути застосовані для підвищення енергоефективності промислових підприємств, виникає потреба у трансформації системи типу AMR у систему AMI (Advanced Metering Infrastructure). Це більш розвинена вимірювально-інформаційна структура, здатна не лише збирати дані з лічильників електричної енергії, але й аналізувати їх. На другому етапі це дозволить впровадити на промислових підприємствах повноцінну інформаційну одиницю, як складову загальної системи Smart Grid – систему АММ (Advanced Meter Management), систему інтелектуальних вимірювань.

Наразі основною метою використання АСОЕ для власників промислових підприємств є **зниження витрат на електроенергію та скорочення розміру оплати за її споживання.**

- **Розрахунок за спожиту електроенергію за тарифами, диференційованими за періодами часу:** Це дозволяє отримувати економічний ефект, сплачуючи менше за електроенергію в періоди низького навантаження.
- **Проведення внутрішньозаводських розрахунків між структурними підрозділами за електроенергію:** АСОЕ зменшує технологічні витрати електроенергії, пов'язані з порушенням технологічного циклу та неефективністю використання устаткування.
- **Контроль витрат і виробітку реактивної електроенергії:** АСОЕ в реальному часі розраховує оптимальну потужність компенсуючих пристроїв, що дозволяє зменшити перегікання реактивної потужності на межі балансового розподілу між споживачем та енергопостачальною організацією, а також уникнути генерації реактивної потужності в мережу.
- **Оперативне прогнозування електричного навантаження:** Прогнозування, виконане економіко-математичними методами або методом нейронних мереж, допомагає уникнути перевищення узгодженого розрахункового навантаження на ПП, забезпечуючи точність розрахунків.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2023 | Арк. |
| | | | | | | 65 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- **Розрахунок втрат електроенергії в елементах електричної мережі в реальному часі:** Це дозволяє точно визначати втрати і відповідно коригувати енергоспоживання.

Зменшення обсягу оплати за електроенергію та зниження величини електроспоживання неможливо досягти без забезпечення точності, оперативності та достовірності вимірювальної інформації, а також постійного моніторингу та контролю поточних технологічних параметрів режимів електроспоживання на промислових підприємствах. Це досягається завдяки таким процедурам:

- Верифікація та достовіризація даних обліку електроенергії: Перевірка масивів даних електроспоживання на наявність грубих помилок, а також застосування балансового методу, який дозволяє виявляти і виправляти похибки в даних.
- Відновлення відсутніх даних електроспоживання: Згідно з вимогами Головного оператора системи комерційного обліку ОРЕ, однією з функцій автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є заміщення (відновлення) даних, не отриманих в установлений термін. Методи відновлення облікових даних, забезпечують безперервність та повноту інформації про споживання електроенергії.

Резервування каналів зв'язку між лічильником (пристроєм збору-передачі даних) та сервером є важливим аспектом забезпечення надійності та безперервності збору даних. Наразі в автоматизованих системах комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) використовуються різні типи каналів зв'язку, такі як виділені телефонні лінії, канали стандарту GSM, або Radioethernet.

Розробка сигналізації про відсутність обліку електроенергії: Впровадження систем сигналізації, що повідомляють про відсутність даних обліку в будь-якій точці.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 66 |

- **Своєчасна перевірка приладів обліку:** Регулярна перевірка приладів обліку електроенергії, пристроїв збору-передачі даних та вимірювальних каналів АСКОЕ.
- **Перевірка правильності схем обліку та надійності контактних з'єднань:** Перевірка схем обліку на правильність і контактні з'єднання на надійність, що розглянуто в монографії [20].
- **Встановлення більш точних приладів обліку:** Використання приладів обліку, таких як лічильники та трансформатори струму і напруги класу точності 0,5 або 0,2, для підвищення точності обліку електроенергії та зменшення похибки вимірювань.

На потужних промислових підприємствах зустрічаються схеми електропостачання, в яких до однієї вітки контуру підключено ємнісне навантаження, необхідне для компенсації реактивної потужності в мережі, а до іншої вітки – активно-індуктивне навантаження, яке містить джерело вищих гармонік.

