

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Сергій БАЛЮТА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

«__» _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Електротехніка та інформаційні технології»

на тему: «Проектування системи електроспоживання цеху розливу пива
Мукачівського пивоварного заводу. Диспетчеризація поточного стану
СЕП підприємства

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

Плебух Данііл Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Шестеренко Володимир Євгенович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

Аліна СІРИК

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма Електротехніка та інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Сергій БАЛЮТА/

« 05 » квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Плебух Данііл Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування системи електроспоживання цеху розливу пива Мукачівського пивоварного заводу. Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства

керівник роботи Шестеренко Володимир Євгенович, к.т.н., професор
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 05 » 04. 2024 р. № 256-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 25 травня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи План цеху розливу пива з розміщенням силового електрообладнання; характеристика споживачів електричної енергії; відомості про джерела живлення; умови проектування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ; загальна характеристика технологічного процесу підприємства; вибір роду струму і величини напруги для живлення устанавлюваного устаткування для цеху розливу пива; розрахунок електричних навантажень; розробка варіантів схем цехового електропостачання; світлотехнічний розрахунок електричного освітлення; розрахунок потужності та вибір компенсуючих пристроїв; вибір кількості та потужності трансформаторів ЦТП; розрахунок струмів к.з.; розрахунок ЦЕН підприємства для вибору місця розташування ГПП; вибір і перевірка високовольтного електрообладнання і струмоведучих частин; аналіз якості напруги та розрахунок відхилення напруги для характерних електроприймачів; релейний захист та автоматика; облік та вимірювання електричної енергії в цеху розливу пива. Охорона праці. Індивідуальне завдання. Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства; Висновок. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

1. План цеху розливу пива із встановленим обладнанням.

2. План електроосвітлення цеху розливу пива.

3. Однолінійна схема електропостачання цеху розливу пива.

4. Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	Сірик А.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 05 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	Вступ	06.04.2024 р	
2	Загальна характеристика проектуємого об'єкту	08.04.2024 р	
3	Розрахунок електричних навантажень	10.04.2024 р	
4	Розробка варіантів схем цехового електропостачання	12.04.2024 р	
5	Світлотехнічний розрахунок електричного освітлення	16.04.2024 р	
6	Вибір схеми ЦТП, типу, кількості й потужності трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності	18.04.2024 р	
7	Розрахунок освітлювального навантаження цеху	24.04.2024 р	
8	Розрахунок параметрів варіантів схем електропостачання цеху	27.04.2024 р	
9	Розрахунок ЦЕН підприємства для вибору місця розташування ГПП	01.05.2024 р	
10	Баланс реактивної потужності	04.05.2024 р	
11	Розробка варіантів схем каналізації електроенергії	06.05.2024 р	
12	Розрахунок струмів короткого замикання	10.05.2024 р	
13	Вибір електроустаткування та перевірка його на вимикаючу здатність	12.05.2024 р	
14	Аналіз якості напруги та розрахунок відхилення напруги для характерних електроприймачів	14.05.2024 р	
15	Релейний захист та автоматика (РЗА)	15.05.2024 р	
16	Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання на підприємстві	16.05.2024 р	
17	Охорона праці	17.05.2024 р	
18	Спецпитання. Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства	20.05.2024 р	
19	Висновок	21.05.2024 р	
20	Список література	22.05.2024 р	
21	Оформлення пояснювальної записки проекту	23.05.2024 р	
22	Оформлення графічної частини проекту	24.05.2024 р	
23	Здача проекту на перевірку	25.05.2024 р	

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Плебух Д.Д.

(прізвище та ініціали)

Шестеренко В.Є.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Плебух Данііл Дмитрович. Дипломний проєкт на тему:
«Проектування системи електроспоживання цеху розливу пива
Мукачівського пивоварного заводу»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ – 2024
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 14 розділів, висновку та списку використаної літератури. Обсяг проєкту становить 142 сторінки.

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень: план цеху розливу пива із встановленим обладнанням, план електросвітлення цеху розливу пива, однолінійна схема електропостачання цеху розливу пива та лист спецзавдання «Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства».

Розрахунки й аналіз виконані за допомогою методик, що викладені у навчальній, довідниковій, нормативній і науково-технічній літературі.

У даному дипломному проєкті виконаний розрахунок системи електроспоживання цеху розливу пива Мукачівського пивоварного заводу, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанту схеми електропостачання цехової мережі, її параметрів та елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення й безперебійну роботу цеху розливу.

У ході виконання дипломного проєкту виконаний розрахунок силового навантаження цеху методом упорядкованих діаграм. Для розподілу електроенергії в цеху використані розподільні пункти, які забезпечують досить високу надійність мережі. Розрахункове навантаження освітлювальних мереж визначене методом коефіцієнта використання. По розрахунковому силовому навантаженню цеху вибрані цехові трансформатори й елементи схеми розподілу електричної енергії. Виконаний розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ для перевірки захисної й комутаційної апаратури цеху, а також для перевірки інших елементів схеми. Розглянуто індивідуальне завдання «Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства».

У цілому виконання даного дипломного проєкту дозволило розвинути навички самостійного рішення інженерних завдань і практичного застосування теоретичних знань. Були закріплені навички роботи з довідниковим матеріалом.

В економічній частині проєкту виконаний техніко-економічний розрахунок варіанту схеми електропостачання цехової мережі.

У розділі охорона виконаний розрахунок заземлення ТП 10/0,4 кВ, розрахунок блискавкозахисту, описано конструктивне виконання мережі цеху розливу пива, а також описані протипожежні заходи на підприємстві.

Ключові слова: електричне навантаження, трансформаторна підстанція, електричне робоче та аварійне освітлення, вакуумний вимикач, розподільний пункт, блискавковідвід, автоматизація та диспетчеризація.

Abstract

DANIIL PLEBUKH. Diploma project on the topic:

"Designing the electricity consumption system of the beer bottling shop of the Mukachiv Brewery"

National University of Food Technologies, Kyiv - 2024

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 13 chapters, a conclusion and a list of references. The volume of the project is 142 pages.

The graphic part consisting of four drawings is included in the description: a plan of the beer bottling plant with installed equipment, a plan of electric lighting of the beer bottling plant, a single-line diagram of the power supply of the beer bottling plant and a special assignment sheet "Dispatching of the current state of the enterprise's SEP".

Calculations and analysis are performed using the methods described in educational, reference, normative and scientific and technical literature.

In this diploma project, the calculation of the electricity consumption system of the beer bottling shop of the Mukachiv Brewery is performed, the purpose of which is to choose the most optimal version of the power supply scheme of the shop network, its parameters and elements, which allow to ensure the necessary reliability of power supply and uninterrupted operation of the bottling shop.

During the implementation of the diploma project, the calculation of the power load of the workshop was carried out by the method of ordered diagrams. Distribution points are used for the distribution of electricity in the shop, which ensure fairly high reliability of the network. The calculated load of lighting networks is determined by the utilization factor method. Based on the estimated power load of the shop, shop transformers and elements of the electrical energy distribution scheme were selected. The calculation of short-circuit currents in the 0.4 kV network was performed to check the protective and switching equipment of the shop, as well as to check other elements of the scheme. The individual task "Dispatching of the current state of the company's SEP" was considered.

In general, the implementation of this diploma project made it possible to develop the skills of independent solution of engineering tasks and practical application of theoretical knowledge. The skills of working with reference material were fixed.

In the economic part of the project, a technical and economic calculation of the version of the power supply scheme of the workshop network was performed.

In the protection section, the 10/0.4 kV TP grounding calculation, the lightning protection calculation, the construction of the network of the beer bottling plant is described, and fire prevention measures at the enterprise are also described.

Key words: electric load, transformer substation, electric working and emergency lighting, vacuum switch, distribution point, lightning rod, automation and dispatching.

Зміст

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТУЄМОГО ОБ'ЄКТУ	8
1.1. Коротка характеристика технологічного процесу підприємства.....	8
1.2. Вибір роду струму та величини напруги для живлення електроспоживачів цеху.....	12
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАВОДУ	13
2.1. Розрахунок електричних навантажень на першому рівні системи електропостачання.....	13
2.2. Визначення центру електричних навантажень.....	15
2.3. Розрахунок електричних навантажень на другому рівні системи електропостачання.....	20
2.3.1. Розробка варіантів схем цехового електропостачання.....	20
2.3.2. Розрахунок другого рівня електропостачання.....	22
2.4. Світлотехнічний розрахунок електричного освітлення.....	31
2.5. Розрахунок силових електричних навантажень методом коефіцієнта попиту.....	38
2.6. Вибір схеми ЦТП, типу, кількості й потужності трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності.....	39
2.6.1. Розрахунок третього рівня електропостачання.....	39
2.6.2. Розрахунок кількості та потужності цехових трансформаторів.....	40
3. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЦЕХУ	44
3.1. Розрахунок електричного навантаження освітлювальної мережі.....	44
3.2. Розрахунок освітлювальної мережі робочого освітлення.....	45
3.3. Розрахунок освітлювальної мережі аварійного освітлення.....	50
4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВАРІАНТІВ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ	54
4.1. Вибір марок розподільних пунктів.....	54
4.2. Вибір перерізів кабельних ліній, параметрів комутаційно-захисних апаратів.....	55
4.3. Розрахунок втрат активної та реактивної потужності й напруги в цеховій розподільній мережі.....	60

					ДП 141 2024					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст					
Розроб.		Плебук Д.Д.						Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко							5	2
Реценз.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.										
Затверд.		Балюта С.М.								

ВСТУП

Надійне і економічне забезпечення промислових підприємств електричною енергією належної якості відповідно до графіка її споживання є важливим завданням. Системи електропостачання промислових підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією промислових електроприймачів, до яких відносяться електродвигуни різних машин і механізмів, електрозварювальні й освітлювальні установки та ін.

Інженерний проект - це модель майбутньої системи електропостачання, представлена в схемах, кресленнях, таблицях і описах, які створені в результаті логічного аналізу вихідних даних і на основі розрахунків і зіставлення варіантів. Система електропостачання, як у схемах, так і в конструктивних кресленнях повинна забезпечувати без істотної її реконструкції можливість росту електропостачання об'єктами підприємства. Схема електропостачання повинна будуватися так, щоб усі її елементи постійно перебували під навантаженням, а при аварії або плановому ремонті, ті що залишилися в роботі могли прийняти на себе навантаження, забезпечивши після необхідних перемикань функціонування основних виробництв підприємства.

В умовах діючих підприємств особливу турботу для енергетиків представляють завдання економії електричної енергії, особливо в частині нормування й регулювання електропостачання.

Завдання даного дипломного проекту – спроектувати систему електроспоживання цеху розливу пива Мукачівського пивоварного заводу.

Дана система електроспоживання повинна відповідати найсучаснішим вимогам до систем, таким як надійність, економічність, безпеку для людини й навколишнього середовища.

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Лім.	Арк.	Аркушіє
Розроб.		Плебух Д.Д.					7	1
Перевір.		Шестеренко						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТУЄМОГО ОБ'ЄКТУ

1.1. Коротка характеристика технологічного процесу підприємства

Пивоваріння – одне із древніх виробництв, заснованих на спиртовому бродінні. Основною сировиною для виробництва пива служить ячмінь, з якого спочатку готують солод. Для цієї мети ячмінь замочують у воді й по досягненні певної вологості пророщують протягом 7-9 діб. Пророщений ячмінь, називається свіжопророслим солодом, який висушують на спеціальних сушарках, а потім звільняють від паростків.

Пиво – ігристий, освіжаючий, слабоалкогольний напій із характерним хмелевим ароматом і приємним смаком. За органолептичними і фізико-хімічними показниками пиво повинно відповідати вимогам ДСТУ 3888-99.

Діоксид вуглецю – добре вгамовує спрагу, гіркі речовини хмелю стимулюють травлення їжі; вуглеводи, білки, вітаміни, органічні кислоти обумовлюють харчову цінність цього напою. Так, калорійність 1 дм³ світлого пива дорівнює 1700-2200 кДж, темного – 3400 кДж. Екстрактивні речовини готового пива складають від 3 до 5 %, серед яких переважають вуглеводи 80-85 %, білкові речовини 6-9 %, мінеральні речовини 3-4 %, гіркі речовини 2-3 %, до 1 % органічних кислот, незначна кількість вітамінів, вміст CO₂ – 0,40-0,45 % мас., невелика кількість вищих спиртів, альдегідів, естерів, вміст алкоголю – від 0,5 до 6,0 % об. Пиво виробляють трьох типів: світле, напівтемне, темне. За способом оброблення пиво поділяють на фільтроване і нефільтроване, фільтроване пиво - на пастеризоване і непастеризоване, нефільтроване – на освітлене і неосвітлене.

Принципова технологічна схема виробництва пива наведена на мал. 1.1. Сировиною, основними і допоміжними матеріалами для виробництва пива є: солод: світлий, темний, карамельний, палений, пшеничний та ін.; несолоджені матеріали: ячмінне борошно, рисова січка, знежирене кукурудзяне борошно, патока та ін.; підготовлена технологічна вода; дріжджі низового і верхового бродіння; хміль і хмилепродукти.

Готове пиво після доброджування і дозрівання для підвищення його стійкості при зберіганні, направляють на фільтрування на діатомітових фільтрах. Сучасні діатомітові фільтри за конструкцією поділяються на три групи: вертикальні ситові, горизонтальні рамні з несучими пластинами, горизонтальні або вертикальні, що самоочищаються. Фільтрувальна діатомітова установка складається з фільтра, дозатора-змішувача й насоса для подачі суміші пива з

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебух Д.Д.			1. Загальна характеристика проектуємого об'єкту	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко					8	5
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого єр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

діатомітовим порошком. Найширше застосовують горизонтальні рамні фільтри, які являють собою фільтрпрес, що складається із сталєних рам з вкладними пластинами, на які намивають шар діатоміту під тиском 0,16-0,20 МПа шляхом прокачування суміші 79 води і діатоміту, внаслідок чого на пластинах утворюється фільтрувальний шар, через який потім фільтрують пиво. Відфільтроване пиво перед розливом зберігають у форфасах при температурі 0-2° С для відпочинку протягом 2-8-ми год. при тиску 0,25-0,30 МПа. Щоб обмежити окислення пива, протитиск у них створюють діоксидом вуглецю і ним же видавлюють на розлив. Тара для розливу пива та її підготовка до розливу. Пиво розливають у різну тару: скляні пляшки, жерстяні банки, ПЕТ-пляшки, кеги, ізобаричні цистерни. Пивні пляшки повинні відповідати високим вимогам, повторно можна використовувати пляшку до 20 раз. Вони повинні бути з однорідного скла, без розколин, повітряних бульбашок, повинні витримувати тиск 0,8 МПа, мати коричневий або зелений колір, який обмежує проходження світлових променів зі шкідливою довжиною хвиль. Пляшки перед використанням потрібно добре вимити. Для цього використовують комбіновані відмочувально-шприцювальні машини. Термін перебування пляшки в машині 15 - 30 хв. Продуктивність машини становить 6, 12, 24 і більше тис. пляшок на годину та залежить від довжини касет (ширини машини), тобто від кількості пляшок ряду і кількості касет. Робочі операції під час роботи машини: автоматичне завантаження пляшок у касети мийної машини з накопичувального столу; попереднє шприцювання пляшок водою з температурою 35-45° С; відмочування пляшок у лужному розчині при температурі 55-60° С; відмочування етикеток з пляшок лужним розчином з температурою 60° С і вивід їх до спеціального збірника; відмочування пляшок у спеціальній лужній ванні при температурі 70-75° С; зовнішнє та внутрішнє миття лужним розчином за температури 80-85° С; миття пляшок від лужних залишків, зовнішнє ополіскування і внутрішнє шприцювання водою з температурою 50°С; теж саме за температури 50-35° С; теж саме за температури 15-10° С; внутрішнє шприцювання біологічно чистою водою; автоматичне вивантаження на стрічковий транспортер. Мийні засоби повинні володіти хорошими змочувальними, емульсійними і розчинними властивостями. Найчастіше використовують 1-2 % розчин їдкої натру, препарат "Санпор", який являє собою однорідний білий порошок із слабким запахом хлору. Робочий розчин готують з 0,5 % розчину каустичної соди і 0,5 % розчину "Санпор". Розлив пива і напоїв в пластикові пляшки. ПЕТ-пляшки виготовляють з поліетилентерефталата (полієфір, конденсований при плавленні з етиленгліколя і терефталевої кислоти) багаторазові та одноразові. Велике значення для властивостей матеріалу має орієнтація молекул в процесі виготовлення пластикових 80 пляшок. Пляшки з аморфно застиглої ПЕТ не можна мити при температурі вище 59° С, тому що при більш високій температурі вона починає

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

деформуватися. Виготовляють ПЕТ пляшки з преформ на видувних машинах безперервної дії продуктивністю до 28800 пл./год. Преформа для виготовлення пляшки надходить в Україну з Бельгії, Німеччини та інших країн. На спеціальному автоматі поступово розігрівається до 106° С (проходить нагрівання в дев'яти зонах), потім охолоджується очищеним стерильним повітрям (для його очищення використовується синтапоновий бактеріальний фільтр для повітря, який міняють 1 раз в 3-4 дні. Розлив пива в банки 250 і 500 см³. Для їх виготовлення використовується сталевий або алюмінієвий лист, а для кришок завжди алюмінієвий. Розлив у кеги. 30 і 50-літрові кеги – це циліндричні металеві ємності з герметично закритою внутрішньою частиною, які миються і заповнюються через фітінги. Фітінг з'єднують з трубою подачі рідини, яка дістає до дна кега. Кег постійно знаходиться під тиском і тому втрата тиску свідчить про його негерметичність. Кеги виготовляють з алюмінію і нержавіючої сталі.

Пивоварний цех заводу по надійності електропостачання відноситься до другої категорії, так як перерва в електропостачанні яких може привести до масового недовипуску продукції, простою робочих місць і механізмів. Рекомендується забезпечення електропостачанням від двох джерел електропостачання, для них можлива перерва на час, необхідний для включення резервного електропостачання діями чергового персоналу, або оперативною бригадою.

					ДП 141 2024	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

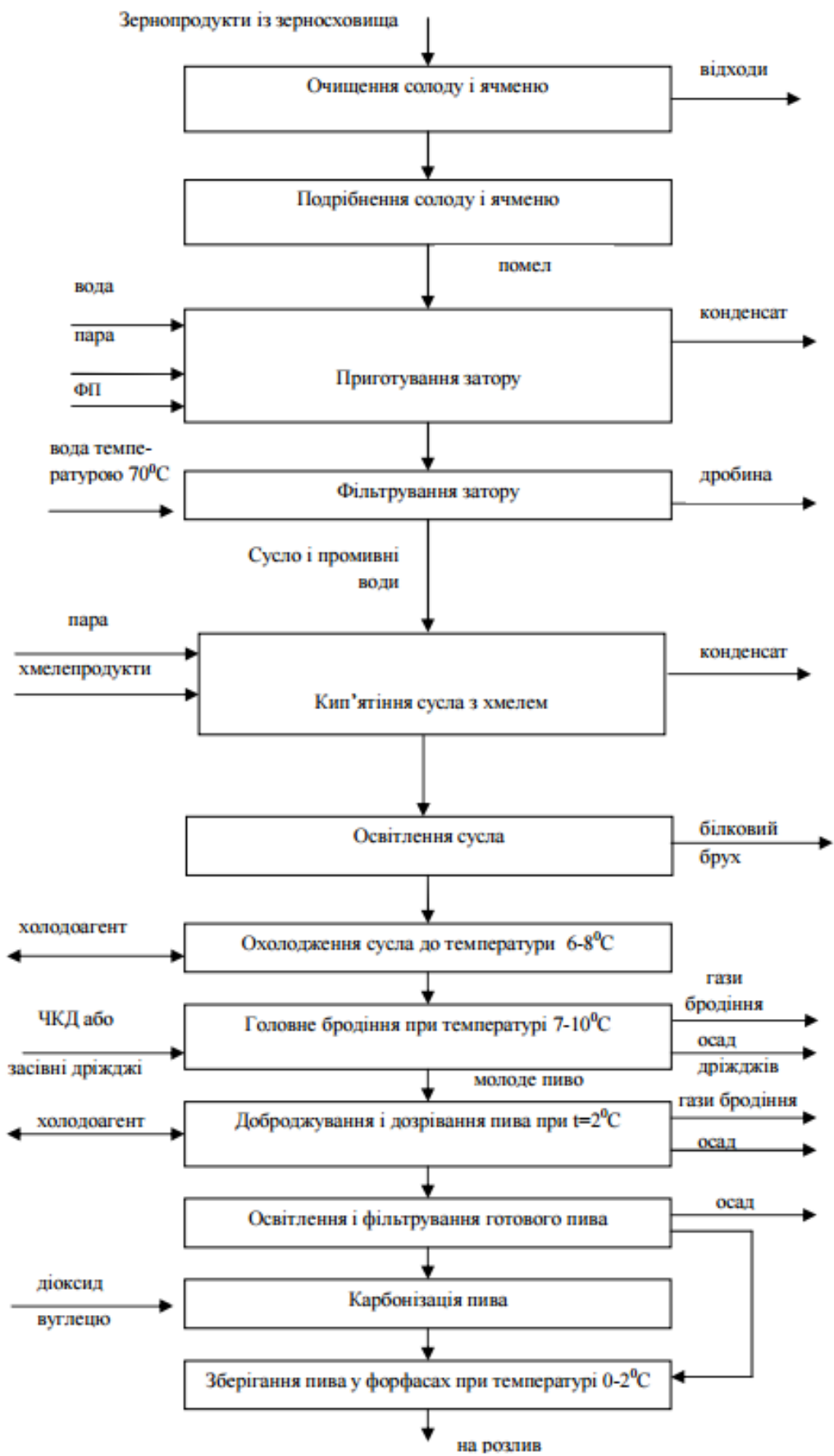


Рис. 1.1 – Принципова технологічна схема виробництва пива

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

1.2. Вибір роду струму та величини напруги для живлення електроспоживачів цеху

Цехові електричні кола напругою до 1000 В виконуються на стандарті напруги: 127; 220; 380 та 660В.

Розглянемо напругу на 660В, вона має такі переваги над іншими:

- менші електричні врати;
- двигуни на цю напругу мають кращі техніко-економічні характеристики ніж двигун на 380В.

Але так, як і все вона має свої недоліки:

- для живлення освітлювальних мереж цеху, потрібно додатково встановлювати трансформатор на 0,66 10,22 кВ.
- для вимірювальних апаратів теж потрібно встановлювати додаткові трансформатори.

Використання напруг 127 та 220В. для живлення електродвигунів економічно не вигідно, неоправдано в зв'язку з великими втратами електроенергії, і велике використання кольорового металу.

Саме широке застосування для живлення електродвигунів в системах електропостачання промислових підприємств дістала мережа з лінійною напругою 380В, тому що фазна напруга в такій системі буде рівна 220В, що необхідна для живлення освітлювальних ліній.

Така система дає можливість спільного живлення освітлюваних і силових кіл; відносно низька напруга між «землею» і провідником, яка становить 220В.

З цього можна зробити висновок, що для живлення цеху підприємства найдоцільніше використовувати систему напруги 380-220В, крім цього, двигуни цеху виготовлені на напругу 380В.

					ДП 141 2024	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАВОДУ

2.1. Розрахунок електричних навантажень на першому рівні системи електропостачання

Розрахунок електричного навантаження на першому рівні проводиться для кожного електроприймача.

1) За вихідними даними визначаємо номінальну активну потужність приймача електроенергії.

Для установок працюючих у повторно-короткочасному режимі:

$$P_{\text{НОМ}} = P_{\text{ПАСП}} \cdot \sqrt{ПВ}$$

Для установок працюючих у тривалому режимі:

$$P_{\text{НОМ}} = P_{\text{пасп}}, \text{ тому що } ТВ = 100\%$$

2) Розраховуємо активне і реактивне навантаження, створюване одним приймачем:

$$P_{\text{МИ}} = K_3 \cdot P_{\text{НОМ}}, Q_{\text{МИ}} = P_{\text{МИ}} \cdot \text{tg}(\varphi),$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження по активній потужності електроприймача.

Повна потужність визначається з виразу:

$$S_{\text{М}} = \sqrt{P_{\text{МИ}}^2 + Q_{\text{МИ}}^2}.$$

Розрахунок номінальної потужності, активної й реактивної потужностей першого рівня та повної потужності ЕП №1:

$$P_{\text{НОМ1}} = 3,3 \cdot \sqrt{1} = 3,3 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{МИ}} = 0,9 \cdot 3,3 = 2,97 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{МИ}} = 2,97 \cdot \text{tg}(\arccos(0,8)) = 2,23 \text{ кВАр},$$

$$S_{\text{МИ}} = \sqrt{2,97^2 + 2,23^2} = 3,71 \text{ кВА}.$$

Для інших електроприймачів розрахунки виконуємо аналогічні. Дані розрахунків заносимо до табл. 2.1.

					ДП 141 2024		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
Розроб.		Плебух Д.Д.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко			13		32
Реценз.					3. Розрахунок освітлювального навантаження цеху ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

Таблиця 2.1. Розрахунок електричних навантажень на першому рівні

№	Найменування електроприймача	$R_{ном}$, кВт	$Kз$	tg	P_m , кВт	Q_m , кВАр	S_m , кВА
Цех розливу пива							
1	Привод етикетовідбірника	3,3	0,9	0,75	2,97	2,23	3,71
2	Укладання і викладення	3,3	0,9	0,75	2,97	2,23	3,71
3	Клапан парний	0,54	0,9	0,75	0,49	0,36	0,61
4	Центральне змащення	2,25	0,9	0,75	2,03	1,52	2,53
5	Кожух приводу	1,65	0,9	0,75	1,49	1,11	1,86
6	Головний привод	15,5	0,9	0,75	13,95	10,46	17,44
7	Стрічка приводу	3,3	0,9	0,75	2,97	2,23	3,71
8	Привод імпометра	2,25	0,9	0,75	2,03	1,52	2,53
9	Насос змивання етикеток	22,5	0,9	0,75	20,25	15,19	25,31
10	Насос промивання	22,5	0,9	0,75	20,25	15,19	25,31
11	Насос змивання етикеток	9	0,9	0,75	8,10	6,08	10,13
12	Насос гарячої води	9	0,9	0,75	8,10	6,08	10,13
13	Насос холодної води	12	0,9	0,75	10,80	8,10	13,50
14	Насос холодної води	9	0,9	0,75	8,10	6,08	10,13
15	Дозатор луку	3	0,9	0,75	2,70	2,03	3,38
16	Розвантажник пляшок	24	0,9	0,75	21,60	16,20	27,00
17	Інспектор пляшок	3,3	0,9	0,75	2,97	2,23	3,71
18	Блок наповнювача	21	0,9	0,75	18,90	14,18	23,63
19	Салітація	9	0,9	0,75	8,10	6,08	10,13
20	Етикетувальна машина	13,5	0,9	0,75	12,15	9,11	15,19
21	Лічильник пляшок	0,6	0,9	0,75	0,54	0,41	0,68
22	Укладальник пляшок	24	0,9	0,75	21,60	16,20	27,00
23	Конвеєр пляшок	6,6	0,9	0,75	5,94	4,46	7,43
24	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
25	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
26	Конвеєр пляшок	6,6	0,9	0,75	5,94	4,46	7,43
27	Конвеєр пляшок	6,6	0,9	0,75	5,94	4,46	7,43
28	Конвеєр пляшок	3,3	0,9	0,75	2,97	2,23	3,71
29	Конвеєр пляшок	2,19	0,9	0,75	1,97	1,48	2,46
30	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
31	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
32	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
33	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
34	Конвеєр пляшок	5,4	0,9	0,75	4,86	3,65	6,08
35	Конвеєр пляшок	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
36	Конвеєр пляшок	6,6	0,9	0,75	5,94	4,46	7,43
37	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
38	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
39	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
40	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

14

41	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
42	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
43	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
44	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
45	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
46	Конвеєр ящиків	4,5	0,9	0,75	4,05	3,04	5,06
47	Содам і кс	42	0,9	0,75	37,80	28,35	47,25
48	Мийна машина	36	0,9	0,75	32,40	24,30	40,50
Фільтраційна							
49	Насос перекачування пива	33	0,9	0,88	29,70	26,14	39,56
50	Насос перекачування пива	33	0,9	0,88	29,70	26,14	39,56
51	Насос бочкового сусла	12	0,9	0,88	10,80	9,50	14,39
52	Насос бочкового сусла	12	0,9	0,88	10,80	9,50	14,39
53	Фільтр	22,5	0,9	1,52	20,25	30,78	36,84
54	Фільтр	9	0,9	1,52	8,10	12,31	14,74
55	Фільтр	4,5	0,9	1,52	4,05	6,16	7,37
56	Збірник сусла	9	0,9	0,88	8,10	7,13	10,79
57	Збірник сусла	9	0,9	0,88	8,10	7,13	10,79
58	Фільтр-прес	21	0,9	0,88	18,90	16,63	25,18
59	Фільтр-прес	21	0,9	0,88	18,90	16,63	25,18
60	Насос для сусла	15	0,9	0,88	13,50	11,88	17,98
61	Насос для сусла	15	0,9	0,88	13,50	11,88	17,98
62	Насос для пива	22,5	0,9	0,88	20,25	17,82	26,97
63	Насос для пива	22,5	0,9	0,88	20,25	17,82	26,97
64	Змішувач	9	0,9	0,88	8,10	7,13	10,79

2.2. Визначення центру електричних навантажень

Оптимальним місцем для розташування ТП буде центр електричних навантажень підприємства або групи цехів. Місце розташування центру електричних навантажень визначається окремо по активній і реактивній складовим потужності:

$$X_P = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i}, \quad X_Q = \frac{\sum Q_i \cdot X_i}{\sum Q_i},$$

$$Y_P = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i}, \quad Y_Q = \frac{\sum Q_i \cdot Y_i}{\sum Q_i},$$

де P_i, Q_i - потужності i -го електроприймача;

X_i, Y_i - координати центру електричного навантаження i -го електроприймача.

Електроприймачі на рис. 2.1. розташуємо в системі координат x, y і визначимо координати кожного електроприймача.

Масштаб: в 1мм – 0,353м.

Таблиця 2.2. Координати центрів устаткування

					ДП 141 2024		Арк.
							15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

№	Найменування електроприймача	Pm, кВт	Qm, кВАр	X, мм	Y, мм
1	Привод етикетовідбірника	2,97	2,23	88,00	190,00
2	Укладання й викладення	2,97	2,23	108,00	179,00
3	Клапан парний	0,49	0,36	112,00	189,00
4	Центральне змащення	2,03	1,52	114,00	189,00
5	Кожух приводу	1,49	1,11	90,00	191,00
6	Головний привод	13,95	10,46	103,00	190,00
7	Стрічка приводу	2,97	2,23	104,00	179,00
8	Привод імпометра	2,03	1,52	88,00	179,00
9	Насос змивання етикеток	20,25	15,19	111,00	179,00
10	Насос промивання	20,25	15,19	86,00	174,00
11	Насос змивання етикеток	8,10	6,08	90,00	177,00
12	Насос гарячої води	8,10	6,08	92,00	179,00
13	Насос холодної води	10,80	8,10	95,00	179,00
14	Насос холодної води	8,10	6,08	102,00	179,00
15	Дозатор лугу	2,70	2,03	108,00	194,00
16	Розвантажник пляшок	21,60	16,20	45,00	196,00
17	Інспектор пляшок	2,97	2,23	75,00	195,00
18	Блок наповнювача	18,90	14,18	58,00	195,00
19	Салітація	8,10	6,08	49,00	194,00
20	Етикетувальна машина	12,15	9,11	25,00	111,00
21	Лічильник пляшок	0,54	0,41	23,00	55,00
22	Укладальник пляшок	21,60	16,20	22,00	105,00
23	Конвеєр пляшок	5,94	4,46	117,00	164,00
24	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	113,00	132,00
25	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	116,00	97,00
26	Конвеєр пляшок	5,94	4,46	113,00	198,00
27	Конвеєр пляшок	5,94	4,46	113,00	56,00
28	Конвеєр пляшок	2,97	2,23	25,00	196,00
29	Конвеєр пляшок	1,97	1,48	36,00	197,00
30	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	85,00	200,00
31	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	68,00	197,00
32	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	20,00	59,00
33	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	24,00	95,00
34	Конвеєр пляшок	4,86	3,65	22,00	133,00
35	Конвеєр пляшок	4,05	3,04	28,00	144,00
36	Конвеєр пляшок	5,94	4,46	30,00	168,00
37	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	107,00	37,00
38	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	107,00	33,00
39	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	107,00	24,00
40	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	29,00	70,00
41	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	62,00	125,00
42	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	107,00	97,00

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

16

43	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	31,00	105,00
44	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	29,00	37,00
45	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	29,00	33,00
46	Конвеєр ящиків	4,05	3,04	29,00	24,00
47	Содам й кс	37,80	28,35	64,00	126,00
48	Мийна машина	32,40	24,30	60,00	177,00
49	Насос перекачування пива	29,70	26,14	142,00	95,00
50	Насос перекачування пива	29,70	26,14	142,00	93,00
51	Насос бочкового сусла	10,80	9,50	126,00	67,00
52	Насос бочкового сусла	10,80	9,50	126,00	63,00
53	Фільтр	20,25	30,78	129,00	90,00
54	Фільтр	8,10	12,31	129,00	83,00
55	Фільтр	4,05	6,16	129,00	72,00
56	Збірник сусла	8,10	7,13	131,00	69,00
57	Збірник сусла	8,10	7,13	127,00	69,00
58	Фільтр-прес	18,90	16,63	141,00	76,00
59	Фільтр-прес	18,90	16,63	141,00	66,00
60	Насос для сусла	13,50	11,88	143,00	88,00
61	Насос для сусла	13,50	11,88	143,00	85,00
62	Насос для пива	20,25	17,82	125,00	60,00
63	Насос для пива	20,25	17,82	125,00	57,00
64	Змішувач	8,10	7,13	129,00	98,00

Визначимо центр електричних навантажень цехів № 16, 17, мм:

$$ЦЕН_p = (98,2; 139,7)$$

$$ЦЕН_q = (86,3; 114,0)$$

Знайдемо ЦЕН групи цехів:

Таблиця 2.3. Електричні навантаження цехів заводу

№	Найменування цехів	P, кВт	cos φ	Кв	Кп	Pм, кВт	Qм, кВАр	Sm, кВА
1	Деревообробний цех	600	0,7	0,25	0,5	300	306,06	428,57
2	Малярський цех	420	0,6	0,4	0,5	210	280,00	350,00
3	Цех випробувань холодильників	350	0,7	0,3	0,5	175	178,54	250,00
4	Цех заготовки пакетів	100	0,7	0,3	0,5	50	51,01	71,43
5	Центральний склад	30	0,8	0,4	0,5	15	11,25	18,75
6	Транспортний цех	120	0,7	0,3	0,5	60	61,21	85,71
7	Склад	30	0,8	0,4	0,5	15	11,25	18,75
8	Склад металів	40	0,8	0,4	0,5	20	15,00	25,00
9	Заводууправління	50	0,9	0,8	0,9	45	21,79	50,00
10	Їдальня	180	0,9	0,5	0,6	108	52,31	120,00
11	Цех різання скла	60	0,7	0,3	0,5	30	30,61	42,86
12	Котельня	310	0,8	0,5	0,6	186	139,50	232,50

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

17

13	Електроцех	300	0,8	0,4	0,5	150	112,50	187,50
14	Компресорна	1180,1	0,8	0,6	0,7	826,07	619,55	1032,59
15	Механічний цех	111,3	0,7	0,3	0,8	89,04	90,84	127,20
16	Цех розливу	406,28	0,8	0,4	0,9	365,652	274,24	457,07
17	Фільтраційна	270	0,8	0,5	0,9	243	182,25	303,75

Визначимо координати центрів електричних навантажень обраної групи цехів.

