

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту
_____ Сергій БЛАЖЕНКО _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

« ___ » _____ лютого 2024 р.

« ___ » _____ лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

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

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему: «Реконструкція системи електрозабезпечення Шосткинського сирзаводу»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЕЛ-2-7М

_____ Юзвенко Іван Анатолійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Шестеренко Володимир Євгенович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Наталія Іващенко _____
(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 (факультет) Навчально - науковий інженерно - технічний інститут ім. акад. І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ЕПЕМ

/Сергій БАЛЮГА/

“20” листопада 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Юзвенку Івану Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Реконструкція системи електрозабезпечення Шосткинського сирзаводу»

керівник роботи Шестеренко Володимир Євгенович, к. т. н., професор

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 20 ” листопада 2023 року № 940-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 09 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи про реконструкцію системи електрозабезпечення Шосткинського сирзаводу.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Зібрати всі необхідні матеріали для ознайомлення з Шосткинським сирзаводом. 2. Проаналізувати зібрані матеріали на вибодувати план дій для створення Дипломного проекту по заданій темі. 3. Розрахунок вихідних даних з методичних вказівок викладача. 4. Проектування стельових освітлювальних електроліній . 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація до пояснювальної записки (9 слайдів) та креслення Схема розміщення технічного електро обладнання, Схема прокладання стельових кабельних ліній, Схема прокладання освітлювальних кабельних ліній, Схема Однолінійна ЕП .

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 20 листопада 2023 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на магістерську роботу	05.11.2023 р.	
2	Вступ	06-08.11.2023 р.	
3	Зібрати всі необхідні матеріали для ознайомлення з Шосткинським сирзаводом. 2. Проаналізувати зібрані матеріали на вибодувати план дій для створення Дипломного проекту по заданій темі.	09-12.11.2023 р.	
4	Огляд налаштування всіх необхідних електро матеріалів для продуктивного розроблення МГ.	13-20.11.2023 р.	
5	Використання методичник вказівок викладача.	21-30.11.2023 р.	
6	Методи аналізу і перевірки на достовірність вихідної інформації для КП	01-08.12.2023 р.	
7	Розробка Схем прокладання електроліній.	09-16.12.2023 р.	
8	Аналізування та корегування зроблених схем.	17-27.12.2023 р.	
9	Формування МГ та корегування орфографічних синтаксичних помилок, відповідно до госту задачі МГ	28-31.12.2023 р.	
	Завершення формування МГ та аналізування використаної літератури	01-10.01.2024 р.	
10	Висновок проробленої роботи	11-13.01.2024 р.	
11	Список посилань	14-17.01.2024 р.	
12	Оформлення пояснювальної записки	18-23.01.2024 р.	
13	Оформлення графічної частини роботи (презентація)	24-31.01.2024 р.	
14	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	05.02.2024 р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Юзвенко І.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Шестеренко В.С.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Юзвенко І.А. Дипломний проект на тему Реконструкція системи електрозабезпечення Шосткинського сирзаводу.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Національний Університет Харчових Технологій

Київ 2024

У магістерській роботі виконано дослідження можливої реконструкції системи електрозабезпечення Шосткинського сирзаводу.

1. Огляд електропостачання сирзаводу: застаріла система електропостачання, яка можливо була перероблена під новітню.

2. Електрообладнання підприємств: електрообладнання підприємств і установок проектується, монтується та експлуатується в Відповідно до Правил улаштування електроустановок та іншими керівними документами. Легка промисловість - сукупність спеціалізованих галузей промисловості, які виробляють головним чином предмети масового споживання з різних видів сировини. Легка промисловість займає одне з важливих місць у виробництві валового національного продукту і грає значну роль в економіці країни.

3. Підприємства легкої промисловості виробляють також продукцію виробничо-технічного та спеціального призначення, яка використовується в меблевій, авіаційній, автомобільній, хімічній, електротехнічній, харчовій та інших галузях промисловості, в сільському господарстві, в силових відомствах, на транспорті і в охороні здоров'я.

Ключові слова: Реконструкція системи електрозабезпечення, Шосткинський сирзавод, електроустановки, електрообладнання, легка промисловість

ANNOTATION

Yuzvenko I.A. Diploma project on the subject of Reconstruction of the power supply system of the Shostkinsky cheese factory.

141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

National University of Food Technologies

Kyiv 2024

In the master's thesis, a study of the possible reconstruction of the power supply system of the Shostkinsky cheese factory was carried out.

1. Overview of the cheese plant's power supply: an outdated power supply system, which may have been redesigned for the latest.

2. Electrical equipment of enterprises: electrical equipment of enterprises and installations is designed, installed and operated in accordance with the Rules for the arrangement of electrical installations and other governing documents. Light industry is a set of specialized branches of industry that produce mainly items of mass consumption from various types of raw materials. Light industry occupies one of the important places in the production of the gross national product and plays a significant role in the country's economy.

3. Light industry enterprises also produce production-technical and special-purpose products that are used in furniture, aviation, automobile, chemical, electrical engineering, food and other industries, in agriculture, in law enforcement agencies, in transport and in health care .

Key words: Reconstruction of the power supply system, Shostkin cheese factory, electrical installations, electrical equipment, light industry

Вступ

Електрообладнання - обладнання, призначене для виробництва, передачі, розподілу та зміни характеристик (напруги, частоти, виду електричного струму тощо) електричної енергії, а також для її перетворення в ін вид енергії. До електроустаткування відносять машини, трансформатори, апарати, вимірювальні прилади, пристрої захисту, кабельну продукцію, побутові електроприлади.

Все більша поширення набувають новітні засоби електричного автоматизації технологічних установок, машин і механізмів на базі напівпровідникової техніки, високочутливої контрольної-вимірювальної і регулюючої апаратури, безконтактних датчиків і логічних елементів. У сучасних умовах експлуатація електроустаткування вимагає глибоких і різнобічних знань, а завдання створення нового або модернізація існуючого електрифікованого технологічного агрегату, механізму або пристрою вирішуються спільними зусиллями технологів, механіків та електриків. Вимоги до електроустаткування впливають з технологічних даних і умов. Електрообладнання не можна розглядати у відриві від конструктивних і технологічних особливостей електрифікація, об'єкта, і навпаки. Тому фахівці в області електроустаткування підприємств повинні бути добре знайомі як з електричною частиною, так і з основами технологічних процесів і конструкціями установок і верстатів.

Електрообладнання підприємств і установок проектується, монтується та експлуатується в Відповідно до Правил улаштування електроустановок та іншими керівними документами. Легка промисловість - сукупність спеціалізованих галузей промисловості, які виробляють головним чином предмети масового споживання з різних видів сировини. Легка промисловість

займає одне з важливих місць у виробництві валового національного продукту і грає значну роль в економіці країни. Легка промисловість здійснює як первинну обробку сировини, так і випуск готової продукції. Підприємства легкої промисловості виробляють також продукцію виробничо-технічного та спеціального призначення, яка використовується в меблевій, авіаційній, автомобільній, хімічній, електротехнічній, харчовій та інших галузях промисловості, в сільському господарстві, в силових відомствах, на транспорті і в охороні здоров'я.

Зміст

Вступ.....	ст. 6-7
1. Електрична частина.....	ст. 12-18
1.1. Розрахунок навантаження Шосткинського сирзаводу.....	ст. 12-18
1.2. Компенсація реактивної потужності.....	ст.18-21
1.3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху....	ст. 21-22
1.3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	ст. 22
1.3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	ст. 23-24
1.3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	ст. 24
1.3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних трас.....	ст.25-26
1.3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній.....	ст. 27-30
1.4. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	ст. 30
1.4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі.....	ст. 31-37
1.4.2. Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ...ст.	37-40
1.4.3. Вибір електричних апаратів РП – 10 кВ.....	ст. 40-42
1.4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	ст. 42-44
1.5. Якість електричної енергії.....	ст. 44-46
1.6. Електричне освітлення.....	ст. 46-49
2. Охорона праці.....	ст. 50
Висновок	ст. 51-54
Список використаної літератури.....	ст. 55

Завдання

Завданням дипломного проекту є розробка СЕП Шосткинського сирзаводу.