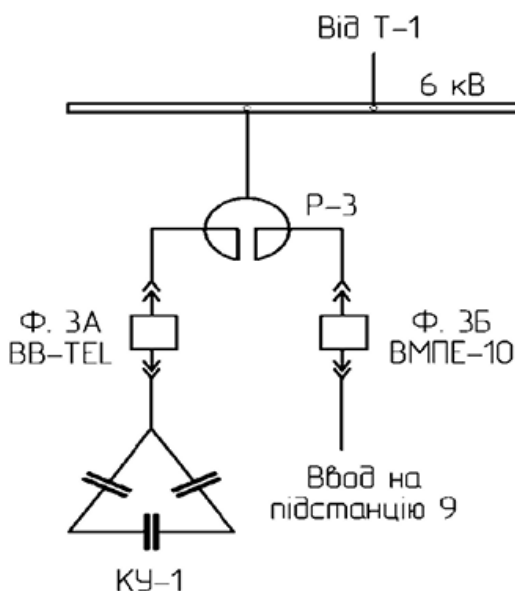


Рис. 4

Однолінійна схема підключення КУ через вітку здвоєного струмообмежувального реактора.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2023 | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

8. ОХОРОНА ПРАЦІ

У дипломному проекті розробляються реконструкція системи зовнішнього електропостачання заводу «Росинка».

Обґрунтування рішення щодо розміщення високовольтних вимикачів у схемі електропостачання цеху

Роз'єднувачі - це пристрої, які використовуються для увімкнення та вимкнення різних частин електричних систем під напругою, коли навантажувальний струм відсутній. Вони застосовуються у всіх високовольтних установках для створення видимого розриву під час відключення будь-якої ділянки кола, а також для здійснення перемикань та формування потрібних схем. Зазвичай всі маніпуляції з роз'єднувачами виконуються при вимкнених електричних ланцюгах.

Після відключення роз'єднувачів з обох сторін об'єкта, таких як вимикачі або трансформатори, і інших пристроїв, необхідно забезпечити заземлення з обох сторін за допомогою переносних заземлювачів або спеціальних заземлюючих ножів, що вбудовані в конструкцію роз'єднувача. Роз'єднувачі конструюються для внутрішньої та зовнішньої установки з урахуванням широкого діапазону струмів та напруг. До них пред'являються такі вимоги:

- Контактна система має надійно передавати номінальний струм протягом тривалого періоду часу. Особливо важкі умови роботи роз'єднувачів зовнішніх установок, які піддаються впливу води, пилу та льоду, вимагають належної динамічної та термічної стійкості.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-----------------------|--------|------|----------------------|--------------------------------------|------|---------|
| | | | | | ДП 2024 | | | |
| | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Охорона праці | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Сірик А.О.</i> | | | | | 68 | 77 |
| | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |
| | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ 4 - 3 | | |

- Роз'єднувач та його механізм приводу повинні надійно залишатися у включеному положенні під час проходження струму КЗ. У відключеному положенні рухомий контакт також повинен бути надійно зафіксований, оскільки ненавмисне включення може призвести до серйозних аварій та загибелі людей.
- Враховуючи важливу роль роз'єднувача як пристрою безпеки, відстань між контактами має мати підвищену електричну міцність.
- Раціональною є блокування приводу роз'єднувача з вимикачем. Операції з роз'єднувачем мають бути доступними лише в тому випадку, коли вимикач вимкнений.

Під час робіт з відключеним лінійним роз'єднувачем необхідно забезпечити додаткове заземлення проводів спуску з боку ПЛ, незалежно від наявності заземлювальних ножів, щоб уникнути порушень під час операцій з роз'єднувачем. Струмовідні частини, які заземлені, повинні бути фізично відокремлені від частин, що знаходяться під напругою, з використанням вимикачів, роз'єднувачів, або інших засобів, що забезпечують видимий розрив, таких як відокремлювачі або вимикачі навантаження, а також шляхом зняття запобіжників, демонтажу шин або проводів.

**Кваліфікаційні вимоги до персоналу, котрий обслуговує
електротехнічне обладнання, вимоги безпеки під час встановлення,
експлуатації та ремонту електрообладнання**

Робота з потужним електричним обладнанням вимагає спеціальних знань з електротехніки та дотримання норм техніки безпеки і охорони праці. У випадку ураження електричним струмом наслідки можуть бути фатальними, тому особа, що працює з електричним устаткуванням, повинна мати певну підготовку, яка підтверджується відповідною групою допуску.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 69 |

**Вимоги до діелектричних інструментів (рукавиці, боти, килимки);
періодичність проведення випробувань**

Діелектричні інструменти, такі як рукавиці, боти та килимки, грають критичну роль у забезпеченні безпеки працівників, які працюють з електричним обладнанням. Основна функція цих інструментів полягає в тому, щоб захистити працівників від можливого ураження електричним струмом та забезпечити ізоляцію від провідних матеріалів.

В електричних установках з напругою до 1000 В та вище, рекомендується використовувати гумові діелектричні килими та ізолюючі підставки як додатковий засіб захисту від електричних уражень.