Таблиця 2.4. Координати центрів цехів заводу

№	Найменування цехів	Pm, кВт	Qm, кВАр	X, мм	Y, мм
1	Деревообробний цех	300	306,06	66	50
2	Малярський цех	210	280,00	76	48
3	Цех випробувань холодильників	175	178,54	87	50
4	Цех заготовки пакетів	50	51,01	96	50
5	Центральний склад	15	11,25	92	74
6	Транспортний цех	60	61,21	50	71
7	Склад	15	11,25	5	52
8	Склад металів	20	15,00	5	77
9	Заводууправління	45	21,79	157	11
10	Їдальня	108	52,31	157	21
11	Цех різання скла	30	30,61	134	71
12	Котельня	186	139,50	156	75
13	Електроцех	150	112,50	22	74
14	Компресорна	826,07	619,55	99	16
15	Механічний цех	89,04	90,84	101	9
16	Цех розливу	365,652	274,24	49	9
17	Фільтраційна	243	182,25	51	10

Розділимо цехи заводу на 4 групи:

1 – цехи 1, 2, 6, 7, 8, 13

2 – цехи 15, 16, 17

3 – цехи 14

4 – цехи 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12

Визначимо центри цехів:

1 – $ЦЕН_p = (55,9; 56,6)$; $ЦЕН_q = (60,0; 54,9)$.

2 – $ЦЕН_p = (56,3; 9,3)$; $ЦЕН_q = (58,3; 9,3)$.

3 – $ЦЕН_p = (99; 16)$; $ЦЕН_q = (99; 16)$.

4 – $ЦЕН_p = (128,8; 51,2)$; $ЦЕН_q = (121,6; 54,2)$.

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

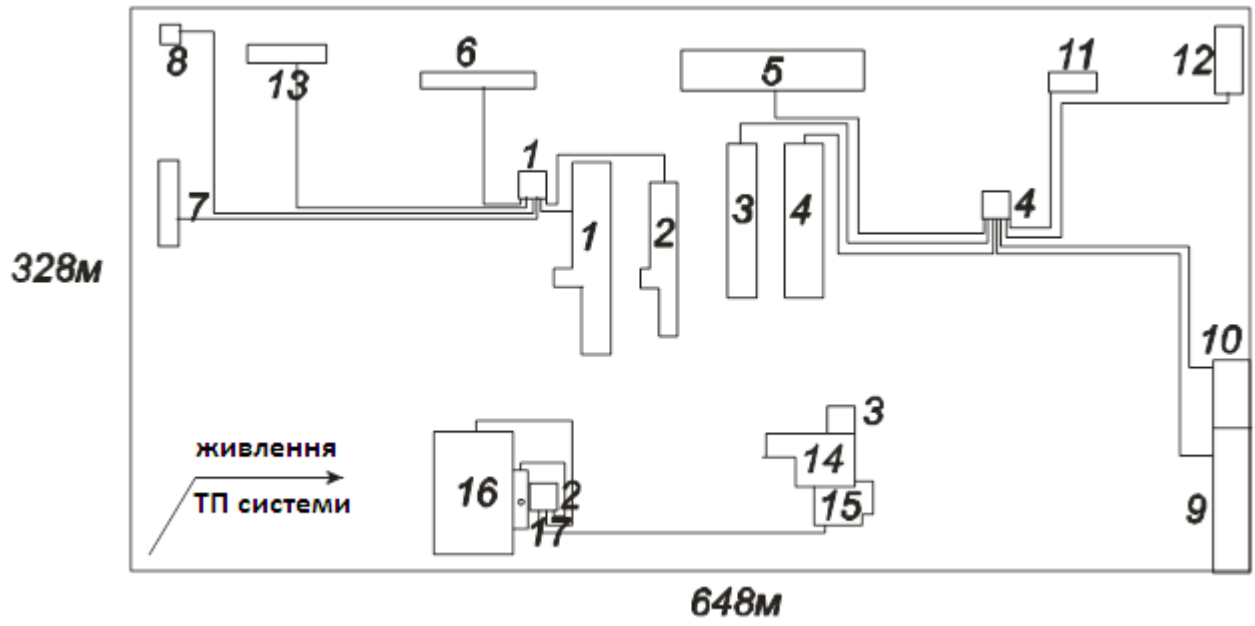


Рис. 2.1. Схема приєднання групи цехів

2.3. Розрахунок електричних навантажень на другому рівні системи електропостачання

2.3.1. Розробка варіантів схем цехового електропостачання

На рис. 2.2. представлений перший варіант схеми цехового електропостачання.

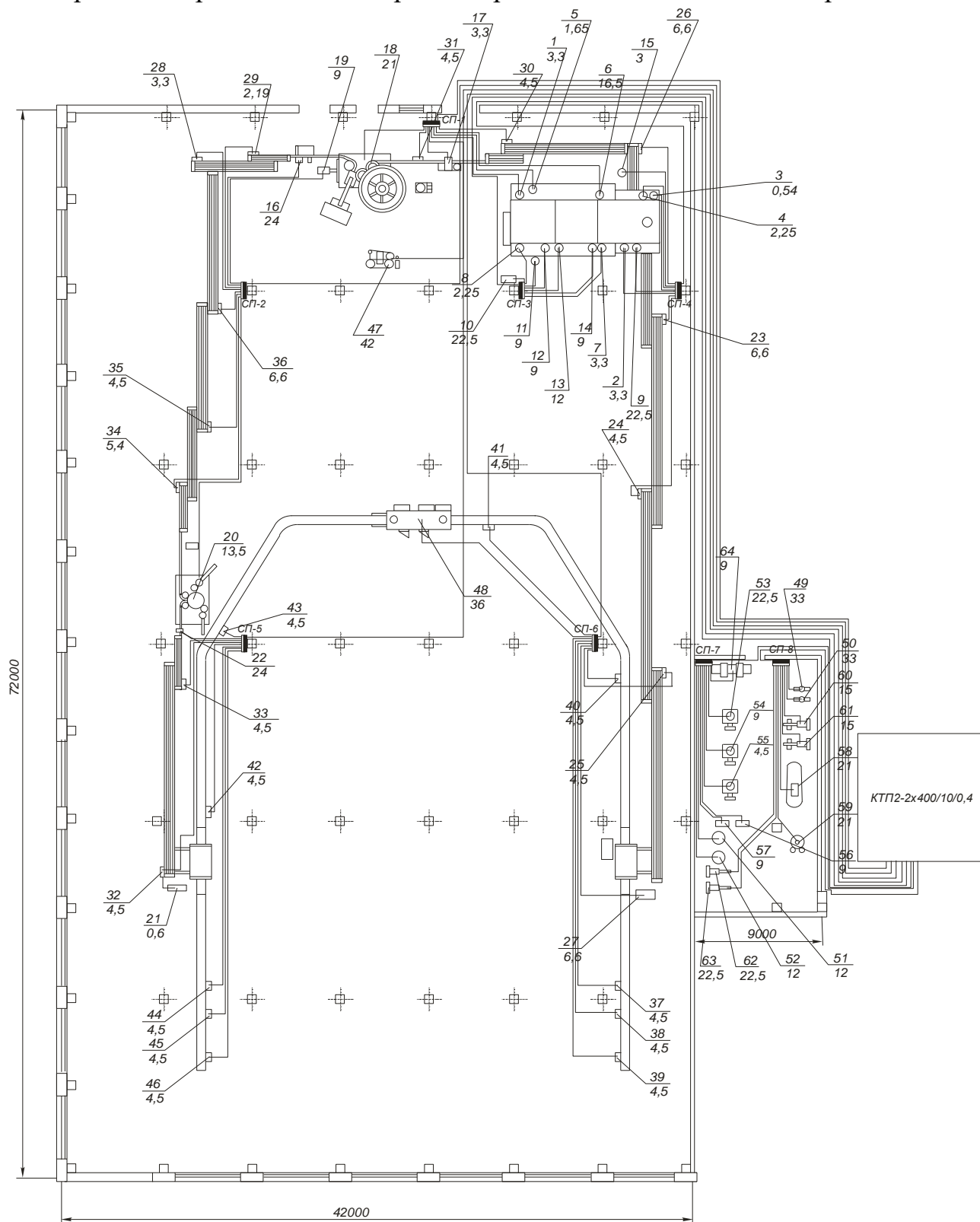


Рис. 2.2. Перший варіант схеми електропостачання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

20

На рис. 2.3. представлений другий варіант схеми цехового електропостачання.

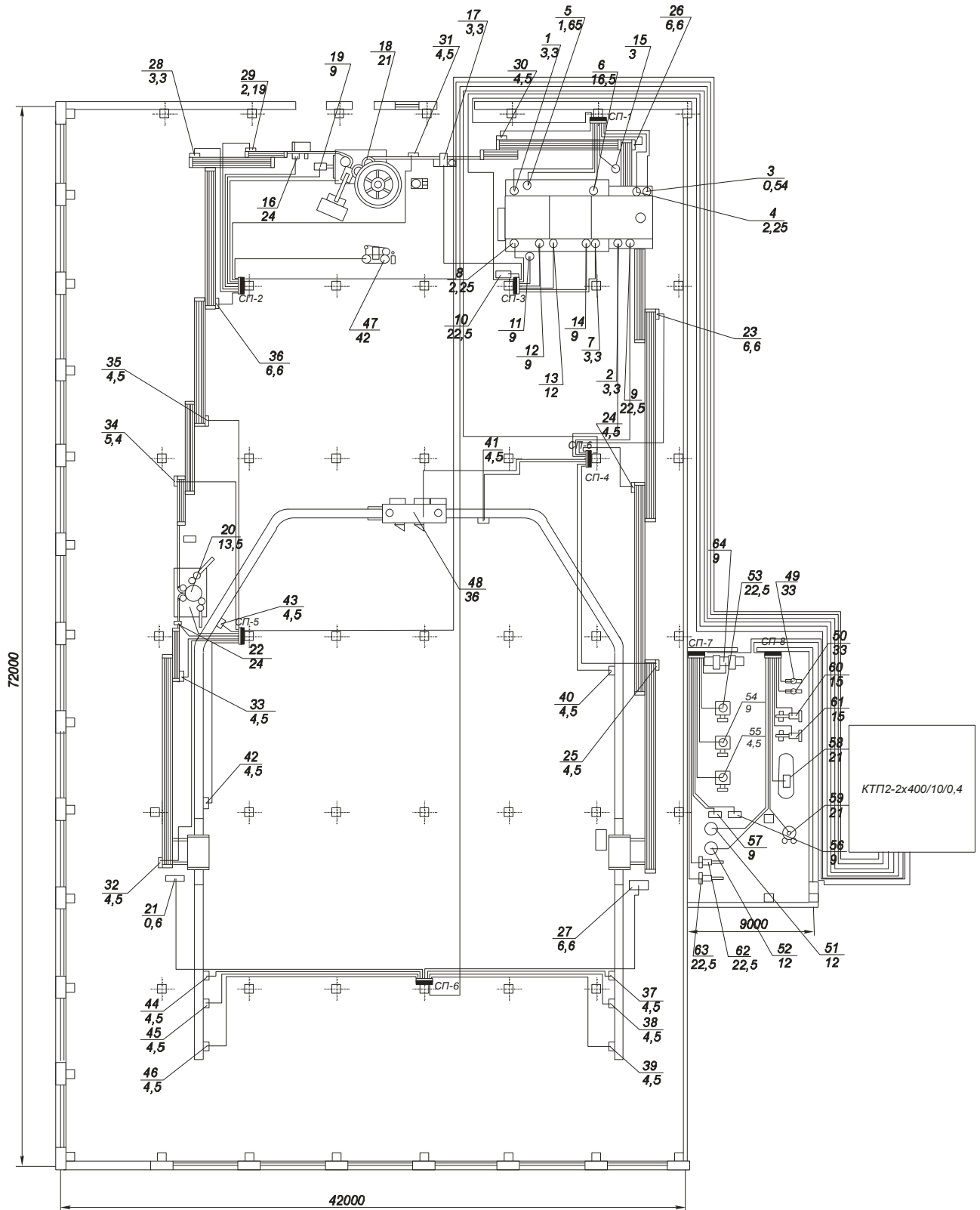


Рис. 2.3. Другий варіант схеми електропостачання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

21

2.3.2. Розрахунок другого рівня електропостачання

Розрахунок навантаження на другому рівні електропостачання проводиться для груп електроприймачів об'єднаних на силових пунктах і шинопроводах. Розрахункове навантаження на другому рівні, створюване групою електроприймачів, визначають по методу впорядкованих діаграм, тобто по середній потужності й коефіцієнту максимуму.

Розрахункове активне навантаження групи приймачів зі змінним графіком навантаження визначається з виразу:

$$P_M = K_M * P_{CM} = K_M * K_B * P_H$$

де P_{CM} - середня потужність робочих електроприймачів за найбільш завантажену зміну, кВт;

$$P_{CM} = K_B * P_H$$

P_H – сумарна номінальна активна потужність робочих електроприймачів, кВт;

K_B – груповий коефіцієнт використання активної потужності;

K_M – коефіцієнт максимуму активної потужності.

Для електроприймачів із практично постійним графіком навантаження активне розрахункове навантаження приймається рівним середній потужності за найбільш завантажену зміну.

$$P_M = P_{CM} = K_B \cdot P_H$$

Усі вихідні дані й результати розрахунків записуються для першого варіанта і для другого в табл. 2.5 і в табл. 2.6.

Порядок заповнення таблиці:

- 1) У графу 1 у відповідності зі схемою живлення записуються:
 - а) найменування вузла, для якого проводиться визначення електричних навантажень (силова шафа, живильна лінія, магістраль, цех, і т.п.)
 - б) найменування характерних груп електроприймачів (з однаковими K_B й $\cos \varphi$), що живляться від цього вузла.
- 2) У графу 2 по кожній групі записується: при однаковій потужності електроприймачів групи – номінальна встановлена потужність одного електроприймача в кіловатах; при електроприймачах різної потужності – номінальна потужність найбільшого.
- 3) У графі 3 записується число робочих електроприймачів.
- 4) У графу 4 записується сумарна встановлена потужність робочих електроприймачів даної групи, приведена до $TB=100\%$, у кіловатах.
- 5) Графи 5, 6 і 7. Значення коефіцієнта використання й $\cos \varphi$, $\operatorname{tg} \varphi$ для окремих ЕП визначаються по довідкових матеріалах.
- 6) Графа 8. $m = P_{\max} / P_{\min}$

										ДП 141 2024	Арк.
											22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

7) Графа 9. Середнє активне навантаження за найбільш завантажену зміну для кожної групи електроприймачів визначається по формулі:

$$P_{CM} = K_B * P_H, \text{ кВт}$$

Навантаження приймачів, що працюють короткочасно (дренажні насоси, засувки, вентилі й ін.), при підрахунку середніх й максимальних навантажень не враховується.

8) Графа 10. Середнє реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну для кожної групи електроприймачів визначається по формулі:

$$Q_{CM} = P_{CM} * \text{tg } \varphi, \text{ кВар}$$

Для заповнення граф 5,6,7 по вузлу в цілому необхідно визначити:

а) середньозважене значення коефіцієнта використання по розрахунковому вузлі

б) середньозважене значення $\text{tg } \varphi$:

По отриманій величині $\text{tg } \varphi$ знаходиться $\cos \varphi$.

9) Графа 12. При $m > 3$ і $K_B > 0,2$ $P_H = \text{const}$ ефективне число електроприймачів $n_e = n$.

10) Графа 13. Коефіцієнт максимуму визначається по таблиці у функції ефективного числа електроприймачів n_e й середньозваженого K_B

11) Графа 15. Максимальне активне навантаження від силових електроприймачів вузла: $P_M = K_M * P_{CM}, \text{ кВт}$

12) Графа 16. Максимальне реактивне навантаження від силових електроприймачів приймається рівне:

$$Q_M = K_{\text{max}} * Q_{CM}$$

13) Графа 17. Максимальне повне навантаження від силових електроприймачів визначається по формулі:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$$

14) Графа 18. Ця графа призначена для запису розрахункових струмів (максимальних і пускових).

Розрахункове навантаження на другому рівні, створюване групою електроприймачів визначають по методу впорядкованих діаграм, тобто по середній потужності й коефіцієнту максимуму.

Для цього, знаючи розміщення електроприймачів на генплані, розрахункові навантаження на першому рівні, місце розташування цехової трансформаторної підстанції, намічають два варіанти схем внутрішньцехового електропостачання. І в такий спосіб визначають вузли другого рівня електропостачання, для яких буде визначатися розрахункове навантаження (складання, шафи, силові пункти, шинопроводи).

Розрахункове електричне навантаження групи електроприймачів зі змінним графіком навантаження визначається з виразу, кВт:

										Арк.
										23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 141 2024

$$P_M = K_M \cdot P_{CM} = K_M \cdot K_B \cdot P_H;$$

де P_{CM} – середня потужність робочих електроприймачів за найбільш завантажену зміну, кВт;

P_H – сумарна номінальна активна потужність робочих електроприймачів, кВт;

K_B – груповий коефіцієнт використання активної потужності;

K_M – коефіцієнт максимуму активної потужності.

Коефіцієнт максимуму активної потужності K_M визначається по кривих залежно від величини K_B та ефективного числа групи електроприймачів n_e .

					ДП 141 2024	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5. Розрахунок першої схеми електропостачання

Назва РП і електроприймача	Установлене навантаження						Середнє навантаження за зміну						Навантаження максимальне				
	Рн, кВт	п	РнГ, кВт	Кв	cosφ	tgφ	ш	Рсм, кВт	Qсм, кВАр	Sсм, кВА	пс	Ктах	Ктах	Рм, кВт	Qм, кВАр	Sм, кВА	Ім, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
СП1																	
Блок наповнювача (18)	21	1	21	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (30, 31)	4,5	2	9	0,6	0,8	0,75											
Інспектор пляшок (17)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Содам і кс (47)	42	1	42	0,6	0,8	0,75											
Привод етикетовідбірника (1)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Кожух приводу (5)	1,65	1	1,65	0,6	0,8	0,75											
Головний привод (6)	15,5	1	15,5	0,6	0,8	0,75											
РАЗОМ ПО СП 1:		8	95,75	0,6	0,8	0,75	>3	57,45	43,09	71,81	8	1,3	1,3	74,7	56,01	93,36	141,4
СП2																	
Конвеєр пляшок (28)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (29)	2,19	1	2,19	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (35)	4,5	1	4,5	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (36)	6,6	1	6,6	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (34)	5,4	1	5,4	0,6	0,8	0,75											
Розвантажальні пляшок (16)	24	1	24	0,6	0,8	0,75											
Салітанія (19)	9	1	9	0,6	0,8	0,75											
Етикетувальна машина (20)	13,5	1	13,5	0,6	0,8	0,75											
РАЗОМ ПО СП 2:		8	68,49	0,6	0,8	0,75	>3	41,09	30,82	51,37	8	1,3	1,3	53,4	40,07	66,78	101,2
СП3																	
Стрічка приводу (7)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Привод імпульметра (8)	2,25	1	2,25	0,6	0,8	0,75											
Насос промивання (10)	22,5	1	22,5	0,6	0,8	0,75											

Таблиця 2.6. Розрахунок другої схеми електропостачання

Назва РП і електроприймача	Установлене навантаження							Середнє навантаження за зміну						Навантаження максимальне			
	Рн, кВт	п	РнΣ, кВт	Кв	cosφ	tgφ	ш	Рсм, кВт	Qсм, кВАр	Sсм, кВА	пс	Ктmax	Ктmax	Рм, кВт	Qм, кВАр	Sм, кВА	Ім, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
СП1																	
Привод еликетовідбійника (1)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Клапан парний (3)	0,54	1	0,54	0,6	0,8	0,75											
Центральне зм'ячення (4)	2,25	1	2,25	0,6	0,8	0,75											
Кожух приводу (5)	1,65	1	1,65	0,6	0,8	0,75											
Головний привід (6)	15,5	1	15,5	0,6	0,8	0,75											
Дозатор луку (15)	3	1	3	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (26)	6,6	1	6,6	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (30)	4,5	1	4,5	0,6	0,8	0,75											
РАЗОМ ПО СП 1:		8	37,34	0,6	0,8	0,75	>3	22,4	16,8	28	8	1,3	1,3	29,13	21,8	36,4	55,2
СП2																	
Розвантажних пляшок (16)	24	1	24	0,6	0,8	0,75											
Блок наповнювача (18)	21	1	21	0,6	0,8	0,75											
Салітанія (19)	9	1	9	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (28)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (29)	2,19	1	2,19	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (31)	4,5	1	4,5	0,6	0,8	0,75											
Конвеєр пляшок (36)	6,6	1	6,6	0,6	0,8	0,75											
Солам і кс (47)	42	1	42	0,6	0,8	0,75											
РАЗОМ ПО СП 2:		8	112,6	0,6	0,8	0,75	>3	67,6	50,7	84,4	8	1,3	1,3	87,82	65,9	110	166
СП3																	
Стрічка привода (7)	3,3	1	3,3	0,6	0,8	0,75											
Привід імпульметра (8)	2,25	1	2,25	0,6	0,8	0,75											

2.4. Світлотехнічний розрахунок електричного освітлення

Розміщення світильників визначається наступними розмірами:

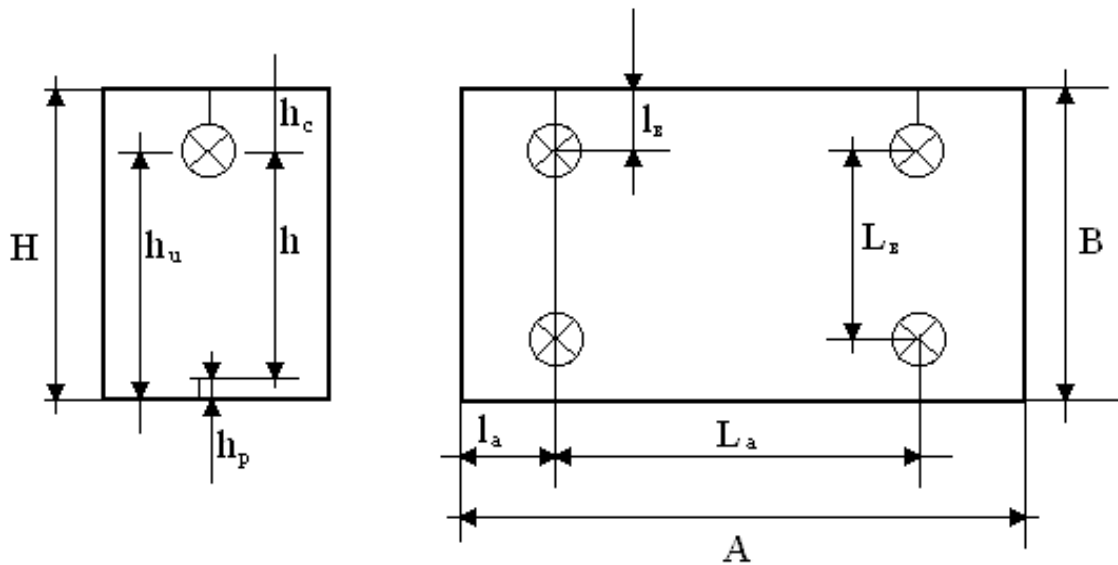


Рис. 2.3 Розміщення світильників:

h_c – висота підвіски світильників, м; h_p – висота робочої поверхні, м; h_u – висота підвісу світильників над підлогою, м; h – розрахункова висота, м; H – висота будинку, м; l_a – відстань від стінки до світильників у поперечній осі, м; l_b – відстань від стінки до світильників у поздовжній осі, м; L_a – відстань між світильниками в поздовжній осі, м; L_b – відстань між світильниками в поперечній осі, м; A – довжина приміщення, м; B – ширина приміщення, м.

Завданням розрахунку освітлювальної установки є визначення кількості й потужності джерела світла або визначення фактичної освітленості, створюваною спроектованою установкою.

Розрахунок освітлення виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку, тому що немає великих предметів, що затіняють. На рис. 2.4. показаний план цеху розливу пива.

									ДП 141 2024	Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

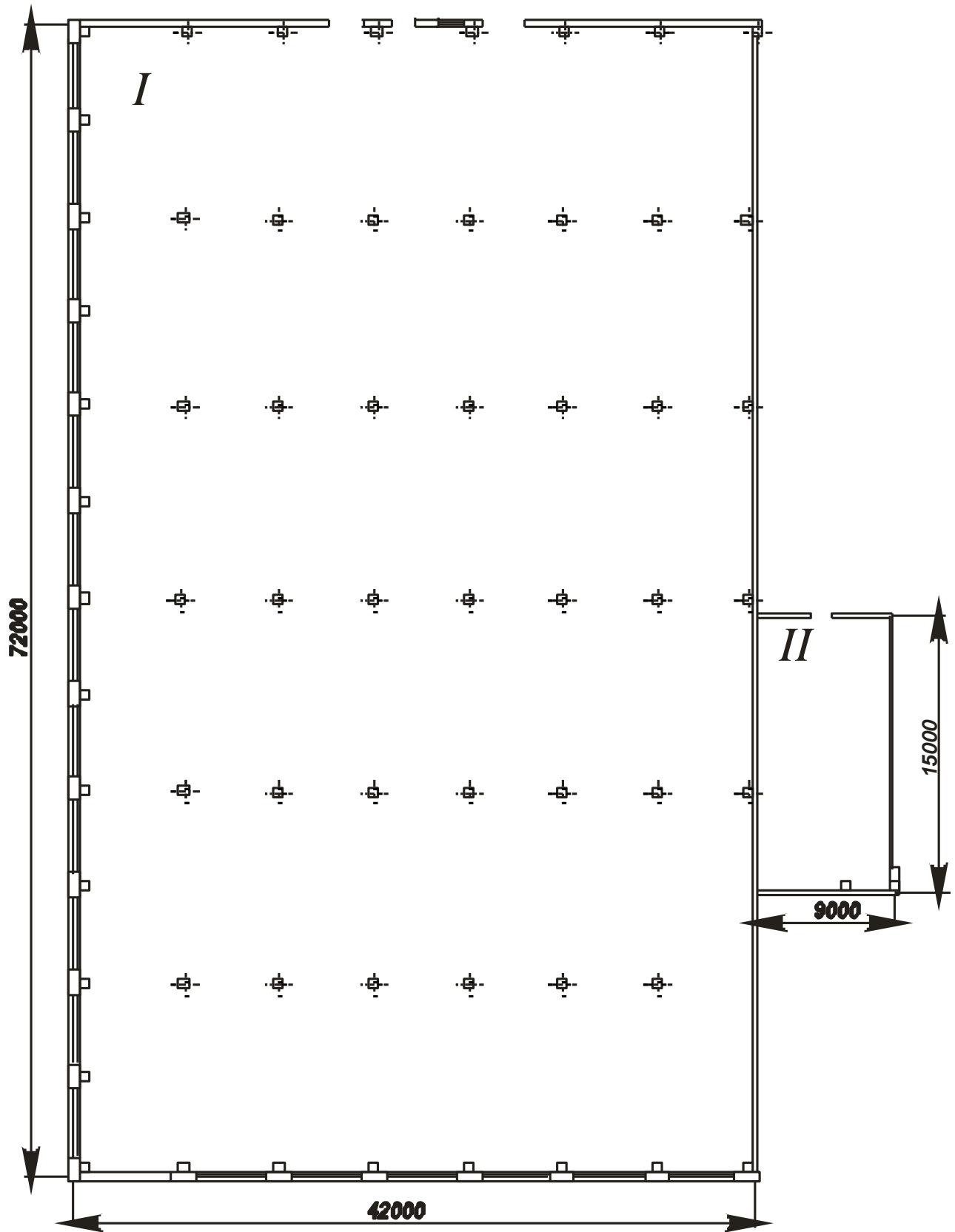


Рис. 2.4 План цеху розливу пива

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Розрахунок робочого освітлення

Розрахунок першої зони цеху:

Вихідні дані: довжина $A=72$ м, ширина $B=42$ м, висота приміщення становить $H=10$ м. Виходячи з висоти приміщення визначаємо тип світильників – РСП (світильник для ламп ДРЛ, підвісний, для промислових підприємств), прийmemo світильник РСПО5/ГОЗ.

Задаємося величинами:

- висота робочої поверхні над підлогою $h_p=0,8$ м;
- величина підвісу світильника $h_c=0,5$ м.

Визначаємо висоту світильників над робочою поверхнею:

$$h = H_{\text{ц}} - h_c - h_p = 10 - 0,8 - 0,5 = 8,7.$$

Для прийнятого світильника знаходимо значення λ_E - відношення відстані між світильниками або рядами світильників. По табл.10.4 [5, ст. 260] приймаємо $\lambda_E = 1$,

$$\lambda_E = \frac{L_A}{h}$$

З виразу знаходиться L_A : $L_A = \lambda_E \cdot h = 1 \cdot 8,7 = 8,7 \approx 9$.

При $L_A=9$ м і кількості світильників у ряді $n=8$, відстань до стіни можна визначити по формулі: $l_A = \frac{A - L_A \cdot (n-1)}{2} = \frac{72 - 9 \cdot (8-1)}{2} = 4,5$ м

Приймаємо число рядів зі світильниками рівним 6, тоді $L_B=7$ м;

$L_A / L_B = 9/7 = 1,28 < 1,5$; де 1,5 – це рекомендоване число, за яке не повинне виходити відношення L_A / L_B .

Відстань до стіни можна визначити по формулі: $l_B = \frac{B - L_B \cdot (n-1)}{2} = \frac{42 - 7 \cdot (6-1)}{2} = 3,5$ м

Число світильників у першій зоні цеху приймаємо рівним 48. Розміщення світильників показано на рис. 4.2.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{72 \cdot 42}{8,7 \cdot (72 + 42)} = 3,05$$

Визначаємо коефіцієнти відбиття стелі стін і підлоги по табл. 5-1 [5. ст. 126] – $R_{\text{п}}=50\%$, $R_{\text{с}}=30\%$, $R_{\text{р}}=10\%$ для цехових приміщень.

Використовуючи знайдені значення коефіцієнтів відбиття поверхонь і обчислений індекс приміщення по табл. 36 [5. ст. 113] визначаємо η - коефіцієнт використання світлового потоку джерела світла. $\eta=0,75$ для світильника РСПО5.

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

Визначаємо норму освітленості по табл. 4-4 [5, ст. 102]. Для частини цеху в якому проводяться основні виробничі роботи ухвалюємо норму освітленості $E_H=200$ лк.

Визначаємо світловий потік від одного світильника, необхідний для створення норми освітленості:

$$\Phi_{\text{ОБ}} = \frac{E_H * K_{\text{ЗАП}} * A * B * z}{\eta * N_C} = \frac{200 * 1,8 * 72 * 42 * 1,15}{0,75 * 48} = 34\,776 \text{ лм}$$

де, N_C – кількість світильників, по одній лампі у світильнику.

Де $K_{\text{ЗАП}}=1,8$ – приймається для ламп ДРЛ, z – коефіцієнт мінімальної освітленості, приймається рівним 1,15 для ламп ДРЛ.

Використовуємо у світильнику лампу ДРЛ 700 потужністю 700 Вт із номінальним світловим потоком лампи $\Phi_L=35\,000$ лм.

Порівнюємо фактичне значення світлового потоку із загальним необхідним світловим потоком:

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{\Phi_L - \Phi_{\text{ОБ}}}{\Phi_{\text{ОБ}}} * 100\% = \frac{35000 - 34776}{34776} * 100\% = +0,6\%$$

Відхилення фактичного світлового потоку становить +0,6%. Відхилення фактичного світлового потоку від розрахункового повинне перебувати в межах – 10% ...+20%. Виходячи з вище сказаного остаточно ухвалюємо обраний тип і кількість світильників.

Визначимо фактичний світловий потік, створюваний прийнятою кількістю світильників:

$$\Phi = N_C * N_L * \Phi_L = 48 * 1 * 35000 = 1\,680\,000, \text{ лм}$$

Розрахунок другої зони цеху:

Вихідні дані: довжина $A=18$ м, ширина $B=9$ м, висота приміщення становить $H=10$ м. Виходячи з висоти приміщення визначаємо тип світильників – РСП (світильник для ламп ДРЛ, підвісний, для промислових підприємств), приймемо світильник РСПО5/ГОЗ.

Задаємося величинами:

висота робочої поверхні над підлогою $h_P=0,8$ м;

величина підвісу світильника $h_C=1,2$ м.

Визначаємо висоту світильників над робочою поверхнею:

$$h = H_{\text{ц}} - h_C - h_P = 10 - 0,8 - 1,2 = 8.$$

Для прийнятого світильника знаходимо значення $\lambda_{\text{э}}$ - відношення відстані між світильниками або рядами світильників. По табл.10.4 [5, ст. 260] приймаємо $\lambda_{\text{э}}=1$,

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{L_A}{h}$$

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

З виразу знаходиться L_A : $L_a = \lambda_3 \cdot h = 1 \cdot 8 = 8$.

При $L_A=8$ м і кількості світильників у ряді $n=3$, відстань до стіни можна визначити по формулі: $l_A = \frac{A-L_A \cdot (n-1)}{2} = \frac{18-8 \cdot (3-1)}{2} = 1$ м

Приймаємо число рядів зі світильниками рівним 2, тоді $L_B=6$ м;

$L_A / L_B = 8/6 = 1,33 < 1,5$; де 1,5 – це рекомендоване число, за яке не повинне виходити відношення L_A / L_B .

При $L_B=6$ м, рядів світильників можна розмістити $n=2$, відстань до стіни можна визначити по формулі: $l_B = \frac{B-L_B \cdot (n-1)}{2} = \frac{9-6 \cdot (2-1)}{2} = 1,5$ м

Число світильників у другій зоні цеху приймаємо рівним 6. Розміщення світильників показано на рис 4.2.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{18 \cdot 9}{8 \cdot (18 + 9)} = 0,75$$

Визначаємо коефіцієнти відбиття стелі стін і підлоги по табл. 5-1 [5. ст. 126] – $R_{\text{п}}=50\%$, $R_{\text{с}}=30\%$, $R_{\text{р}}=10\%$ для цехових приміщень.

Використовуючи знайдені значення коефіцієнтів відбиття поверхонь і обчислений індекс приміщення по табл. 36 [5. ст. 113] визначаємо η - коефіцієнт використання світлового потоку джерела світла. $\eta=0,50$ для світильника РСП05.

Визначаємо норму освітленості по табл. 4-4 [5. ст. 102]. Для частини цеху в якому проводяться основні виробничі роботи приймаємо норму освітленості $E_{\text{н}}=200$ лк.

Визначаємо світловий потік від одного світильника, необхідний для створення норми освітленості:

$$\Phi_{\text{об}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot A \cdot B \cdot z}{\eta \cdot N_{\text{с}}} = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 18 \cdot 9 \cdot 1,15}{0,50 \cdot 6} = 22256 \text{ лм}$$

де, $N_{\text{с}}$ – кількість світильників, по одній лампі у світильнику.