Табл.1 Дані електроспоживачів цеху

Позиція	Назва електроприймача	К-сть	P_n , кВт	$\cos \varphi$	k_B
1	Газовий насос	1	10	0,86	0,7
2	Вакуумний насос	1	17	0,86	0,7
3	Компресор	1	30	0,8	0,7
4 - 6	Центрифуга	3	12	0,8	0,7
7 - 8	Випарювачі	2	30	1	0,65
9	Кран – балка	1	10	0,8	0,1
10 - 11	Насос	2	15	0,85	0,7
12 - 17	Насос	6	8	0,82	0,7
18 – 19	Дискові фільтри	2	8	0,82	0,7
20	Насос густинного сиропу	1	14	0,86	0,7
21	Компресор	1	16	0,88	0,7
22	Мішалка	1	6	0,74	0,7
23	Насос сирого сиропу	1	34	0,74	0,7
24 - 25	Фільтри	2	10	0,86	0,5
26	Транспортер	1	14	0,82	0,5
27	Тельфер	1	8	0,82	0,1
28 - 29	Вентилятор	2	10	0,8	0,6
Сумарно		29	389		

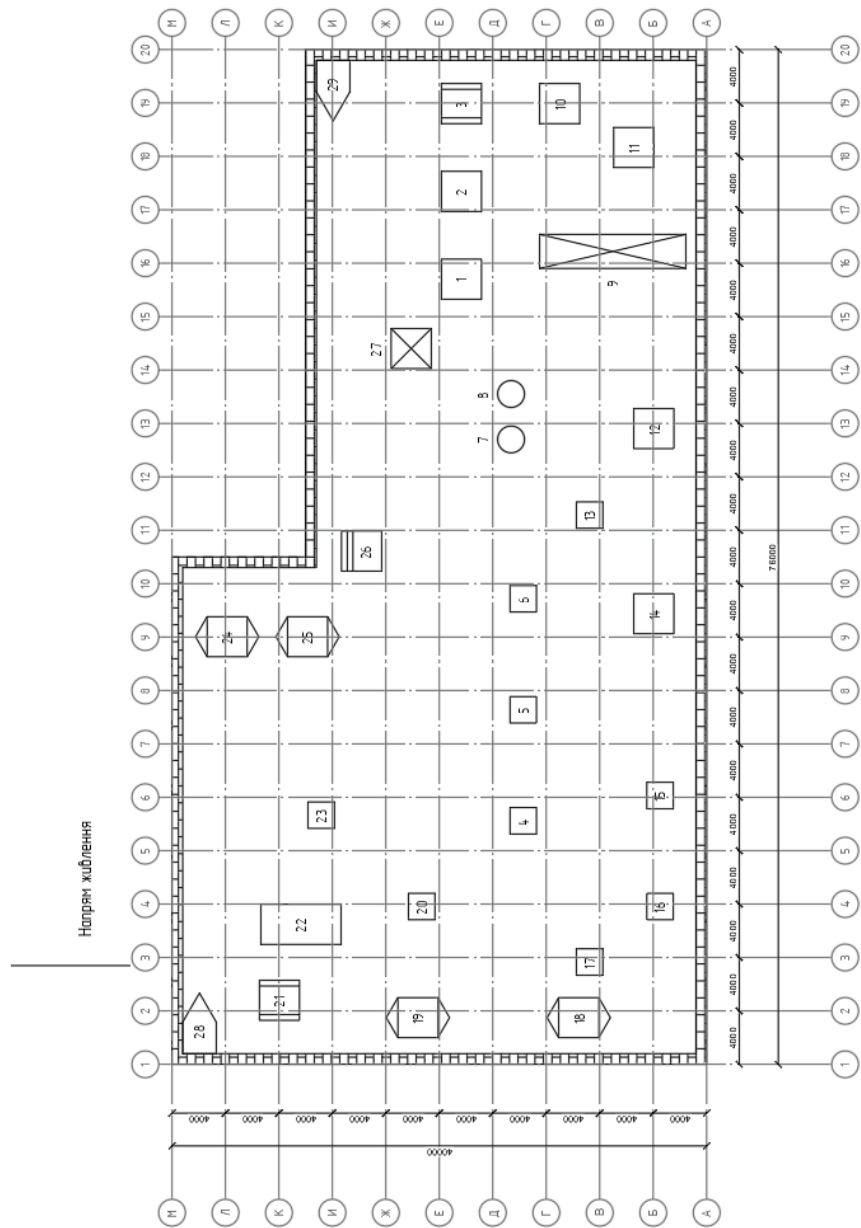


Рис.1 Генплан виробничого приміщення та розміщення технологічного обладнання Шосткинського сирзаводу

Табл.2 Технічні вимоги до електроприймачів цеху

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Al
Категорійність електроспоживачів	3
Кількість змін	2
Напруга живлення цехової ТП	10 кВ
Час використання найбільшого навантаження	3 100 год.
Струм трифазного КЗ з боку ВН ЦТП	13 кА

Площа цеху : 2 477 м.кв.

Розділ 1. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Розрахунок навантаження Шосткинського сирзаводу

Табл.1.1.1 Параметри електроприймачів

№	Назва електроприймача	К-сть п, шт	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання, K_B	$\cos\varphi/tg\varphi$
1	Газовий насос	1	10	0,7	0,86/0,59
2	Вакуумний насос	1	17	0,7	0,86/0,59
3	Компресор	1	30	0,7	0,8/0,75
4 - 6	Центрифуга	3	12	0,7	0,8/0,75
7 - 8	Випарювачі	2	30	0,65	1/0
9	Кран – балка	1	10	0,1	0,8/0,75
10 - 11	Насос	2	15	0,7	0,85/0,62
12 - 17	Насос	6	8	0,7	0,82/0,7
18 – 19	Дискові фільтри	2	8	0,5	0,82/0,7
20	Насос густинного сиропу	1	14	0,7	0,86/0,59
21	Компресор	1	16	0,7	0,88/0,54
22	Мішалка	1	6	0,7	0,74/0,91
23	Насос сирого сиропу	1	34	0,7	0,74/0,91
24 - 25	Фільтри	2	10	0,5	0,86/0,59
26	Транспортер	1	14	0,5	0,82/0,7
27	Тельфер	1	8	0,1	0,82/0,7
28 - 29	Вентилятор	2	10	0,6	0,8/0,75

Загальна кількість електроприймачів Шосткинського сирзаводу – 29. З них всі 29-ть електроприймачів відносяться до групи електроприймачів змінного навантаження. Розрахунок виконуватимемо за методом впорядкованих діаграм.

Розрахунок потужності 29-ти електроприймачів змінного навантаження.

Номінальна потужність газового насоса:

$$P_{\text{ном.Г.н.}} = n * P_{\text{вст.Г.н.}} = 1 * 10 = 10 \text{ кВт.}$$

Розрахунки для інших електроприймачів аналогічні.

Загальна номінальна потужність змінного навантаження:

$$P_{\text{ном.з.}} = \sum P_{\text{ном.і.}} = 389 \text{ кВт.}$$

Середня $P_{\text{см.Г.н.}}$ газового насоса за найбільш завантажену зміну:

$$P_{\text{см.Г.н.}} = K_{\text{в.Г.н.}} * P_{\text{ном.Г.н.}} = 0,7 * 10 = 7 \text{ кВт.}$$

Загальна середня активна потужність змінного навантаження:

$$P_{\text{см.з.}} = \sum P_{\text{см.з.і.}} = 241,9 \text{ кВт.}$$

Середня $Q_{\text{см.Г.н.}}$ газового насоса за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{см.Г.н.}} = P_{\text{см.Г.н.}} * \text{tg}\varphi_{\text{Г.н.}} = 7 * 0,59 = 4,13 \text{ квар.}$$

Загальна середня реактивна потужність змінного навантаження:

$$Q_{\text{см.з.}} = \sum Q_{\text{см.з.і.}} = 156,8 \text{ квар.}$$

Загальний коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{P_{см.3}}{P_{ном.3}} = \frac{241,9}{389} = 0,62.$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{ном.3})^2}{\sum_{i=1}^n P_{ном.3}^2 * n} = \frac{389^2}{6887} = 22.$$

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(n_e, K_B)$$

Табл.1.1.2.

n_e/K_B	0,6	0,7
20	1,15	1,11
25	1,14	1,10

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1,14.$$

Розрахункова активна потужність змінного навантаження дорівнює:

$$P_{р.3} = K_M * P_{см.3} = 1,14 * 241,9 = 275,8 \text{ кВт.}$$

Реактивна розрахункова потужність змінного навантаження дорівнює:

$$Q_{р.3} = 1,1 * Q_{см.3} = 1,1 * 156,8 = 172,5 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність дорівнює:

$$S_{р3} = \sqrt{P_{р.3}^2 + Q_{р.3}^2} = \sqrt{275,8^2 + 172,5^2} = 325,3 \text{ кВ * А.}$$

Розрахунковий струм дорівнює:

$$I_{p.з} = \frac{S_{p.з.}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{325,3}{\sqrt{3} * 0,38} = 494,2 \text{ А.}$$

Повна потужність силового навантаження Шосткинського сирзаводу дорівнює:

$$S_{сил.} = S_{p.з.} = 325,3 \text{ кВ * А.}$$

Струм силового навантаження Шосткинського сирзаводу дорівнює:

$$I_{сил.} = I_{p.з} = 494,2 \text{ А.}$$

Знайдемо величину пікового струму силової частини Шосткинського сирзаводу за наступною формулою:

$$I_{пик.з.} = i_{пуск}^{ДВ} + (I_{p.з.} - K_B * I_{н.}^{ДВ}),$$

де $i_{пуск}^{ДВ}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна Шосткинського сирзаводу;

$I_{p.з.}$ – розрахунковий струм електроприймачів Шосткинського сирзаводу;

$I_{н.}^{ДВ}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна Шосткинського сирзаводу.

Найпотужніший двигун – насос сирого сиропу потужністю 34 кВт. Номінальний струм даного двигуна:

Номінальний струм:

$$I_{н.}^{ДВ} = \frac{P_{н.}^{ДВ}}{\sqrt{3} * U_{н.м.} * \cos\varphi * \eta_{дв.}} = \frac{34}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,74 * 0,95} = 73,5 \text{ А.}$$

Пусковий струм насоса сирого сиропу:

$$i_{пуск}^{ДВ} = K_{пуск} * I_{н.}^{ДВ} = 5 * 73,5 = 367,5 \text{ А,}$$

де $K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму.