Гумові діелектричні килими рекомендується використовувати в закритих електричних установках усіх класів напруг, за винятком тих, що розташовані в сирих приміщеннях або піддаються впливу забруднення. У відкритих електричних установках вони рекомендуються лише за сухої погоди.

Гумові діелектричні килими згідно з вимогами ГОСТ 4997 повинні виготовлятися, залежно від призначення і умов експлуатації, таких двох груп:

– перша група – звичайного виконання – для виконання робіт за температур від мінус 15 °С до плюс 40 °С;

– друга група – мастилобензостійкі – для виконання робіт за температур від мінус 50 °С до плюс 80 °С.

Також в електроустановках з напругою до 1000 В рекомендується використовувати діелектричні рукавички як основний електрозахисний засіб, а в установках з напругою понад 1000 В – як додатковий засіб для захисту від можливого торкання руками до елементів установки, що знаходяться під напругою. Такі рукавички повинні виготовлятися безшовно з натурального латексу (ревультексу) або мати шви і бути зробленими з листової гуми.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 70 |

- **Рукавиці:** Діелектричні рукавиці зазвичай виготовляються зі спеціальних матеріалів, які здатні ізолювати працівника від електричного струму. Вони повинні мати відповідний рівень діелектричної міцності, яка перевіряється випробуванням на пробиття. Рукавиці також повинні бути гнучкими та зручними для роботи.

- **Боти:** Діелектричні боти забезпечують ізоляцію під час роботи з електричним обладнанням. Вони зазвичай мають спеціальну конструкцію, яка запобігає проникненню вологи та інших речовин в середину ботів. Подібно до рукавиць, діелектричні боти повинні відповідати вимогам щодо діелектричної міцності та зручності.

- **Килимки:** Діелектричні килимки використовуються для захисту працівників від можливого ураження електричним струмом під час роботи на підлозі. Вони повинні мати високий рівень ізоляції та забезпечувати безпечну робочу поверхню.

Для уникнення випадкового наближення або доторкання до струмовідних частин, які перебувають під напругою та розташовані близько до місця виконання робіт в електроустановках, рекомендується використовувати такі типи захисних огорожень:

- **Щити (ширми):** Вони використовуються для тимчасового обгородження струмовідних частин, які перебувають під напругою від 1000 В та вище.

- **Ізолювальні накладки:** У випадках, коли неможливо встановити щити, ці накладки використовуються для запобігання доторкання до струмовідних частин в електроустановках до 20 кВ. Також вони можуть застосовуватися для уникнення ненавмисного увімкнення рубильників в електроустановках до 1000 В.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 71 |

○ Ізолювальні ковпаки: Вони застосовуються в електроустановках до 10 кВ, де конструкція обмежує використання переносних захисних заземлень під час проведення ремонтів, випробувань або визначення місць пошкодження.

Періодичність проведення випробувань діелектричних інструментів зазвичай визначається стандартами та рекомендаціями організацій з безпеки. Ці перевірки зазвичай проводяться на регулярній основі, зокрема перед кожним використанням, а також на планових періодах, щоб забезпечити надійність і збереження ізоляційних властивостей інструментів.

Наприклад для випробування діелектричних рукавичок рекомендується використовувати наступну методику: рукавички занурюються у металеву посудину з водою, яка має температуру плюс $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$. Також воду наливають всередину рукавичок так, щоб рівень води як ззовні, так і всередині рукавичок був на 50 мм нижче їх верхнього краю. Краї рукавичок, які виступають, повинні залишатися сухими. Один з виводів випробного трансформатора повинен бути з'єднаний з посудиною і заземлений, а електрод, з'єднаний з другим виводом трансформатора через міліамперметр, занурюється всередину рукавичок. Струм, що протікає через рукавичку у цьому випробуванні, не повинен перевищувати 6 мА.

Схема випробної установки показана на рисунку.

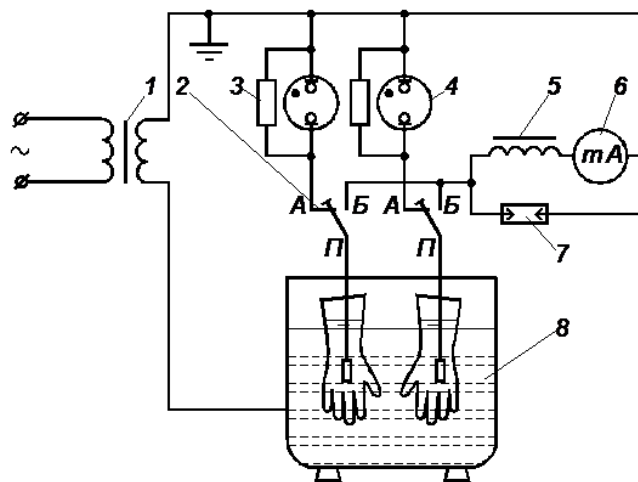


Рис. 5 Схема випробної установки захисних рукавичок

Під час проведення випробувань перемикач П спочатку має бути у положенні А, щоб за допомогою сигнальних ламп визначити наявність пробою. У випадку відсутності пробою перемикач П для вимірювання струму, що протікає через рукавичку, переводять у положення Б.