Де $K_{\text{зап}}=1,8$ – приймається для ламп ДРЛ, z – коефіцієнт мінімальної освітленості, приймається рівним 1,15 для ламп ДРЛ.

Використовуємо у світильнику лампу ДРЛ 500 потужністю 500 Вт із номінальним світловим потоком лампи $\Phi_{\text{л}}=21000$ лм.

Порівнюємо фактичне значення світлового потоку із загальним необхідним світловим потоком:

$$\Delta\Phi_{\%} = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{об}}}{\Phi_{\text{об}}} \cdot 100\% = \frac{21000 - 22356}{22356} \cdot 100\% = -6,1\%$$

Відхилення фактичного світлового потоку становить - 6,1%. Відхилення фактичного світлового потоку від розрахункового повинне знаходитися в межах –

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

10% ...+20%. Виходячи з вище сказаного остаточно приймаємо вибраний тип і кількість світильників.

Визначимо фактичний світловий потік, створюваний прийнятою кількістю світильників:

$$\Phi = N_C * N_L * \Phi_L = 6 * 1 * 21000 = 126000, \text{ лм.}$$

Розрахунок аварійного освітлення

Аварійне освітлення повинне влаштовуватися в приміщеннях, де раптове відключення робочого освітлення може привести до важких наслідків для людей і технологічного устаткування. При цьому освітленість на робочих поверхнях повинна становити не менше п'яти відсотків освітленості, установленної для робочого освітлення цих поверхонь при системі загального освітлення.

Для аварійного освітлення вибрані трубчасті (лінійні) світлодіодні лампи OSRAM Substitube серій T8 Basic DE (Double Ended) із двостороннім підключенням. Основні характеристики даних ламп:

- стійка робота за низьких температур;
- більш ніж у 2 рази економія електроенергії;
- індекс кольору (CRI) > 80;
- різні кольорні температури: 3000 К, 4000 К та 6500 К;
- відсутність у складі ртуті, безпечна для здоров'я.

Трубчасті світлодіодні лампи OSRAM T8 Basic DE мають форму та розміри стандартних лінійних люмінесцентних ламп 600 і 1200 мм, встановлюються у стандартні світильники з патроном G13 під одну, дві або чотири лампи, при цьому в деяких випадках потрібна зміна електричної схеми світильника. Для цих світлодіодних трубок немає необхідності в заглушці дроселя, тому що живлення 220 подається безпосередньо на патрони цоколя з обох сторін.

Розрахунок першої зони цеху:

Кількість світильників: $N_C = 17$.

Розрахунок другої зони цеху:

Кількість світильників: $N_C = 2$.

Висновок.

За результатами розрахунків даного пункту спроектоване робоче освітлення цеху, аварійне освітлення. Вибір ламп і світильників, а також їх розташування виконаний з максимальним наближенням до економічно найбільш ефективного співвідношення відстані між світильниками.

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

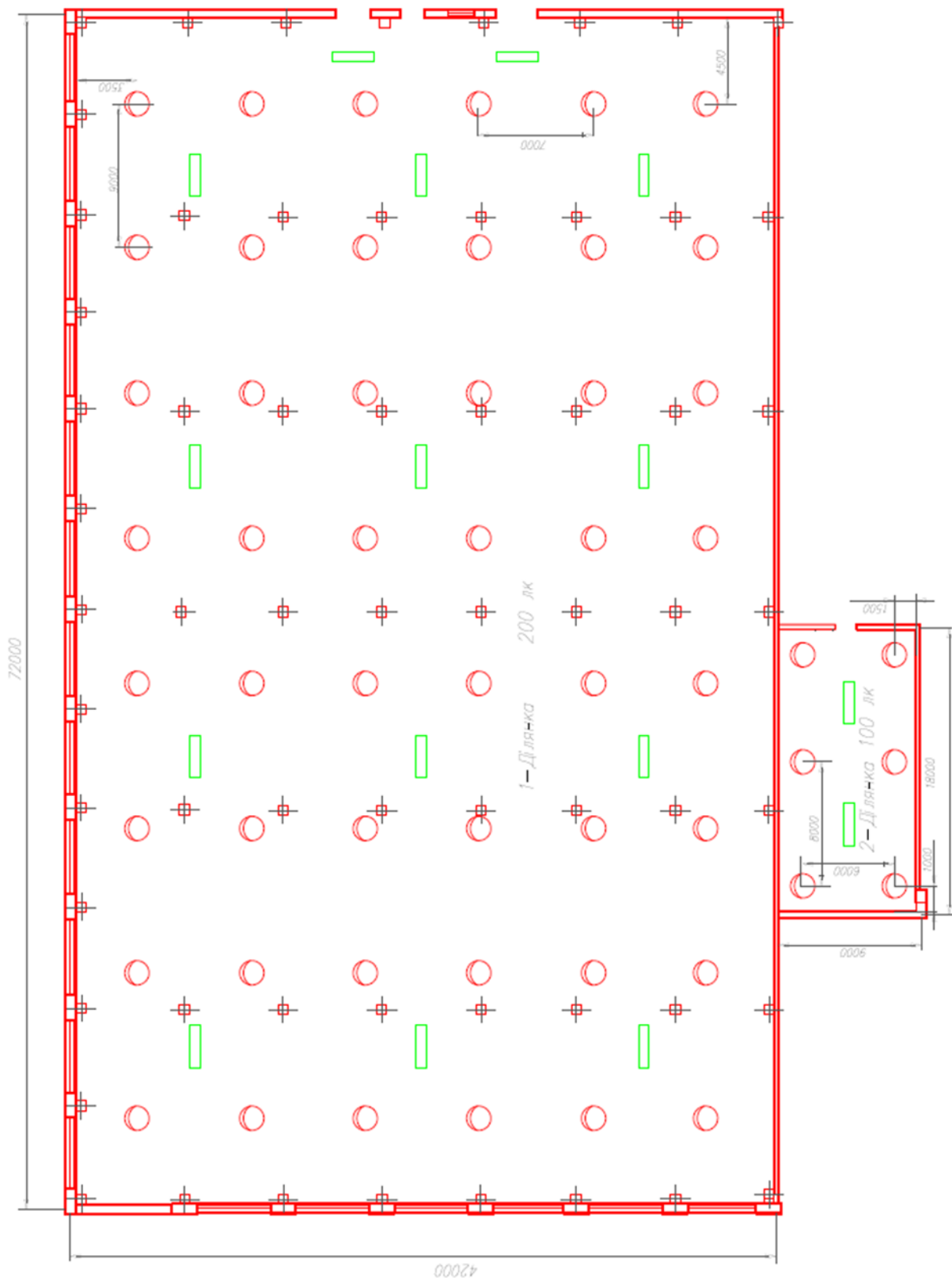


Рис. 2.5. Розміщення світильників основного і аварійного освітлення

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2.5. Розрахунок силових електричних навантажень методом коефіцієнта попиту

Розрахункові електричні навантаження для всіх цехів підприємства (крім цеху, електропостачання якого розробляється докладно) визначаються по встановленій потужності й коефіцієнту попиту.

Середні (активні й реактивні) потужності за найбільш завантажену зміну визначимо по виразах:

$$P_{cm} = K_B * P_{уст}, \text{ кВт}$$

$$Q_{cm} = P_{cm} * Q_f, \text{ квар}$$

де K_B - коефіцієнт використання.

Визначимо повну середню потужність зміну:

$$S_{cm} = \sqrt{P_{cm}^2 + Q_{cm}^2}, \text{ кВА.}$$

Розрахункове навантаження (активна й реактивна) приймачів кожного цеху визначається з виразів:

$$P_M = K_{п} * P_{уст}, \text{ кВт};$$

Повну розрахункову потужність:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}, \text{ кВА.}$$

де $K_{п}$ - коефіцієнт попиту даної характерної групи приймачів, прийнятий по довідковий матеріалам;

$P_{уст}$ - сумарна встановлена потужність усіх приймачів цеху, прийнята за вихідним даними;

$\text{tg}\varphi$ - відповідає характерному для даної групи приймачів; $\cos\varphi$, визначається по довідкових матеріалах.

Розрахункові дані по цехах зведемо в табл. 2.6.

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

Таблиця 2.6. Розрахункові електричні навантаження заводу

№	Найменування цехів	P_n , кВт	$\cos\varphi$	K_v	$K_{п}$	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВАр	$S_{см}$, кВА	P_m , кВт	Q_m , кВАр	S_m , кВА
1	Деревообробний цех	600	0,7	0,25	0,5	150	153	214,3	300	306,1	428,6
2	Малярський цех	420	0,6	0,4	0,5	168	224	280	210	280	350
3	Цех випробувань холодильників	350	0,7	0,3	0,5	105	107,1	150	175	178,5	250
4	Цех заготовки пакетів	100	0,7	0,3	0,5	30	30,6	42,9	50	51	71,42
5	Центральний склад	30	0,8	0,4	0,5	12	9	15	15	11,3	18,8
6	Транспортний цех	120	0,7	0,3	0,5	36	36,7	51,4	60	61,2	85,7
7	Склад	30	0,8	0,4	0,5	12	9	15	15	11,3	18,8
8	Склад металів	40	0,8	0,4	0,5	16	12	20	20	15	25
9	Заводоуправління	50	0,9	0,8	0,9	40	19,4	44,4	45	21,5	50
10	Їдальня	180	0,9	0,5	0,6	90	43,6	100	108	52,3	120
11	Цех різання скла	60	0,7	0,3	0,5	18	18,4	25,7	30	30,6	42,9
12	Котельня	310	0,8	0,5	0,6	155	116,3	193,8	186	139,5	232,5
13	Електроцех	300	0,8	0,4	0,5	120	90	150	150	112,5	187,5
14	Компресорна	1180,1	0,8	0,6	0,7	708,1	531	885,1	826,1	619,6	1032,6
15	Механічний цех	111,3	0,7	0,3	0,8	33,4	34,1	47,7	89	90,8	127,2
16	Цех розливу пива	406,28	0,8	0,4	0,9	162,5	121,9	203,1	365,7	274,2	457,1
17	Фільтраційна	270	0,8	0,5	0,9	135	101,3	168,8	243	182,3	303,8

2.6. Вибір схеми ЦТП, типу, кількості й потужності трансформаторів з урахуванням компенсації реактивної потужності

2.6.1. Розрахунок третього рівня електропостачання

Для вибору потужності цехових ТП необхідно знати середню розрахункову потужність за максимально завантаженою зміну.

Потужність навантаження на третьому рівні визначається на шинах низької напруги цеховий ТП і складається із силового навантаження на другому рівні й потужності освітлювального навантаження (див. п.2.5).

Визначимо сумарну потужність 2 джерела живлення:

$$P_{CM2} = (P_{CM15} + P_{CM16} + P_{CM17}) + \Delta P_{TP} + \Delta P_{Л} = 330,9 + 0,025 \cdot 330,9 + 0,03 \cdot 330,9 = 349,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM2} = (Q_{CM15} + Q_{CM16} + Q_{CM17}) + \Delta Q_{TP} = 257,2 + 0,1 \cdot 257,2 = 282,9 \text{ кВАр}$$

$$S_{CM2} = \sqrt{P_{CM2}^2 + Q_{CM2}^2} = \sqrt{349,1^2 + 282,9^2} = 449,3 \text{ кВА}$$

											Арк.
											39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024						

Таблиця 2.7. Потужності КТП

№ КТП	Цехи	Рсм, кВт	Qсм, кВАр	Sсм, кВА
КТП1	7, 8, 13, 6, 1, 2	529,61	577,2338	783,3808
КТП2	16, 17, 15,	349,10161	282,9185	449,3493
КТП3	14	747,0033	584,1495	948,2851
КТП4	9, 10, 11, 12, 5, 3, 4	474,75	378,7334	607,3109

Розрахуємо потужність робочого освітлення I зони:

Активне розрахункове навантаження ламп ДРЛ:

$$P_{PO1} = P_l \cdot N \cdot k_n \cdot k_{PPA} = 0,7 \cdot 48 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 33,26 \text{ кВт};$$

Реактивна складова:

$$Q_{PO1} = P_{PO} \cdot tg(\varphi) = 33,26 \cdot 1,44 = 47,9 \text{ кВАр}$$

Розрахуємо потужність робочого освітлення II зони:

Активне розрахункове навантаження ламп ДРЛ:

$$P_{PO2} = P_l \cdot N \cdot k_c \cdot k_{PPA} = 0,5 \cdot 6 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 2,97 \text{ кВт};$$

Реактивна складова:

$$Q_{PO2} = P_{PO} \cdot tg(\varphi) = 2,97 \cdot 1,44 = 4,28 \text{ кВАр}$$

Загальна потужність освітлення:

$$P = 33,26 + 2,97 = 36,23 \text{ кВт}$$

$$Q = 47,9 + 4,28 = 52,18 \text{ квар}$$

$$S_{осв} = 63,52 \text{ кВА.}$$

Повна потужність групи цехів:

$$S_{розр. проект цеху} = S_{ср.м2} + S_{осв} = 449,3 + 63,5 = 513,1 \text{ кВА.}$$

2.6.2. Розрахунок кількості та потужності цехових трансформаторів

Правильне визначення кількості й потужності цехових трансформаторів можливо тільки шляхом техніко-економічних розрахунків з урахуванням наступних факторів: категорії надійності електропостачання споживачів; компенсації реактивних навантажень на напрузі до 1 кВ; перевантажувальної здатності трансформаторів у нормальному й аварійному режимах. Кількість цехових ТП безпосереднє впливає на розподільні пристрої 10 кВ і цехові електричні мережі.

Так як в цеху, що розраховується, переважають споживачі II категорії, а також є окремо стоячий об'єкт загальнозаводського призначення (заводоуправління), то в цьому випадку доцільно застосувати двохтрансформаторну ЦТП.

Вибір потужності трансформаторів проводиться, виходячи з раціонального їхнього завантаження в нормальному режимі й з врахуванням мінімально необхідного резервування в післяаварійному режимі. При цьому номінальна

										Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024					

потужність трансформаторів $S_{\text{ном,т}}$ визначається по середній навантаженню $S_{\text{ср,м}}$ за максимальною завантаженню зміну:

$$S_{\text{ном,т}} = \frac{S_{\text{ср,м}}}{N \cdot K_3},$$

де N – число трансформаторів;

K_3 – коефіцієнт завантаження трансформаторів.

КТП-2

$$S_{\text{ном,т}} = \frac{513}{2 \cdot 0,7} = 366 \text{кВА}.$$

Таким чином, приймаємо до установки КТП – 2×400/10/0,4 із трансформатором ТМ – 400/10 з номінальною потужністю 400 кВА.

Підстанції трансформаторні комплектні прохідні — КТП 2 потужність 400 кВА, напругою НН 0,4 кВ призначені для приймання, перетворення й розподілу електричної енергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц у системах із глухозаземленою нейтралю трансформатора на стороні нижчої напруги. КТП призначені для електропостачання об'єктів у районах з помірним кліматом (від — 45°C до + 40°C).

КТП встановлюється на найпростіший бетонний майданчик висотою 200 мм.

Високовольтний ввід — повітряний або кабельний, відводи відхідних ліній — повітряні або кабельні. У КТП передбачені лінії вуличного освітлення, що включаються автоматично по сигналу вбудованого реле. На стороні НН встановлені автоматичні вимикачі.

У комплект поставки КТП входять шафи УВН і РУНН, силовий трансформатор, роз'єднувач зовнішньої установки РЛНДз — 10630.

Струм термічної стійкості на стороні ВН у протязі 1 с — 5,0 кА

Струм електродинамічної стійкості на стороні ВН — 12,5 кА

Маса КТП без трансформатора — від 722 до 1570 кг, залежно від типовиконання.

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 2.8. Основні технічні дані КТП

Найменування параметра	Значення параметра		
1. Номінальна потужність трансформатора, кВА	400	630	1000
2. Номінальна напруга на стороні ВН, кВ	10	10	10
3. Номінальний струм трансформатора на стороні ВН, А	23,1	36,4	57,7
4. Номінальний струм плавкої вставки запобіжника на стороні ВН, А	50,0	80,0	80,0
5. Номінальна напруга на стороні НН, кВ	0,4		
6. Номінальний струм трансформатора на стороні НН, А	577,4	910,4	1443,4
7. Номінальний струми ліній 0,4 кВА	100-400	100-400	160-1000
8. Струм лінії вуличного освітлення, А	16	16	16

Визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_3 = \frac{S_{ср.м}}{N \cdot S_{ном,т}} = \frac{513}{2 \cdot 400} = 0,64 \leq 0,7$$

В аварійних умовах перевіримо, що залишився в роботі трансформатор на припустиме перевантаження:

$$K_3 = \frac{S_{ср.м}}{S_{ном,т}} \leq 1,4$$

$$K_3 = \frac{513}{400} = 1,28 \leq 1,4 \text{ – умова виконується.}$$

При виборі кількості й потужності цехових трансформаторів одночасно повинне вирішуватися питання про економічно доцільну величину реактивної потужності, переданої через трансформатори в мережу напругою 0,4 кВ.

Сумарна розрахункова потужність $Q_{нк}$ конденсаторних батарей нижчої напруги (НБК) складе:

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2},$$

де $Q_{нк1}$ і $Q_{нк2}$ – сумарні потужності НБК.

Найбільша реактивна потужність, яку доцільно передати через трансформатори в мережу напругою 0,4 кВ, визначається по формулі:

$$Q_{мах,т} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{ном,т})^2 - P_{ср,м}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 400)^2 - (349)^2} = 438 \text{ кВар},$$

де $P_{ср,м}$ - середня активна потужність третього рівня за найбільш завантажену зміну.

Сумарна потужність конденсаторних батарей на напругу 0,4 кВ складе:

$$Q_{нк} = Q_{ср,м} - Q_{мах,т},$$

де $Q_{ср,м}$ - середня реактивна потужність третього рівня за найбільш завантажену зміну.

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Якщо виявиться, що $Q_{нк} < 0$, то установка конденсаторних батарей при виборі трансформаторів не потрібно (складова $Q_{нк}$ в (6.2.3) буде дорівнює нулю).

Визначимо необхідність в установці конденсаторних батарей.

$$Q_{нк} = 282,2 - 439 = -156,8 \text{ кВар} < 0.$$

Оскільки у розрахунках виявилось, що $Q_{нк1} < 0$, отже, установка конденсаторних батарей не потрібна.

КТП-1

$$S_{ном,т} = \frac{783}{2 \cdot 0,7} = 559 \text{ кВА}$$

Таким чином, приймаємо до установки КТП – 2×630/10/0,4 із трансформатором ТМ – 630/10 з номінальною потужністю 630 кВА.

$$K_3 = \frac{S_{ср,м}}{N \cdot S_{ном,т}} = \frac{783}{2 \cdot 630} = 0,62 \leq 0,7$$

У післяаварійному режимі:

$$K_3 = \frac{S_{ср,м}}{S_{ном,т}} \leq 1,4$$

$$K_3 = \frac{783}{630} = 1,23 \leq 1,4 \text{ – умова виконується.}$$

$$Q_{мах,т} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{ном,т})^2 - P_{ср,м}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - (530)^2} = 704 \text{ кВар},$$

Визначимо необхідність в установці конденсаторних батарей.

$$Q_{нк} = 577 - 704 = -127 \text{ кВар} < 0.$$

Оскільки у розрахунках виявилось, що $Q_{нк} < 0$, отже, установка конденсаторних батарей не потрібна.

КТП-3

$$S_{ном,т} = \frac{948}{2 \cdot 0,7} = 677 \text{ кВА}$$

Таким чином, приймаємо до установки КТП – 2×1000/10/0,4 із трансформатором ТМ – 1000/10 з номінальною потужністю 1000 кВА.

$$K_3 = \frac{S_{ср,м}}{N \cdot S_{ном,т}} = \frac{948}{2 \cdot 1000} = 0,5 \leq 0,7$$

У післяаварійному режимі:

$$K_3 = \frac{S_{ср,м}}{S_{ном,т}} \leq 1,4$$

$$K_3 = \frac{948}{1000} = 0,9 \leq 1,4 \text{ – умова виконується.}$$

$$Q_{мах,т} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{ном,т})^2 - P_{ср,м}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - (747)^2} = 1184 \text{ кВар},$$

Визначимо необхідність в установці конденсаторних батарей.

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

$$Q_{нк} = 584 - 1184 = -600 \text{ кВар} < 0.$$

Оскільки у розрахунках виявилось, що $Q_{нк} < 0$, отже, установка конденсаторних батарей не потрібна.

КТП-4

$$S_{ном,т} = \frac{607}{2 \cdot 0,7} = 434 \text{ кВА}$$

Таким чином, приймаємо до установки КТП – 2×630/10/0,4 із трансформатором ТМ – 630/10 з номінальною потужністю 630 кВА.

$$K_3 = \frac{S_{ср.м}}{N \cdot S_{ном,т}} = \frac{607}{2 \cdot 630} = 0,48 \leq 0,7$$

У післяаварійному режимі:

$$K_3 = \frac{S_{ср.м}}{S_{ном,т}} \leq 1,4$$

$$K_3 = \frac{607}{630} = 0,96 \leq 1,4 \text{ – умова виконується.}$$

$$Q_{пнх,т} = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{ном,т})^2 - P_{ср.м}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - (475)^2} = 743 \text{ кВар},$$

Визначимо необхідність в установці конденсаторних батарей.

$$Q_{нк} = 379 - 743 = -364 \text{ кВар} < 0.$$

Оскільки у розрахунках виявилось, що $Q_{нк} < 0$, отже, установка конденсаторних батарей не потрібна.

					ДП 141 2024	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЦЕХУ

3.1. Розрахунок електричного навантаження освітлювальної мережі

Розрахункове навантаження освітлювальної мережі для газорозрядних ламп, кВт:

$$P_{р. про} = P_{уст} \cdot K_{п} \cdot K_{пра},$$

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

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту,

$K_{пра}$ – коефіцієнт враховуючий втрати в пускорегулюючій апаратурі.

Для ламп розжарювання $K_{пра} = 1$.

Розрахунки по робочому й аварійному освітленню зведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Розрахунок робочого освітлення

№ ділянки	N, шт	$P_{л}$, Вт	$P_{уст}$, кВт	$K_{п}$, в.о.	$K_{пра}$, в.о.	$P_{р.о.}$, кВт	$\cos\phi$, в.о.	$tg\phi$, в.о.	$Q_{р.о.}$, квар
Робоче освітлення									
1	48	700	33,6	0,95	1,1	35,1	0,7	1,02	35,8
2	6	500	3	0,95	1,1	3,1	0,7	1,02	3,2

Для світильників загального освітлення застосуємо напругу 220 В. Електропостачання робочого освітлення виконується самостійними лініями від щитів підстанції. При цьому електроенергія від підстанції передається живильними лініями на освітлювальні магістральні пункти або щитки, а від них – груповим освітлювальним щиткам. Живлення джерел світла здійснюється від групових щитків груповими лініями.

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебух Д.Д.			4.Розрахунок параметрів варіантів схем електропостачання	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко					44	9
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

3.2. Розрахунок освітлювальної мережі робочого освітлення

Схема електропостачання освітлювальних установок.

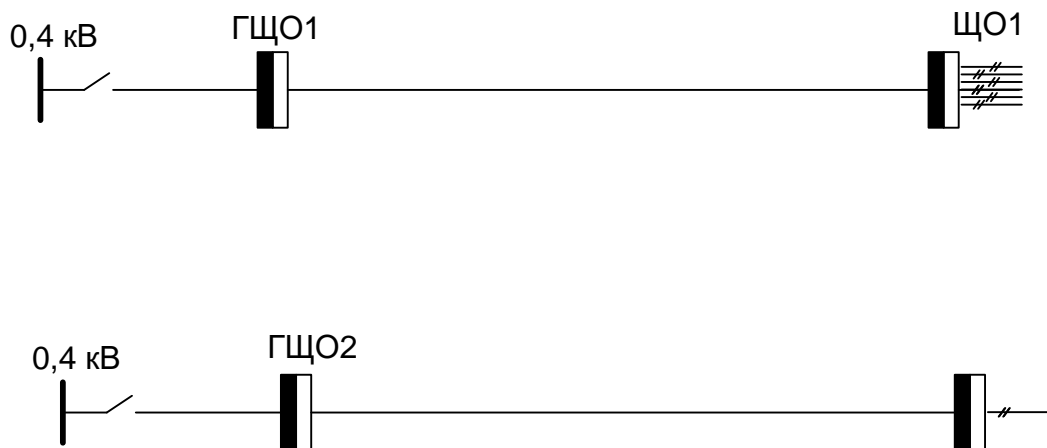


Рис. 3.2. Схема електропостачання освітлювальних установок

Розподіл світильників по фазах виконується для більш рівномірного розподілу навантаження по фазах. Це зменшує несиметрію мережі електропостачання цеху, а так само переріз провідників, завдяки рівномірному розподілу по фазах. Навантаження можна вважати рівномірним, якщо моменти навантажень відрізняються незначно.

Проведемо розрахунок для робочого освітлення:

$$M = \sum P_i \cdot l_i,$$

де P_i – потужність лампи, кВт

l_i – відстань від ДЖ до лампи, м.

$$\sum M_a \approx \sum M_b \approx \sum M_c$$

Таке розміщення дозволяє вирівнювати навантаження по фазах.

Розподіл по фазах:

1 зона – 6 рядів по 8 світильників у кожному: а-в-з-а

2 зона – 1 ряд по 6 світильників у кожному: А-В-З-З-В-А

Сума моментів по фазах (1 зона):

$$\sum M_A = P \cdot l + 3 \cdot P \cdot l + 8 \cdot P \cdot l = 12 \cdot P \cdot l$$

$$\sum M_B = 2 \cdot P \cdot l + 4 \cdot P \cdot l + 6 \cdot P \cdot l = 12 \cdot P \cdot l$$

$$\sum M_C = 5 \cdot P \cdot l + 7 \cdot P \cdot l = 12 \cdot P \cdot l$$

Значення результуючого моменту по кожній фазі:

										ДП 141 2024	Арк.
											45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$\Sigma M = \Sigma M_A = \Sigma M_B = \Sigma M_C = 12 \cdot P \cdot l = 12 \cdot 0,7 \cdot 9 = 75,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Навантаження вирівняне по фазах

Сума моментів по фазах (2 зона):

$$\Sigma M_A = P \cdot l + 6 \cdot P \cdot l = 7 \cdot P \cdot l$$

$$\Sigma M_B = 2 \cdot P \cdot l + 5 \cdot P \cdot l = 7 \cdot P \cdot l$$

$$\Sigma M_C = 3 \cdot P \cdot l + 4 \cdot P \cdot l = 7 \cdot P \cdot l$$

Значення результуючого моменту по кожній фазі:

$$\Sigma M = \Sigma M_A = \Sigma M_B = \Sigma M_C = 7 \cdot P \cdot l = 7 \cdot 0,5 \cdot 8 = 28 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Навантаження вирівняне по фазах:

Розрахунок освітлювальної мережі проводимо по втраті напруги. Втрата напруги залежить від потужності трансформатора (допустимій втраті напруги) і від його завантаження. Звідки $\Delta U_{\text{доп}} = 5,8 \%$.

При заданих номінальній напрузі мережі й матеріалі провідника втрати напруги на кожній ділянці освітлювальної мережі визначаються по формулі, %:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{M}{C \cdot S};$$

звідки можна виразити;

$$S = \frac{M}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}};$$

де $M = P \cdot l$ – момент навантаження на кожній ділянці, кВт · м;

C – коефіцієнт, значення якого залежить від напруги й матеріалу провідника;

S – мінімальний переріз провідника мм².

Розглянемо приміщення зони №1, тобто один кабель живить ряд, у кожному ряді по 8 світильників.

Параметри для розрахунків: відстань між лампами – $l = 9$ м; потужність світильника (лампи) – $P = 700$ Вт; відстань до світильників $l_0 = 20,6$ м.

Виходячи з рис. 3.2, визначимо момент навантаження по формулі, кВт · м:

$$M = n \cdot P \cdot \left[l_0 + \frac{l \cdot (n-1)}{2} \right];$$

де $n = 8$ – кількість світильників;

$$M = 8 \cdot 0,7 \cdot \left[20,6 + \frac{9 \cdot (8-1)}{2} \right] = 291,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

По формулі визначимо розрахунковий переріз проводу, мм²:

$$S_p = \frac{422,8}{44 \cdot 5,8} = 1,7;$$

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							46
ДП 141 2024											

звідки приймаємо кабель марки АВВГ перерізом $S = 4 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

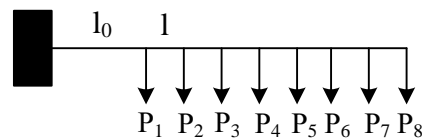


Рис. 3.3. Схема живлення ряду світильників 1 зони

Тоді дійсна втрата напруги, яку визначимо по формулі буде рівна, %:

$$\Delta U = \frac{291,8}{44 \cdot 2,5} = 2,65.$$

Одержали що втрата напруги менше допустимої виходить, умова перевірки виконується.

Розрахунок освітлювальної мережі для інших ділянок проводиться аналогічно, отримані значення розрахунків зведемо в табл. 2.10.

Розрахункове навантаження освітлювальної мережі визначається по формулі, кВт:

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

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

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту;

$K_{ПРА}$ – коефіцієнт пускорегулюючої апаратури, $K_{ПРА} = 1,1$ – для ламп типів ДРЛ і ДРИ; $K_{ПРА} = 1,2$ – для люмінесцентних ламп із стартерними схемами включення, $K_{ПРА} = 1,3 \div 1,35$ – для люмінесцентних ламп із безстартерними схемами включення.

Нагрівання провідників викликається проходженням по них струму $I_{p.o.}$, значення якого при рівномірному навантаженні фаз, для однофазної мережі визначається по формулі, А:

$$I_{p.o.} = \frac{P_{p.o.}}{U_{\phi} \cdot \cos\varphi};$$

де $U_{\phi} = 0,4 \text{ кВ}$ – номінальна фазна напруга мережі;

										Арк.
										47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

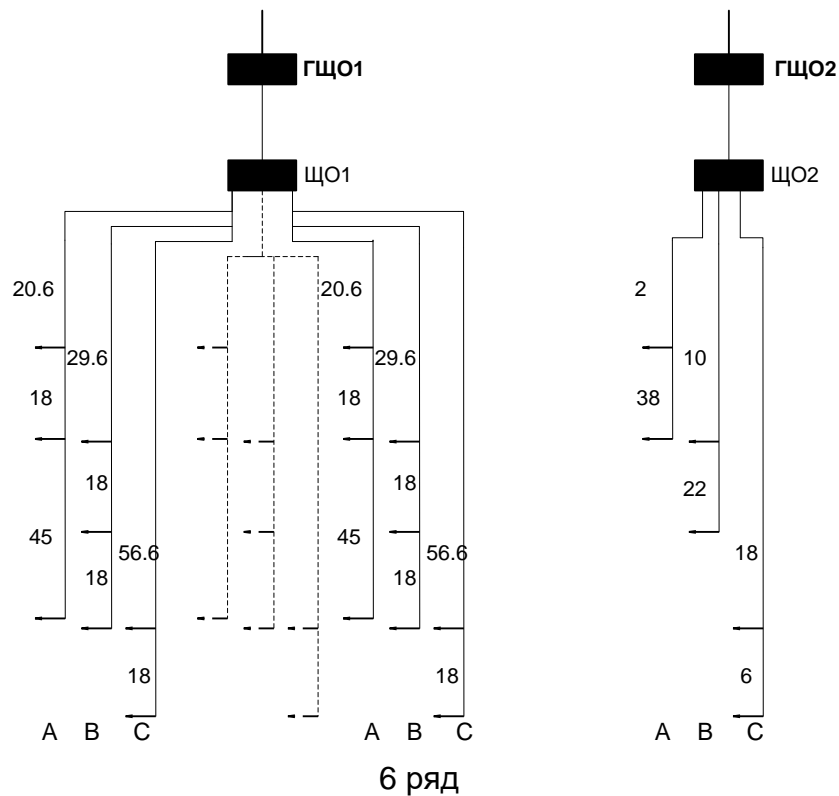


Рис. 3.4. Схема розподілу довжин ліній до світильників

Таблиця 3.2 Розрахунок освітлювальної мережі

Ділянка	$\Delta U_{\text{доп}}$, %	ΣM , кВт · год	S_p , мм ²	S , мм ²	ΔU , %
ЗОНА 1					
Ряд 1	5,8	291,76	1,1433	2,5	2,65
Ряд 2	5,8	249,2	0,9765	2,5	2,27
Ряд 3	5,8	212,8	0,8339	2,5	1,93
Ряд 4	5,8	212,8	0,8339	2,5	1,93
Ряд 5	5,8	249,2	0,9765	2,5	2,27
Ряд 6	5,8	291,76	1,1433	2,5	2,65
ЩО 1	5,8	1508	5,9072	10	3,43
ГЩО1	5,8	1508	5,9072	10	3,43
ЗОНА 2					
Ряд 1	5,8	14,25	0,0558	2,5	0,13
ЩО 2	5,8	14,25	0,0558	2,5	0,13
ГЩО2	5,8	14,25	0,0558	2,5	0,13

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

48

Визначимо переріз кабелю від щита висвітлення (ЩО) до ГЩО, а також виберемо комутаційну апаратуру:

ЩО1:

Активне розрахункове навантаження ламп ДРЛ:

$$P_{PO} = P_l \cdot N \cdot k_c \cdot k_{ПРА} = 0,7 \cdot 48 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 33,3 \text{ кВт};$$

Реактивна складова:

$$Q_{PO} = P_{PO} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) = 33,3 \cdot 1,02 = 34 \text{ кВАр}$$

Повна потужність:

$$S = \sqrt{P_{PO}^2 + Q_{PO}^2} = \sqrt{33,3^2 + 34^2} = 47,6 \text{ кВА};$$

Визначимо максимальний розрахунковий струм по формулі:

$$I_{po} = \frac{33,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,7} = 68,7 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель АВВГ $4 \times 10 \text{ мм}^2$, перевіримо його по втратах:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{S \cdot K_c} = \frac{33,3 \cdot 2}{10 \cdot 44} = 0,15 \text{ \%}.$$

Для живлення групи вибираємо ОЩ типу ОЩВ-6, оснащений автоматичним вимикачем ВА51-35 $I_{ном}=100 \text{ А}$.

ЩО2

Активне розрахункове навантаження ламп ДРЛ:

$$P_{PO} = P_l \cdot N \cdot k_c \cdot k_{ПРА} = 0,5 \cdot 6 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 2,97 \text{ кВт};$$

Реактивна складова:

$$Q_{PO} = P_{PO} \cdot \operatorname{tg}(\varphi) = 2,97 \cdot 1,02 = 3 \text{ кВАр}$$

Повна потужність:

$$S = \sqrt{P_{PO}^2 + Q_{PO}^2} = \sqrt{2,97^2 + 3^2} = 4,2 \text{ кВА};$$

Визначимо максимальний розрахунковий струм по формулі:

$$I_{po} = \frac{2,97}{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 4,9 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель АВВГ $4 \times 2,5 \text{ мм}^2$, перевіримо його по втратах:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{S \cdot K_c} = \frac{2,97 \cdot 2}{2,5 \cdot 44} = 0,05 \text{ \%}.$$

Для живлення групи вибираємо ОЩ типу ОЩВ-6, оснащений автоматичним вимикачем ВА51-25 $I_{ном}=25 \text{ А}$.