Піковий струм Шосткинського сирзаводу:

$$I_{\text{п.к.з.}} = i_{\text{пуск}}^{\text{дв}} + (I_{\text{р.з.}} - K_B * I_{\text{дв.н}}^{\text{дв}}) = 367,5 + (494,2 - 0,7 * 73,5) \\ = 810,25 \text{ А.}$$

Розрахуємо приблизну необхідну потужність для забезпечення робочого освітлення Шосткинського сирзаводу.

Питома потужність вибирається з діапазону (за нормативом):

$$P_{\text{пит}} = 10 \dots 15 \text{ Вт/м}^2.$$

Площа Шосткинського сирзаводу дорівнює:

$$S = 2\,477 \text{ м}^2.$$

Активна потужність освітлення Шосткинського сирзаводу:

$$P_{\text{ос.}} = P_{\text{пит}} * S = 10 * 2\,477 = 24\,770 \text{ Вт} = 24,77 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність освітлення Шосткинського сирзаводу:

$$Q_{\text{ос.}} = P_{\text{ос.}} * \text{tg}\varphi = 24,77 * 0,246 = 6,09 \text{ квар,}$$

де, $\cos\varphi = 0,97$ – для світлодіодного джерела світла, $\text{tg}\varphi = \arccos(0,97) = 0,246$.

Повна потужність освітлення Шосткинського сирзаводу:

$$S_{\text{ос.}} = \sqrt{P_{\text{ос.}}^2 + Q_{\text{ос.}}^2} = \sqrt{24,77^2 + 6,09^2} = 25,5 \text{ кВт * А.}$$

Струм освітлення Шосткинського сирзаводу:

$$I_{\text{ос.}} = \frac{S_{\text{ос.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{25,5}{\sqrt{3} * 0,38} = 38,7 \text{ А.}$$

Загальна потужність (силова і освітлювальна) Шосткинського сирзаводу:

$$S_{\text{роз.}} = S_{\text{сил.}} + S_{\text{ос.}} = 325,3 + 25,5 = 350,8 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Повний розрахунковий струм Шосткинського сирзаводу:

$$I_{\text{роз.}} = \frac{S_{\text{роз.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{350,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 533 \text{ А.}$$

Табл.1.1.3. Характеристика навантаження

№	Обладнання	n	P _{ном} , кВт		Кв	cosφ / tgφ		P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	ne	K _m	P _p , кВт	Q _p , квар	Sp, кВт*А	I _p , А
			одного	всіх		cosφ	tgφ								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Газовий насос	1	10	10	0,7	0,86	0,59	7	3,43						
2	Вакуумний насос	1	17	17	0,7	0,86	0,59	11,9	7,02						
3	Компресор	1	30	30	0,7	0,8	0,75	21	15,75						
4 - 6	Центрифуга	3	12	36	0,7	0,8	0,75	25,2	18,9						
7 - 8	Випарювачі	2	30	60	0,65	1	0	39	0						
9	Кран – балка	1	10	10	0,1	0,8	0,75	1	0,75						
10 - 11	Насос	2	15	30	0,7	0,85	0,62	21	13,02						
12 - 17	Насос	6	8	48	0,7	0,82	0,7	33,6	23,52						
18 - 19	Дискові фільтри	2	8	16	0,5	0,82	0,7	8	5,6						
20	Насос густинного сиропу	1	14	14	0,7	0,86	0,59	9,8	5,8						
21	Компресор	1	16	16	0,7	0,88	0,54	11,2	6,05						
22	Мішалка	1	6	6	0,7	0,74	0,91	4,2	3,82						
23	Насос сирого сиропу	1	34	34	0,7	0,74	0,91	23,8	21,66						

Закінчення табл. 1.1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
24 - 25	Фільтри	2	10	20	0,5	0,8 6	0,5 9	10	5,9						
26	Транспортер	1	14	14	0,5	0,8 2	0,7	7	4,9						
27	Тельфер	1	8	8	0,1	0,8 2	0,7	0,8	0,56						
28 - 29	Вентилятор	2	10	20	0,6	0,8 5		12	9,36						
	Змінне навантаження	2 9		389	0,6 2			241, 9	156, 8	22	1,1 4	275, 8	172, 5	325, 3	494,2
	Силове навантаження	2 9		389	0,6 2			241, 9	156, 8	22	1,1 4	275, 8	172, 5	325, 3	494,2
	Освітлювальне навантаження											24,7 7	6,09	25,5	38,7
	Сумарне навантаження цеху											300, 57	178, 6	350, 8	533

1.2. Компенсація реактивної потужності

Реактивна потужність - частина повної потужності, що витрачається на електромагнітні процеси та має ємнісну і індуктивну складові. Вона не виконує корисної роботи, викликає додатковий нагрів провідників і вимагає застосування джерела енергії підвищеної потужності.

При нормальних робочих умовах всі споживачі електричної енергії, чий режим супроводжується постійним виникненням електромагнітних полів (електродвигуни, обладнання зварювання, люмінесцентні лампи та багато ін.) навантажують мережу як активною, так і реактивною складовими повної споживаної потужності. Ця реактивна складова потужності (далі реактивна потужність) необхідна для роботи устаткування містить значні індуктивності і в той же час може бути розглянута як небажане додаткове навантаження на мережу.

При значному споживанні реактивної потужності напруга в мережі знижується. У дефіцитних по активній потужності енергосистемах рівень

напруги, як правило, нижче номінальної. Недостатня для виконання балансу активна потужність передається в такі системи з сусідніх енергосистем, в яких є надлишок генерування. Зазвичай енергосистеми дефіцитні по активній потужності, дефіцитні і по реактивній потужності. Однак відсутню реактивну потужність ефективніше не передавати з сусідніх енергосистем, а генерувати в компенсуючих пристроях, встановлених в даній енергосистемі. На відміну від активної потужності реактивна потужність може генеруватися не тільки генераторами, а й компенсуючими пристроями - конденсаторами, синхронними компенсаторами або статичними джерелами реактивної потужності, які можна встановити на підстанціях електричної мережі.

У більшості промислових і комерційних об'єктів основна частка електричного обладнання являє собою індуктивне навантаження: асинхронні двигуни, індукційні печі, трансформатори і лампи з ПРА. Проблеми якості електроенергії на промислових підприємствах зростають у зв'язку зі збільшенням кількості двигунів, керованих випрямлячами, і загального збільшення гармонік й інтергармонік. Такі навантаження є причиною низького коефіцієнта потужності промислових підприємств. Низький коефіцієнт потужності свідчить про неефективне використання електроенергії і призводить до збільшення загальних витрат на енергопостачання. Ці проблеми вирішуються при правильному виборі конденсаторної установки для компенсації реактивної потужності.

Якщо коефіцієнт потужності підприємства низький, воно споживає більше потужності, ніж необхідно для роботи. Низький коефіцієнт потужності повинен бути скорегований, так як він істотно збільшує витрати підприємства. Зазвичай найбільш економічним засобом підвищення коефіцієнта потужності є установка КУ (Конденсаторні установки).

Компенсація реактивної потужності - це термін, що відноситься до технології, яка використовувалася з початку 20 століття для відновлення

значення коефіцієнта потужності до значення, як можна більш близького до одиниці. Це зазвичай досягається підключенням до мережі конденсаторів, які компенсують споживання реактивної потужності індуктивними навантаженнями і таким чином зменшують навантаження на джерело. При цьому не повинно бути ніякого впливу на роботу обладнання.

Для конденсаторної установки на підприємстві необхідно вибрати оптимальні тип, номінал і кількість конденсаторів.

Потужність, яку необхідно компенсувати регульованою КУ:

$$Q_{\text{КУ}} = Q_{\text{р}} = 178,6 \text{ квар.}$$

Для компенсації вищенаведеної розрахункової реактивної потужності необхідне встановлення КУ типу УКМ61 – 0,38 –192 – 48 УЗ.

Перевірка за умовою:

$$Q_{\text{КУ}} \geq Q_{\text{р}}$$

$$Q_{\text{КУ}} = 192 \text{ квар} > Q_{\text{р}} = 178,6 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт потужності після встановлення УКМ61 – 0,38 –192 – 48 УЗ:

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{роз}}}{S_{\text{роз}}} = \frac{300,57}{\sqrt{300,57^2 + (178,6 - 192)^2}} = 0,99.$$

Для захисту конденсаторної установки від надструмів обираю АВ (автоматичний вимикач) на наступний номінальний струм:

$$I_{\text{КУ}} = \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{192}{\sqrt{3} * 0,38} = 291,7 \text{ А.}$$

Обираю ЕТІ ЕВ2 400/3L 400А 3р з регульованим тепловим розчіплювачем, виставленим в положення $0,8 * I_{\text{ном}}$ (320А):

$$I_{\text{ном.розч}} = 320 \text{ A} > I_{\text{ном.ку}} = 291,7 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 400 \text{ A} = I_{\text{ном.розч.}} = 320 \text{ A}.$$

За необхідності дистанційного управління КУ (увімкнена/вимкнена) за АВ потрібно встановити контактор.