Рукавичку вважають непридатною, якщо струм, що протікає через неї, перевищує 6 мА або якщо спостерігаються різкі коливання стрілки міліамперметра. У разі виявлення пробою вимикають коло, де знаходиться дефектна рукавичка, або вся установка.

Після завершення випробувань діелектричні рукавички необхідно просушити перед наступним використанням.

Практичний розрахунок

Дано:

Довжина приміщення - $A = 65$ м.,

Ширина приміщення - $B = 20$ м.,

Висота приміщення - $H = 10$ м.,

Клас з вибухонебезпеки приміщення - $M = П-Па$,

Категорія приміщення - $K = III$,

Середня грозова діяльність у годинах за рік - $C - K \geq 20$,

Тип блискавковідводу, що розраховується - T – подвійний тросовий блискавковідвід.

Розрахуємо значення щільності ударів блискавки на 1 км^2 земельної поверхні за рік:

$$n = \frac{(6.7 \cdot T_{гр})}{100} = \frac{(6.7 \cdot 20)}{100} = 1,34 \frac{\text{км}^2}{\text{рік}}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|----------------|------|
| | | | | | ДП 2024 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 73 |

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті був проведений розрахунок електропостачання заводу безалкогольних напоїв, а також вивчені основні методики розрахунків і вибору електрообладнання. На підставі отриманих розрахункових значень потужності цеху і додаткового навантаження для головної понижувальної підстанції було обрано трансформатор КПТ-160/10/0,4. Також була розроблена схема головної підстанції підприємства та обрані лінії електропередач, які становили електричну частину проєкту електропостачання.

Було здійснено вибір внутрішньозаводської мережі та схеми внутрішнього електропостачання. На основі розрахункових значень потужностей і струмів були обрані типи і марки електроустаткування, необхідні для системи електропостачання. Живильні кабелі та проводи перевірялися на відповідність тривало припустимих струмів, а захисна апаратура – запобіжники і автомати – були обрані за номінальними значеннями струмів і за значеннями пускових струмів.

Проведений розрахунок короткого замикання дозволив перевірити обрану апаратуру на динамічну стійкість.

У спеціальній частині дипломного проєкту (спецзавдання) було виконано розрахунок компенсації реактивної потужності і обрано конденсаторні установки, що дозволяють знизити втрати електроенергії до мінімуму та підвищити ефективність електроустановок.

Також були розглянуті можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП 2023 | | | |
|-----------|------|-------------------------|--------|------|----------|--|------|---------|
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | Висновки | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевірив | | <i>Ізволеньський І.</i> | | | | | 76 | 77 |
| Н. Контр. | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ – 4 - 3 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М.</i> | | | | | | |

Список використаної літератури

1. О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств. - К.: ІСДО, 1993. - 592 с.
2. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. - Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.
3. Р.О. Буйний. Використання інформації від АСКОЕ та нейронних мереж для розрахунку недовідпуску електричної енергії споживачам / Р.О. Буйний, В.В. Зорін, В.В. Козирський // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2009. – № 2. – С. 82 – 86 .
4. Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков Электрическая часть электростанций и подстанций, 1989 – 608 с.
5. Благой В. С. Струми коротких замикань: Навч. посібник. - К.: ІДСО, 1994.- 236 с.
6. Находов В.Ф. Контроль та аналіз виконання встановлених «стандартів» в системах статистичного контролю ефективності використання електричної енергії / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2011. – № 2. – С. 16 – 23.
7. Інформаційно-аналітичні засоби моніторингу енергоефективності об'єктів нафтодобувної галузі / А.В. Чернявський, Д.В. Якобюк // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – № 2. – С. 111 – 115.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|------------------------|--------|------|---------------------------------------|--|------|---------|
| | | | | | ДП 2023 | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Список використаної літератури | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Розробив | | <i>Ходаковська А.</i> | | | | | 77 | 77 |
| Перевірив | | <i>Ізволенський І.</i> | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ – 4 - 3 | | |
| Затвердив | | <i>Балюта С.М</i> | | | | | | |