Так як мережі освітлення є протяжними й з малими перерізами, звідки великий опір, а отже малий струм К.З., тому комутаційну апаратуру на стійкість перевіряти не будемо.

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

3.3. Розрахунок освітлювальної мережі аварійного освітлення

Для аварійного освітлення розрахунок аналогічний:

Схема електропостачання освітлювальних установок.

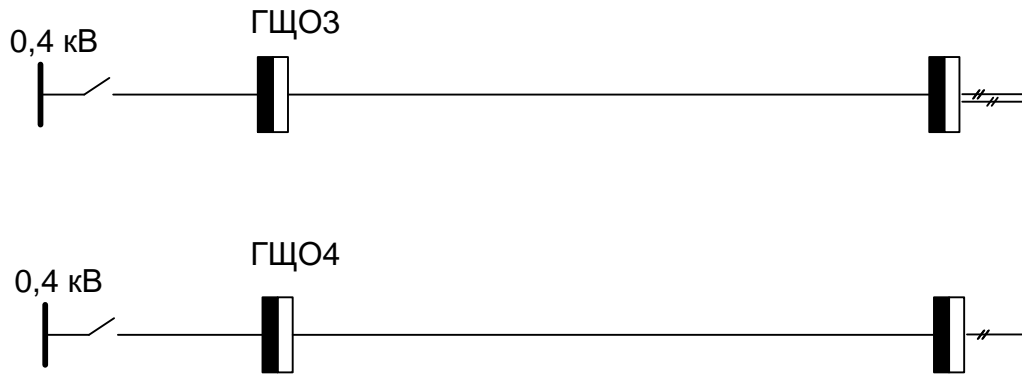


Рис. 3.5 Схема електропостачання аварійного освітлення

Розподіл по фазах:

1 зона - 3ряди по 4 світильника в кожному і 1 ряд 2 світильники: в-а-в

2 зона - 1ряд із 2 світильниками: А-В-З-З-В- А

Таблиця 3.3 Розрахунок аварійної мережі освітлення

Ділянка	$\Delta U_{доп},$ %	$\Sigma M,$ кВт · год	$S_p,$ мм ²	$S,$ мм ²	$\Delta U,$ %
ЗОНА1					
Ряд 1	5,8	193,5	0,7582	2,5	1,76
Ряд 2	5,8	193,5	0,7582	2,5	1,76
ЩО 3	5,8	387	1,5165	2,5	3,52
ГЩОЗ	5,8	387	1,5165	2,5	3,52
ЗОНА 2					
Ряд 1	5,8	13,95	0,0547	2,5	0,13
ЩО 4	5,8	13,95	0,0547	2,5	0,13
ГЩО4	5,8	13,95	0,0547	2,5	0,13

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

50

ЩОЗ

Активне розрахункове навантаження ламп ДРЛ:

$$P_{PO} = 6,84 \text{ кВт};$$

Визначимо максимальний розрахунковий струм по формулі:

$$I_{po} = \frac{6,84}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 9,87 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель АВВГ 4×2,5 мм², перевіримо його по втратах:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{S \cdot K_c} = \frac{6,84 \cdot 2}{2,5 \cdot 44} = 0,12 \text{ \%}.$$

Для живлення групи вибираємо ОЩ типу ОЩВ-6, оснащений автоматичним вимикачем ВА51-25 I_{ном}=25А.

ЩО4

Активне розрахункове навантаження ламп:

$$P_{PO} = 0,57 \text{ кВт};$$

Визначимо максимальний розрахунковий струм по формулі:

$$I_{po} = \frac{0,57}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 0,85 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель АВВГ 4×2 мм², перевіримо його по втратах:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{S \cdot K_c} = \frac{0,57 \cdot 2}{2,5 \cdot 44} = 0,01 \text{ \%}.$$

Для живлення групи вибираємо ОЩ типу ОЩВ-6, оснащений автоматичним вимикачем ВА51-25 I_{ном}=25А.

У наслідку того, що мережі освітлення є протяжними й з малими перерізами, звідки великий опір, а отже малий струм К.З., тому комутаційну апаратуру на стійкість перевіряти не будемо.

Перевірку за допустимим струмом роботи не будемо у вигляді малих значень струмів.

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

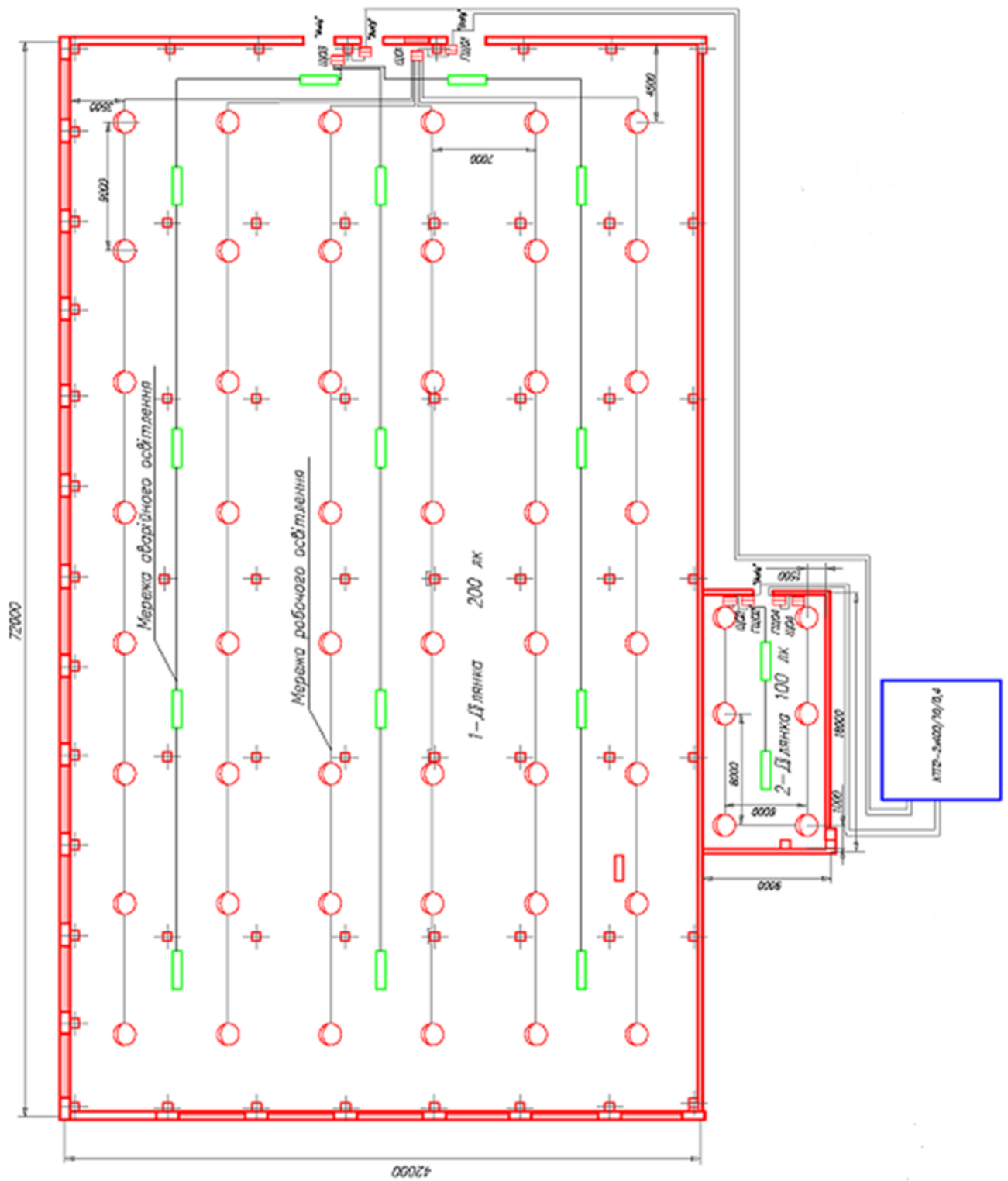


Рис. 3.7. План електромережі освітлення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

52

4. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВАРІАНТІВ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

4.1. Вибір марок розподільних пунктів

Для приймання і розподілу електроенергії до груп споживачів трифазного змінного струму промислової частоти напругою 380 В застосовують силові розподільні пункти.

СП вибираються з урахуванням умов повітря робочої зони, числа приєднань приймачів до силового пункту і їх розрахункового навантаження, визначеного по методу впорядкованих діаграм.

$$I_p \leq I_{ном},$$

де $I_{ном}$ - номінальний струм розподільного пункту, А;

I_p - розрахунковий струм, А.

У якості силових пунктів вибираємо шафи серії ПР8804. Шафи мають на ввіді рубильник, а на виводах - вимикачі.

Основні технічні параметри шаф:

Номінальна напруга: До 660В

Номінальний струм: До 630А

Частота: 50 Гц

Таблиця 4.1. Перший варіант схеми електропостачання

Позначення	Марка	IP, А	I _н , А	необх. ч.зап.	ном. ч. зап.
СП1	ПР-8804-1006	55,2	63	8	8
СП2	ПР-8804-1001	166	200	8	8
СП3	ПР-8804-1003	104	125	8	8
СП4	ПР-8804-1002	128	160	8	8
СП5	ПР-8804-1004	95,3	100	8	8
СП6	ПР-8804-1006	50,5	63	8	8
СП7	ПР-8804-1001	191	200	8	8
СП8	ПР11-1098-21 В3	275	400	8	8

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебук Д.Д.			4.Розрахунок параметрів варіантів схем електропостачання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко					54	13
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Від СП2 до №16	34,09	38	10	АВВГ 4×10
Від СП2 до №19	12,78	16	2,5	АВВГ 4×2,5
Від СП2 до №20	19,18	21	4	АВВГ 4×4
Від СП3 до №7	4,688	21	4	АВВГ 4×4
Від СП3 до №8	3,196	21	4	АВВГ 4×4
Від СП3 до №10	31,96	38	10	АВВГ 4×10
Від СП3 до №11	12,78	21	4	АВВГ 4×4
Від СП3 до №12	12,78	21	4	АВВГ 4×4
Від СП3 до №13	17,05	21	4	АВВГ 4×4
Від СП3 до №14	12,78	21	4	АВВГ 4×4
Від СП4 до №2	4,688	21	4	АВВГ 4×4
Від СП4 до №3	0,767	21	4	АВВГ 4×4
Від СП4 до №4	3,196	21	4	АВВГ 4×4
Від СП4 до №9	31,96	38	10	АВВГ 4×10
Від СП4 до №15	4,261	21	4	АВВГ 4×4
Від СП4 до №23, 26	9,375	21	4	АВВГ 4×4
Від СП4 до №24	6,392	21	4	АВВГ 4×4
Від СП5 до №33	6,392	21	4	АВВГ 4×4
Від СП5 до №22	34,09	38	10	АВВГ 4×10
Від СП5 до №32	7,244	21	4	АВВГ 4×4
Від СП5 до №42, 43, 44, 45, 46	6,392	21	4	АВВГ 4×4
Шлейф від №32 до №21	0,852	21	4	АВВГ 4×4
Від СП6 до №25	6,392	21	4	АВВГ 4×4
Від СП6 до №27	9,375	21	4	АВВГ 4×4
Від СП6 до №37, 38, 39, 40, 41	6,392	21	4	АВВГ 4×4
Від СП6 до №48	51,14	54	16	АВВГ 4×16
Від СП7 до №51, 52	21,82	26	6	АВВГ 4×6
Від СП7 до №53	55,79	66	25	АВВГ 4×25
Від СП7 до №54	22,31	26	6	АВВГ 4×6
Від СП7 до №55	11,16	21	4	АВВГ 4×4
Від СП7 до №56, 57	16,36	21	4	АВВГ 4×4
Від СП7 до №64	16,36	21	4	АВВГ 4×4
Від СП8 до №49, 50	60	21	4	АВВГ 4×4
Від СП8 до №58, 59	38,18	54	16	АВВГ 4×16
Від СП8 до №60, 61	27,27	38	10	АВВГ 4×10
Від СП8 до №62, 63	40,91	54	16	АВВГ 4×16
Від СП1 до ЦТП	141,4	165	95	АВВГ 4×95
Від СП2 до ЦТП	101,1	104	50	АВВГ 4×50
Від СП3 до ЦТП	101,3	104	50	АВВГ 4×50
Від СП4 до ЦТП	71,3	77	35	АВВГ 4×35
Від СП5 до ЦТП	81,6	104	50	АВВГ 4×50

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

56

Від СП6 до ЦТП	102,8	104	50	АВВГ 4×50
Від СП7 до ЦТП	154,6	165	95	АВВГ 4×95
Від СП8 до ЦТП	310,3	340	150	АВВГ 4×150

Вибір автоматичних вимикачів робимо по наступних умовах:

а) по номінальній напрузі $U_a \geq U_{\text{ном.мер}}$,

де U_a - номінальна напруга автомата, В.

б) по номінальному струму: $I_{\text{ном.а}} \geq I_p$,

де $I_{\text{ном.а}}$ - номінальний струм автомата, А.

в) по номінальному струму теплового розчеплювача: $I_{\text{ном.то}} \geq K_n \cdot I_p$,

де $I_{\text{ном.тр.}}$ - номінальний струм спрацьовування струмового відсічення, А;

$K_n = 1,1$ – коефіцієнт надійності.

г) переріз проводу визначаємо по формулах: $I_{\text{пр}} \geq I_p$,

$$I_{\text{пр}} \geq K_3 \cdot I_3 = K_3 \cdot I_{\text{ном.то}},$$

де $K_3 = 0,66$ – поправочний коефіцієнт захисту;

I_3 – струм спрацьовування захисту, А;

$I_{\text{ном.тр.}}$ - номінальний струм спрацьовування струмового відсічення, А.

Апаратура захисту для окремо взятого електроприймача не залежить від схеми електропостачання, тому її можна вибирати без варіантів. Результати вибору автоматів для захисту окремих електроприймачів у табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Вибір автоматичних вимикачів

№ ЕП	Im1, А	Iпуск, А	Тип автоматичного вимикача	Iном. розч., А	Iном. авт., А
1	4,70	14,10	ВА-5125	10	25
2	4,70	14,10	ВА-5125	10	25
3	0,77	2,31	ВА-5125	10	25
4	3,20	9,61	ВА-5125	10	25
5	2,35	7,05	ВА-5125	10	25
6	22,08	66,23	ВА-5131	25	100
7	4,70	14,10	ВА-5125	10	25
8	3,20	9,61	ВА-5125	10	25
9	32,05	96,15	ВА-5131	40	100
10	32,05	96,15	ВА-5131	40	100
11	12,82	38,46	ВА-5131	20	100
12	12,82	38,46	ВА-5131	20	100
13	17,09	51,28	ВА-5131	20	100
14	12,82	38,46	ВА-5131	20	100
15	4,27	12,82	ВА-5125	10	25
16	34,19	102,56	ВА-5131	40	100

17	4,70	14,10	BA-5125	10	25
18	29,91	89,74	BA-5131	31	100
19	12,82	38,46	BA-5131	20	100
20	19,23	57,69	BA-5131	20	100
21	0,85	2,56	BA-5125	10	25
22	34,19	102,56	BA-5131	40	100
23	9,40	28,20	BA-5131	20	100
24	6,41	19,23	BA-5125	10	25
25	6,41	19,23	BA-5125	10	25
26	9,40	28,20	BA-5131	20	100
27	9,40	28,20	BA-5131	20	100
28	4,70	14,10	BA-5125	10	25
29	3,12	9,36	BA-5125	10	25
30	6,41	19,23	BA-5125	10	25
31	6,41	19,23	BA-5125	10	25
32	6,41	19,23	BA-5125	10	25
33	6,41	19,23	BA-5125	10	25
34	7,69	23,08	BA-5125	10	25
35	6,41	19,23	BA-5125	10	25
36	9,40	28,20	BA-5131	20	100
37	6,41	19,23	BA-5125	10	25
38	6,41	19,23	BA-5125	10	25
39	6,41	19,23	BA-5125	10	25
40	6,41	19,23	BA-5125	10	25
41	6,41	19,23	BA-5125	10	25
42	6,41	19,23	BA-5125	10	25
43	6,41	19,23	BA-5125	10	25
44	6,41	19,23	BA-5125	10	25
45	6,41	19,23	BA-5125	10	25
46	6,41	19,23	BA-5125	10	25
47	59,82	179,47	BA-5135	80	250
48	51,28	153,83	BA-5135	80	250
49	60,11	180,33	BA-5135	80	250
50	60,11	180,33	BA-5135	80	250
51	21,86	65,57	BA-5131	40	100
52	21,86	65,57	BA-5131	40	100
53	55,98	167,94	BA-5135	80	250
54	22,39	67,17	BA-5131	40	100
55	11,20	33,59	BA-5131	20	100
56	16,39	49,18	BA-5131	20	100
57	16,39	49,18	BA-5131	20	100
58	38,25	114,75	BA-5135	80	250
59	38,25	114,75	BA-5135	80	250
60	27,32	81,97	BA-5131	40	100

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

58

61	27,32	81,97	ВА-5131	40	100
62	40,98	122,95	ВА-5135	80	250
63	40,98	122,95	ВА-5135	80	250
64	16,39	49,18	ВА-5131	20	100

Таблиця 4.5. Вибір автоматів для СП (1 варіант)

Розташування кабелю	I_p , А	Тип автоматичного вимикача	Іном. авт., А
Від СП1 до ЦТП	55,2	ВА-5133	80
Від СП2 до ЦТП	166	ВА-5135	200
Від СП3 до ЦТП	104	ВА-5131	125
Від СП4 до ЦТП	128	ВА-5133	160
Від СП5 до ЦТП	95,3	ВА-5131	100
Від СП6 до ЦТП	50,5	ВА-5131	80
Від СП7 до ЦТП	191	ВА-5133	200
Від СП8 до ЦТП	275	ВА-5131	320

Таблиця 4.6. Вибір автоматів для СП (2 варіант)

Розташування кабелю	I_p , А	Тип автоматичного вимикача	Іном. авт., А
Від СП1 до ЦТП	141,4	ВА-5135	160
Від СП2 до ЦТП	101,1	ВА-5135	125
Від СП3 до ЦТП	101,3	ВА-5135	125
Від СП4 до ЦТП	71,3	ВА-5135	80
Від СП5 до ЦТП	81,6	ВА-5135	100
Від СП6 до ЦТП	102,8	ВА-5135	125
Від СП7 до ЦТП	154,6	ВА-5135	160
Від СП8 до ЦТП	310,3	ВА-5135	320

4.3. Розрахунок втрат активної та реактивної потужності й напруги в цеховій розподільній мережі

Втрати потужності й напруги в розподільній мережі складаються із втрат у кабелях і шинопроводах.

Втрати напруги в цеховій розподільній мережі знаходимо по формулі:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{p.\max} \cdot l \cdot (r_{y\delta} \cdot \cos \varphi + x_{y\delta} \cdot \sin \varphi) \cdot 10^{-3}$$

Втрати напруги у відсотках:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

Втрати потужності в кабельній лінії або в шинопроводі, кВт, знаходимо по формулі:

$$\Delta P = 3 \cdot I_{p.\max}^2 \cdot l \cdot r_{y\delta} \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_{p.\max}^2 \cdot l \cdot x_{y\delta} \cdot 10^{-6},$$

де $I_{p.\max}$ - максимальний розрахунковий струм, А;

l - довжина кабельної лінії або шинопровода, км;

$r_{y\delta}, x_{y\delta}$ - питомий опір кабельної лінії або шинопровода, Ом/км;

$\cos \varphi$ і $\sin \varphi$ відповідають коефіцієнту потужності ($\text{tg} \varphi$) наприкінці лінії.

Втрати напруги для першого варіанта на ЕП складаються із втрат у кабельній лінії до СП і втрат у кабельній лінії від СП до шин підстанції.

Розрахунки спадань напруги й втрат потужності для інших кабельних ліній електроприймачів і силових пунктів виконується аналогічно, результати розрахунків для 1 і 2 варіантів зведемо в таблиці 4.7. і 4.8.

Таблиця 4.7. Розрахунок першого варіанта

№ ЕП/СП	Іроб, А	L, м	F, мм ²	cos φ	sin φ	Г _{пит} , Ом/км	Х _{пит} , Ом/км	ΔU, В	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔQ, кВАр
Від СП1 до №18	29,83	10	6,00	0,31	0,95	3,12	0,10	0,33	0,09	0,0500	0,0016
Від СП1 до №30	6,392	4	2,10	0,60	0,80	7,81	0,11	0,11	0,03	0,0020	0,0000
Від СП1 до №31	6,392	4	5,40	0,60	0,80	7,81	0,11	0,29	0,08	0,0052	0,0001
Від СП1 до №17	4,688	4	3,90	0,60	0,80	7,81	0,11	0,15	0,04	0,0020	0,0000
Від СП1 до №47	59,66	25	12,00	0,55	0,83	1,25	0,09	0,95	0,25	0,1602	0,0117
Від СП1 до №1	4,688	4	9,60	0,60	0,80	7,81	0,11	0,37	0,10	0,0049	0,0001
Від СП1 до №5	2,344	4	10,80	0,60	0,80	7,81	0,11	0,21	0,06	0,0014	0,0000
Від СП1 до №6	22,02	6	15,30	0,60	0,80	3,07	0,09	1,12	0,29	0,0683	0,0020

Від СП2 до №28	4,688	4	11,4 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,44	0,12	0,0059	0,0001
Від СП2 до №29	3,111	4	11,4 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,29	0,08	0,0026	0,0000
Від СП2 до №35	6,392	4	10,5 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,55	0,15	0,0101	0,0001
Від СП2 до №36	9,375	4	3,00	0,60	0,80	7,81	0,11	0,23	0,06	0,0062	0,0001
Від СП2 до №34	7,67	4	17,1 0	0,60	0,80	7,81	0,11	1,08	0,29	0,0236	0,0003
Від СП2 до №16	34,09	10	13,5 0	0,31	0,95	3,12	0,10	0,85	0,22	0,1468	0,0047
Від СП2 до №19	12,78	4	14,1 0	0,60	0,80	7,81	0,11	1,49	0,39	0,0540	0,0007
Від СП2 до №20	19,18	4	20,4 0	0,60	0,80	7,81	0,11	3,23	0,85	0,1758	0,0024
Від СП3 до №7	4,688	4	7,50	0,60	0,80	7,81	0,11	0,29	0,08	0,0039	0,0001
Від СП3 до №8	3,196	4	3,60	0,60	0,80	7,81	0,11	0,10	0,03	0,0009	0,0000
Від СП3 до №10	31,96	10	1,50	0,31	0,95	3,12	0,10	0,09	0,02	0,0143	0,0005
Від СП3 до №11	12,78	4	3,00	0,60	0,80	7,81	0,11	0,32	0,08	0,0115	0,0002
Від СП3 до №12	12,78	4	4,20	0,60	0,80	7,81	0,11	0,44	0,12	0,0161	0,0002
Від СП3 до №13	17,05	4	5,10	0,60	0,80	7,81	0,11	0,72	0,19	0,0347	0,0005
Від СП3 до №14	12,78	4	6,90	0,60	0,80	7,81	0,11	0,73	0,19	0,0264	0,0004
Від СП4 до №2	4,688	4	6,00	0,60	0,80	7,81	0,11	0,23	0,06	0,0031	0,0000
Від СП4 до №3	0,767	4	9,00	0,60	0,80	7,81	0,11	0,06	0,02	0,0001	0,0000
Від СП4 до №4	3,196	4	7,50	0,60	0,80	7,81	0,11	0,20	0,05	0,0018	0,0000
Від СП4 до №9	31,96	10	5,10	0,31	0,95	3,12	0,10	0,30	0,08	0,0488	0,0015
Від СП4 до №15	4,261	4	11,1 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,39	0,10	0,0047	0,0001
Від СП4 до № 23	9,375	4	3,30	0,60	0,80	7,81	0,11	0,26	0,07	0,0068	0,0001
Від СП4 до №26	9,375	4	11,1 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,86	0,23	0,0229	0,0003
Від СП4 до №24	6,392	4	14,4 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,76	0,20	0,0138	0,0002
Від СП5 до №33	6,392	4	6,60	0,60	0,80	7,81	0,11	0,35	0,09	0,0063	0,0001
Від СП5 до №22	34,09	10	4,20	0,31	0,95	3,12	0,10	0,26	0,07	0,0457	0,0014
Від СП5 до №32	7,244	4	18,9 0	0,60	0,80	7,81	0,11	1,13	0,30	0,0232	0,0003
Від СП5 до №42	6,392	4	12,9 0	0,60	0,80	7,81	0,11	0,68	0,18	0,0123	0,0002

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

61

Від СП5 до №43	6,392	4	1,50	0,60	0,80	7,81	0,11	0,08	0,02	0,0014	0,0000
Від СП5 до №44	6,392	4	24,60	0,60	0,80	7,81	0,11	1,30	0,34	0,0235	0,0003
Від СП5 до №45	6,392	4	26,70	0,60	0,80	7,81	0,11	1,41	0,37	0,0256	0,0004
Від СП5 до №46	6,392	4	29,70	0,60	0,80	7,81	0,11	1,57	0,41	0,0284	0,0004
Шлейф від №32 до №21	0,852	4	1,50	0,60	0,80	7,81	0,11	0,01	0,00	0,0000	0,0000
Від СП6 до №25	6,392	4	9,00	0,60	0,80	7,81	0,11	0,48	0,13	0,0086	0,0001
Від СП6 до №27	9,375	4	20,70	0,60	0,80	7,81	0,11	1,60	0,42	0,0426	0,0006
Від СП6 до №37	6,392	4	26,40	0,60	0,80	7,81	0,11	1,39	0,37	0,0253	0,0003
Від СП6 до №38	6,392	4	28,20	0,60	0,80	7,81	0,11	1,49	0,39	0,0270	0,0004
Від СП6 до №39	6,392	4	31,20	0,60	0,80	7,81	0,11	1,65	0,43	0,0299	0,0004
Від СП6 до №40	6,392	4	3,90	0,60	0,80	7,81	0,11	0,21	0,05	0,0037	0,0001
Від СП6 до №41	6,392	4	10,50	0,60	0,80	7,81	0,11	0,55	0,15	0,0101	0,0001
Від СП6 до №48	51,14	16	14,70	0,55	0,83	1,95	0,10	1,50	0,39	0,2249	0,0110
Від СП7 до №51	21,82	6	15,00	0,60	0,80	3,07	0,09	1,09	0,29	0,0658	0,0019
Від СП7 до №52	21,82	6	16,50	0,60	0,80	3,07	0,09	1,19	0,31	0,0724	0,0021
Від СП7 до №53	55,79	25	4,80	0,55	0,83	1,25	0,09	0,35	0,09	0,0560	0,0041
Від СП7 до №54	22,31	6	7,20	0,60	0,80	3,07	0,09	0,53	0,14	0,0330	0,0010
Від СП7 до №55	11,16	4	9,60	0,60	0,80	7,81	0,11	0,89	0,23	0,0280	0,0004
Від СП7 до №56	16,36	4	10,50	0,60	0,80	7,81	0,11	1,42	0,37	0,0658	0,0009
Від СП7 до №57	16,36	4	12,00	0,60	0,80	7,81	0,11	1,62	0,43	0,0753	0,0010
Від СП7 до №64	16,36	4	2,40	0,60	0,80	7,81	0,11	0,32	0,09	0,0151	0,0002
Від СП8 до №49	60	4	2,40	0,60	0,80	7,81	0,11	1,19	0,31	0,2024	0,0028
Від СП8 до №50	60	4	3,30	0,60	0,80	7,81	0,11	1,64	0,43	0,2783	0,0038
Від СП8 до №58	38,18	16	9,60	0,55	0,83	1,95	0,10	0,73	0,19	0,0819	0,0040
Від СП8 до №59	38,18	16	12,00	0,55	0,83	1,95	0,10	0,91	0,24	0,1023	0,0050
Від СП8 до №60	27,27	10	4,80	0,31	0,95	3,12	0,10	0,24	0,06	0,0334	0,0011

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

62

Від СП8 до №61	27,27	10	6,00	0,31	0,95	3,12	0,10	0,30	0,08	0,0418	0,0013
Від СП8 до №62	40,91	16	15,6 0	0,55	0,83	1,95	0,10	1,27	0,33	0,1527	0,0074
Від СП8 до №63	40,91	16	16,8 0	0,55	0,83	1,95	0,10	1,37	0,36	0,1645	0,0080
Від СП1 до ЦТП	141,4	95	49,0 0	0,65	0,76	0,326	0,06	3,09	0,81	0,9582	0,1769
Від СП2 до ЦТП	101,1	50	71,5	0,67	0,74	0,37	0,063	3,68	0,97	0,8112	0,1370
Від СП3 до ЦТП	101,3	50	59,5	0,67	0,74	0,37	0,063	3,07	0,81	0,6777	0,1145
Від СП4 до ЦТП	71,3	35	73,0 0	0,69	0,72	0,52	0,064	3,65	0,96	0,5789	0,0709
Від СП5 до ЦТП	81,6	50	100	0,67	0,74	0,37	0,063	4,16	1,09	0,7391	0,1248
Від СП6 до ЦТП	102,8	50	89,5 0	0,67	0,74	0,37	0,063	4,69	1,23	1,0499	0,1773
Від СП7 до ЦТП	154,6	95	20,6	0,65	0,76	0,326	0,06	20,6	16,6	1,42	0,37
Від СП8 до ЦТП	310,3	15 0	16,6	0,72	0,76	0,305	0,068	0,48	0,08 9	2,38	0,63
Разом по СП								26,1	6,87	6,759	1,22

					ДП 141 2024					Арк.
										63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 4.8. Розрахунок другого варіанта

№ ЕП/СП	Іроб, А	L, м	F, мм ²	cos φ	sin φ	Г _{пит} , Ом/км	Х _{пит} , Ом/км	ΔU, В	ΔU, %	ΔP, кВт	ΔQ, кВАр
Від СП1 до №1	4,69	4	9,6	0,60	0,80	7,81	0,11	0,37	0,10	0,0049	0,0001
Від СП1 до №3	0,77	4	7,8	0,60	0,80	7,81	0,11	0,05	0,01	0,0001	0,0000
Від СП1 до №4	3,2	4	8,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,22	0,06	0,0020	0,0000
Від СП1 до №5	2,34	4	9	0,60	0,80	7,81	0,11	0,17	0,05	0,0012	0,0000
Від СП1 до №6	22	6	4,5	0,60	0,80	3,07	0,09	0,33	0,09	0,0201	0,0006
Від СП1 до №15	4,26	4	4,2	0,60	0,80	7,81	0,11	0,15	0,04	0,0018	0,0000
Від СП1 до №26	9,38	4	3,9	0,60	0,80	7,81	0,11	0,30	0,08	0,0080	0,0001
Від СП1 до №30	6,39	4	6,9	0,60	0,80	7,81	0,11	0,36	0,10	0,0066	0,0001
Від СП2 до №16	34,1	10	13,5	0,31	0,95	3,12	0,10	0,85	0,22	0,1469	0,0047
Від СП2 до №18	29,8	10	15,9	0,31	0,95	3,12	0,10	0,87	0,23	0,1322	0,0042
Від СП2 до №19	12,8	4	14,1	0,60	0,80	7,81	0,11	1,49	0,39	0,0541	0,0007
Від СП2 до №28	4,69	4	11,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,44	0,12	0,0059	0,0001
Від СП2 до №29	3,11	4	11,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,29	0,08	0,0026	0,0000
Від СП2 до №31	6,39	4	20,4	0,60	0,80	7,81	0,11	1,08	0,28	0,0195	0,0003
Від СП2 до №36	9,38	4	1,8	0,60	0,80	7,81	0,11	0,14	0,04	0,0037	0,0001
Від СП2 до №47	59,7	25	10,5	0,55	0,83	1,25	0,09	0,83	0,22	0,1403	0,0102
Від СП3 до №7	4,688	4	7,5	0,60	0,80	7,81	0,11	0,29	0,08	0,0039	0,0001
Від СП3 до №8	3,196	4	3,6	0,60	0,80	7,81	0,11	0,10	0,03	0,0009	0,0000
Від СП3 до №10	31,96	10	1,5	0,31	0,95	3,12	0,10	0,09	0,02	0,0143	0,0005
Від СП3 до №11	12,78	4	3	0,60	0,80	7,81	0,11	0,32	0,08	0,0115	0,0002
Від СП3 до №12	12,78	4	4,2	0,60	0,80	7,81	0,11	0,44	0,12	0,0161	0,0002
Від СП3 до №13	17,05	4	5,1	0,60	0,80	7,81	0,11	0,72	0,19	0,0347	0,0005
Від СП3 до №14	12,78	4	6,9	0,60	0,80	7,81	0,11	0,73	0,19	0,0264	0,0004
Від СП3 до №17	4,69	4	11,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,44	0,12	0,0059	0,0001
Від СП4 до №2	4,69	4	18	0,60	0,80	7,81	0,11	0,70	0,18	0,0093	0,0001
Від СП4 до №9	32	10	18,9	0,31	0,95	3,12	0,10	1,11	0,29	0,1811	0,0057

Арк.