Обираю контактор силовий CES 300.22-230V-50/60Hz:

$$I_{\text{ном.конт}} = 320 \text{ A} > I_{\text{ном.ку}} = 291,7 \text{ A}.$$

За допомогою такого рішення забезпечується дистанційне (за допомогою команди з диспетчерського пункту) відключення конденсаторної установки від силових шин 0,4 кВ.

1.3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

Під час вибору внутрішньої СЕП потрібно враховувати місце розміщення електроприймачів, їх характер навантаження, необхідність забезпечення резерву на перспективу розвитку СЕП, категорійність електроприймачів, техніко – економічну доцільність і т.д.

СЕП Шосткинського сирзаводу можливо спроектувати як за магістральною так і за радіальною схемами. Відмінність полягає в тому, що за магістральної схеми живлення погіршується надійність СЕП, її гнучкість, що для умов постійно працюючого підприємства може негативно відображається під час виникнення аварійних ситуацій на магістральних ділянках але така схема живлення техніко – економічно більш доцільніша (за рахунок менших капітальних вкладень про новому будівництві). Під час живлення за радіальною схемою підвищується надійність, гнучкість, окремо кожна лінія не залежить від паралельних, але в цьому випадку збільшуються капітальні витрати на таку СЕП (більша

кількість провідників, апаратів захисту, сигналізації, комутаційні апарати і т.д.).

Враховуючи те, що згідно із завданням до даної роботи, електроприймачі цеху відносяться до третьої категорії надійності, для яких час переривання живлення не повинен перевищувати однієї доби, живлення буду здійснювати за магістральною схемою.

1.3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції

Трансформаторні підстанції (ТП) виконують:

- прибудованими;
- вбудованими;
- окремо встановленими;
- внутрішньоцеховими.

Враховуючи генеральний план Шосткинського сирзаводу з указанням напрямку джерела живлення, внутрішнього компонування технологічного обладнання, врахуванням характеристики технологічного процесу та виду готової продукції (кисло-молочні продукти) приймаємо рішення встановити ТП за межами виробничої будівлі.

Обране розміщення ТП дає значну економічну перевагу - не потрібно використовувати більш дорогі сухі трансформатори як в інших виконаннях розміщення, технічну перевагу – легкодоступність до ТП електротехнічним працівникам що скорочує витрати часу на ремонт та електрообладнання та електроустановки загалом.

За даного розміщення ТП ми будемо встановлювати один масляний трансформатор, так як маємо третю групу надійності з електропостачання.

1.3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Кількість трансформаторів на ТП ми обираємо з врахуванням категорії надійності електропостачання споживачів Шосткинського сирзаводу. Згідно із завданням на проектування ми маємо третю категорію надійності, тому в ТП будемо встановлювати один силовий масляний трансформатор. При цьому, згідно ПТЕЕС, ми повинні мати в складському запасі ще один такий самий силовий трансформатор задля швидкої заміни основного впродовж 24-х годин.

Розрахункову потужність силового трансформатора буде розраховувати з врахуванням повної компенсації реактивної потужності на стороні 0,4 кВ:

$$S_p \approx P_p = 300,57 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Бажана потужність трансформатора:

$$S_{\text{тр.баж}} = \frac{S_p}{n_{\text{тр}} \cdot \beta_{\text{т}}} = \frac{300,57}{1 \cdot 0,7} = 429,4 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Згідно отриманого $S_{\text{тр.баж}}$, обираю ТМ – 630/10.

Фактичний коефіцієнт завантаження одного трансформатора за нормальної роботи:

$$\beta_{\text{т.ф.н.}} = \frac{S_p}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{300,57}{1 \cdot 429,4} = 0,7,$$

що відповідає умові $\beta_{\text{т.ф.н.}} \leq \beta_{\text{т}} \Rightarrow 0,7 = 0,7$.

Табл.1.3.2.1 Технічні дані ТМ – 630 /10 .

Тип	$S_{\text{тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	$P_{\text{х}}$	$P_{\text{к}}$		
ТМ – 630/10	630	10	0,4	1,05	5,5	4,5	2,1

Реактивні втрати на х.х трансформатора:

$$\Delta Q_x = S_{\text{тр.}} * \frac{I_x}{100} = 630 * \frac{2,1}{100} = 13,23 \text{ квар};$$

Реактивні втрати на к.з. трансформатора:

$$\Delta Q_k = S_{\text{тр.}} * \frac{U_k}{100} = 630 * \frac{4,5}{100} = 28,35 \text{ квар.}$$

Активні втрати на х.х. трансформатора:

$$\Delta P_{\text{х.}}' = \Delta P_{\text{х}} + k_e * \Delta Q_x = 1,05 + 0,05 * 13,23 = 1,71 \text{ кВт};$$

Активні втрати на к.з. трансформатора:

$$\Delta P_{\text{к.}}' = \Delta P_{\text{к}} + k_e * \Delta Q_k = 5,5 + 0,05 * 28,35 = 6,92 \text{ кВт.}$$

1.3.3. Вибір кількості, типу та розташування

розподільчих пристроїв

Для розподілення живлення між електрообладнанням будемо використовувати силові пункти типу СПА 77, захист відхідних ліній в яких відбувається автоматичними вимикачами. При наявності малопотужних споживачів, даний силовий пункт дозволяє виконувати підключення до 8-ми споживачів.

1.3.4. Вибір трас та способів прокладання кабельних трас

Згідно із завданням на проектування, ми повинні використовувати алюміній як струмопровідний матеріал. Живлення шинопроводу ШМА-76 від силового трансформатора будемо виконувати кабелем АВБбШв. Живлення кожного СП типу СПА 77-5 будемо виконувати відгалуженням від шинопровода магістрального ШМА-76 (номінальний струм 1000А). Живлення електроприймачів від СП типу СПА 77-5 будемо виконувати окремими кабельними лініями в металевих трубах, розташованих на глибині 0,7 метра від рівня підлоги. В якості кабельної лінії будемо використовувати кабель АВВГнг. В таблиці 1.3.4.1 наведено позначення кабельної лінії та спосіб її прокладання. Табл.1.3.4.1 – Кабельна лінія і спосіб прокладення силової електропроводки Шосткинського сирзаводу

Табл.1.3.4.1

Позначення лінії	Спосіб прокладення силової електропроводки
1	2
Л-1	Кабель АВБбШв в траншеї, в приміщенні по кабелеросту
Л-2	ШМА-76, прокладається на консолях вздовж стін
Л-3	Відгалуження від ШМА-76 до СП №4 кабелем АВВГнг
Л-4	Відгалуження від ШМА-76 до СП №3 кабелем АВВГнг
Л-5	Відгалуження від ШМА-76 до СП №2 кабелем АВВГнг
Л-6	Відгалуження від ШМА-76 до СП №1 кабелем АВВГнг
Л-1-1	Кабель АВВГнг в сталевій трубі, 0,7 метра від рівня підлоги
Л-1-2	Кабель АВВГнг в сталевій трубі, 0,7 метра від рівня підлоги
Л-1-3	Кабель АВВГнг в сталевій трубі, 0,7 метра від рівня підлоги
Л-1-4	Кабель АВВГнг в сталевій трубі, 0,7 метра від рівня підлоги

1.3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній

Алюмінієві струмопроводи визначаються за формулою:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}},$$

де $K_{\text{прок}}$ – коефіцієнт прокладки;

k_3 - кратність струму провідника до струму апарата захисту ;

I_3 – струм розчіплювача апарата захисту.

Для живлення СП від ШМА-76 будемо використовувати одножильні кабелі АВВГнг які прокладаються по кабелеросту (драбинному лотку) від точки відгалуження до СП. Для всіх інших електроприймачів будемо використовувати звичайні чотирижильні кабелі з ПВХ ізоляцією.

Для прикладу, розрахуємо кабельну лінію для електроприймача №1 (Газовий насос, позначення лінії - Л-1-1):

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1,0 * 20}{1} = 20 \text{ А},$$

де $K_{\text{прок}} = 1$ – коефіцієнт прокладки.

За отриманим мінімально допустимим значення струму провідника обираємо кабель АВВГнг-4х4.

Живлення до електроприймачів здійснюється за 4-провідною трифазною мережею (L1, L2, L3 та PEN).

Для розрахунку необхідної труби приймаємо групу складності – В.

Внутрішній діаметр труби:

$$D \geq 1,35 * (d * n_{\text{пр}}),$$

D – внутршній діаметр труби, мм ;

d – зовнішній діаметр кабеля;

$n_{\text{пр}}$ – кількість кабелів.

$$D \geq 1,35 * (d * n_{\text{пр}}) = 1,35 * 13,3 * 1 = 17,9 \text{ мм.}$$

Обираємо трубу з діаметром 20 мм умовного проходу.

Дані заносимо до таблиці 3.5.1.

Табл.1.3.5.1.

Ділянка траси	$I_{\text{з}}, \text{А}$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	Тип КЛ	Переріз і кількість жил мм^2	Діаметр труби, мм
1	2	3	4	5	6
Л-1-1	20	21	АВВГнг	4х4	20
Л-1-2	32	38	АВВГнг	4х10	25
Л-1-3	63	65	АВВГнг	4х25	32
Л-1-4	20	21	АВВГнг	4х4	20
Л-1-5	32	38	АВВГнг	4х10	25
Л-1-6	32	38	АВВГнг	4х10	25
Л-1-7	20	21	АВВГнг	4х4	20
Л-2-1	16	21	АВВГнг	4х4	20
Л-2-2	16	21	АВВГнг	4х4	20
Л-2-3	25	26	АВВГнг	4х6	20
Л-2-4	16	21	АВВГнг	4х4	20
Л-2-5	50	55	АВВГнг	4х16	32
Л-2-6	50	55	АВВГнг	4х16	32
Л-2-7	16	21	АВВГнг	4х4	20
Л-3-1	16	21	АВВГнг	4х4	20
Л-3-2	25	26	АВВГнг	4х6	20
Л-3-3	25	26	АВВГнг	4х6	20
Л-3-4	25	26	АВВГнг	4х6	20
Л-3-5	16	21	АВВГнг	4х4	20

Закінчення табл. 1.3.5.1

1	2	3	4	5	6
Л-3-6	16	21	АВВГнг	4x4	20
Л-3-7	16	21	АВВГнг	4x4	20
Л-3-8	16	21	АВВГнг	4x4	20
Л-4-1	32	38	АВВГнг	4x10	25
Л-4-2	20	21	АВВГнг	4x4	20
Л-4-3	16	21	АВВГнг	4x4	20
Л-4-4	63	65	АВВГнг	4x25	32
Л-4-5	20	21	АВВГнг	4x4	20
Л-4-6	20	21	АВВГнг	4x4	20
Л-4-7	32	38	АВВГнг	4x10	25
Л-1	630	675	АВБ6Шв	4x(1x240)	4x(1x40)
Л-2	630	1000	ШМА-76	-	-
Л-3	160	165	АВВГнг	4x(1x50)	-
Л-4	125	130	АВВГнг	4x(1x35)	-
Л-5	200	210	АВВГнг	4x(1x70)	-
Л-6	160	165	АВВГнг	4x(1x50)	-

Виконаємо розрахунок втрати напруги для найвіддаленішої кабельної лінії, а саме Л-1-6 (Насос №11):

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

у відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\%.$$

Табл.1.3.5.2

Кінцеве приєднання	Довжина траси, м	Тип КЛ	$\frac{\Delta U, В}{\Delta U, \%}$
Насос №11	191	АВБбШВ-4х(1х120)-13м.п., ШМА-76-150м.п., АВВГнг- 4х(1х50)-5м.п., АВВГнг- 4х10-23м.п.	$\frac{6,812}{1,7}$

За результатами розрахунків втрати напруги отримали значення 1,7%, що не перевищує допустиме значення для силової мережі – 5%, та для освітлювальної мережі (у випадку заживлення від даної лінії щитів освітлення (ЩО)) – 2,5%. Дані КЛ підібрані правильно та можуть бути використовувані.

1.4 .Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів

Виконання розрахунку короткого замикання є важливою частиною проектування будь – якої системи електропостачання, так як за результатами цього розрахунку перевіряються провідники й електричні апарати, шинні ізолятори і т.д. на електродинамічну й термічну стійкість до дії струму КЗ. Найпотужнішим коротким замиканням вважається трифазне, тому його ми і будемо розраховувати і результати цих розрахунків використовувати для підбору електричних апаратів і перевірки обраних провідників.

За трифазного струму КЗ провідники й електричні апарати повинні витримувати проходження даного струму в продовж часу, поки захисний електричний апарат не спрацює і не розімкне короткозамкнуте коло. При

цьому, провідники й електричні апарати повинні бути стійкими до струму КЗ в початковий момент КЗ – до ударного струму.

1.4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

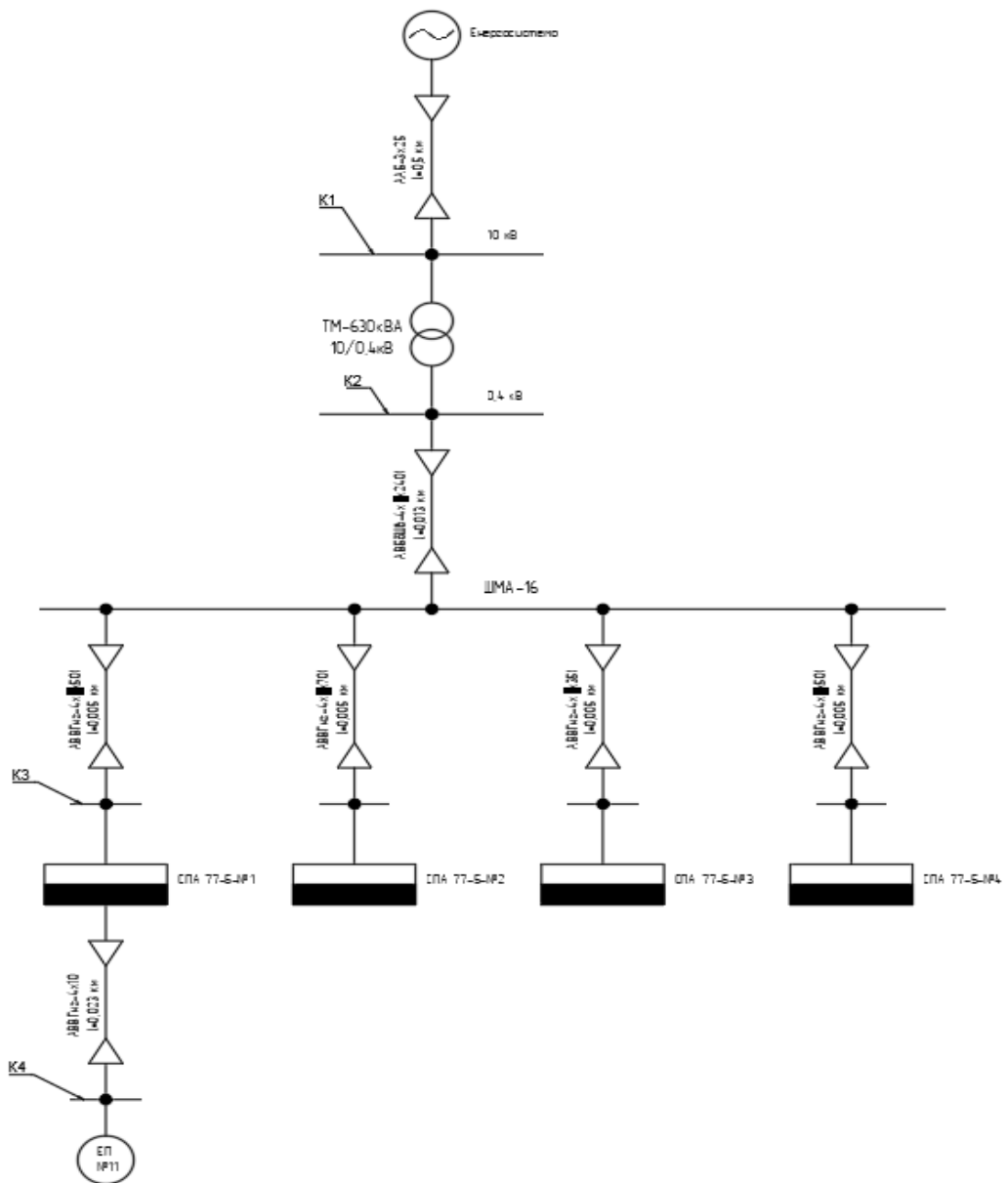


Рис.1.4.1 Однолінійна схема для розрахунку струму КЗ

Значення трифазного струму КЗ знайдемо в наступних точка СЕП Шосткинського сирзаводу:

К1– шини 10 кВ ТП;

К2 – шини 0,4 кВ ТП;

К3 – ввідні затискачі СП СПА 77-5-№1;

К4 – ввідні затискачі споживача №11 «Насос».

Знайдемо кабельну лінію, яка необхідна для живлення ТП на стороні 10 кВ.

Втрати в одному трансформаторі ТМ – 630/10:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 13,23 + 28,35 = 41,58 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 1,71 + 6,92 = 8,63 \text{ кВт.}$$

Повні втрати в трансформаторі:

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{(8,63)^2 + (41,58)^2} = 42,5 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Потужність на шинах ВН ТП:

$$S_{\text{ВН}} = \Delta S_{\text{тр}} + S_p = 42,5 + 300,57 = 343,1 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Струм на стороні ВН ТП:

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{343,1}{\sqrt{3} \cdot 10} = 19,8 \text{ А.}$$

Економічний переріз провідника:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ВН}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{19,8}{1,4} = 14,14 \text{ мм}^2,$$

де $j_{ек}$ – при $T_{max} = 3100$ год , $j_{ек} = 1,4 \frac{A}{mm^2}$ для алюмінієвих провідників.

Оберемо кабель ААБ – 3 х 16 , з $I_{доп} = 75$ А.

Знайдемо втрати напруги в лінії до ТП.