ДП 141 2024

64

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Від СП4 до №23	9,38	4	17,7	0,60	0,80	7,81	0,11	1,37	0,36	0,0365	0,0005
Від СП4 до №24	6,39	4	5,7	0,60	0,80	7,81	0,11	0,30	0,08	0,0055	0,0001
Від СП4 до №25	6,39	4	19,8	0,60	0,80	7,81	0,11	1,05	0,28	0,0189	0,0003
Від СП4 до №40	6,39	4	16,8	0,60	0,80	7,81	0,11	0,89	0,23	0,0161	0,0002
Від СП4 до №41	6,39	4	10,8	0,60	0,80	7,81	0,11	0,57	0,15	0,0103	0,0001
Від СП4 до №48	51,1	16	14,4	0,55	0,83	1,95	0,10	1,47	0,39	0,2200	0,0107
Від СП5 до №20	19,2	4	4,5	0,60	0,80	7,81	0,11	0,71	0,19	0,0389	0,0005
Від СП5 до №22	34,1	10	4,2	0,31	0,95	3,12	0,10	0,26	0,07	0,0457	0,0015
Від СП5 до №32	6,39	4	18,9	0,60	0,80	7,81	0,11	1,00	0,26	0,0181	0,0002
Від СП5 до №33	6,39	4	6,6	0,60	0,80	7,81	0,11	0,35	0,09	0,0063	0,0001
Від СП5 до №34	6,39	4	14,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,76	0,20	0,0138	0,0002
Від СП5 до №35	6,39	4	18,9	0,60	0,80	7,81	0,11	1,00	0,26	0,0181	0,0002
Від СП5 до №42	6,39	4	12,9	0,60	0,80	7,81	0,11	0,68	0,18	0,0123	0,0002
Від СП5 до №43	6,39	4	1,5	0,60	0,80	7,81	0,11	0,08	0,02	0,0014	0,0000
Від СП6 до №21	0,85	4	23,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,16	0,04	0,0004	0,0000
Від СП6 до №27	9,38	4	20,4	0,60	0,80	7,81	0,11	1,58	0,42	0,0421	0,0006
Від СП6 до №37	6,39	4	13,2	0,60	0,80	7,81	0,11	0,70	0,18	0,0126	0,0002
Від СП6 до №38	6,39	4	15,3	0,60	0,80	7,81	0,11	0,81	0,21	0,0146	0,0002
Від СП6 до №39	6,39	4	18,3	0,60	0,80	7,81	0,11	0,97	0,25	0,0175	0,0002
Від СП6 до №44	6,39	4	15	0,60	0,80	7,81	0,11	0,79	0,21	0,0144	0,0002
Від СП6 до №45	6,39	4	17,1	0,60	0,80	7,81	0,11	0,90	0,24	0,0164	0,0002
Від СП6 до №46	6,39	4	20,1	0,60	0,80	7,81	0,11	1,06	0,28	0,0192	0,0003
Від СП7 до №53	55,8	25	4,8	0,55	0,83	1,25	0,09	0,35	0,09	0,0560	0,0041
Від СП7 до №54	22,3	6	7,2	0,60	0,80	3,07	0,09	0,53	0,14	0,0330	0,0010
Від СП7 до №55	11,2	4	9,6	0,60	0,80	7,81	0,11	0,89	0,23	0,0282	0,0004
Від СП7 до №56	16,4	4	10,5	0,60	0,80	7,81	0,11	1,42	0,37	0,0662	0,0009
Від СП7 до №57	16,4	4	12	0,60	0,80	7,81	0,11	1,63	0,43	0,0756	0,0010
Від СП7 до №62	40,9	16	16,2	0,55	0,83	1,95	0,10	1,32	0,35	0,1585	0,0077

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

65

Від СП7 до №63	40,9	16	15	0,55	0,83	1,95	0,10	1,22	0,32	0,1468	0,0072	
Від СП7 до №64	16,4	4	2,4	0,60	0,80	7,81	0,11	0,33	0,09	0,0151	0,0002	
Від СП8 до №49	60	25	2,4	0,55	0,83	1,25	0,09	0,19	0,05	0,0324	0,0024	
Від СП8 до №50	60	25	3,3	0,55	0,83	1,25	0,09	0,26	0,07	0,0446	0,0032	
Від СП8 до №51	21,8	6	15	0,60	0,80	3,07	0,09	1,08	0,29	0,0657	0,0019	
Від СП8 до №52	21,8	6	15,6	0,60	0,80	3,07	0,09	1,13	0,30	0,0683	0,0020	
Від СП8 до №58	38,2	16	9,6	0,55	0,83	1,95	0,10	0,73	0,19	0,0820	0,0040	
Від СП8 до №59	38,2	16	12	0,55	0,83	1,95	0,10	0,91	0,24	0,1024	0,0050	
Від СП8 до №60	27,3	10	4,8	0,31	0,95	3,12	0,10	0,24	0,06	0,0335	0,0011	
Від СП8 до №61	27,3	10	6	0,31	0,95	3,12	0,10	0,30	0,08	0,0419	0,0013	
Від СП1 до ЦТП	55,2	25	55	0,55	0,83	1,25	0,09	4,01	1,06	0,6285	0,0458	
Від СП2 до ЦТП	166	120	71,5	0,7	0,71	0,328	0,079	5,87	1,55	1,9387	0,4670	
Від СП3 до ЦТП	104	50	59,5	0,67	0,74	0,37	0,063	3,15	0,83	0,7143	0,1207	
Від СП4 до ЦТП	128	70	78,4	0,55	0,83	0,447	0,082	5,46	1,44	1,7225	0,3160	
Від СП5 до ЦТП	95,3	50	100	0,67	0,74	0,37	0,063	4,86	1,28	1,0081	0,1703	
Від СП6 до ЦТП	50,5	25	109	0,62	0,78	1,25	0,091	8,07	2,12	1,0424	0,0759	
Від СП7 до ЦТП	191	120	20,6	0,7	0,71	0,328	0,079	1,42	0,37	0,4815	0,089	
Від СП8 до ЦТП	275	150	16,6	0,72	0,694	0,305	0,068	2,38	0,63	1,4625	0,326	
Разом по СП									35,2	9,28	8,99	1,611

5. РОЗРАХУНОК ЦЕН ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ВИБОРУ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГПП

З метою економії металу і електроенергії важливо, щоб трансформаторні й перетворювальні підстанції всіх потужностей і напруг (6-10, 35, 110-220 кВ) розташовувалися можливо ближче до центру груп, що живляться ними, навантажень.

Координати центру електричних навантажень (ЦЕН) визначаються зі співвідношень:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

де P_i - потужність i -го електроприемника, X_i і Y_i - його координати (осі координат можна наносити на план цеху або заводу довільно).

При знаходженні ЦЕН підприємства під P_i мають на увазі розрахункове навантаження i -го цеху, а під X_i і Y_i – координати ЦЕН i -го цеху.

При неможливості розташування ГПП у ЦЕН його звичайно зміщують у бік джерела живлення й бажано, щоб вона розташовувалася на лінії, що з'єднує джерело живлення із ЦЕН.

Розрахункове навантаження вузла системи електропостачання з урахуванням різночасності максимумів навантаження окремих цехів табл. 2.3:

$$S_p = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{p,i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{p,i}\right)^2} \cdot K_{p,m} = \sqrt{2887,7^2 + 2437,9^2} \cdot 1 = 3779 \text{ кВА.}$$

Визначення ЦЕН з табл. 2.4. ЦЕН_p = (83,7; 32,4); ЦЕН_q = (81,7; 34,6)

					ДП 141 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плебух Д.Д.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко			67	2	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					
					5. Розрахунок ЦЕН підприємства для вибору місця розташування ГПП		

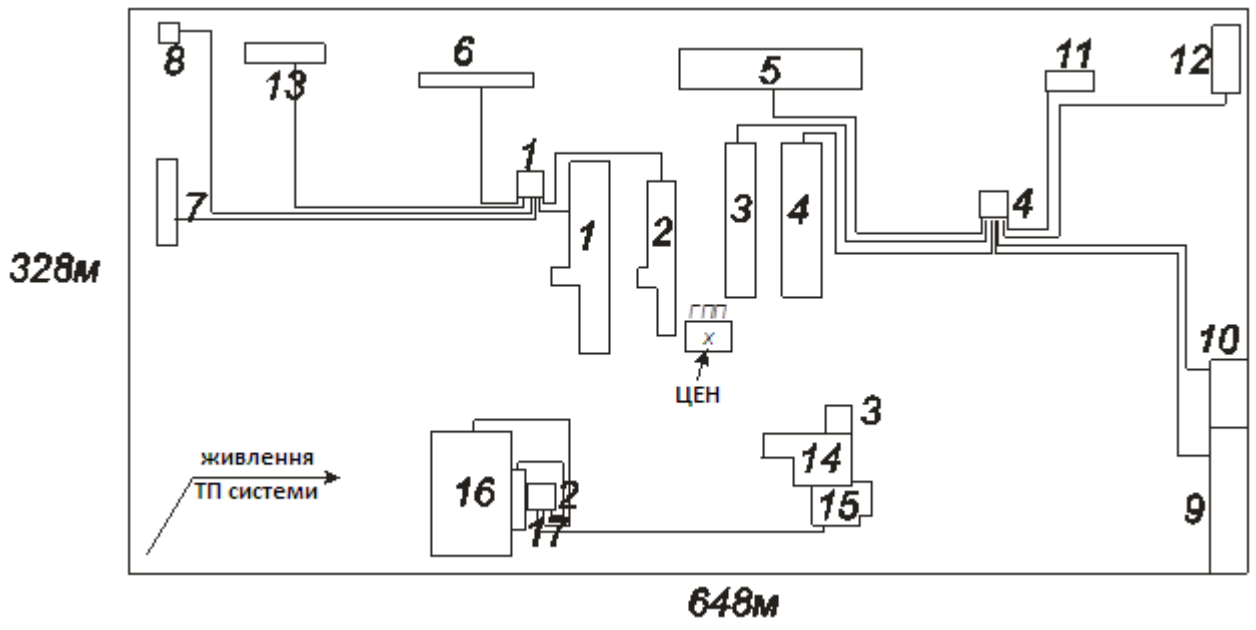


Рис. 5.1. Місце розташування ГПП на підприємстві

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024					

6. БАЛАНС РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЦЕХУ

Одним з основних питань, розв'язуваних при проектуванні й експлуатації систем електропостачання промислових підприємств, є питання про компенсацію реактивної потужності.

Передача значної кількості реактивної потужності з енергосистеми до споживачів нераціональна по наступних причинах: виникають додаткові втрати активної потужності й енергії у всіх елементах системи електропостачання, обумовлені завантаженням їх реактивною потужністю, і додаткові втрати напруги в живильних мережах.

Компенсація реактивної потужності з одночасним поліпшенням якості електроенергії безпосередньо в мережах промислових підприємств є одним з основних напрямків скорочення втрат електроенергії й підвищення ефективності електроустановок підприємства.

Рівняння балансу реактивної потужності записується у вигляді:

$$Q_{дж} + Q_{кв} = Q_{\Sigma Н} + \Delta Q_{\Sigma} + Q_{рез}$$

де $Q_{дж}$ - потужність джерела живлення, $Q_{кв}$ - потужність компенсуючих пристроїв; $Q_{\Sigma Н}$, - реактивна потужність навантаження; ΔQ_{Σ} , - сумарні втрати реактивної потужності по цехові; $Q_{рез}$, - потужність резерву.

$$Q_{дж} = P_H \cdot \operatorname{tg}(\varphi)$$

де P_H – активна потужність навантаження, $\operatorname{tg}(\varphi) = \operatorname{tg}(\arccos(0,9)) = 0,48$ – тангенс, що задається енергосистемою.

$$Q_{дж} = 608,6 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,9)) = 292,1 \text{ кВАр.}$$

Потужність резерву, становить 6 % від потужності джерела:

$$Q_{рез} = 0,06 \cdot 456,5 = 17,5 \text{ кВАр.}$$

Сумарні втрати у внутрішньоцехових мережах.

$$\Delta Q_{\Sigma} = \Delta Q_{кл} + \Delta Q_{тр}$$

де $\Delta Q_{кл}$ – втрати потужності в кабельних лініях цехової розподільної мережі (див. табл.8.7)

$\Delta Q_{тр}$ – втрати активної й реактивної потужності в трансформаторі.

$$\Delta P_{тр} = \frac{\Delta P_k}{n} \cdot \frac{S^2}{S_{ном}^2} + n \Delta P_x \quad (10.4); \quad \Delta Q_{тр} = \frac{1}{n} \cdot \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S^2}{S_{ном}} + \frac{n \cdot I_x \% \cdot S_{ном}}{100} \quad (10.5);$$

ДП 141 2024				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Плебух Д.Д.		
Перевір.		Шестеренко		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
6.Баланс реактивної потужності цеху				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			69	2
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ар. ЕЛ-4-3				

7. РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ СХЕМ КАНАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Розробимо два варіанти схем електропостачання на напругу 10 кВ

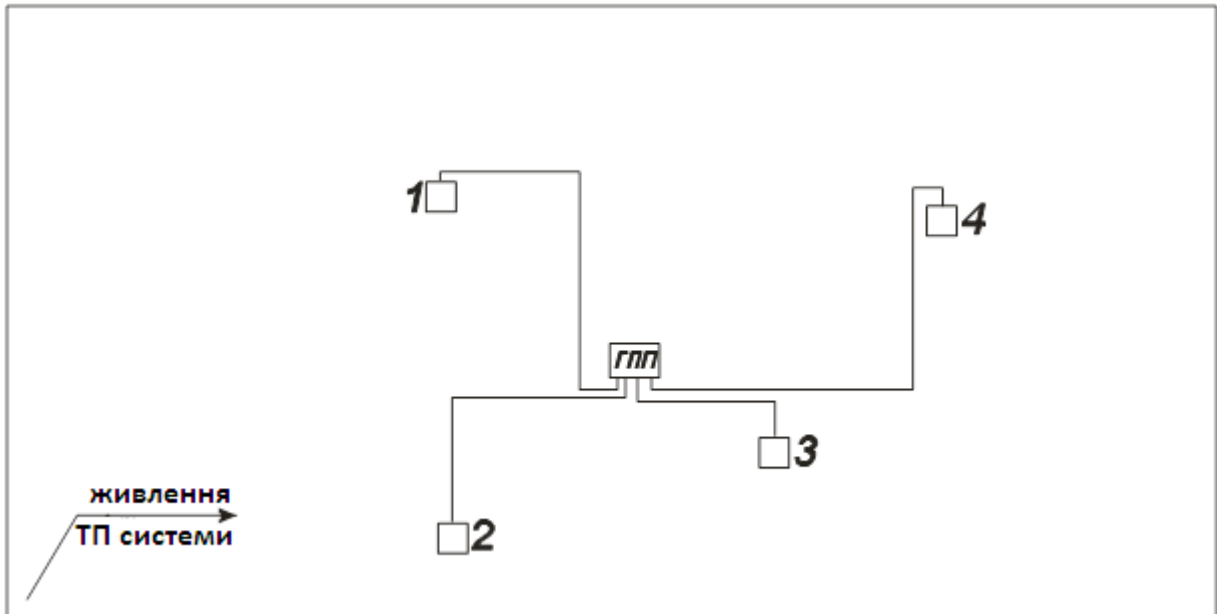


Рис. 7.1. Схема каналізації перший варіант

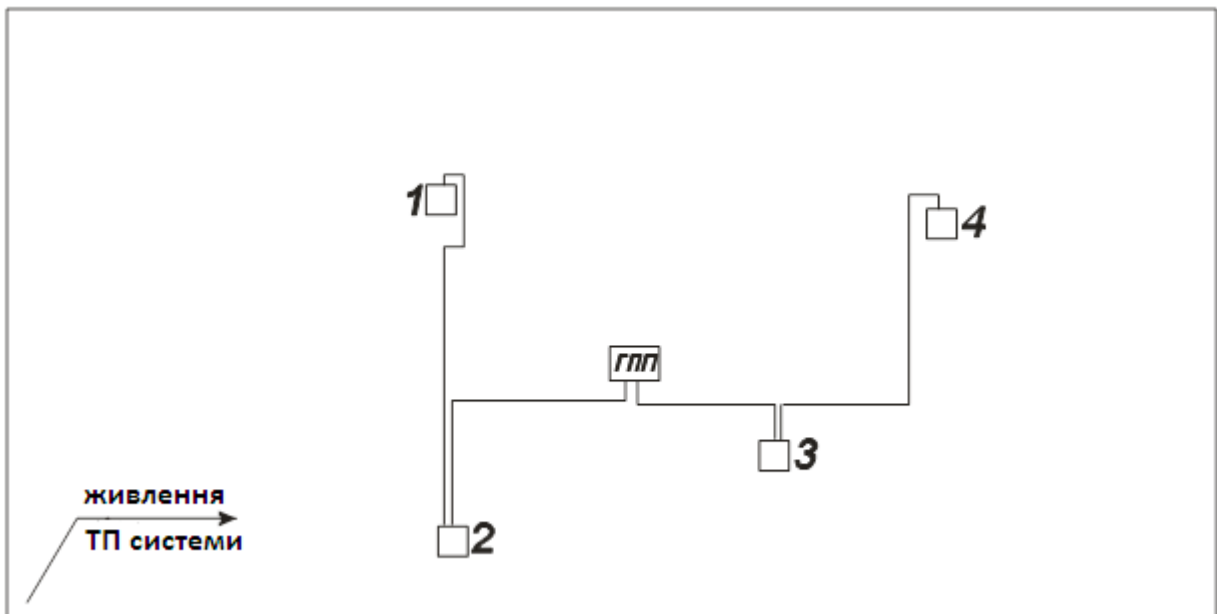


Рис. 7.2. Схема каналізації другий варіант

Складемо однолінійні схеми електропостачання двох варіантів на 10 кВ.

					ДП 141 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плебух Д.Д.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко				71	5
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					
7.Розробка варіантів схем каналізації електроенергії							

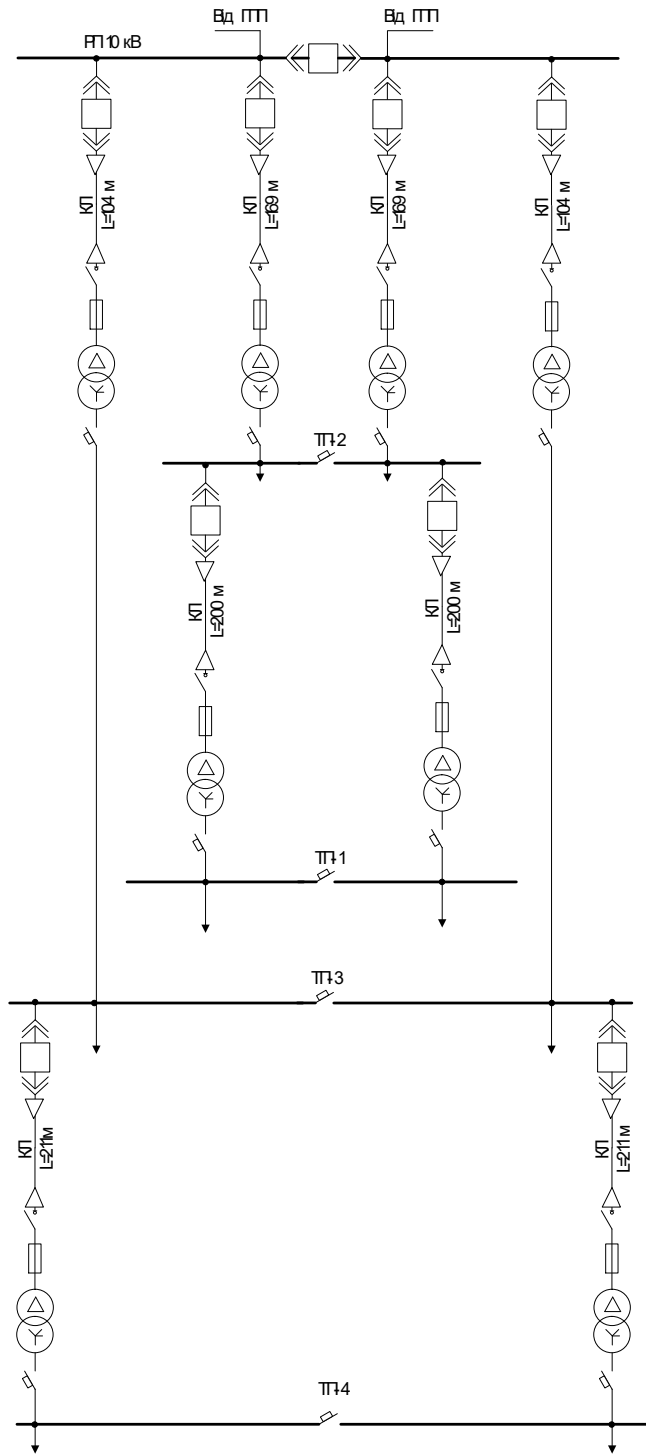


Рис. 7.4. Однолінійна схема другого варіанту

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

73

7.1. Вибір живильних кабелів на напругу 10 кВ

Живлення цеховий трансформаторної підстанції будемо здійснювати за допомогою кабельної лінії, виконаної кабелем ААШв (кабель із алюмінієвими жилами з алюмінієвою оболонкою в полівінілхлоридному шлангу) залежно від навантажень підстанції.

Визначимо розрахунковий струм кабельної лінії, що живить КТП:

$$I_{\text{роб}} = \frac{S_{MIV}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U},$$

де S_{MIV} – розрахункове навантаження четвертого рівня; $U=10$ кВ – номінальна напруга; n – кількість трансформаторів.

Розрахункове навантаження четвертого рівня являє собою суму розрахункового навантаження третього рівня (розрахункове силове навантаження цехів, що живляться від КТП, що включає в себе навантаження на освітлення) і втрат у цехових трансформаторах.

$$S_{MIV} = S_{MIII} + \Delta S_{\text{тр}}$$

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2},$$

де $\Delta P_{\text{тр}}$ і $\Delta Q_{\text{тр}}$ – втрати активної й реактивної потужності в трансформаторі.

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_k}{n} \cdot \frac{S^2}{S_{\text{ном}}^2} + n \Delta P_x \quad (11.4); \quad \Delta Q_{\text{тр}} = \frac{1}{n} \cdot \frac{u_k \%}{100} \cdot \frac{S^2}{S_{\text{ном}}} + \frac{n \cdot I_x \% \cdot S_{\text{ном}}}{100}$$

Таблиця 7.1 Параметри трансформаторів

Трансформатор	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	U_k , %	I_x , %	P , кВт
ТМ-400/10	0,9	5,5	4,5	1,8	400
ТМ-630/10	1,25	7,6	5,5	1,7	630
ТМ-1000/10	2,45	11	5,5	1,4	1000

Розрахуємо навантаження четвертого рівня на прикладі 2 групи цехів, що включає в себе цехи 16 і 17 (1 варіант):

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{5.5}{2} \cdot \frac{449^2}{400^2} + 2 \cdot 0,9 = 5.3 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4.5}{100} \cdot \frac{449^2}{400} + \frac{2 \cdot 1.8 \cdot 400}{100} = 25.8 \text{ кВАр};$$

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{5.3^2 + 25.8^2} = 26.3 \text{ кВА};$$

$$S_{MIV} = 449 + 26.3 = 475. \text{ кВА}.$$

Визначимо розрахунковий тривалий струм кабельної лінії в нормальному режимі:

										Арк.
										74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024					

$$I_{роб} = \frac{475}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 13,7 \text{ А}$$

Визначимо розрахунковий тривалий струм кабельної лінії в аварійному режимі:

$$I_{р.авар} = \frac{475}{\sqrt{3} \cdot 10} = 27,4 \text{ А}$$

Вибираємо переріз жил кабельних ліній, враховуючи допустиме перевантаження в аварійному режимі при прокладці кабелів в одній траншеї. Приймаємо час ліквідації аварії максимальним (6 год), а коефіцієнт завантаження лінії в нормальному режимі 0,6 у відповідності до допустимого перевантаження становить 1,25. Коефіцієнт зниження струмового навантаження $K_{с,н}$ приймаємо рівним 0,9

Визначимо розрахунковий тривалий струм кабельної лінії в аварійному режимі з урахуванням коефіцієнта прокладки або коефіцієнта зниження струмового навантаження $K_{с,н}$, і допустимого перевантаження.

$$I_{авар.н} = \frac{I_{авар}}{1,25 \cdot K_{с,н}} = \frac{27,4}{1,25 \cdot 0,9} = 24,4 \text{ А}$$

Приймаємо переріз жил трижильного кабелю ААБл рівним 25 мм² при $I_{доп} = 90 \text{ А}$

Аналогічно здійснюємо розрахунок для інших КТП для обох варіантів, а результати заносимо в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 Розрахунок четвертого рівня електропостачання

№ КТП	S _{IV}	I _{роб} , А	I _{maxp} , А	I _{ав.тр.}	Марка	F, мм ²	I _{доп} А	г, Ом/км	х, Ом/км	l, м
1 варіант										
1	832,31	24,0	48,1	42,7	ААБл	25	90	1,24	0,099	210
2	475,64	13,7	27,5	24,4	ААБл	25	90	1,24	0,099	169
3	1001,9	28,9	57,8	51,4	ААБл	25	90	1,24	0,099	104
4	645,31	18,6	37,3	33,1	ААБл	25	90	1,24	0,099	264
2 варіант										
1	832,31	24,0	48,1	42,7	ААБл	25	90	1,24	0,099	200
2	1308	37,8	75,5	67,1	ААБл	25	90	1,24	0,099	169
3	1647,2	47,6	95,1	84,5	ААБл	35	115	0,89	0,095	204
4	645,31	18,6	37,3	33,1	ААБл	25	90	1,24	0,099	211

8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

8.1. Розрахунок струмів КЗ у мережі напругою вище 1000 В

Розрахунки струмів КЗ на ВН проводиться у відносних одиницях. Розрахунки зробимо за методикою, викладеною в [2].

Схема заміщення системи електропостачання вище 1000 В являє собою сукупність схем заміщення її окремих елементів (в основному у вигляді індуктивних опорів), з'єднаних між собою в тій же послідовності, що й на розрахунковій схемі.

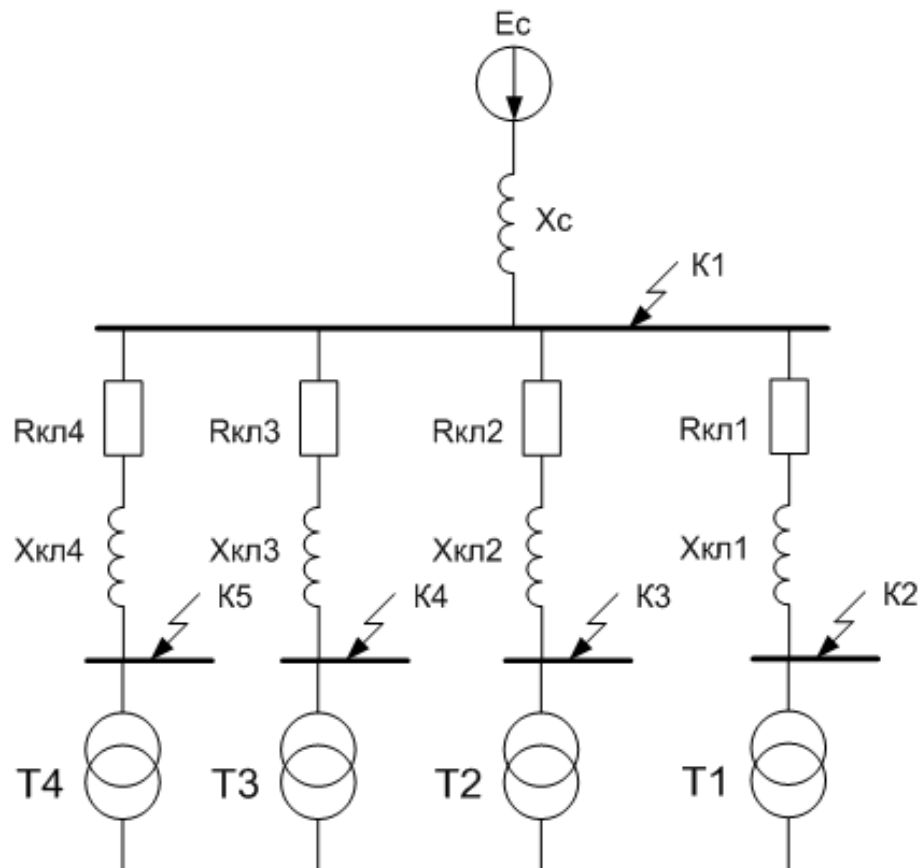


Рис. 8.1. Схема заміщення СЕП 10 кВ

У якості базисних величин доцільно вибираємо базисну потужність S_B : $S_B = 100 \text{ MVA}$ і базисна напруга, прирівнювана до середньої номінальної (по шкалі середніх напруг) тієї ступені напруги, на якій розглядається к.з.: $U_G = 10,5 \text{ кВ}$.

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебук Д.Д.			8. Розрахунок струмів короткого замикання	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Шестеренко					76	8
Реценз.						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Для розрахунків струму короткого замикання необхідно визначити опір системи (джерела живлення). Опір системи визначаємо виходячи з потужності трифазного короткого замикання на шинах джерела живлення. Згідно даним потужність трифазного короткого замикання на шинах джерела живлення становить $S_K = 1000$ МВА.

Базисний струм будемо визначати по формулі:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$$

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5, \text{ кА (для ступені 10кВ).}$$

Визначаємо опір системи:

$$x_C^* = \frac{S_6}{S_K} = \frac{100}{1000} = 0,1, \text{ в. о.}$$

Визначаємо струм трифазного короткого замикання в точці К1.

$$I_{K1} = I_6 * \frac{E_C^*}{x_C^*} = 5,5 * \frac{1}{0,1} = 55, \text{ кА}$$

Визначаємо ударний струм:

$$I_{y1} = \sqrt{2} * K_y * I_{K1} = \sqrt{2} * 1,72 * 55 = 133,78, \text{ кА,}$$

де K_{y0} - ударний коефіцієнт, що залежить від постійної часу $T_a = \frac{x}{r}$ аперіодичної складової струму КЗ.

$K_{y0} = 1,72$ – для випадку, коли не враховується активний опір кола к.з. [2. ст. 143].

Визначаємо опір кабельної лінії КЛ №1 до КТП №1:

$$r_{KL1}^* = r_{KL} * r \frac{S_6}{U_{63}^2} = 1,24 * 0,21 * \frac{100}{10,5^2} = 0,236 \text{ в. о.}$$

$$x_{KL1}^* = x_{KL} * x \frac{S_6}{U_{63}^2} = 0,099 * 0,21 * \frac{100}{10,5^2} = 0,019, \text{ в. о.}$$

Визначаємо результуючі опори для точки К9:

$$r_{рез.К2}^* = r_{KL2}^* = 0,236, \text{ в. о.}$$

$$x_{рез.К2}^* = x_C^* + x_{KL2}^* = 0,1 + 0,019 = 0,119, \text{ в. о.}$$

Визначаємо струм трифазного КЗ у точці К2:

$$I_{K2} = \frac{I_6 * E_C^*}{\sqrt{r_{рез.К2}^{*2} + x_{рез.К2}^{*2}}} = \frac{5,5 * 1}{\sqrt{0,236^2 + 0,119^2}} = 20,8, \text{ кА}$$

Визначаємо відношення опорів:

$$\frac{x_{рез.К2}^*}{r_{рез.К2}^*} = \frac{0,119}{0,236} = 1,2, \text{ в. о.}$$

										Арк.
										77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

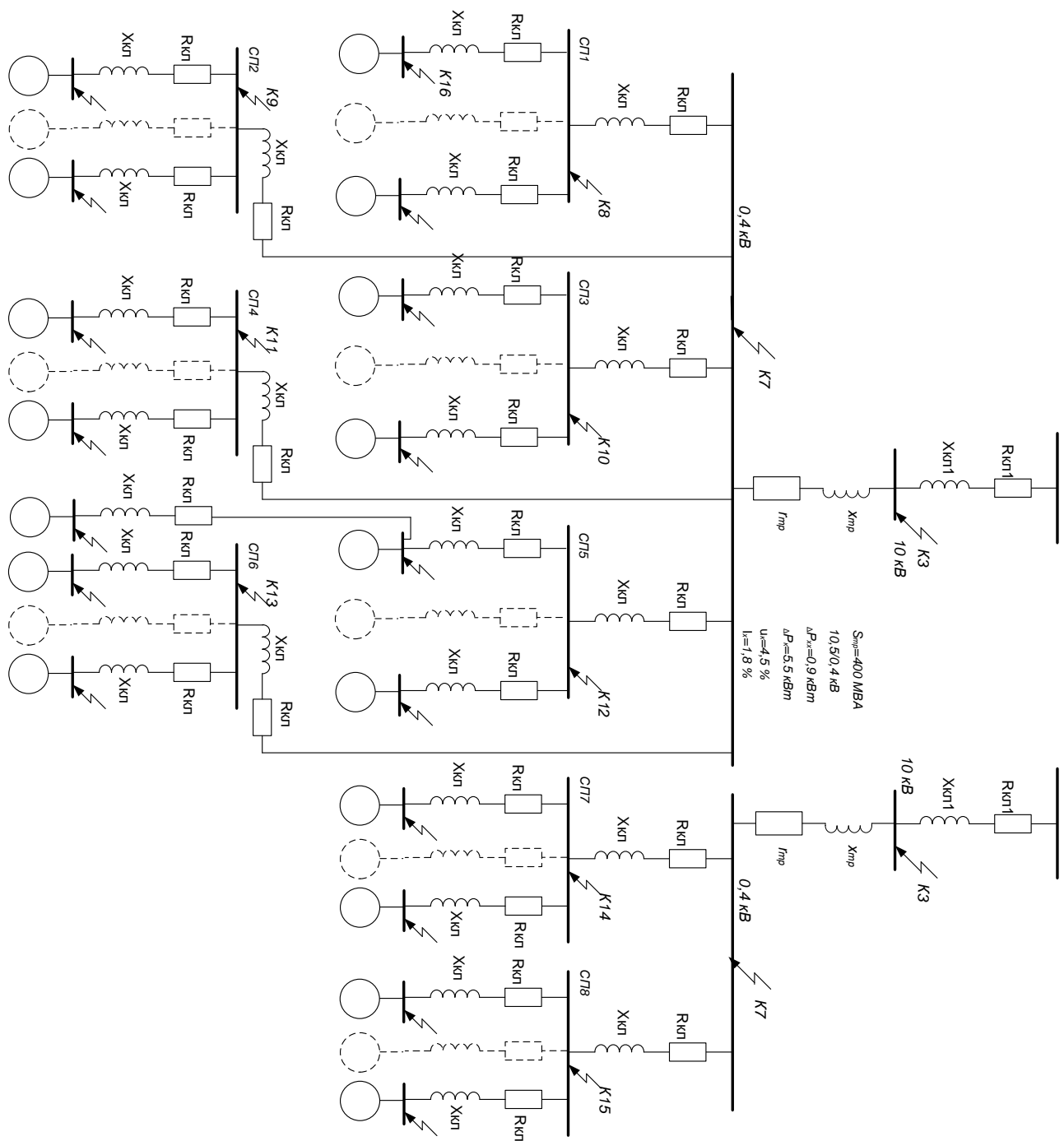


Рис. 8.2. Схема заміщення СЕП 0,4 кВ

Результуючий опір «зовнішньої мережі» становить:

$$R_{\text{рез.вн.кл1}}^* = 0,190, \text{ в. о.}$$

$$X_{\text{рез.вн.кл1}}^* = 0,015, \text{ в. о.}$$

Приведемо опір до низької ступені напруги, в іменованих одиницях:

$$R_{\text{рез.вн.кл1}} = \frac{R_{\text{рез.вн.кл1}}^* \cdot U_6^2}{S_6} = \frac{0,190 \cdot 0,4^2}{100} = 0,00030, \text{ Ом}$$

$$X_{\text{рез.вн.кл1}} = \frac{X_{\text{рез.вн.кл1}}^* \cdot U_6^2}{S_6} = \frac{0,015 \cdot 0,4^2}{100} = 0,00002, \text{ Ом}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

79

Визначимо опори трансформатора КТП №1:

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} = \frac{5500 \cdot 400^2}{400000^2} = 0,0055, \text{ Ом}$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_X}{S_{НОМ}}\right) * \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}}} * 10^3 = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{0,9}{400}\right) * \frac{0,4^2}{400}} * 10^3 = 0,0111, \text{ Ом}$$

Визначаємо результуючий опір:

$$R_{рез} = R_{рез.вн} + R_T + R_{доб} = 0,00030 + 0,0055 + 0,015 = 0,0208, \text{ Ом}$$

$$X_{рез} = X_{рез.вн} + X_T = 0,00002 + 0,0111 = 0,01112, \text{ Ом}$$

де $R_{доб}$ – додатковий опір, який рівний:

0,015 - для розподільних пристроїв на станціях і підстанціях.

0,02 - для первинних цехових РП, а також на затискачах апаратів, що живляться радіальними лініями від щитів підстанцій або головних магістралей;

0,025 – для вторинних цехових РП, а також на затискачах апаратів, що живляться від первинних РП.