Кабель ААБ – 3 х 16 до ТП:

$$r_0 = 1,95 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,113 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,5 * 19,8 * (0,96 * 1,95 + 0,28 * 0,113) = 32,64 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{мережі}} * 100\% = \frac{32,64}{10000} * 100 = 0,33\% < 5\% .$$

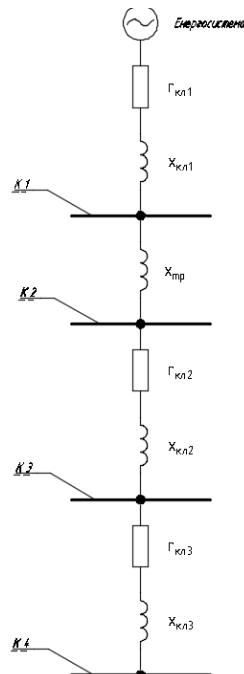


Рис.1.4.1.2 – Схема заміщення для розрахунку трифазного КЗ

Прийmemo наступні значення:

для точки К1:

$$x_c = 0,5;$$

$$S_6 = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_6 = 10 \text{ кВ}.$$

Опір $x_{\text{кл1}}$ (ААБ – 3 х 16):

$$x_{\text{кл1}} = \frac{x_0 * l * S_6}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{0,113 * 0,5 * 10}{10^2} = 0,006,$$

$$r_{\text{кл1}} = \frac{r_0 * l * S_6}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{1,95 * 0,5 * 10}{10^2} = 0,1.$$

Індуктивний опір до точки КЗ К1:

$$x_{\text{к1}} = x_{\text{кл1}} + x_c = 0,006 + 0,5 = 0,506.$$

Повний опір:

$$Z_{\text{к1}} = \sqrt{r_{\text{кл1}}^2 + x_{\text{к1}}^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,506^2} = 0,516.$$

Струм КЗ в К1:

$$I_{\text{к1}} = \frac{U_6}{\sqrt{3} * Z_{\text{к1}}} = \frac{10}{\sqrt{3} * 0,516} = 11,2 \text{ кА}.$$

Стала часу в К1:

$$T_A = 0,05 \text{ с}.$$

Аперіодична складова в К1:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{\text{к1}} * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_A}} = \sqrt{2} * 11,2 * e^{-\frac{0,04}{0,05}} = 7,1 \text{ кА},$$

$\tau_{пв}$ - час початку розмикання струму КЗ ВВ :

$$\tau_{пв} = \tau_{р.з.мин} + \tau_{о.р.} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с,}$$

$\tau_{о.р.}$ – час спрацювання ВВ.

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{к1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 11,2 * 1,8 = 28,5 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$W_k = I_{к1}^2 * (\tau_k + T_a) = 11,2^2 * (0,04 + 0,05) = 11,3 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{W_k}}{C} = \frac{\sqrt{11,3 * 10^6}}{90} = 37,35 \text{ мм}^2.$$

C – для алюмінієвих кабелів напругою до 10 кВ.

Обраний кабель (ААБ-10-3х16) не проходить за мінімальним перерізом тому обираємо кабель ААБ-10-3х50.

Розрахуємо опори до К2:

ААБ –10-3х50:

$$r_{кл1} = r_0 \cdot \frac{l}{n_{кб}} \cdot \left(\frac{U_{НОМ}^{НН}}{U_{НОМ}^{ВН}} \right)^2 = 0,625 \cdot \frac{0,5}{1} \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,001 \text{ МОм,}$$

$$x_{кл1} = x_0 \cdot \frac{l}{n_{кб}} \cdot \left(\frac{U_{НОМ}^{НН}}{U_{НОМ}^{ВН}} \right)^2 = 0,085 \cdot \frac{0,5}{1} \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,00007 \text{ МОм.}$$

Опір трансформатора ТМ - 630/10:

$$X_{тр} = \sqrt{\left(\frac{U_k}{100} \right)^2 - \left(\frac{P_k}{S_{НОМ тр}} \right)^2} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ тр}} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{5,5}{630} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 0,001 \text{ МОм.}$$

Опір контактних з'єднань:

$$r_{\text{кон}} = 20 \text{ мОм.}$$

Сумарний опір до К2:

$$\begin{aligned} Z_{\text{к2}} &= \sqrt{(r_{\text{кл1}} + r_{\text{кон}})^2 + (x_{\text{кл1}} + X_{\text{тр}})^2} \\ &= \sqrt{(0,001 + 20)^2 + (0,00007 + 0,001)^2} = 20 \text{ мОм.} \end{aligned}$$

Струм К3 в точці К2:

$$I_{\text{к2}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{к2}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20} = 11,55 \text{ кА.}$$

Розрахунки інших результатів зводимо в таблицю 4.1.1.

Табл.1.4.1.1

Точка КЗ	$I_K, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$i_a, \text{кА}$	$B_K, \text{кА}^2$ * с.	$S_{min}, \text{мм}^2$
К1	11,2	28,5	7,1	11,3	37,35
К2	11,55	16,33	0	12	38,5
К3	9,97	14,1	0	8,95	33,24
К4	2,43	3,44	0	0,53	8,08

1.4.2. Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ

Автоматичні вимикачі (АВ) обираються за наступними умовами

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}};$$

$$2) I_{\text{розч}} \geq I_{\text{ном}};$$

$$3) I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{розч}};$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пік}};$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{max .в.}}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд}}$$

Оберемо автоматичний вимикач Газового насоса №1:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$2) I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{ном.}};$$

$$20 \text{ А} > 17,67 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{розч.}};$$

$$63 \text{ А} > 20 \text{ А}$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1,25 * I_{\text{пик}};$$

$$240 \text{ А} > 1,25 * 5 * 17,67 = 110,44 \text{ А}$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{max .в.}}$$

$$2,43 \text{ кА} < 10 \text{ кА}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$16 \text{ кА} > 3,44 \text{ кА.}$$

Обираю АВ типу ВА21-29-32.

Табл.1.4.2.1.

Ділянка траси	$I_{\text{розч.}}, \text{ А}$	$I_{\text{ном.ав.}}, \text{ А}$	$I_{\text{спр.}}, \text{ А}$	$I_{\text{max .в.}}, \text{ кА}$	$I_{\text{кз}}, \text{ А}$	$i_{\text{ел.д.}}, \text{ к}$	$i_{\text{уд.}}, \text{ кА}$	Назва АВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Л-1-1	20	63	240	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-1-2	32	63	384	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-1-3	63	63	756	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-1-4	20	63	240	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-1-5	32	63	384	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-1-6	32	63	384	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-1-7	20	63	240	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-2-1	16	63	192	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-2-2	16	63	192	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32
Л-2-3	25	63	300	10	2,43	16	3,44	ВА21-29-32

Закінчення табл. 1.4.2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Л-2-4	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-2-5	50	63	600	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-2-6	50	63	600	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-2-7	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-1	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-2	25	63	300	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-3	25	63	300	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-4	25	63	300	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-5	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-6	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-7	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-3-8	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-1	32	63	384	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-2	20	63	240	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-3	16	63	192	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-4	63	63	756	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-5	20	63	240	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-6	20	63	240	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-4-7	32	63	384	10	2,43	16	3,44	BA21-29-32
Л-1	630	630	5000	18	11,55	40	16,33	BA5739-34
Л-2	630	630	5000	18	11,55	40	16,33	BA5739-34
Л-3	160	250	1600	18	9,97	40	14,1	BA5735-34
Л-4	125	250	1250	18	9,97	40	14,1	BA5735-34
Л-5	200	250	2000	18	9,97	40	14,1	BA5735-34
Л-6	160	250	1600	18	9,97	40	14,1	BA5735-34

В силових пунктах СПА 77-5 на вводі згідно із заводом – виробником встановлюються рубильники ВР32-400.

Виконаємо перевірку рубильників:

$$1) U_{\text{ном.р.}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$2) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{ном.л.}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

Табл.1.4.2.2.

№ СП	Рубильник	$I_{\text{ном.р.}}, \text{А}$	$U_{\text{ном.р.}}, \text{кВ}$	$U_{\text{ном.м}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном.л.}}, \text{А}$	$i_{\text{дин}}, \text{кА}$	$i_{\text{уд}}, \text{кА}$
1	ВР32 - 400	400	660	380	159,4	18	16,33
2					168,9		
3					124,9		
4					153,5		

Для Вентиляторів (№28 та №29) оберемо контактори. Обираю контактори СЕМ25.00-230V-50/60Hz з номінальним струмом АС3 – 25 А та потужністю до 11 кВт.

1.4.3. Вибір електричних апаратів РП - 10 кВ

Умови вибору і перевірки високовольтних комутаційних апаратів:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$4) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$5) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}}$$

$$6) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

Підберемо плавкий запобіжник для захисту лінії ААБ-10-3х50:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}}$$

$$20 \text{ А} > 19,8 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$31,5 \text{ кА} > 11,2 \text{ кА.}$$

$$4) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$74,5 \text{ кА} > 28,5 \text{ кА.}$$

$$5) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}}$$

$$29,22 \text{ кА} > 11,2 \text{ кА.}$$

$$6) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

$$28,35 \text{ кА}^2 * \text{с} > 11,3 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Обираю плавкий запобіжник ПТ 011-10-20-31,5 УЗ.

Оберемо й перевіримо роз'єднувач на стороні ВН:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}}$$

$$200 \text{ А} > 19,8 \text{ А.}$$

$$3) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$35 \text{ кА} > 28,5 \text{ кА.}$$

$$4) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}}$$

$$13,73 \text{ кА} > 11,2 \text{ кА.}$$

$$5) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

$$63 \text{ кА}^2 * \text{с} > 11,3 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Обрано високовольтний роз'єднувач РЛНД – 10/200 з приводом ПР-1.

Занесемо результати в таблицю Табл.1.4.3.1.

Табл.1.4.3.1.

Лінія	$U_{\text{мкВ}}$	$U_{\text{ввкВ}}$	$I_{\text{р}}, \text{А}$	$I_{\text{вв}}, \text{А}$	Тип
ААБ-10- 3х50	10	10	19,8	200	РЛНД – 10/200 з приводом ПР-1.
	10	10		40	ПТ 011-10-20-31,5 У3

1.4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів

контролю і обліку

Вибір комерційних трансформаторів струму (ТС) виконують за умовами:

$$1) U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м.}}$$

$$2) I_{1\text{та}} \geq I_{\text{нн}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_{\text{к}}$$

$$5) Z_{2та} \geq Z_{2факт}$$

Оберемо ТС в коло НН ТП.

Табл.1.4.4.1

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
ТШ-0,66-2 600/5	$U_{1ном} = 0,66 \text{ кВ}$	\geq	$>$	$U_{ном.м} = 0,38 \text{ кВ}$
	$I_{1ном} = 600 \text{ А}$	\geq	$>$	$I_p = 533 \text{ А}$
	$i_{дин} = 40 \text{ кА}$	\geq	$>$	$i_{уд} = 16,33 \text{ кА}$
	$I_t^2 * \tau = 16 \text{ кА}^2 * \text{С}$	\geq	$>$	$B_k = 12 \text{ кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$	\geq	$>$	$Z_2 = 1 \text{ Ом}$

Табл.1.4.4.2.

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0,1	0,1	0,1
Лічильник активної енергії	Меркурій 230	2,5	-	2,5
Усього		2,6	0,1	2,6

Сумарний опір приладів найзавантажнішої фази:

$$Z_{\Sigma \text{ прл}} = \frac{S_{\Sigma \text{ прил}}}{I_{2\text{ ном}}^2} = \frac{2,6}{5^2} = 0,11 \text{ Ом.}$$

Опір проводів:

$$Z_{\text{пр}} = Z_{2\text{ ном}} - Z_{\text{прл}} - Z_{\text{кн}} = 1,2 - 0,11 - 0,05 = 1,04 \text{ Ом,}$$

де $Z_{\text{кн}}$ – опір контактний.

Довжина вимірювальних кабелів $l = 45 \text{ м.}$

Переріз проводів для ТС:

$$S = \frac{\rho * l}{Z_{\text{пр}}} = \frac{0,028 * 45}{1,04} = 1,21 \text{ мм}^2.$$

Опір за вибраного перерізу:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0,028 * 45}{1,5} = 0,84 \text{ Ом.}$$

Опір вторинної обмотки ТС:

$$Z_2 = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{прл}} + Z_{\text{кн}} = 0,84 + 0,11 + 0,05 = 1 \text{ Ом.}$$

1.5 . Якість електричної енергії

Найважливішою вимогою до електропостачання є дотримання параметрів якості електроенергії в зазначених в ГОСТ 13109-97 межах. Найжорсткіші вимоги встановлюються саме до регулювання рівня та якості напруги мережі.

Фактичний рівень напруги на шинах НН 0,4кВ ТМ-630/10:

$$U_2^{\text{прд.}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}};$$

де $U_2^{\text{НН}}$ – приведена напруга з ВН на НН;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в ААБ-10-3х50;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати напруги ТМ – 630/10.

Втрати напруги в ТМ – 630/10:

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{тр}}} * 100 = \frac{5,5}{630} * 100 = 0,87 \%,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{4,5^2 - 0,87^2} = 4,42 \%.$$

Втрати у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \frac{U}{S_{\text{тр}}} * (U_{\text{ка}} * (S_{\text{НН}} * \cos \varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{НН}} * \sin \varphi)) \\ &= \frac{10}{630} * (0,87 * (573,31 * 0,99) + 4,42 * (573,31 * 0,14)) \\ &= 13,47 \text{ В.} \end{aligned}$$

Втрати в лінії ААБ-10-3х50:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{л}} &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{р}} \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,5 * 19,8 * (0,8 * 0,625 + 0,6 * 0,085) = 9,45 \text{ В.} \end{aligned}$$

Визначимо $U_2^{\text{прд}}$:

$$U_2^{\text{прд}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 10\,000 - 9,45 - 13,47 = 9\,977,1 \text{ В.}$$

Визначимо коефіцієнт (КТ) трансформації ТМ – 630/10:

$$K_{\text{т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0,4} = 25.$$

Фактична напруга на шинах НН 0,4кВ ТМ-630/10/0,4:

$$U_2^{\text{ф}} = \frac{U_2^{\text{прд}}}{K_{\text{т}}} = \frac{9\,977,1}{25} = 399,084 \text{ В.}$$

Відхилення від номінального значення:

$$\Delta U_{\text{НН}}^{\%} = \frac{U_2^{\Phi} - U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}} * 100\% = \frac{399,084 - 400}{400} * 100 = -0,04 \%$$

Відхилення напруги на шинах НН 0,4кВ ТМ-630/10 не перевищують 5%.

1.6. Електричне освітлення

Для Шосткинського сирзаводу використовувати світлодіодне освітлення для робочого та аварійного освітлень.

Крива сили світла для LED лінійного типу - Д.

Висоту підвісу ламп:

$$H_{\text{підв.}} = H - h_c - h_p = 6 - 0,5 - 1,0 = 4,5 \text{ м,}$$

де:

h_c – відстань від стелі до світильника, м;

h_p – відстань від підлоги до робочої поверхні, м.

Враховуючи, що в цеху є два приміщення, будемо проводити розрахунки окремо для кожного з них.

Перше приміщення:

$$a = 36,4 \text{ м; } b = 10 \text{ м; } H = 6 \text{ м.}$$

Визначимо площу:

$$S = a \times b = 36,4 * 20 = 364 \text{ м}^2 .$$

Нормована освітленість - $E_{\text{н}} = 200$ лк.

Відстань між центрами світильників:

$$L = \lambda * H_{\text{підв.}} = (1,2 \dots 1,6) * 4,5 = 5,4 \dots 7,2 \text{ м.}$$

Прийmemo $L = 6$ м.

Числов рядів:

$$n_B = \frac{b}{L} = \frac{10}{6} = 1,67 \approx 2.$$

Рекомендована кількість світильників в ряду:

$$n_A = \frac{a}{L} = \frac{36,4}{6} = 6,07 \approx 6.$$

Загальна кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = n_A * n_B = 6 * 2 = 12.$$

Індекс форми приміщення:

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{364}{4,5 * (36,4 + 10)} = 1,73.$$

Прийmemo:

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стіни}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку складатиме:

$$\eta = 0,47;$$

коефіцієнт запасу $\kappa_z = 1,5$;

коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$.

Розрахунковий світловий потік:

$$\Phi_p = \frac{E_H * S * \kappa_z * z}{N_l * \eta} = \frac{200 * 364 * 1,5 * 1,1}{12 * 0,47} = 21\,300 \text{ лм.}$$

Обираю LED - світильник HB LED 200 D60 5000K з $\Phi_H = 23\,000$ лм.

Відхилення Φ_p від Φ_H :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_H - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{23\,000 - 21\,300}{21\,300} * 100 = 8\%,$$

отримане значення входить в діапазон $-10...+20\%$.

Споживана потужність у кВт:

$$P_{\text{св.}} = N_l * P_H * 10^{-3} = 12 * 217 * 10^{-3} = 2,6 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_{\text{о.р.}}}{S} = \frac{2604}{364} = 7,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю № 1.6.1.

Табл.1.6.1.

$S, \text{мм}^2$	$H_p, \text{м}$	$P_n, \text{Вт}$	$\Phi_n, \text{лм}$	$N_l, \text{шт}$	$\Phi_p, \text{лм}$	$\Delta\Phi, \%$	$P_{\text{пит.р.}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
364	4,5	217	23000	12	21 300	8	7,15
2 113	4,5	225	21 000	60	19 700	6,6	6,4

Сумарна потужність робочого освітлення:

$$P_{\text{р.о.}} = \left(\sum P_{\text{св}} * n \right) * K_{\text{п}} = (217 * 12 + 225 * 60) * 0,95 = 15 300 \text{ Вт},$$

де $K_{\text{п}} = 0,95$ – для виробничих будівель.

Струм робочого освітлення:

$$I_{\text{р.о.}} = \frac{P_{\text{р.о.}}}{\sqrt{3} * U_l * \cos\varphi} = \frac{15,3}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 24,5 \text{ А}.$$

Живлення робочого освітлення буде здійснюватися від СПА 77-6-№4.

Оберемо ввідний АВ на освітлення щита:

$$I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{розч.}};$$

$$I_{\text{розч.}} \geq \mathbf{1,4} * I_{\text{роб.}};$$

$$I_{\text{розч.}} = \mathbf{40 \text{ А}} > I_{\text{роб}} = \mathbf{24,5 \text{ А}}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = \mathbf{63 \text{ А}} > I_{\text{розч.}} = \mathbf{40 \text{ А}};$$

$$I_{\text{розч.}} = 40 \text{ А} > 1,4 * I_{\text{роб}} = 1,4 * 24,5 = 34,3 \text{ А},$$

обираємо АЕ2046М.