Установлене значення струму КЗ у точці К7:

$$I_{К7} = \frac{U_C}{\sqrt{3} * \sqrt{X_{РЕЗ}^2 + R_{РЕЗ}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} * \sqrt{0,01112^2 + 0,0208^2}} = 9791,7, \text{ А}$$

Визначаємо відношення опорів:

$$\frac{X_{рез}}{R_{рез}} = \frac{0,01112}{0,0208} = 0,53, \text{ в. о.}$$

По знайденому співвідношенню визначаємо ударний коефіцієнт за графіком на мал. 6.2 [2. ст. 143]. При $\frac{X_{рез}}{R_{рез}} = 0,53$ ударний коефіцієнт рівний 1.

Визначимо ударний струм КЗ:

$$I_{у.К7} = \sqrt{2} * K_{уд} * I_{К13} = \sqrt{2} * 1 * 9791,7 = 13847,6, \text{ А}$$

Визначимо опір кабельної лінії, що живить СП1:

$$R_{кл.сп1} = \frac{r_{уд} * L}{1000} = \frac{0,326 * 49}{1000} = 0,01597, \text{ Ом}$$

$$X_{кл.сп1} = \frac{x_{уд} * L}{1000} = \frac{0,06 * 49}{1000} = 0,00294, \text{ Ом}$$

Визначимо результуючий опір до К8:

$$R_{рез} = R_{рез} + R_{кл.сп1} + R_{доб} = 0,0208 + 0,01597 + 0,02 = 0,05677, \text{ Ом}$$

$$X_{рез} = X_{рез} + X_{кл.сп1} = 0,01112 + 0,00294 = 0,01406, \text{ Ом}$$

Установлене значення струму КЗ у точці К8.

$$I_{К8} = \frac{U_C}{\sqrt{3} * \sqrt{X_{РЕЗ}^2 + R_{РЕЗ}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} * \sqrt{0,01406^2 + 0,05677^2}} = 3948,8, \text{ А}$$

Визначаємо відношення опорів:

									Арк.
									80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

$$\frac{X_{рез}}{R_{рез}} = \frac{0,01406}{0,05677} = 0,25, \text{ в. о.}$$

По знайденому співвідношенню визначаємо ударний коефіцієнт за графіком на мал. 6.2 [22. ст. 143]. При $\frac{X_{рез}}{R_{рез}} = 0,25$ ударний коефіцієнт рівний 1.

Визначимо ударний струм КЗ:

$$I_{у.кв} = \sqrt{2} * K_{уд} * I_{К14} = \sqrt{2} * 1 * 3948,8 = 5567,8, \text{ А}$$

Визначимо опір кабельної лінії, що живить ЕП №1:

$$R_{кл.ЭП1} = \frac{r_{пит} * L}{1000} = \frac{7,81 * 9,6}{1000} = 0,07498, \text{ Ом}$$

$$X_{кл.ЭП1} = \frac{x_{пит} * L}{1000} = \frac{0,11 * 9,6}{1000} = 0,00506, \text{ Ом}$$

Визначимо результуючий опір до К16:

$$R_{рез} = R_{рез} + R_{кл.ЭП1} + R_{доб} = 0,05677 + 0,07498 + 0,025 = 0,1568, \text{ Ом}$$

$$X_{рез} = X_{рез} + X_{кл.ЭП1} = 0,01406 + 0,00506 = 0,0201, \text{ Ом}$$

Установлене значення струму КЗ у точці К16.

$$I_{К16} = \frac{U_C}{\sqrt{3} * \sqrt{X_{РЕЗ}^2 + R_{РЕЗ}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} * \sqrt{0,0201^2 + 0,1568^2}} = 1460,9, \text{ А}$$

Визначимо ударний струм КЗ:

$$I_{у.к16} = \sqrt{2} * K_{пит} * I_{К16} = \sqrt{2} * 1 * 1460,9 = 2059,9, \text{ А}$$

Розрахунки інших точок КЗ на напругу 0,4 кВ зведемо в табл. 8.2.

Таблица 8.2 Розрахунки струмів короткого замикання на напругу 0,4кВ

№ точки КЗ	№ ЕП	R _{рез} , Ом	X _{рез} , Ом	Z _{рез} , Ом	I _к , А	I _у , А
1	2	3	4	5	6	7
К8	СП1	0,056774	0,01406	0,058489	3948,432	5567,289
К9	СП2	0,067255	0,015625	0,069046	3344,725	4716,062
К10	СП3	0,062815	0,014869	0,064551	3577,653	5044,491
К11	СП4	0,07876	0,015792	0,080328	2874,978	4053,719
К12	СП5	0,0778	0,01742	0,079726	2896,658	4084,288
К13	СП6	0,073915	0,016759	0,075791	3047,065	4296,362
К14	СП7	0,047516	0,012356	0,049096	4703,862	6632,445
К15	СП8	0,045863	0,012249	0,04747	4864,919	6859,536
К16	№18	0,10049	0,01466	0,101554	2274,069	3206,437
К17	№30	0,098171	0,014291	0,099206	2327,891	3282,326
К18	№31	0,123944	0,014654	0,124807	1850,374	2609,027
К19	№17	0,112229	0,014489	0,11316	2040,821	2877,557
К20	№47	0,09677	0,01514	0,097947	2357,802	3324,501
К21	№1	0,156746	0,015116	0,157473	1466,536	2067,816
К22	№5	0,166118	0,015248	0,166816	1384,397	1952
К23	№6	0,128741	0,015437	0,129663	1781,077	2511,318

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

81

K24	№28	0,181289	0,016879	0,182073	1268,392	1788,433
K25	№29	0,181289	0,016879	0,182073	1268,392	1788,433
K26	№35	0,17426	0,01678	0,175066	1319,16	1860,016
K27	№36	0,115685	0,015955	0,11678	1977,565	2788,366
K28	№34	0,225806	0,017506	0,226484	1019,677	1437,745
K29	№16	0,134375	0,016975	0,135443	1705,073	2404,153
K30	№19	0,202376	0,017176	0,203104	1137,056	1603,249
K31	№20	0,251579	0,017869	0,252213	915,6558	1291,075
K32	№7	0,14639	0,015694	0,147229	1568,579	2211,697
K33	№8	0,115931	0,015265	0,116932	1975	2784,751
K34	№10	0,092495	0,015019	0,093706	2464,506	3474,954
K35	№11	0,111245	0,015199	0,112278	2056,851	2900,16
K36	№12	0,120617	0,015331	0,121587	1899,375	2678,119
K37	№13	0,127646	0,01543	0,128575	1796,148	2532,569
K38	№14	0,141704	0,015628	0,142563	1619,914	2284,079
K39	№2	0,15062	0,016452	0,151516	1524,198	2149,119
K40	№3	0,17405	0,016782	0,174857	1320,736	1862,237
K41	№4	0,162335	0,016617	0,163183	1415,219	1995,459
K42	№9	0,119672	0,016302	0,120777	1912,116	2696,084
K43	№15	0,190451	0,017013	0,191209	1207,787	1702,979
K44	№ 23	0,129533	0,016155	0,130537	1769,161	2494,517
K45	№26	0,190451	0,017013	0,191209	1207,787	1702,979
K46	№24	0,216224	0,017376	0,216921	1064,627	1501,125
K47	№33	0,154346	0,018146	0,155409	1486,015	2095,281
K48	№22	0,115904	0,01784	0,117269	1969,32	2776,742
K49	№32	0,250409	0,019499	0,251167	919,4682	1296,45
K50	№42	0,203549	0,018839	0,204419	1129,739	1592,932
K51	№43	0,114515	0,017585	0,115857	1993,315	2810,574
K52	№44	0,294926	0,020126	0,295612	781,2273	1101,531
K53	№45	0,311327	0,020357	0,311992	740,212	1043,699
K54	№46	0,334757	0,020687	0,335396	688,5604	970,8701
K55	№21	0,371472	0,020852	0,372057	620,712	875,2039
K56	№25	0,169205	0,017749	0,170133	1357,406	1913,943
K57	№27	0,260582	0,019036	0,261276	883,892	1246,288
K58	№37	0,305099	0,019663	0,305732	755,3679	1065,069
K59	№38	0,319157	0,019861	0,319774	722,197	1018,298
K60	№39	0,342587	0,020191	0,343181	672,9387	948,8436
K61	№40	0,129374	0,017188	0,130511	1769,51	2495,009
K62	№41	0,18092	0,017914	0,181805	1270,265	1791,073
K63	№48	0,12758	0,018229	0,128876	1791,96	2526,663
K64	№51	0,118566	0,013706	0,119356	1934,892	2728,197
K65	№52	0,123171	0,013841	0,123946	1863,228	2627,152
K66	№53	0,078516	0,012788	0,079551	2903,06	4093,314
K67	№54	0,09462	0,013004	0,095509	2417,983	3409,356
K68	№55	0,147492	0,013412	0,148101	1559,347	2198,679
K69	№56	0,154521	0,013511	0,155111	1488,874	2099,313
K70	№57	0,166236	0,013676	0,166798	1384,553	1952,22
K71	№64	0,09126	0,01262	0,092128	2506,719	3534,473
K72	№49	0,089607	0,012513	0,090476	2552,488	3599,009

					ДП 141 2024		Арк.
							82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

K73	№50	0,096636	0,012612	0,097456	2369,697	3341,273
K74	№58	0,089583	0,013209	0,090552	2550,37	3596,022
K75	№59	0,094263	0,013449	0,095218	2425,393	3419,805
K76	№60	0,085839	0,012729	0,086778	2661,285	3752,412
K77	№61	0,089583	0,012849	0,0905	2551,831	3598,081
K78	№62	0,101283	0,013809	0,10222	2259,245	3185,536
K79	№63	0,103623	0,013929	0,104555	2208,791	3114,396

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

9. ВИБІР ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ТА ПЕРЕВІРКА ЙОГО НА ВИМИКАЮЧУ ЗДАТНІСТЬ

9.1. Вибір вимикачів, що захищають КЛ

Вимикачі вибирають по номінальному струму $I_{ном} \geq I_{р,в}$, номінальній напрузі $U_{ном} \geq U_{ном,в}$, типу й роду установки.

Для захисту ліній вибираємо маломасляні вимикачі серії МГГ.

Таблиця 9.1 Вибір вимикачів

№ КТП або КЛ	Номінальна напруга $U_{ном}$, кВ	Розрахунковий струм у нормальному режимі, А	Розрахунковий струм в аварійному режимі, А	Тип вимикача	Номінальний струм вимикача $I_{ном}$ вимк, А
КТП1	10	24,0	48,1	ВВЭ-10-31,5/630УЗ	630
КТП2	10	13,7	27,5	ВВЭ-10-31,5/630УЗ	630
КТП3	10	28,9	57,8	ВВЭ-10-31,5/630УЗ	630
КТП4	10	18,6	37,3	ВВЭ-10-31,5/630УЗ	630

ВВЭ-10-20/630УЗ із наступними параметрами: $U_{ном.}=10$ кВ; $I_{ном.}=630$ А; $I_{ном.вимк.}=31,5$ кА; граничний наскрізний струм $I_{наскр}=52$ кА; граничний струм термічної стійкості $I_{гр.т.ст.}=31,5$ кА; власний час вимикача $t_{вкл.}=0,1$ с, $t_{вим.}=0,05$ с.

Для захисту КТП будемо використовувати вимикачі навантаження.

Таблиця 9.2 Вимикачі навантаження КТП

№ п/п	$U_{ном}$	$I_{роб}$, А	Марка	Кількість
1	2	3	4	5
КТП1	10	24,0	ВНРП-10/400-10зУЗ	2
КТП2	10	13,7	ВНРП-10/400-10зУЗ	2
КТП3	10	28,9	ВНРП-10/400-10зУЗ	2
КТП4	10	18,6	ВНРП-10/400-10зУЗ	2

ВНРП-10/400-10ВЗ вимикач навантаження із пружинним приводом і посиленою контактною системою. З наступними параметрами: $U_{ном.}=10$ кВ; $I_{ном.вимк.}=400$ А; граничний наскрізний струм $I_{наскр.}=25$ кА; граничний струм термічної стійкості $I_{гр.т.ст.}=10$ кА.

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебух Д.Д.			10.Аналіз якості напруги та розрахунок відхилення напруги для характерних електроприймачів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко					84	6
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

9.2. Перевірка основного електроустаткування

Перевірка головного вимикача захищаючого КЛ2 на 10 кВ

Перевіримо вимикачі захищаючі кабельні лінії напругою 10 кВ. Перевірку будемо проводити по струму КЗ і ударному струму К2.

ВВЭ-10-20/630УЗ

По напрузі електроустановки:

$$U_{уст} \leq U_{ном} \text{ або } 10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}$$

По тривалому струму:

$$I_{РАБМАХ} \leq I_{НОМ} \text{ або } 36,2 \text{ А} < 630 \text{ А}$$

По несиметричному струму відключення

$$I_{П}\tau \leq I_{ВИМК}, \text{ або } 24,7 \text{ кА} < 31,5 \text{ кА}$$

$$\text{Де } I_{П}\tau \approx I_{П0} = I_{К}^{(3)}.$$

По граничному наскрізному струму к.з. на електродинамічну стійкість:

$$I_{П0} \leq I_{ПРСКВ} \text{ або } 52 \text{ кА} < 52 \text{ кА}$$

$$i_{У} \leq i_{ПРСКВ} \text{ або } 52 \text{ кА} < 52 \text{ кА}$$

По допустимому струму термічної стійкості:

$$B_{К} \leq I_{Т}^2 \cdot t_{Т}$$

де $I_{Т}$ й $t_{Т}$ - струм і час термічної стійкості.

$$B_{К} = I_{П0}^2 \cdot (t_{ОТКЛ} + T_{а})$$

Де $t_{ВИМК} = 0,15 \text{ с}$ – час відключення лінії;

$T_{а} = 0,01$ – постійна часу загасання аперіодичної складовій струму к.з.

$$B_{К} = 52^2 * (0,05 + 0,01) = 162,24 \text{ кА}^2 * \text{с}$$

$$I_{Т}^2 * t_{Т} = 31,5^2 * 3 = 2977 \text{ кА}^2 * \text{с}$$

$$162,24 \text{ кА}^2 * \text{с} < 2977 \text{ кА}^2 * \text{с}$$

Вимикач підходить по результатам перевірки.

Перевірка вимикача навантаження

Умови перевірки вимикача навантаження ВНРп-10/400-10зУЗ установлених на КТП:

$$U_{ном} \geq U_{ном.мер};$$

$$I_{ном.} \geq I_{роб.мах.};$$

$$i_{ном.дин.} \geq i_{уд.};$$

$$I_{у.доп.} \geq I_{КЗ.мах.};$$

$$I_{т}^2 \cdot t_{пр} \geq I_{КЗ.мах.}^2 \cdot t,$$

									Арк.
									85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

Перевірку робили по найбільшому струму КЗ і по найбільшому ударному струму КЗ.

Запобіжник відповідає всім вимогам.

Перевірка кабелю

Зробимо перевірку живильних кабелів 10 кВ і кабелів розподільної мережі на термічну стійкість.

Зробимо перевірку перерізу кабелю КЛ1 – живильного кабелю КТП №1.

Згідно з розрахунками для КЛ2 був використаний кабель марки ААБл перерізом жил 25 мм², трифазний струм короткого замикання на шинах джерела живлення становить 24,7 кА. Для захисту від струмів короткого замикання живильних ліній використовуємо вимикач марки ВВЭ-10-20/630УЗ, повний час відключення вимикача становить $t_B = 0,05$ с.

Приймаючи час спрацьовування релейного захисту на головній ділянці мережі для реле зі струмовим відсіченням без витримки часу $t_{P3} = 0,05$ с визначимо тепловий імпульс, що утворюється при короткому замиканні.

$$W_{K3} = I_{K3}^2 * (t_B + t_{P3}) = 24700^2 * (0,05 + 0,05) = 61241987, A^2 * c$$

Визначаємо мінімальний переріз, здатне витримати тепловий імпульс.

$$F \frac{\sqrt{W_{K3}}}{c} = \frac{\sqrt{61241387}}{95} = 82,4 \text{ мм}^2$$

$C = 95 A \cdot c^{0,5} / \text{мм}^2$ – теплова функція при номінальних умовах [1, табл. 3.4].

Відзначаємо, що переріз кабелю 25 мм² менше мінімального перерізу 82,4мм², що неприпустимо, тому збільшуємо переріз кабельної лінії до 95 мм².

Таблиця 9.3 Перевірка перерізу кабельних ліній по термічній стійкості

КЛ	Струм КЗ Іп, кА.	Тепловий імпульс Wп, А ² *с	Мінім. переріз Fmin, мм ²	Переріз жили кабелю F,мм ²	Рішення	Прийнятий переріз жили кабелю F,мм ²
1	5	6	7	8	9	10
КЛ1	20,8	43268086	69,24	25	змінити	70
КЛ2	24,7	61241387	82,37	25	змінити	95
КЛ3	34,4	117993199	114,34	25	змінити	120
КЛ4	17,1	29236160	56,91	25	змінити	70

Перевірка захисних апаратів мережі напругою нижче 1000 на вимикаючу здатність і чутливість до струмів КЗ

Перевірку устаткування здійснюємо за умовами електродинамічної стійкості. При цьому повинне виконуються умова:

$$i_{yo} \leq I_{ec}, \text{ де}$$

I_{ec} - струм електродинамічної стійкості, А;

Перевірка автоматичних вимикачів.

									Арк.
									87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

Перевіряємо автоматичні вимикачі за умовами електродинамічної стійкості, по найбільшій вимикаючій здатності.

Для захисту силових пунктів установлені вимикачі серії ВА 51-31, ВА 51-33 і ВА 51-35 Перевіряємо по найбільшій вимикаючій здатності:

$$i_{удСП1} = 8,363 < 15 \text{ кА}$$

$$i_{удСП2} = 7,732 < 15 \text{ кА}$$

$$i_{удСП3} = 3,903 < 7 \text{ кА}$$

Вибрані вимикачі задовольняють умовам перевірки.

Таблиця 9.4 Перевірка автоматичних вимикачів установлених на СП

№ точки КЗ	№ ЕП	Тип вимикача	Ik, А	Iy, А	Івимк, А	Розв'язок
1	2	3	4	5	6	7
К8	СП1	ВА-5135	3948,432	5567,289	15000	придатний
К9	СП2	ВА-5135	3344,725	4716,062	15000	придатний
К10	СП3	ВА-5135	3577,653	5044,491	15000	придатний
К11	СП4	ВА-5135	2874,978	4053,719	15000	придатний
К12	СП5	ВА-5135	2896,658	4084,288	15000	придатний
К13	СП6	ВА-5135	3047,065	4296,362	15000	придатний
К14	СП7	ВА-5135	4703,862	6632,445	15000	придатний
К15	СП8	ВА-5135	4864,919	6859,536	15000	придатний

Таблиця 9.5 Перевірка автоматичних вимикачів ЕП

№ точки КЗ	№ ЕП	Тип вимикача	Ik, А	Iy, А	Івимк, А	Розв'язок
1	2	3	4	5	6	7
К16	№18	ВА-5131	2955,93	4167,86	7000	придатний
К17	№30	ВА-5125	3250,41	4583,08	4000	Замінити на ВА-5131
К18	№31	ВА-5125	2622,6	3697,87	4000	придатний
К19	№17	ВА-5125	1531,37	2159,24	4000	придатний
К20	№47	ВА-5135	1476,08	2081,27	15000	придатний
К21	№1	ВА-5125	2427,42	3422,66	4000	придатний
К22	№5	ВА-5125	1383,46	1950,67	4000	придатний
К23	№6	ВА-5131	1697,75	2393,83	7000	придатний
К24	№28	ВА-5125	2349,96	3313,44	4000	придатний
К25	№29	ВА-5125	1984,3	2797,86	4000	придатний
К26	№35	ВА-5125	2701,19	3808,68	4000	придатний
К27	№36	ВА-5131	2403,94	3389,55	7000	придатний
К28	№34	ВА-5125	2010,63	2834,99	4000	придатний
К29	№16	ВА-5131	1436,84	2025,95	7000	придатний
К30	№19	ВА-5131	1614,67	2276,69	7000	придатний
К31	№20	ВА-5131	2710,34	3821,58	7000	придатний
К32	№7	ВА-5125	3080,3	4343,22	4000	Замінити на ВА-5131
К33	№8	ВА-5125	3349,88	4723,34	4000	Замінити на ВА-5131

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

88

K34	№10	BA-5131	1972,6	2781,37	7000	придатний
K35	№11	BA-5131	2348,05	3310,75	7000	придатний
K36	№12	BA-5131	2519,97	3553,16	7000	придатний
K37	№13	BA-5131	1697,75	2393,83	7000	придатний
K38	№14	BA-5131	2438,95	3438,92	7000	придатний
K39	№2	BA-5125	1302,9	1837,09	4000	придатний
K40	№3	BA-5125	2453,53	3459,48	4000	придатний
K41	№4	BA-5125	3206,93	4521,77	7000	придатний
K42	№9	BA-5131	1206,59	1701,29	7000	придатний
K43	№15	BA-5125	2446,78	3449,95	4000	придатний
K44	№ 23	BA-5131	2817,82	3973,13	7000	придатний
K45	№26	BA-5131	2892,42	4078,32	7000	придатний
K46	№24	BA-5125	3054,12	4306,31	4000	Замінити на BA-5131
K47	№33	BA-5125	2653	3740,74	4000	придатний
K48	№22	BA-5131	2266,49	3195,75	4000	придатний
K49	№32	BA-5125	2552,97	3599,68	4000	придатний
K50	№42	BA-5125	1417,98	1999,36	4000	придатний
K51	№43	BA-5125	2061,51	2906,74	4000	придатний
K52	№44	BA-5125	1980,08	2791,91	4000	придатний
K53	№45	BA-5125	3512,57	4952,72	4000	Замінити на BA-5131
K54	№46	BA-5125	2155,24	3038,89	4000	придатний
K55	№21	BA-5125	1893,19	2669,4	4000	придатний
K56	№25	BA-5125	1253,92	1768,03	4000	придатний
K57	№27	BA-5131	3282,26	4627,98	7000	придатний
K58	№37	BA-5125	2902,98	4093,2	4000	Замінити на BA-5131
K59	№38	BA-5125	1881,85	2653,41	4000	придатний
K60	№39	BA-5125	1850	2608,5	4000	придатний
K61	№40	BA-5125	1243,6	1753,48	4000	придатний
K62	№41	BA-5135	1210,93	1707,41	15000	придатний
K63	№48	BA-5135	1462,76	2062,49	15000	придатний
K64	№51	BA-5131	1229,31	1733,33	7000	придатний
K65	№52	BA-5131	2632,16	3711,35	7000	придатний
K66	№53	BA-5135	1820,69	2567,17	15000	придатний
K67	№54	BA-5131	3429,06	4834,98	7000	придатний
K68	№55	BA-5131	2732,45	3852,76	7000	придатний
K69	№56	BA-5131	1899,84	2678,78	7000	придатний
K70	№57	BA-5131	1760,59	2482,43	7000	придатний
K71	№64	BA-5131	1197,96	1689,13	7000	придатний
K72	№49	BA-5135	1939,32	2734,45	15000	придатний
K73	№50	BA-5135	1771,31	2497,55	15000	придатний
K74	№58	BA-5135	1197,96	1689,13	15000	придатний
K75	№59	BA-5131	1986,81	2801,4	7000	придатний
K76	№60	BA-5131	2804,14	3953,84	7000	придатний
K77	№61	BA-5131	1779,29	2508,79	7000	придатний
K78	№62	BA-5135	2056,24	2899,3	15000	придатний
K79	№63	BA-5135	1661,65	2342,92	15000	придатний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

89

10. АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАПРУГИ ТА РОЗРАХУНОК ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ ДЛЯ ХАРАКТЕРНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ

Якість напруга залежить від втрат напруги в окремих елементах живильної мережі. Відхилення напруги відповідно ГОСТ не повинні виходити в нормальному режимі роботи, за межі:

- 1) $(-2,5 \div +5) \%$ від $U_{\text{ном}}$ – для освітлення.
- 2) $(-5 \div +10) \%$ від $U_{\text{ном}}$ – на затискачах двигунів.
- 3) $(-5 \div +5) \%$ від $U_{\text{ном}}$ – на затискачах інших електроприймачів.

Відхилення напруги на кожній ділянці визначаємо по формулі:

$$V = \left[\frac{(U_{\text{ип}} - \Delta U_{\text{участка}}) - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \right] \cdot 100 \%,$$

Відхилення напруги будемо розраховувати для найбільш потужного і найбільш віддаленого електроприймача від ГПП.

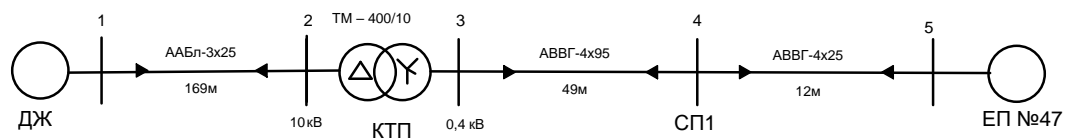
10.1. Розрахунок відхилення напруги для найбільш потужного електроприймача

Найбільш потужними електроприймачами в цеху є ЕП №17 і ЕП №18.

Розрахуємо відхилення напруги для ЕП №47:

Максимальний режим

Для максимального режиму приймається напруга на шинах ГПП 1,05 від номінального. Приймаємо $U_0=10500\text{В}$.



Мал. 10.1 Схема живлення найбільш потужного ЕП

ДП 141 2024				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Плебух Д.Д.		
Перевір.		Шестеренко		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
10.Аналіз якості напруги та розрахунок відхилення напруги для характерних електроприймачів				
		Лім.	Арк.	Аркушіє
			90	10
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого єр. ЕЛ-4-3				

Спад напруги у високовольтній кабельній лінії 10 кВ:

$$\Delta U_{кл} = \sqrt{3} \cdot I_{макс} \cdot \ell \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi)$$

Перша лінія:

$$\Delta U_{кл1} = \sqrt{3} \cdot 13,7 \cdot 169 \cdot (0,326 \cdot 0,7 + 0,083 \cdot 0,7) \cdot 10^{-3} = 1,15 \text{ В}$$

Визначаємо напругу наприкінці кабельних ліній 10 кВ:

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{кл1} - \Delta U_{кл2} = 10500 - 1,15 = 10498,85 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги наприкінці кабельної лінії 10 кВ (точка 3).

$$V_1 = \frac{U_1 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{10498,85 - 10000}{10000} \cdot 100\% = 4,99\%$$

Визначимо втрати напруги трансформатора:

Визначимо параметри трансформатора для визначення втрати напруги в ньому:

$$U_A = \frac{\Delta P_K}{S_{НОМ}} \cdot 100\% = \frac{5,5}{400} \cdot 100 = 1,38\%$$

$$U \sqrt{U_K^2 - U_A^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,38^2} = 5,32$$

$$\beta = \frac{S_{расч}}{S_{НОМ}} = \frac{476}{800} = 0,60$$

Визначаємо втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_T = U(U_A \cdot \cos \varphi + U_P \cdot \sin \varphi) = 0,6 \cdot (1,32 \cdot 0,7 + 5,32 \cdot 0,7) = 2,79\%$$

$$\Delta U = \Delta \cdot \frac{U_{max}}{100} = 293 \text{ В}$$

Визначаємо напругу на низькій стороні трансформатора приведені до високої сторони:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{mp} = 10498,85 - 293 = 10205,85 \text{ В}$$

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{10204,7}{10/0,4} = 408,2 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги на низькій стороні трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{408,6 - 400}{400} \cdot 100\% = 2,15\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЦТП:

									Арк.
									91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

$$\Delta U_{\text{СП-ЦТП}} = 3,09 \text{ В.}$$

$$U_3 = U'_2 - \Delta U_{\text{№1-СП}} = 408,2 - 3,09 = 405,11 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{405,16 - 400}{400} \cdot 100\% = 1,29\%$$

Втрати в кабельній лини від СП до ЕП №47:

$$\Delta U_{\text{№47-СП}} = 0,95 \text{ В}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{\text{№47-СП}} = 405,11 - 0,95 = 404,16 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{404,16 - 400}{400} \cdot 100\% = 1\%$$

Мінімальний режим

Для мінімального режиму напруга на шинах ГПП приймається рівною номінальній $U_0=10000\text{В}$.

За графіком обчислюємо співвідношення потужностей між максимальним і мінімальним режимом:

$$\frac{P_{\text{min}}}{P_{\text{max}}} = 0,6$$

Так як струми й втрати напруги прямо пропорційні потужності, то для будь-яких величин у мініальному режимі виконуються умови:

$$\Delta U_{\text{кл}} = 0,6 \cdot \Delta U_{\text{кл.}} = 0,6 \cdot 2,3 = 1,38 \text{ В.}$$

$$U_1 = U_{\text{дж}} - \Delta U_{\text{кл}} = 10000 - 1,38 = 9998,62 \text{ В.}$$

Визначимо відхилення напруги наприкінці кабельної лінії 10 кВ (точка 3).

$$V_1 = \frac{9998,62 - 10000}{10000} \cdot 100 = -0,01\%,$$

Втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{\text{тр}} = 0,6 \cdot \Delta U_{\text{тр.мах}} = 0,6 \cdot 293 = 175,8 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр}} = 9998,62 - 175,8 = 9822,82 \text{ В}$$

					ДП 141 2024	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведемо напругу U_2 до сторони 0,4 кВ:

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{9822,82}{10/0,4} = 392,9 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги на низькій стороні трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{392,9 - 400}{400} \cdot 100\% = -1,78\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЦТП:

$$\Delta U_{сп-цтп} = 0,6 \cdot 3,09 = 1,85 \text{ В}$$

$$U_3 = U'_2 - \Delta U_{сп-цтп} = 392,9 - 1,85 = 391,05 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{391,05 - 400}{400} \cdot 100\% = -2,24\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЕП №47:

$$\Delta U_{сп-цтп} = 0,6 \cdot 0,95 = 0,57 \text{ В}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{сп-№47} = 391,05 - 0,57 = 390,48 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 5:

$$V_3 = \frac{U_4 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{390,48 - 400}{400} \cdot 100\% = -2,38\%$$

Післяварійний режим

У якості післяварійного режиму приймаємо вихід з ладу однієї КЛ на 10 кВ.

Напругу джерела живлення приймаємо $U_{дж} = 1,1 \cdot U_{ном}$

Сторона ВН.

$$U_{дж} = 11000 \text{ В,}$$

КЛ

$$\Delta U_{кл} = \sqrt{3} \cdot 27,5 \cdot 169 \cdot (0,326 \cdot 0,7 + 0,083 \cdot 0,7) \cdot 10^{-3} = 2,3 \text{ В}$$

$$U_1 = U_{дж} - \Delta U_{кл} = 11000 - 2,3 = 10997,7 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги наприкінці кабельної лінії 10 кВ (точка 3).

$$V_1 = \frac{10990,36 - 10000}{10000} \cdot 100 = 9,98\%$$

									Арк.
									93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

Втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{\text{тр}} = 2 \cdot \Delta U_{\text{тр.макс}} = 2 \cdot 293 = 586 \text{ В,}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр}} = 10997,7 - 586 = 10411,7 \text{ В}$$

Приведемо напругу U_2 до сторони 0,4 кВ:

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{10411,7}{10/0,4} = 416,5 \text{ В.}$$

Визначимо відхилення напруги на низькій стороні трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{416,5 - 400}{400} \cdot 100\% = 4,13\% .$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЦТП:

$$\Delta U_{\text{СП-ЦТП}} = 3,09 \text{ В}$$

$$U_3 = U'_2 - \Delta U_{\text{№1-СП}} = 416,5 - 3,09 = 413,41 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{413,41 - 400}{400} \cdot 100\% = 3,35\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЕП №47:

$$\Delta U_{\text{№47-СП}} = 0,95 \text{ В}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{\text{№47-СП}} = 413,41 - 0,95 = 412,46 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_4 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{412,46 - 400}{400} \cdot 100\% = 3,12\%$$

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

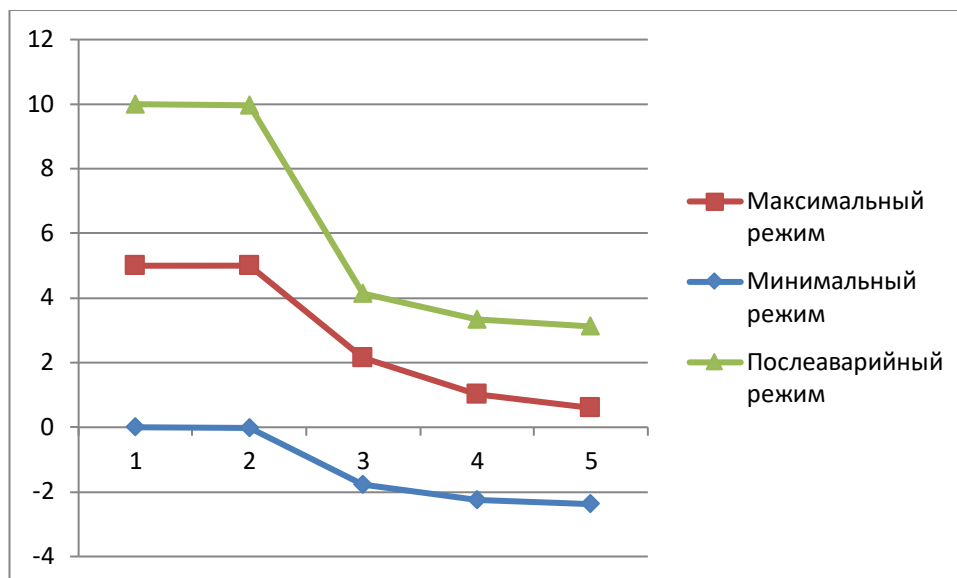


Рис. 10.2. Графік відхилення напруги

З розрахунків по всіх режимах роботи для найбільш потужного ЕП видно, що відхилення напруги відповідає ГОСТ.

10.2. Розрахунок відхилення напруги для електрично найбільш віддаленого електроприймача

Найбільш електрично віддаленим електроприймачем є електроприймач №46.

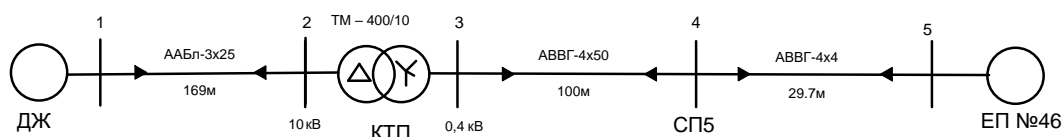


Рис. 10.3. Схема живлення віддаленого ЕП

Максимальний режим

Для максимального режиму напруга на шинах ГПП приймається 1,05 від номінальної. Приймаємо $U_0 = 1,05 \cdot U_{ном} = 1,05 \cdot 10 = 10500 \text{ В}$.