Оберемо кабель живлення для щита РО:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{пр}}} = \frac{1 * 40}{1} = 40 \text{ А},$$

оберемо кабель АВВГнг– 5 х 10, з $I_{\text{доп.кл.}} = 60 \text{ А}$.

Кабельні лінії до кожної групи освітлення будемо виконувати алюмінієвим кабелем в металевому перфорованому лотку. Кожного відхідна КЛ буде захищатися власним АВ.

Табл.1.6.2 Робоче освітлення

Лінія живлення освітлення	$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{АВ}}, \text{А}$	Тип і переріз КЛ	$I_{\text{доп.кл.}}, \text{А}$
Op-1-1	2,6	12,44	16	АВВГнг-3х4	21
Op-1-2	2,7	12,92	16	АВВГнг-3х4	21
Op-1-3	2,7	12,92	16	АВВГнг-3х4	21
Op-1-4	2,7	12,92	16	АВВГнг-3х4	21
Op-1-5	2,7	12,92	16	АВВГнг-3х4	21
Op-1-6	2,7	12,92	16	АВВГнг-3х4	21

Охорона праці

Оцінка ризиків: Проведення аналізу потенційних ризиків, пов'язаних з реконструкцією системи електрозабезпечення. Це включає визначення можливих небезпечних ситуацій, їх потенційних наслідків та шляхів їх попередження.

Планування заходів безпеки: Розробка плану заходів безпеки, який визначає необхідні заходи для запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпеки персоналу під час робіт.

Організація робочого місця: Забезпечення відповідних умов праці для персоналу, включаючи правильну організацію робочих місць, належну вентиляцію та освітлення.

Підготовка персоналу: Проведення навчання та інструктажу з питань безпеки для всього персоналу, який бере участь у реконструкції системи електрозабезпечення. Це включає інструкції з електробезпеки, правила роботи з електрообладнанням та процедури дії в небезпечних ситуаціях.

Використання безпечного обладнання та матеріалів: Забезпечення використання тільки сертифікованого та безпечного електрообладнання та матеріалів під час робіт з реконструкції.

Моніторинг та контроль: Постійний моніторинг за дотриманням вимог безпеки праці під час виконання робіт з реконструкції, а також контроль за вчиненням персоналом встановлених правил та процедур.

Екстрені заходи: Розробка плану дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій або аварійних ситуацій під час робіт з реконструкції, а також навчання персоналу діяти ефективно в екстрених ситуаціях.

Висновок

За результатами виконання магістерської роботи реконструкції Шосткинського сирзаводу, на основі проведених розрахунків прийняті такі нижче наведені рішення.

1. Виконані розрахунки електричних навантажень заводу за коефіцієнтом попиту та інструментального цеху за методом упорядкованих діаграм. Повна розрахункова потужність заводу з боку ВН трансформаторів ГПП з урахуванням компенсації реактивної потужності та втрат в трансформаторах склала 21142 кВА.

2. Визначено координати розміщення цехових ТП за мінімумом приведених затрат в кабельних лініях. При такому розміщенні витрати на спорудження, а також сумарні затрати по СЕП заводської мережі будуть мінімальними.

3. На підставі техніко-економічного порівняння варіантів по вибору оптимальної напруги живлення заводу, встановлено, що доцільніше виконати зовнішнє електропостачання по дволанцюговій ЛЕП перерізом 120 мм² на напругу 35 кВ з установкою на ГПП двох силових трансформаторів типу ТДН-16000/35 для забезпечення надійного живлення споживачів II категорії надійності електропостачання. За економічністю і надійністю електропостачання вибрано схему двох блоків трансформатор-лінія, які для більшої гнучкості з'єднуються між собою неавтоматичною перемичкою з двох роз'єднувачів. У нормальному режимі один з роз'єднувачів розімкнутий.

4. Знайдено економічно обґрунтоване оптимальне число, потужність та місце розташування цехових ТП з урахуванням компенсації реактивної потужності, а саме встановлено, що для живлення заводу найбільш оптимальним є варіант із 28 трансформаторів потужністю 1000 кВА. Розподіл електричної енергії виконано із закритого розподільчого пункту (ЗРП-10кВ) ГПП, а електроживлення цехів – з центрального розподільчого пункту (ЦРП-10 кВ) за радіальною схемою 10 двотрансформаторними підстанціями і 8 однострансформаторними. При цьому сумарна потужність батареї конденсаторів на стороні напругою 0,4 кВ склала 5,584 Мвар. Повну потужність батареї конденсаторів на напругу 0,4 кВ розподілено по цехових трансформаторних підстанціях пропорційно споживання реактивної потужності.

5. Визначено оптимальний переріз алюмінієвих кабельних ліній з ізоляцією зі зшитого поліетилену 10 кВ заводської мережі, які прокладені в траншеях маркою NA2XS2Y6/10kV перерізом 70 мм², оскільки за результатами розрахунку струмів короткого замикання мінімально стійкий переріз складає 63 мм².

6. Для вибору і перевірки електротехнічних апаратів і струмопровідних частин електроустановок, вибору вставок спрацювання релейного захисту на стороні високої і низької напруги, в роботі виконано розрахунок струмів короткого замикання на відповідних ділянках схеми електропостачання заводу. Зокрема, на стороні напругою 35 кВ встановлено елегазовий вимикач типу ВГГ-35-50/3150 та роз'єднувач типу РНДЗ-1-35/1000; у якості комутаційних апаратів на стороні напругою 10 кВ та захисту кабельних ліній від струму короткого замикання вибрано вакуумні вимикачі типу ВВ/TEL-10. З метою здешевлення розподільчого пристрою підстанції, у цехових ТП і КТП з боку високої напруги встановлено вимикачі навантаження типу ВНП-17 із

запобіжником ПК-10/100 безпосередньо перед трансформаторами, які конструктивно являють собою комбінацію запобіжника і комутаційного апарату, оснащеного дугогасильною камерою.

7. Для обліку та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання заводу вибрано трансформатори струму і напруги, зокрема трансформатори струму встановлено на стороні 35 кВ ГПП, на вводах високовольтних вимикачів типу ТФНД-35М; на вводах у ЗРП-10 кВ; на відходящих шинах ЗРП-10 кВ типу ТПОЛ-10; на відходящих шинах ЦРП, на вводах високовольтних вимикачів типу ТПЛ-10. На кожній секції шин ГПП передбачаємо встановлення трифазного, триобмоткового трансформатора напруги типу НТМИ-10-66, при цьому обмотка, що з'єднана в зірку, використовується для вимірювальних приладів, а до обмотки, що з'єднана в розімкнутий трикутник, приєднуюється реле захисту від замикання на землю. Для обліку активної і реактивної енергії вибрано лічильник типу FINTRONIC ФПН-2306.

8. За результатами розрахунку максимального навантаження інструментального цеху, яке склало 749 кВА, усі електроспоживачі цеху розподілено на тридцять п'ять розподільчі шафи типу ШР-11-73. Електропостачання цеху виконано від КТП-9 двома магістральними шинопроводами, на виході силових трансформаторів встановлено шафи типу ШП з вкатними автоматичними вимикачами типу «Електрон». Для заживлення силових пунктів цеху використано кабель типу НРГ з гумовою маслостійкою оболонкою, яка не розповсюджує горіння, а для живлення споживачів вибрано провід марки АПВ з алюмінієвими жилами. Усі електроспоживачі цеху захищаються запобіжниками (час спрацьовування $t_{cp}=0,005$ с).

9. За результатами побудови епюри відхилення напруги в максимальному, мінімальному та післяаварійному режимі роботи, встановлено, що відхилення напруги перебувають в межах встановлених допустимих норм і не перевищують $\pm 5\%$ для силової мережі та $+5\% \div - 2,5\%$ – мережі електричного освітлення.

Отже, можна зробити висновок, що спроектована система електропостачання відповідає всім вимогам ПУЕ, ПТЕ, ДБН та іншим чинним нормативно-технічним документам України і може забезпечити надійне, безперебійне та якісне електропостачання. Крім того реконструкція Шосткинського сирзаводу надає нам змогу зрозуміти та усвідомити новітні ідеї та технологічний прогрес який і надає можливість проводити реконструкції великих підприємств.

Список використаної літератури

1. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств . Підручник . – Вінниця : Нова книга , 2004 . – 656 с .
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання : розрахунки , вибір обладнання : Навч. посіб . – К.: НУХТ , 2011. – 319 с.
3. ДСТУ-Н Б В2.5.-80:2015.
4. Основи електроенергетики та електропостачання : Підручник. – 2 – ге вид., переоб., і доп. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» , 2009. – 436 с.
5. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 “Електричні системи та мережі”. / Укл.: Буйний Р.О., Ананьєв В.М., Тисленко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2004-70с.
6. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення : навч. посіб. / О. І. Соловей, А. В. Чернявський, О. О. Ситник, В. Ф. Ткаченко, Г. В. Курбака ; за ред. Солов’я О. І. ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ФОП Гордієнко Є.І., 2018. – 132 с.
7. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об’єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.