Спад напруги у високовольтній кабельній лінії 10 кВ:

$$\Delta U_{кл} = \sqrt{3} \cdot I_{макс} \cdot \ell \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi)$$

Перша лінія:

$$\Delta U_{кл1} = \sqrt{3} \cdot 13,7 \cdot 169 \cdot (0,326 \cdot 0,7 + 0,083 \cdot 0,7) \cdot 10^{-3} = 1,15 \text{ В}$$

Визначаємо напругу наприкінці першої кабельної лінії 10 кВ:

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{кл1} - \Delta U_{кл2} = 10500 - 1,15 = 10498,85 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги наприкінці другої кабельної лінії 10 кВ (точка 3).

$$V_1 = \frac{U_1 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{10498,85 - 10000}{10000} \cdot 100\% = 4,99\%$$

Визначаємо напругу на низькій стороні трансформатора приведені до високої сторони:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{тр} = 10498,85 - 293 = 10205,85 \text{ В}$$

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{10204,7}{10/0,4} = 408,2 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги на низькій стороні трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{408,2 - 400}{400} \cdot 100\% = 2,15\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЦТП:

$$\Delta U_{сп-цтп} = 4,16 \text{ В}$$

$$U_3 = U'_2 - \Delta U_{цтп-сп} = 408,2 - 4,16 = 404,04 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{404,04 - 400}{400} \cdot 100\% = 1,01\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЕП №46:

$$\Delta U_{№46-сп} = 1,65 \text{ В}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{№46-сп} = 404,04 - 1,65 = 402,39 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{402,39 - 400}{400} \cdot 100\% = 0,60\%$$

Мінімальний режим

Для мінімального режиму напруга на шинах ГПП приймається рівною номінальній $U_0 = 10000 \text{ В}$.

					ДП 141 2024	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За графіком обчислюємо співвідношення потужностей між максимальним і мінімальним режимом:

$$\frac{P_{\min}}{P_{\max}} = 0,6$$

Так як струми й втрати напруги прямо пропорційні потужності, то для будь-яких величин у мініальному режимі виконуються умови:

$$\Delta U_{\text{кл}} = 0,6 \cdot \Delta U_{\text{кл.}} = 0,6 \cdot 2,3 = 1,38 \text{ В.}$$

$$U_1 = U_{\text{дж}} - \Delta U_{\text{кл}} = 10000 - 1,38 = 9998,62 \text{ В.}$$

Визначимо відхилення напруги наприкінці кабельної лінії 10 кВ (точка 3).

$$V_1 = \frac{9998,62 - 10000}{10000} \cdot 100 = -0,01 \%,$$

Втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{\text{тр}} = 0,6 \cdot \Delta U_{\text{тр.мак}} = 0,6 \cdot 293 = 175,8 \text{ В}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{тр}} = 9998,62 - 175,8 = 9822,82 \text{ В}$$

Приведемо напругу U_2 до сторони 0,4 кВ:

$$U'_2 = \frac{U_2}{K_T} = \frac{9822,82}{10/0,4} = 392,9 \text{ В}$$

Визначимо відхилення напруги на низькій стороні трансформатора:

$$V_2 = \frac{U'_2 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{392,9 - 400}{400} \cdot 100\% = -1,78\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЦТП:

$$\Delta U_{\text{СП-ЦТП}} = 0,6 \cdot 4,16 = 2,5 \text{ В}$$

$$U_3 = U'_2 - \Delta U_{\text{ЦТП-СП}} = 392,9 - 2,5 = 390,4 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{390,4 - 400}{400} \cdot 100\% = -2,49\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЕП №46:

$$\Delta U_{\text{№46-СП}} = 0,6 \cdot 1,65 = 0,99 \text{ В}$$

									Арк.
									97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{412,34 - 400}{400} \cdot 100\% = 3,09\%$$

Втрати в кабельній лінії від СП до ЕП №46:

$$\Delta U_{№46-сп} = 1,65 \text{ В}$$

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{№46-сп} = 412,34 - 1,65 = 410,69 \text{ В}$$

Відхилення напруги в точці 4:

$$V_3 = \frac{U_3 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{410,69 - 400}{400} \cdot 100\% = 2,76\%$$

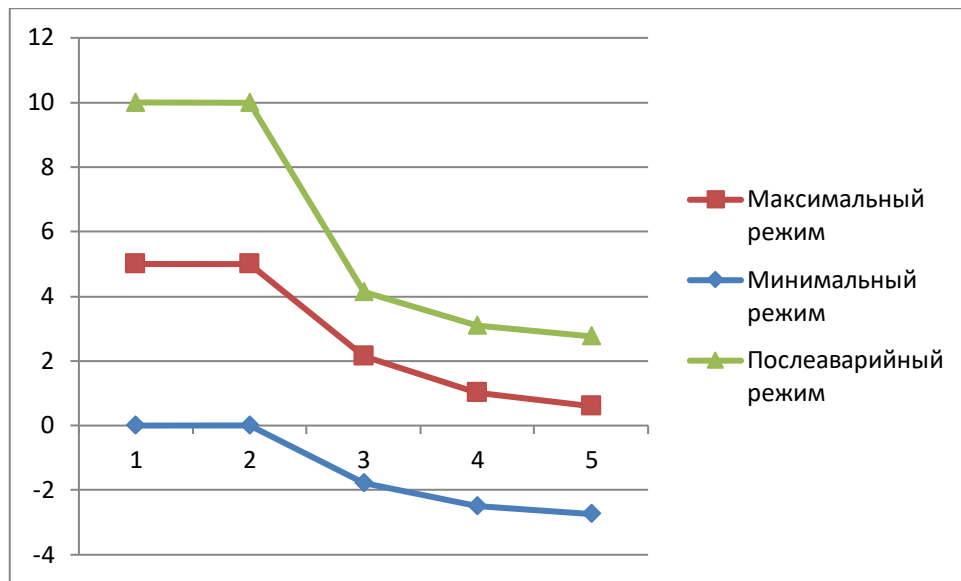


Рис. 10.4. Графік відхилення напруги

З розрахунків по всіх режимах роботи для найбільш віддаленого ЕП видно, що відхилення напруги відповідає ГОСТ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

99

11. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА (РЗА)

11.1. Захист трансформаторів (автотрансформаторів з обмоткою вищої напруги 3 кВ і вище

Для трансформаторів треба передбачати пристрої релейного захисту від таких видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи:

- 1) багатофазних замикань в обмотках і на виводах;
- 2) однофазних замикань на землю в обмотці та на виводах, приєднаних до мережі з глухозаземленою нейтраллю;
- 3) виткових замикань у обмотках;
- 4) струмів у обмотках, зумовлених зовнішніми КЗ;
- 5) струмів у обмотках, зумовлених перевантаженням;
- 6) зниження рівня масла;
- 7) часткового пробою ізоляції уводів 500 кВ;
- 8) однофазних замикань на землю в мережах 3-10 кВ з ізолюваною нейтраллю, якщо трансформатор живить мережа, в якій вимкнення однофазних замикань на землю необхідне згідно з вимогами безпеки.

Рекомендується, крім того, застосовувати захист від однофазних замикань на землю з боку 6-35 кВ автотрансформаторів з вищою напругою 220 кВ і вище.

Газовий захист від пошкоджень усередині кожуха, що супроводжу ються виділенням газу, і від зниження рівня масла треба передбачати:

- для трансформаторів потужністю 6,3 МВ-А і більше;
- для шунтувальних реакторів напругою 500 кВ;
- для внутрішньоцехових знижувальних трансформаторів потужністю 630 кВ-А і більше.

Газовий захист можна встановлювати також на трансформаторах потужністю 1-4 МВ-А.

Газовий захист має діяти на сигнал у разі слабкого газоутворення і зниження рівня масла та на вимкнення за інтенсивного газоутворення і подальшого зниження рівня масла.

Захист від пошкоджень усередині кожуха трансформатора, що супроводжу ються виділенням газу, може бути виконаним також з використанням реле тиску.

Захист від зниження рівня масла може бути виконаним також у вигляді окремого реле рівня в розширювачі трансформатора.

					ДП 141 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плебух Д.Д.			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко				100	8
Реценз.					11.Релейний захист та автоматика (РЗА) ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

Для захисту контакторного пристрою РПН з розривом дуги в маслі слід передбачати окреме газове реле і реле тиску.

Тут і далі в розд. 3 термін «трансформатори» поширюється і на автотрансформатори (відповідної напруги і потужностей), якщо в тексті немає спеціального застереження.

Для захисту вибірників РПН, що розміщуються в окремому баку, слід передбачати окреме газове реле.

Має бути передбачено можливість переведення дії вимикального елемента газового захисту на сигнал і виконання окремої сигналізації від сигнального і вимикальних елементів газового реле (що відрізняється характером сигналу).

Допускається виконувати газовий захист з дією вимикального елемента тільки на сигнал:

- на трансформаторах, установлених у районах, що зазнають землетрусів;
- на внутрішньоцехових знижувальних трансформаторах потужністю 2,5 МВ-А і менше, що не мають вимикачів з боку вищої напруги.

Для захисту від пошкоджень на виводах, а також від внутрішніх пошкоджень треба передбачати:

1. Подовжній диференціальний струмовий захист без витримки часу на трансформаторах потужністю 6,3 МВ-А і більше, на шунтувальних реакторах 500 кВ, а також на трансформаторах потужністю 4 МВ-А за паралельної роботи останніх з метою селективного вимкнення пошкодженого трансформатора.

Диференціальний захист може бути передбачено на трансформаторах меншої потужності, але не менше 1 МВ-А, якщо:

- струмова відсічка не задовольняє вимогам чутливості, а максимальний струмовий захист має витримку часу, більшу ніж 0,5 с;
- трансформатор установлено в районі, що піддається землетрусам.

2. Струмова відсічка без витримки часу, яку установлюють з боку живлення і яка охоплює частину обмотки трансформатора, якщо не передбачається диференціального захисту.

Зазначені захисти мають діяти на вимкнення всіх вимикачів трансформатора.

Подовжній диференціальний струмовий захист має здійснюватися із застосуванням спеціальних реле струму, відрегульованих від стрибків струму намагнічення, перехідних і сталих струмів небалансу (наприклад, насичувані трансформатори струму, гальмівні обмотки).

На трансформаторах потужністю до 25 МВ-А допускається виконувати захист з реле струму, відрегульованими за струмом спрацьовування від стрибків струму намагнічення і перехідних значень струмів небалансу (диференціальна відсічка), якщо при цьому забезпечується необхідна чутливість.

										Арк.
										101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 141 2024

Подовжній диференціальний захист має бути виконаним так, щоб у зону його дії входили з'єднання трансформатора зі збірними шинами.

Допускається використовувати для диференціального захисту трансформаторів струму, вбудованих у трансформатор, за наявності захисту, що забезпечує вимикання (з необхідною швидкістю) КЗ у з'єднаннях трансформатора зі збірними шинами.

Якщо в колі нижчої напруги трансформатора встановлено реактор і захист трансформатора не забезпечує вимоги чутливості в разі КЗ за реактором, допускається встановлювати трансформатори струму з боку виводів нижчої напруги трансформатора для здійснення захисту реактора.

На диференціальний і газовий захист трансформаторів, автотрансформаторів і шунтувальних реакторів не мають покладатися функції датчиків пуску установки пожежегасіння. Пуск схеми пожежегасіння зазначених елементів має здійснюватися від спеціального пристрою виявлення пожежі.

Пристрій контролю ізоляції вводів (КІВ) 500 кВ має бути виконаним з дією на сигнал за частковою пробією ізоляції вводів, що не потребує негайного вимкнення, і на вимкнення в разі пошкодження ізоляції вводу (до того, як станеться повний пробій ізоляції).

Має бути передбачено блокування, що запобігає помилковим спрацьовуванням пристрою КІВ у разі обривів у колах приєднання КІВ до виводів.

У разі приєднання трансформаторів (крім внутрішньоцехових) до ліній без вимикачів (наприклад, за схемою блока лінія - трансформатор) для вимкнення пошкоджень у трансформаторі має бути передбаченим один з таких заходів:

1. Установлення короткозамикача для штучного замикання на землю однієї фази (для мережі з глухозаземленою нейтраллю) або двох фаз між собою (для мережі з ізольованою нейтраллю) і, якщо це необхідно, віддільника, що автоматично вимикається в безструмову паузу АПВ лінії. Короткозамикач має бути встановленим поза зоною диференціального захисту трансформатора.

2. Установлення з боку вищої напруги знижувального трансформатора відкритих плавких вставок, що виконують функції короткозамикача і віддільника, у поєднанні з АПВ лінії.

3. Передавання вимикального сигналу на вимикач (або вимикачі) лінії; при цьому, якщо необхідно, встановлюється віддільник; для резервування передавання вимикального сигналу допускається встановлення короткозамикача.

У разі розв'язання питання про необхідність застосування передавання вимикального сигналу замість згідно з пунктами заходів 1 і 2 має враховуватися таке:

- відповідальність лінії та допустимість штучного створення на ній металевого КЗ;
- потужність трансформатора і допустимий час ліквідації пошкодження в

										Арк.
										102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 141 2024

ньому;

- віддаленість підстанції від живильного кінця лінії та здатність вимикача вимикати невіддалені КЗ;

- характер споживача з погляду необхідної швидкості відновлення напруги;

- імовірність відмов короткозамикача за низьких температур і ожеледі.

4. Установлення запобіжників з боку вищої напруги знижувального трансформатора.

Заходи можуть не передбачатися для блоків лінія - трансформатор, якщо в разі двостороннього живлення трансформатор захищається загальним захистом блока (високочастотним або подовжнім диференціальним спеціального призначення), а також за потужності трансформатора 25 МВ-А і менше за одностороннього живлення, якщо захист живильної лінії забезпечує також захист трансформатора (швидкодійний захист лінії частково захищає трансформатор і резервний захист лінії з часом, не більшим ніж 1 с, захищає весь трансформатор); при цьому газовий захист виконується з дією вимикального елемента тільки на сигнал.

У разі застосування заходів на трансформаторі мають бути встановленими:

- за наявності з боку вищої напруги трансформатора (110 кВ і вище) вбудованих трансформаторів струму;

- за відсутності вбудованих трансформаторів струму - диференціальний або максимальний струмовий захист, виконаний з використанням накладних або магнітних трансформаторів струму, і газовий захист.

Пошкодження на виводах вищої напруги трансформаторів допускається ліквідувати захистом лінії.

В окремих випадках за відсутності вбудованих трансформаторів струму допускається застосовувати виносні трансформатори струму, якщо в разі використання накладних або магнітних трансформаторів струму не забезпечуються необхідні характеристики захисту.

Для захисту трансформаторів з вищою напругою 35 кВ у разі застосування заходу згідно з пунктом 1 мають передбачатися виносні трансформатори струму; при цьому доцільність установлення короткозамикача і виносних трансформаторів струму або вимикача з вбудованими трансформаторами струму має бути обґрунтованою техніко-економічним розрахунком.

Якщо застосовано відкриті плавкі вставки, то для підвищення чутливості дії газового захисту може здійснюватися на виконання механічним шляхом штучного КЗ на вставках.

Якщо в навантаженнях трансформаторів підстанцій містяться синхронні електродвигуни, то має бути вжито заходів щодо запобігання вимиканню віддільником

									Арк.
									103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

(у разі КЗ в одному з трансформаторів) струму від синхронних електродвигунів, що йде через інші трансформатори.

На трансформаторах потужністю 1 МВ-Аібільше як захист від струмів в обмотках, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, мають бути передбаченими такі захисти з дією на вимикання:

1. На підвищувальних трансформаторах з двостороннім живленням - струмовий захист зворотної послідовності від несиметричних КЗ і максимального струмового захисту з мінімальним пуском напруги від симетричних КЗ або максимального струмового захисту з комбінованим пуском напруги.

2. На знижувальних трансформаторах - максимальний струмовий захист з комбінованим пуском напруги або без нього; на потужних знижувальних трансформаторах за наявності двостороннього живлення можна застосовувати струмовий захист зворотної послідовності від несиметричних КЗ і максимального струмового захисту з мінімальним пуском напруги від симетричних КЗ.

Під час вибору струму спрацьовування максимального струмового захисту необхідно враховувати можливі струми перевантаження за вимкнення паралельно працюючих трансформаторів і струм самозапуску електродвигунів, що живляться від трансформаторів.

На знижувальних автотрансформаторах 330 кВ і вище слід передбачати дистанційний захист для дії в разі зовнішніх багатофазних КЗ у випадках, коли це потрібно для забезпечення далекого резервування або узгодження захистів суміжної напруги; у цих же випадках зазначений захист допускається встановлювати на автотрансформаторах 220 кВ.

На трансформаторах потужністю, меншою 1 МВ-А (що підвищують і знижують), як захист від струмів, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, треба передбачати максимальний струмовий захист, що діє на вимкнення.

Захист від струмів, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, слід встановлювати:

- 1) на двообмоткових трансформаторах - з боку основного живлення;
- 2) на багатообмоткових трансформаторах, приєднаних за допомогою трьох і більше вимикачів, - з усіх боків трансформатора; допускається не встановлювати захист на одному із боків трансформатора, а виконувати його з боку основного живлення, так щоб він з меншою витримкою часу вимикав вимикачі з того боку, на якому захист відсутній;
- 3) на знижувальному двообмотковому трансформаторі, який живить окремо секції, що працюють, - з боку живлення і з боку кожної секції;
- 4) у разі застосування накладних трансформаторів струму на боці вищої напруги - з боку нижчої напруги на двообмотковому трансформаторі і з боку нижчої та середньої напруги на триобмотковому трансформаторі.

										Арк.
										104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 141 2024

Допускається захист від струмів, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, передбачати тільки для резервування захистів суміжних елементів і не передбачати для дії за відмови основних захистів трансформаторів, якщо виконання для такої дії призводить до значного ускладнення захисту.

Під час виконання захисту від струмів, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, мають також розглядатися необхідність і можливість доповнення його струмовою відсічкою, призначеною для вимикання з меншою витримкою часу КЗ на шинах середньої та нижчої напруги (виходячи з рівня струмів КЗ, наявності окремого захисту шин, можливості узгодження із захистами елементів, що відходять).

Якщо захист підвищувальних трансформаторів від струмів, зумовлених зовнішніми багатофазними КЗ, не забезпечує необхідної чутливості і селективності, то для захисту трансформатора допускається використовувати реле струму відповідного захисту генераторів.

На підвищувальних трансформаторах потужністю 1 МВ-А і більше, на трансформаторах з дво- і тристороннім живленням і на автотрансформаторах за умови необхідності резервування вимикання замикань на землю на суміжних елементах, а на автотрансформаторах, крім того, і за умови забезпечення селективності захистів від замикань на землю мереж різної напруги має бути передбаченим струмовий захист нульової послідовності від зовнішніх замикань на землю, установлюваний з боку обмотки, приєднаної до мережі з великими струмами замикання на землю.

За наявності частини трансформаторів (з числа тих, що мають неповну ізоляцію обмотки з боку нульового виводу) з ізольованою нейтраллю має забезпечуватися запобігання неприпустимому режиму нейтралі цих трансформаторів з цією метою у випадках, коли на електростанції або підстанції встановлено трансформатори із заземленою та ізольованою нейтраллю, що мають живлення з боків нижчої напруги, має бути передбачено захист, що забезпечує вимикання трансформатора з ізольованою нейтраллю або її автоматичне заземлення до вимикання трансформаторів із заземленою нейтраллю, що працюють на ті самі шини або ділянку мережі.

На автотрансформаторах (багатообмоткових трансформаторах) з живленням із декількох боків захист від струмів, викликаних зовнішніми КЗ, необхідно виконувати напрямленим, якщо це потрібно за умовами селективності.

На автотрансформаторах 220-500 кВ підстанцій, блоках генератор - трансформатор 330-500 кВ і автотрансформаторах зв'язку 220-500 кВ електростанцій має передбачатися можливість оперативного прискорення захистів від струмів, зумовлених зовнішніми КЗ, у разі виведення з дії диференціальних захистів шин

									Арк.
									105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

або ошиновки, що забезпечує вимикання пошкоджень на елементах, що залишилися без швидкодійного захисту з витримкою часу близько 0,5 с.

На знижувальних трансформаторах і блоках трансформатор - магістраль з вищою напругою до 35 кВ і з'єднанням обмотки нижчої напруги в зірку із заземленою нейтраллю слід передбачати захист від однофазних замикань на землю в мережі нижчої напруги, який здійснюють застосуванням:

1) максимального струмового захисту від зовнішніх КЗ, що встановлюється на боці вищої напруги, і, якщо це потрібно, за умовою чутливості, у трирелейному виконанні;

2) автоматичних вимикачів або запобіжників на виводах нижчої напруги; 3) спеціального захисту нульової послідовності, що встановлюється в нульовому проводі трансформатора). Для промислових електроустановок, якщо збірка на боці нижчої напруги з апаратами захисту приєднань розташовано безпосередньо близько від трансформатора (до 30 м) або з'єднання між трансформатором і збіркою виконане трифазними кабелів, допускається захист за пунктом 3 не застосовувати.

При застосуванні захисту за п. 3 допускається не погоджувати її із захистами елементів, що відходять від збірки на боці нижчої напруги.

Для схеми лінія - трансформатор у разі застосування захисту за п. 3 допускається не прокладати спеціальний контрольний кабель для забезпечення дії цього захисту на вимикач з боку вищої напруги і виконувати її з дією на автоматичний вимикач, установлений з боку нижчої напруги.

Вимоги цього параграфу поширюються також на захист зазначених трансформаторів запобіжниками, установленими з боку вищої напруги.

З боку нижчої напруги знижувальних трансформаторів з вищою напругою 3-10 кВ, що живлять збірки з приєднаннями, захищеними запобіжниками, слід установлювати головний запобіжник або автоматичний вимикач.

Якщо запобіжники на приєднаннях нижчої напруги і запобіжники (або релейний захист) з боку вищої напруги обслуговуються і знаходяться у віданні одного й того самого персоналу (наприклад, тільки персоналу енергосистеми або тільки персоналу споживача), то головний запобіжник або автоматичний вимикач з боку нижчої напруги трансформатора можна не встановлювати.

На трансформаторах потужністю 0,4 МВ-А і більше залежно від імовірності та значення можливого перевантаження слід передбачати максимальний струмовий захист від струмів, зумовлених перевантаженням, з дією на сигнал.

Для підстанцій без постійного чергування персоналу допускається передбачати дію цього захисту на автоматичне розвантаження або вимкнення (за неможливості ліквідації перевантаження іншими засобами).

									Арк.
									106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

За наявності з боку нейтралі трансформатора окремого додаткового трансформатора для регулювання напруги під навантаженням необхідно передбачати на додаток такі захисти:

- газовий захист додаткового трансформатора;
- максимальний струмовий захист з гальмуванням у разі зовнішнього КЗ від пошкоджень у первинній обмотці додаткового трансформатора, за винятком випадків, коли цю обмотку вмикають у зону дії диференціального струмового захисту кіл з боку нижчої напруги автотрансформатора;
- диференціальний захист, який охоплює вторинну обмотку додаткового трансформатора.

Захист лінійного додаткового трансформатора, встановленого з боку нижчої напруги автотрансформатора, слід здійснювати:

- газовим захистом власне додаткового трансформатора і захистом контакторного пристрою РПН, який може бути виконаним із застосуванням реле тиску або окремого газового реле;
- диференціальним струмовим захистом кіл з боку нижчої напруги автотрансформатора.

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

12. ОБЛІК ТА ВИМІРЮВАННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

12.1. Електронні багатофункціональні лічильники

Використання електронних багатофункціональних електронних лічильників – наступний крок на шляху вдосконалення обліку електричної енергії. Ці лічильники можна застосовувати як окремо, так і в складі інформаційно-вимірювальних систем.

Багатофункціональні електронні лічильники електроенергії – це повністю програмовані мікропроцесорні вимірювальні прилади. Сучасні зразки таких лічильників можуть виконувати понад сто різних функцій, основні з яких:

- облік як активної, так і реактивної енергій;
- облік електроенергії у двох напрямках;
 - цифрову обробку струму й напруги для обліку активної енергії та розрахунку усередненої потужності за фіксований інтервал часу;
- побудову графіків навантаження;
- розрахунок повної енергії та коефіцієнта потужності;
- вимірювання струму, напруги й частоти;
 - зберігання та відображення вимірюваних величин на рідиннокристалічному індикаторі;
 - забезпечення живлення приладу як від мережі вимірювання, так і від спеціальних батарей;
 - переключення тарифів за допомогою зовнішніх сигналів синхронізації або програмою, зокрема й під час переходу з літнього часу на зимовий;
 - забезпечення нормального функціонування в разі зникнення однієї чи двох фаз або нейтралі;
 - захист від несанкціонованого доступу в програмне забезпечення;
 - можливість приймати телеметричні імпульси від інших лічильників енергосистеми (електролічильників, лічильниківводи, газу та ін.);
 - здійснення зовнішньої комунікації з іншими вимірювальними приладами, а також підключення до автоматизованої системи обліку й керування електроспоживанням різних структур;
 - одержання будь-якої інформації про миттєві значення вимірюваних величин у режимі реального часу, а також усіх даних, збережених у пам'яті лічильника;

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебух Д.Д.			12.Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання на	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко					108	3
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ар. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Таблиця 12.1 – Технічні характеристики багатофункціонального електронного лічильника електроенергії типу АСЕ 5000

Параметр	Значення й характеристика
Робочий діапазон напруги	3x220/380 В (-30 %, +25 %)
Робочий діапазон струмів під час підключення:	
– безпосереднього;	5–120 А
– трансформаторного	5–10 А
Частота	50 Гц
Тип підключення	чотирьохпровідне
Клас точності:	
– за активною енергією;	Клас 1.0 (за МЕК 61036)
– за реактивною енергією	Клас 2.0 (за МЕК 61268)
Вимірювані параметри	Активна й реактивна енергії та потужності в одному або двох напрямках. Миттєві й максимальні значення фазних напруг і струмів, активної та повної потужностей, $\cos \varphi$.
Період інтеграції потужності	Можна запрограмувати: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60 хв
Дисплей	Багатосегментний РКІ, послідовність повідомлень програмують
Власне споживання:	
– у колах обмоток струму;	не більше за 0,1 В · А;
– у колах обмоток напруги	не більше ніж 0,8 В · А та 0,7 Вт
Комунікаційні інтерфейси	Оптичний інтерфейс (DLMS Cosem, IEC 61107 mode E), 9600 бод; 1 або 2 імпульсних телеметричних виводи (IEC 62053-31 type A); Послідовний інтерфейс (DVO), 1200 бод; 8 тарифних ставок; 8 моментів переключення за добу; 4 добових графіки; 4 сезони; 72 спеціальні окремо програмовані дати; автоматичний перехід на літній/зимовий час
Діапазон:	
– робочих температур;	– 25–(+60) °С;
– граничних робочих температур;	– 40–(+60) °С;
– зберігання й транспортування	– 40–(+60) °С

13. ОХОРОНА ПРАЦІ

13.1. Конструктивне виконання мережі

Джерелом живлення проектованого цеху розливу Мукачівського пивоварного заводу є головна знижувальна підстанція ГПП, яка у свою чергу одержує живлення від підстанції енергосистеми.

Від ГПП одержують живлення цехові комплектні трансформаторні підстанції КТП. На заводі використовується чотири КТП 2х1000/10/0,4-П-К-УЗ, дві КТП 2х630/10/0,4-П-К-УЗ; КТП 2х400/10/0,4-П-К-УЗ. Живлення здійснюється кабельними лініями. У якості кабелю використовується трижильний алюмінієвий кабель марки ААБл, який прокладений у землі на глибині 0,7 метрів у траншеї. Кабельні лінії захищені вакуумними вимикачами ВВ/TEL-10-20/630УЗ, вимикачами навантаження ВНПу-10/400-10зУЗ і плавкими запобіжниками ПКТ104-10-100-31,5.

Внутрішньоцехове електропостачання цеху виконане за схемою: силові пункти – кабелі, що живлять окремі електроприймачі. У всіх випадках застосовується кабель марки АВВГ. Силові пункти обрані типу ПР8804 і ПР11.

Робоче освітлення виконане лампами ДРЛ-700 і ДРЛ-500 у світильниках типу РСП05, які одержують живлення від двох освітлювальних щитів типу ОЩВ-6. Головні щитки освітлення одержують живлення безпосередньо від секцій шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції КТП по кабельній лінії, у якості якої використовується чотирьохжильний кабель марки АВВГ перерізом 10 мм² для ГЩО1 і 2,5 мм² для ГЩО2.

Аварійне освітлення виконане лампами розжарювання типу Б220-100 і Б220-150 у світильниках НСП07, що одержують живлення від двох аварійних освітлювальних щитків типу ОЩВ-6. Щити аварійного освітлення одержують живлення від головного аварійного щита освітлення, який у свою чергу живиться

					ДП 141 2024			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плебух Д.Д.			13. Охорона праці	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сірик А.О.					111	6
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого гр. ЕЛ-4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

проходи між обладнанням, які не дозволяють використовувати для складання, або за іншим призначенням.

З персоналу цеху організовується протипожежна команда, кожен член має певні обов'язки.

13.3. Розрахунок заземлюючих пристроїв цеху розливу пива

Заземленням називають навмисне з'єднання металевих частин ЕУ із заземлюючим пристроєм.

Захисне - виконується з метою забезпечення електробезпеки при замиканні струмоведучих частин на корпус устаткування.

Робоче - заземлення призначене для забезпечення нормальних режимів роботи ЕУ.

Блискавкозахисне - призначене для забезпечення захисту ЕУ від перенапруги й блискавкозахисту будинків і споруд.

Заземлюючий пристрій - це сукупність заземлювача й заземлюючих провідників.

Заземлювачем називається металевий провідник або групу провідників, що перебувають у з'єднанні із землею.

Розрізняють два види:

Природні заземлювачі - це різні конструкції які по своїх властивостях можуть одночасно виконувати функції заземлювачів.

Штучні заземлювачі - металеві електроди, що це закладаються в землю, спеціально призначені для пристроїв заземлення.

Здійснимо розрахунок заземлюючого пристрою цеху розливу пива:

1. Відповідно до ПУЕ [3] встановлюється допустимий опір заземлюючого пристрою R_3 :

для сторони 10 кВ і за умови, що заземлювач використовується одночасно для установок напругою до 1000 В опір заземлюючого пристрою визначаємо як:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_{ЗНЗ}},$$

									Арк.
									113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

де $I_{\text{ЗНЗ}}$ - струм замикання на землю на стороні 10 кВ, А.

Згідно ПУЕ опір заземлення пристрою R_3 не повинне перевищувати 4 Ом, тому за розрахунковий опір приймаємо $R_3 = 4$ Ом.

2. З урахуванням відведеної території намічаємо розташування заземлювачів по периметру; вертикальні електроди виконаємо зі сталевого прута діаметром 16 мм, довжиною 2 м і глибиною залягання 0,7 м; горизонтальні – стрижневого типу з такої ж сталі діаметром 6 мм.

3. Опір штучного заземлювача при відсутності даних про природні заземлювачі приймається рівним допустимому опору заземлюючого пристрою: $R_{\text{ш}} = R_3 = 4$ Ом.

4. Визначаємо розрахункові питомі опори ґрунту ρ_p для горизонтальних і вертикальних електродів з урахуванням підвищувального коефіцієнта $K_{\text{П}}$, що враховує промерзання ґрунту взимку й висихання його влітку.

$$\rho_p = \rho_n \cdot K_{\text{П}},$$

де $\rho_n = 100$ Ом·м – питомий опір ґрунту типу суглинок [5];

$K_{\text{П}}$ - підвищувальний коефіцієнт для вертикальних ($K_{\text{П,В}} = 1,9$) і горизонтальних ($K_{\text{П,Г}} = 6$) електродів для кліматичної зони 3 [5].

$$\rho_{pB} = \rho_n \cdot K_{\text{П,В}} = 100 \cdot 1,9 = 190 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{pГ} = \rho_n \cdot K_{\text{П,Г}} = 100 \cdot 6 = 600 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

5. Визначимо опір розтіканню одного вертикального електрода стрижневого типу по формулі:

$$R_{O,B,E} = \frac{\rho_{pB}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right),$$

де $l = 2$ м – довжина електрода;

$d = 0,016$ м – діаметр електрода;

$t = 1,7$ м - відстань від поверхні землі до середини електрода.

$$R_{O,B,E} = \frac{190}{2 \cdot \pi \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 88,11 \text{ Ом}.$$

									Арк.
									114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

6. Визначимо орієнтовне число вертикальних заземлювачів при попередньо прийнятому коефіцієнті використання $K_{в,в}$:

$$N = \frac{R_{O,E,B}}{k_{в,в} \cdot R_{ш}},$$

Контур заземлення прокладено на відстані 1 м від стін будинку. Розміри контуру становлять 74x53. З обліком цього попереднє число вертикальних заземлювачів при відстані між ними 6 м:

$$N = P/4 = 42 \text{ шт.},$$

де $P = 254$ м – периметр контуру заземлення.

$K_{в,в} = 0,64$ – при відношенні відстані між електродами до їхньої довжини рівному 3 і попередньому числі вертикальних заземлювачів 42 шт [5].

$$N = \frac{88,11}{0,64 \cdot 4} = 34,41 \approx 34 \text{ шт.}$$

7. Визначимо розрахунковий опір розтіканню горизонтальних електродів по формулі:

$$R_{P,\Gamma,E} = \frac{R_{\Gamma,E}}{K_{в,\Gamma,E}},$$

де $K_{в,\Gamma,E} = 0,39$ – коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при числі вертикальних електродів рівному 26 [5];

$$R_{P,\Gamma,E} = \frac{\rho_{p\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{l_{\Gamma}^2}{b \cdot t_{\Gamma}},$$

де l_{Γ} - довжина горизонтального заземлювача;

$b=2 \cdot d$ – для круглого заземлювача;

t_{Γ} - глибина закладення горизонтального заземлювача.

$$R_{P,\Gamma,E} = \frac{1}{0,39} \cdot \frac{600}{2 \cdot \pi \cdot 254} \cdot \ln \frac{254^2}{2 \cdot 0,006 \cdot 0,7} = 15,3 \text{ Ом}.$$

8. Уточнюємо необхідний опір вертикальних електродів з урахуванням провідності горизонтальних сполучних електродів:

$$R_{B,E} = \frac{R_{P,\Gamma,E} \cdot R_B}{R_{P,\Gamma,E} - R_B} = \frac{15,3 \cdot 4}{15,3 - 4} = 5,4 \text{ Ом}.$$

									Арк.
									115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

9. Визначаємо число вертикальних електродів з урахуванням уточненого коефіцієнта використання $K_{в,в,в}$:

$$N = \frac{R_{O,E,B}}{K_{B,B,V} \cdot R_{B,E}},$$

де $K_{в,в,в} = 0,65$ [5] – при $N=26$ і $a/l = (p/26)/2=2$ де $p=104$ м – периметр контуру розташування електродів:

$$N = \frac{88,11}{0,66 \cdot 5,4} = 25$$

Зробимо перевірку:

$$R_{B,E} = \frac{R_{O,B,E}}{k_{B,B} \cdot N} = \frac{88,11}{0,66 \cdot 25} = 5,34 \text{ Ом}.$$

$$R_3 = \frac{R_{P,Г,Э} \cdot R_{B,E}}{R_{P,Г,E} + R_{B,E}} = \frac{15,3 \cdot 5,34}{15,3 + 5,34} = 3,96 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом}$$

На створення системи заземлення цеху буде потрібно 304 м сталевго прута діаметром 16 мм. З них:

- 1) 50 м – на 25 вертикальних електродів довжиною 2 м діаметром 16 мм, розташованих по периметру горизонтального електрода із заглибленням верхнього кінця на 0,7 м;
- 2) 254 м – на прокладку горизонтального електрода діаметром 16 мм, заглибленого на 0,7 м, що з'єднує між собою вертикальні електроди (з'єднання виконуються зварюванням).

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

14. СПЕЦПИТАННЯ. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ СЕП ПІДПРИЄМСТВА

14.1. Диспетчеризація та автоматизація

Диспетчеризація поточного стану системи електропостачання — це процес моніторингу, керування та контролю за роботою електромережі. Головна мета диспетчеризації полягає в забезпеченні надійності, ефективності та безпеки електропостачання. У межах цього процесу проводяться наступні дії:

1. Моніторинг: Системи моніторингу збирають дані про поточний стан системи електропостачання. Це може включати інформацію про напругу, струм, потужність, переривання в електромережі тощо.

2. Керування: Диспетчерський центр має здатність керувати різними аспектами системи, наприклад, вмикання та вимикання обладнання, регулювання напруги, розподіл навантаження тощо. Це може бути автоматизованим або виконуватися операторами.

3. Прогнозування: Для ефективного керування системою важливо мати прогнози щодо пікового навантаження, споживання електроенергії, погодних умов тощо. На основі цих прогнозів можуть прийматися рішення щодо оптимізації роботи системи.

4. Контроль за безпекою: Диспетчерський центр також відповідає за забезпечення безпеки електропостачання. Це включає в себе моніторинг параметрів, що вказують на можливість аварій, швидке реагування на них та вживання заходів для запобігання негативних наслідків.

5. Звітність і аналіз: Важливо вести звітність про роботу системи електропостачання, включаючи виявлені проблеми, вжиті заходи та їх

					ДП 141 2024			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	14. Спецпитання. Диспетчеризація поточного стану СЕП підприємства	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Плебук Д.Д.</i>					117	23
<i>Перевір.</i>		<i>Шестеренко</i>				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого єр. ЕЛ-4-3		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

ефективність. Це допомагає в аналізі та вдосконаленні процесів диспетчеризації. Всі ці етапи спільно допомагають забезпечити ефективну та безпечну роботу системи електропостачання підприємства.

Система моніторингу / диспетчеризації інженерного обладнання:

По будівлях

Як правило, пріоритетними завданнями в області автоматизації та диспетчеризації будівель є:

- оперативний моніторинг параметрів роботи обладнання;
- централізація обліку енергоносіїв;
- на підставі зібраної інформації оптимізація використання ресурсів енергоспоживання (газ, вода, тепло, електроенергія);
- оптимізація використання людських ресурсів;
- підвищення надійності роботи інженерних систем;
- можливість оперативного оповіщення про позаштатні ситуації;
- можливість автоматичної локалізації аварій;
- забезпечення необхідного мікроклімату для роботи обладнання в приміщеннях;
- контроль і автоматичне підтримання комфортних, для перебування людей, умов;
- створення журналу всіх подій в інженерних системах (аварії, зміни);
- створення інтуїтивно зрозумілих і зручних для використання єдиних інтерфейсів управління;
- зведення до мінімуму людського фактора в управлінні інженерними системами;
- забезпечення інтеграції між системами;
- збільшення ресурсу роботи агрегатів інженерних систем;

										Арк.
										118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 141 2024

14.2. Система диспетчерського управління

Компанія «Плутон» пропонує функціональні системи диспетчерського управління, збору даних та візуалізації на базі SCADA, що дозволяють здійснити централізований контроль стану системи електропостачання та оперативного управління роботою обладнання підстанцій та віддалених об'єктів енергосистеми.

У рішеннях компанії втілені останні досягнення в області інформаційних технологій та визнані міжнародні стандарти. Фахівці знають про те, наскільки важливо, щоб обладнання працювало без збоїв, а системи управління були надійними, зручними в експлуатації та обслуговуванні.

Завдяки масштабованості системи та модульній архітектурі програмних та апаратних засобів, можна отримати відкриті для модернізації та розвитку АСУ електропостачання від невеликих розподільчих підстанцій до найбільших енергодиспетчерських пунктів.

Компанія «Плутон» пропонує впровадження уніфікованої платформи, яка є значно менш витратною у порівнянні з підтриманням великої кількості різноманітних локальних систем, при цьому здійснюються функції автоматизації абсолютно всіх складників процесу диспетчерського контролю та управління.

Переваги:

- інформаційна сумісність з різними системами верхнього рівня завдяки відкритим технологіям та відкритим протоколам обміну даними (IEC 60870-5-101/103/104, Modbus, DNP3) на основі загальновизнаного міжнародного стандарту IEC 61850;
- високі показники надійності та оперативності диспетчерського управління на основі використання єдиної інформаційної бази, збільшення обсягу оперативної інформації та підвищення її вірогідності;
- працездатність системи без затримок та додаткових перемикань завдяки продуманій архітектурі та використанню принципу «гарячого» резервування;
- ефективне управління шляхом оперативної координації роботи диспетчерів, зменшення витрат часу простою шляхом скорочення часу контролю

									Арк.
									121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 141 2024

та управління як у нормальних умовах, так і при виході з аварійних та інших нестандартних ситуацій.

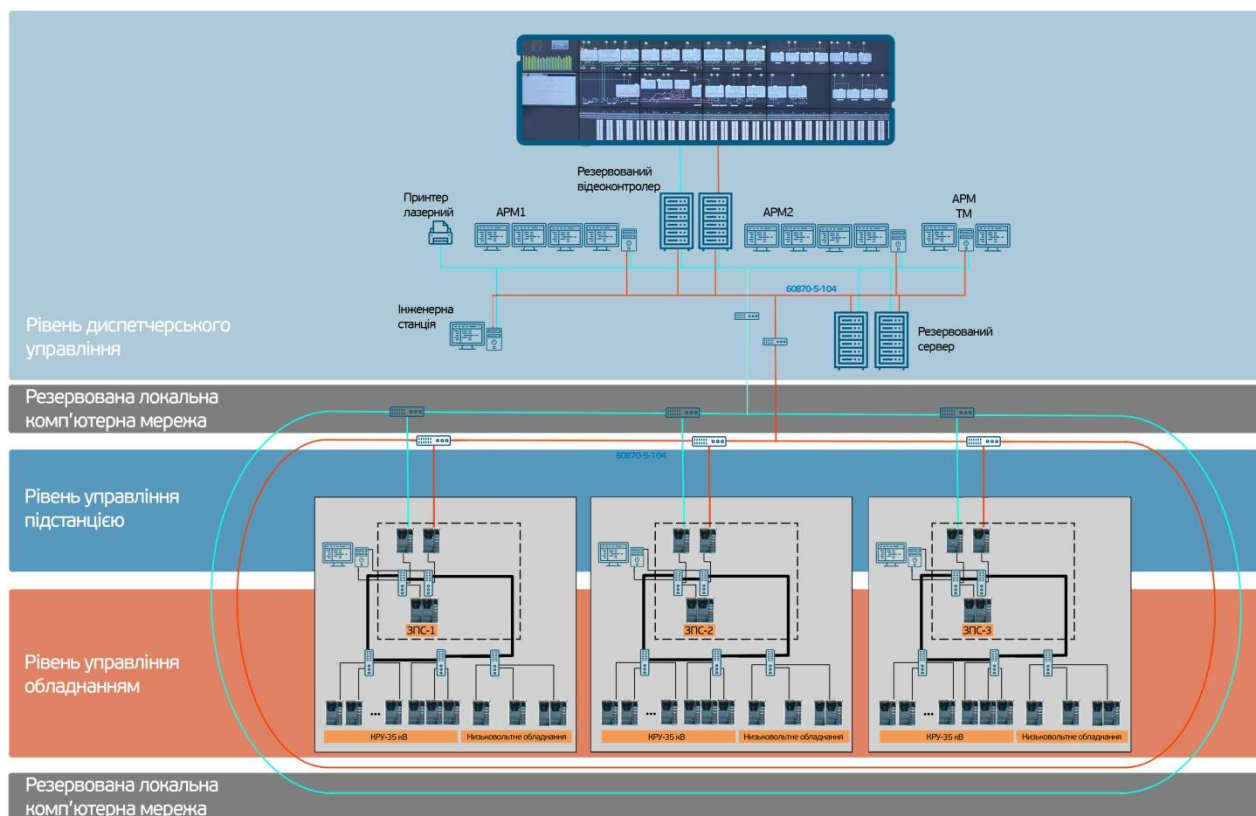


Рисунок 14.1. Тривірнева система диспетчерського управління

Система управління виробництва компанії «Плутон» має тривірневу структуру:

- Верхній рівень (диспетчерське управління);
- Середній рівень (підстанційний);
- Нижній рівень.

Верхній рівень управління містить обладнання Енергодиспетчерського пункту, яке здійснює управління декількома контрольованими пунктами (КП), тобто обладнанням декількох територіально розосереджених підстанцій. До складу програмно-технічного комплексу ЕДП входять:

- АРМ енергодиспетчера (основний та резервний);
- АРМ діагностики обладнання;
- сервери даних (основний та резервний);
- комунікаційне обладнання зв'язку з обладнанням середнього рівня;

- джерела безперебійного живлення, а також пристрої візуалізації (відеостіна) на базі панелей з діагоналлю 55”.

Функції:

- обмін інформацією з контрольованими пунктами (підстанційним рівнем управління);
- зберігання та первинна обробка інформації в режимі реального часу;
- ведення журналу подій та порушень, визначення відмов технологічного обладнання, аварійних та нештатних ситуацій та надання необхідної інформації технологічному або оперативному персоналу;
- візуалізація інформації у вигляді графіків, гістограм та ін.;
- діагностика обладнання ПТК та каналів зв'язку.



Рисунок 14.2. Обладнання енергодиспетчерського пункту управління

Програмно-технічний комплекс обладнання АСДУ верхнього рівня будується на базі SCADA-системи та забезпечує:

									Арк.
									123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Рисунок 14.3. Автоматизоване робоче місце (АРМ) енергодиспетчера

Для збору та обробки даних, що надходять від контрольованих пунктів підстанцій, використовуються сучасні резервовані сервери. Використання принципу гарячого резервування дозволяє вирішувати задачі безударного переходу та забезпечення стійкої працездатності системи у разі відмови однієї одиниці з резервованого обладнання.

У разі відмови одного з серверів гарантовано зберігається вся повнота функцій ПТК, на попередньому рівні зберігаються параметри швидкості передачі даних між диспетчерським пунктом та контрольованими пунктами, обробка повідомлень та виявлення нештатних ситуацій. Через те, що канали зв'язку є найбільш критичною ланкою ПТК, використання двох мережевих карт у кожному сервері дозволяє забезпечити фактично двократне резервування і, як наслідок, підвищення надійності елементів комунікації.

									Арк.
									125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- запит архіву службової інформації та її перегляд за будь-який проміжок часу;
- документування (виведення на друк) стану обладнання телемеханіки.

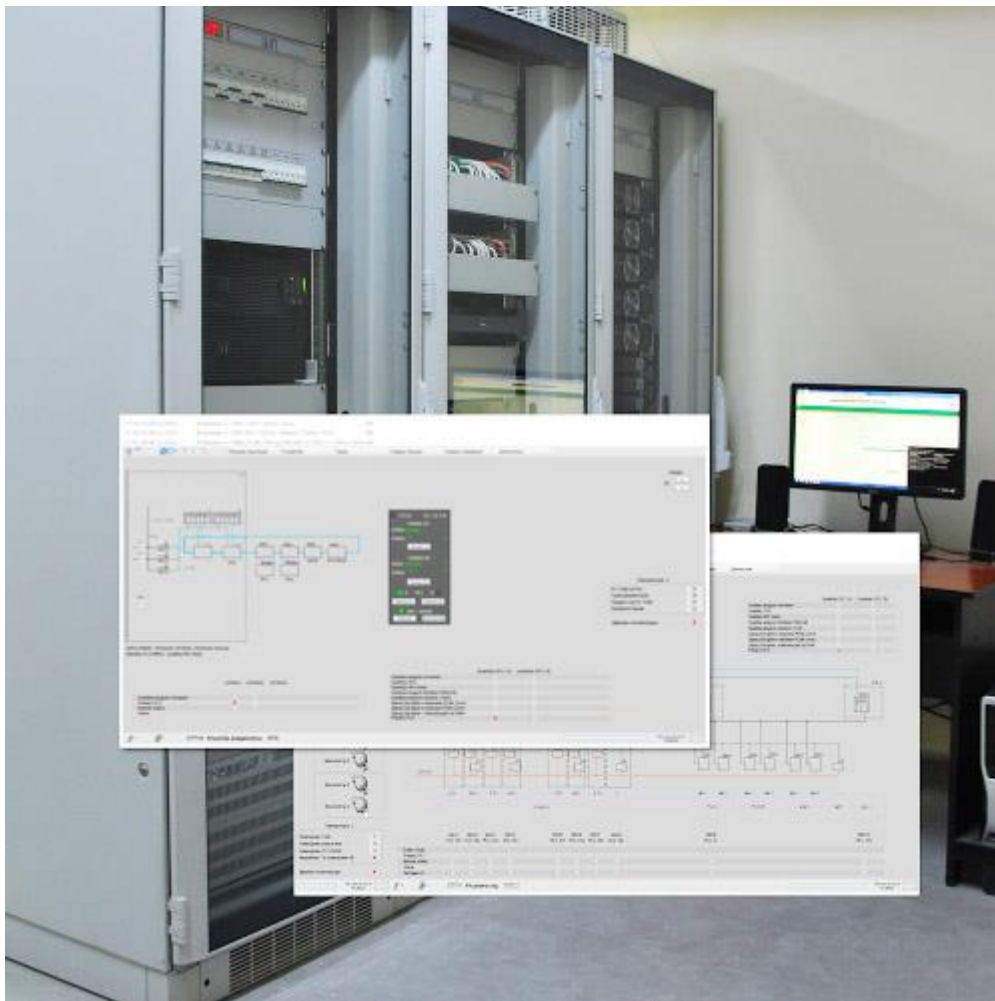


Рисунок 14.5. Інженерна станція

Середній рівень (підстанційний)

Система телемеханіки підстанції призначена для здійснення автоматизованого контролю та управління режимами електропостачання та роботи електрообладнання підстанції. Вона має просторово-розподілену структуру збору даних та управління, та глибоко інтегрована з обладнанням підстанції. Система здійснює реєстрацію нормальних та аварійних подій, діагностику стану обладнання, каналів зв'язку, збір та передачу даних про стан енергосистеми в системи вищого рівня.

										Арк.
										127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Контрольований пункт (КП) системи телемеханіки здійснює управління та збір даних від обладнання нижнього рівня за допомогою цифрових дискретних та аналогових сигналів, а також по стандартним цифровим інтерфейсам (Ethernet, RS-485). Обладнання КП розташоване у шафі телемеханіки (ШТМ) в модулі загальнопідстанційної сигналізації (ЗПС) та будується на базі програмованих логічних контролерів (ПЛК) з функцією гарячого резервування провідних світових виробників (B&R, Schneider Electric).

До складу обладнання КП входить автоматизоване робоче місце АРМ чергового для управління роботою обладнання підстанції. АРМ будується або на базі панельного сенсорного комп'ютера у складі ШТМ, або на базі окремо розташованого персонального комп'ютера.



Рисунок 14.6. Контрольований пункт системи телемеханіки

										Арк.
										128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024					

Функціональні можливості:

- прийом дискретних сигналів про стан обладнання підстанції;
- видача сигналів телеуправління;
- забезпечення обміну інформацією з обладнанням підстанції по сучасним промисловим каналам зв'язку;
- діагностика функціонування всіх вузлів системи та каналів зв'язку;
- можливість живлення від постійної та змінної напруги;
- обмін даними з серверами, що розташовані у диспетчерській, з використанням протоколу IEC 60870-5-104.

ШТМ будується на базі програмованих логічних контролерів (ПЛК) з функцією гарячого резервування виробництва відомих світових виробників (B&R, Schneider Electric).

Шафа телемеханіки (ШТМ) забезпечує:

- розподіл живлення для обладнання АСДУ на підстанції;
- приймання управляючих команд від АРМ Енергодиспетчерського пункту (ЕДП);
- виконання управляючих команд за допомогою модулів управління та збору даних в ШК;
- збір інформації з силового обладнання підстанції за допомогою модулів управління та збору даних в ШТМ;
- передачу інформації на АРМ ЕДП.

Конструкція ШТМ забезпечує зручне приєднання зовнішніх ланцюгів та зручну заміну блоків управління.

					ДП 141 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		129

- звукове та візуальне оповіщення про комутації силового обладнання, спрацювання захистів.

Варіанти організації АРМ чергового підстанції:

- настільний (користувач працює за робочим столом з використанням комп'ютера та монітора. Введення команд здійснюється з клавіатури або за допомогою миші);
 - шафний (сенсорна панель, розташована у контрольованому пункті або у розподільчому пристрої);
 - переносний (використовується ноутбук, з яким можна працювати сеансно, з можливістю переносу на інший об'єкт. При необхідності, ноутбук можна залишити на підстанції у підключеному стані на декілька днів для збору статистики).

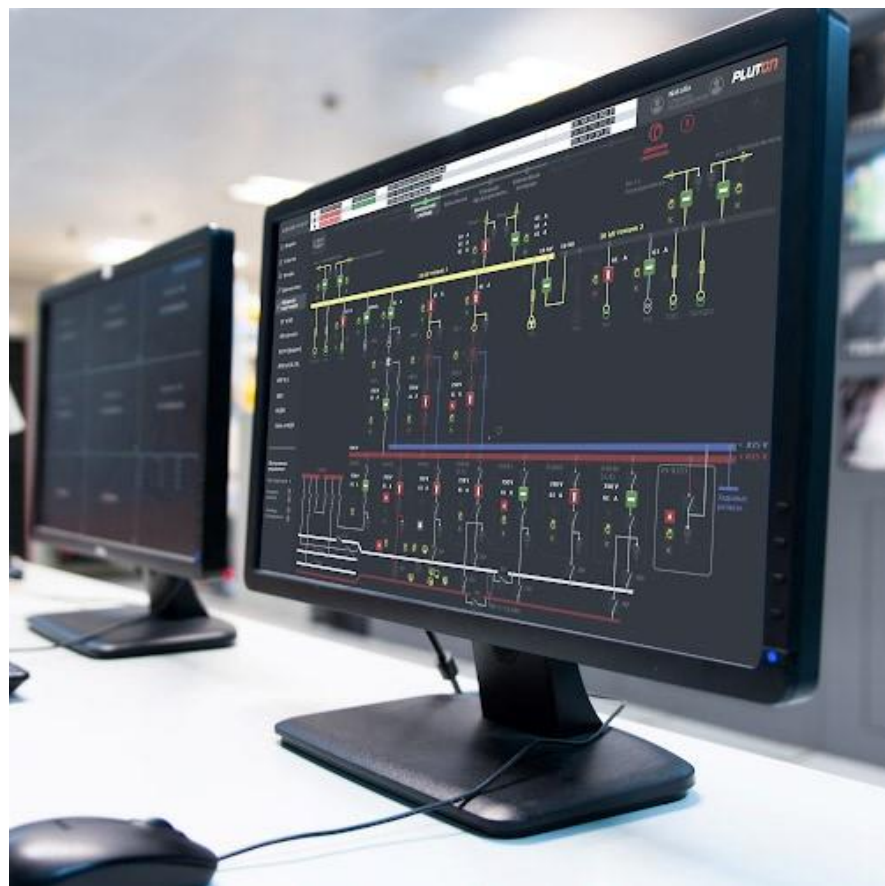


Рисунок 14.8. Автоматизоване робоче місце (АРМ) експлуатаційного персоналу

									Арк.
									131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Програмовані логічні контролери

ПЛК серії X20CP3585 з функцією «гарячого» резервування виробництва компанії В&R встановлені у шафу телемеханіки та застосовуються для збору даних та управління електротехнічного обладнання.

Особливості програмованих логічних контролерів:

- мають можливість «гарячої» заміни вузлів;
- мають інтерфейс USB для можливості збереження внутрішніх журналів на змінному носії USB-flash;
- мають не менше двох вбудованих інтерфейсів Ethernet;
- мають широку номенклатуру інтерфейсних модулів, а саме Ethernet, CAN, RS-232/422/485 (протоколи Modbus TCP, Modbus RTU) та інші для підключення обладнання інших виробників;
- є ПЛК модульного типу, де кожен модуль (ЦПУ, модуль введення дискретних сигналів, модуль виводу дискретних сигналів, модуль введення аналогових сигналів, модуль виводу аналогових сигналів) виконує функціонально закінчену функцію;
- модулі дискретного введення/виведення мають світлодіодні індикатори, які показують стан входів/виходів;
- монтаж та демонтаж (заміна) ПЛК в цілому не потребує спеціальних інструментів;
- операційна система ПЛК з жорстким детермінізмом (hard real-time);
- оперативна заміна прикладного ПЗ (програмне забезпечення) за допомогою переносного комп'ютера «Notebook»;
- ведуть протокол подій, який не видаляється («чорна скринька»);
- мають розвинені засоби програмування, інструментальне ПЗ для обслуговування та допрацювання прикладного ПЗ.

										Арк.
										132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 141 2024



Рисунок 14.9. Програмовані логістичні контролери

Нижній рівень

На нижньому рівні здійснюється управління обладнанням підстанції (розподільчими пристроями, випрямлячами, обладнанням власних потреб). Нижній рівень управління реалізується на базі сучасних промислових контролерів, вбудованих в обладнання. За допомогою контролерів здійснюється управління та моніторинг обладнання, а також виконуються функції захисту обладнання.

Все обладнання підстанцій виробництва «Плутон» здатне самостійно виконувати покладені на нього функції збору інформації, первинної обробки та управління, незалежно від стану всієї системи. Ця особливість забезпечує покращення метрологічних характеристик — первинна обробка даних відбувається за місцем виникнення сигналів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

133

14.3. Підсистема диспетчерського і селекторного зв'язку

З позицій надійності та «живучості» систем диспетчерського зв'язку найбільш прийнятним є використання окремого комутаційного обладнання. Комутатор диспетчерського зв'язку повинен працювати по виділеній мережі, тобто використовувати заздалегідь закріплені канали зв'язку (припускаючи їхне дублювання) і підтримувати різні існуючі в цей час стики (Е1, ISDN, канал тональної частоти, двох і чотирипровідні закінчення). Також він повинен мати найбільш простий і зручний інтерфейс роботи диспетчера та абонента (виклик однією кнопкою, відповідь підняттям трубки та ін.). Комутатор повинен мати можливість підключення зручних для персоналу диспетчерських пультів. Система диспетчерського зв'язку повинна функціонувати з мінімальними можливостями для втручання персоналу (вплив людського фактору). Комутатори повинні мати можливість перспективного дообладнання, для виконання вимог ІР-телефонії з незмінним режимом роботи диспетчера (перехід на нову технологію не змінює інтерфейс взаємодії диспетчера з обслуговуючим пультом диспетчерського зв'язку).

Всім перерахованим вище умовам відповідають системи диспетчерського і селекторного зв'язку на базі комутатора ALFA.

Розглянемо декілька сучасних і перспективних систем диспетчерського зв'язку, побудованих на базі обладнання ALFA [11].

Диспетчерська система з аналоговими каналами, цифровими потоками Е1 і мережею ІР-телефонії

Основою даної системи (рис. 14.11) є обладнання ALFA, яке дозволяє реалізувати диспетчерську систему, що використовує для зв'язку диспетчера з абонентами різні системи передачі даних (аналогові канали, цифрові потоки Е1, ІР мережу). Таке рішення дозволяє поетапно змінювати застарілі системи передачі на нові з мінімальними витратами на модернізацію системи диспетчерського зв'язку, і при цьому режим взаємодії диспетчера і підлеглих абонентів залишається незмінним.

									Арк.
									135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

Особливості системи:

- дуплексний зв'язок;
- управління з'єднаннями за допомогою пульта;
- селективне з'єднання з абонентами;
- генеральний виклик і конференція всіх абонентів;
- можливість виклику однією клавішею груп;
- автоматичні регулювання рівня та придушення шуму;
- діагностика системи;
- тихий і гучномовний зв'язок у пульті диспетчера і в абонентському пристрої;
- можливість з'єднання з абонентами IP-АТС і абонентами класичної телефонної мережі.

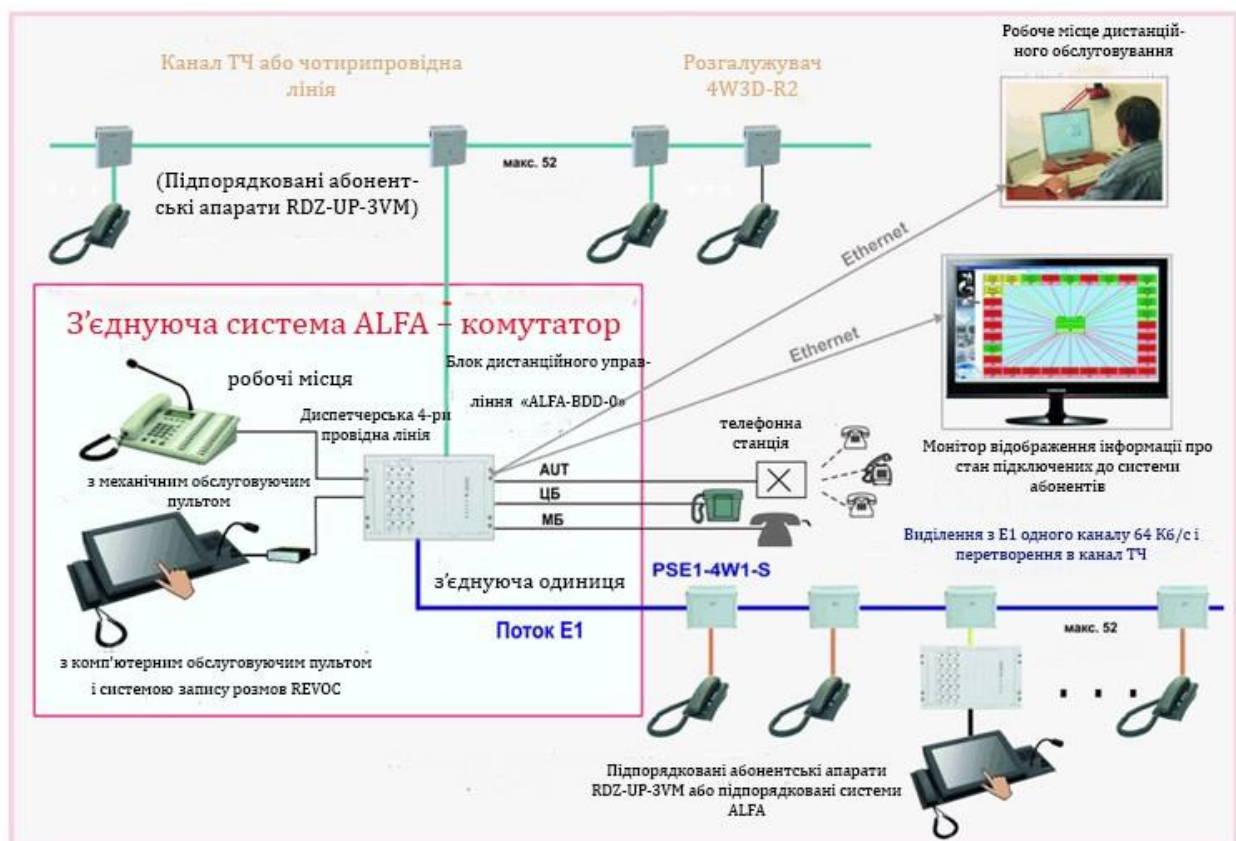


Рисунок 14.11 – Диспетчерська система з аналоговими,цифровими та ІР-каналами

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 141 2024

Арк.

136

Диспетчерська система з мережею IP-телефонії

IP-телефонія (рис. 14.12) дозволяє реалізувати голосову комунікацію за допомогою мережі даних (LAN / WAN). Основним принципом є перетворення голосу з аналогової в цифрову форму і наступну його передачу пакетами в мережі LAN/WAN, використовуючи протокол IP (Voice over Internet Protocol – VoIP). На іншому кінці мережі даних відбувається зворотне перетворення в аналоговий сигнал.

Диспетчер і абоненти підключені до IP-мережі. Комутацію пакетів з функцією управління конференціями та багатоадресного розсилання виконує спеціалізований сервер з підключеним до нього пультом диспетчера.

До одного сервера диспетчерської системи можна підключити до 100 абонентів. Диспетчер здійснює з'єднання з абонентами. У розмові з диспетчером можуть бути: один абонент, група абонентів або всі абоненти.

Основні елементи системи:

- *IP-сервер* – програмно керована станція, що забезпечує голосову комунікацію за допомогою мережі даних;
- *IP-телефон* – кінцеве обладнання для передачі голосу;
- *голосовий шлюз* – обладнання перетворення даних в IP-мережі в стандартні телефонні сигнали та навпаки.

Функціональні можливості системи:

- дуплексний зв'язок;
- управління з'єднаннями за допомогою пульта диспетчера;
- селективне з'єднання з абонентами;
- генеральний виклик і конференція всіх абонентів;
- можливість виклику однією клавішею груп абонентів;
- автоматичні регулювання рівня та придушення шуму;
- діагностика системи ;
- тихий і гучномовний зв'язок у пульті диспетчера і в абонентському пристрої;

									Арк.
									137
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024				

– можливість з'єднання з абонентами IP-АТС і абонентами класичної телефонної мережі.

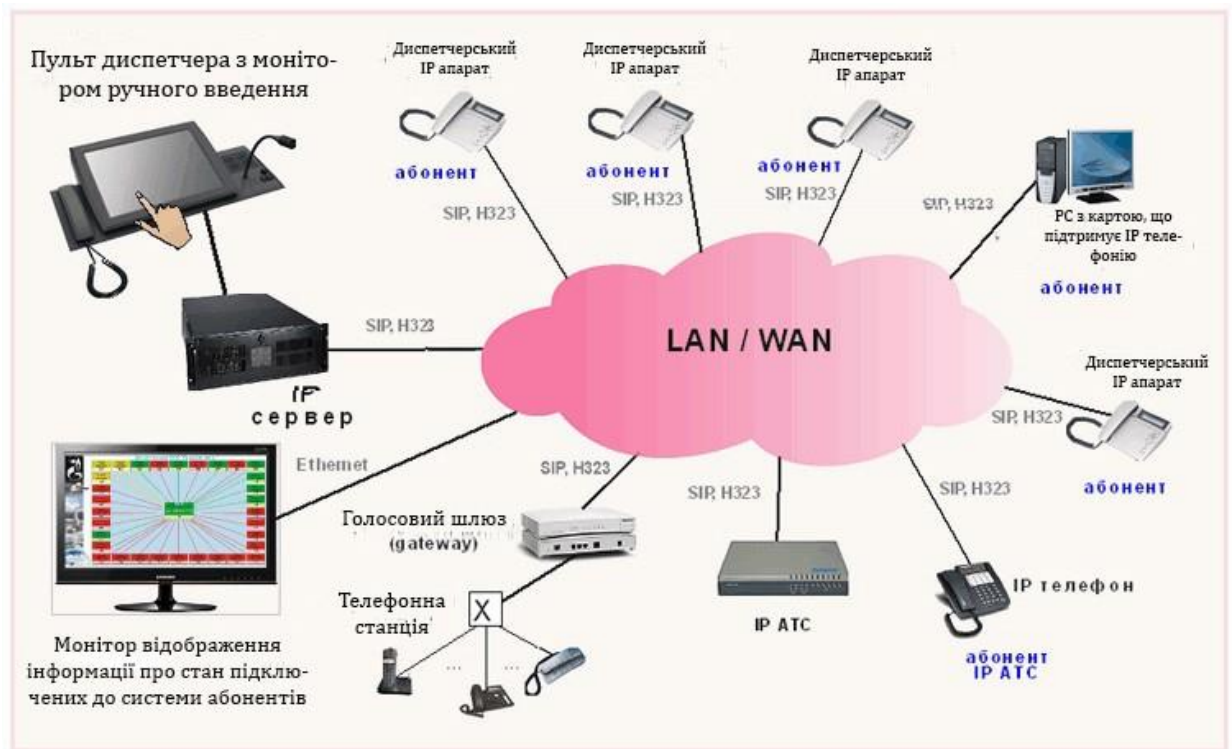


Рисунок 14.12 – Диспетчерська система з мережею IP-телефонії

Система комплексного селекторного зв'язку

Обладнання ALFA дозволяє реалізувати систему селекторного зв'язку, що використовує для зв'язку учасників наради між собою різні системи передачі даних: аналогові канали, цифрові потоки E1, IP мережу (рис. 14.13).

Інтерфейс IFC-VoIP-4W призначений для перетворення пакетів з голосовою інформацією мережі VoIP в аналогову чотири провідну лінію і навпаки.

Функціональні можливості системи:

- організація наради оператором на окремому робочому місці;
- установка режиму роботи кожного абонентського пристрою оператором наради (прийом, прийом-передача, перебій);
- можливість зміни з'єднання і режиму роботи абонентських пристроїв під час наради;
- акустична і оптична сигналізація режиму роботи абонентського пристрою;

ВИСНОВОК

У результаті виконання даного дипломного проекту було спроектовано мережу електропостачання цеху розливу пива Мукачівського пивоварного заводу на 10 і 0,4 кВ і вибрано найбільш економічно вигідний варіант цих мереж. Дана схема відповідає вимогам надійності й забезпечує необхідну якість напруги в системі. Вибрана схема характеризується меншими втратами потужності й напруги.

При виконання дипломного проекту були отримані навички проектування й прийняття конструктивних технічних рішень, необхідні в майбутній професійній діяльності.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 141 2024			
Розроб.		Плебух Д.Д.			Висновок	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Шестеренко					140	1
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.						гр. ЕЛ-4-3		
Затверд.		Балюта С.М.						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2004 р. – 656 с.
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання: розрахунки, вибір обладнання: навч. посіб. /О.М.Сірий; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т харч. технол. – К.: НУХТ, 2011. – 319 с.
3. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Затверджено Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 р. № 476.
4. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. – Київ, 2013, - 424 с.
5. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007 р. – 280 с.
6. Василега П.О. Електропостачання: підручник / П.О. Василега. - Суми : Сумський державний університет, 2019. - 521с.
7. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П.Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н.Ю., Котиш А.І., Величко Т.В]; - М.-во освіти і науки України, Центральноукр. Нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ПП «Ексклюзив -Систем», 2021. - 209 с.
8. Навчальний посібник. Джигирей В. С., Сторожук В. М., Лико Х.І., Туряб Л. В.; За ред. В. Ц. Жидецького. - Львів: Афіша, 2000.
9. Віталій Г. О., Негодченко О.В. Охорона праці: підручник. – Видавництво Центр учбової літератури, 2021. – 280с.
10. Текст Закону України "Про охорону праці" відповідає офіційному тексту сайту Верховної Ради України, а також тексту, який опублікований в офіційних друкованих виданнях. Видавництво «Алерта», 2023. – 32с.
11. ООО «ТриА-нет» – системный интегратор в области телекоммуникаций и информационных технологий [Электрон. ресурс]: сайт. – Электрон. текст. данные. – Режим доступа: <http://www.3anet.com.ua/ru/articles/article1205>, свободный (дата обращения 18.04.2024). – Название с экрана.
12. <https://pronet.ua/sistemyi-dispetcherizaczii>.
13. <https://pluton.ua/products>.
14. Штучний інтелект ChatGPT - <https://chat.openai.com/>.

ДП 141 2024				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Плебук Д.Д.		
Перевір.		Шестеренко		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
Список використаної літератури				
		Лім.	Арк.	Аркушіє
		1	141	1
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого єр. ЕЛ-4-3				