

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

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Балюта С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Електротехніка та електротехнології»

на тему: «Розробка системи електропостачання підприємства косметичних засобів,
вибір та обґрунтування заходів підвищення рівня енергоефективності системи
вентиляції цеху»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-8ск

Пептюк Максим Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Бориченко Олена Володимирівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент Раченко О.А.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач

_____ (підпис)

Київ - 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. _____

І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

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

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Пептюк Максим Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання підприємства косметичних засобів, вибір та обґрунтування заходів підвищення рівня енергоефективності системи вентиляції цеху»

керівник роботи Бориченко Олена Володимирівна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 09.11.2020 року № 934-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2021р.

3. Вихідні дані до роботи:

Призначення цеху і його розміри. Перелік споживачів і їх потужність.
Розташування верстатів в цеху. Перспективний план розвитку підприємства.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план цеху.

2. Схема електропостачання цеху.

3. Схема освітлення цеху.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.11.2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	12.11.2020р	
2	Вступ	13.11.2020р	
3	Характеристика електроприймачів цеху	18.11.2020р	
4	Розрахунок ел. навантажень цехових електроприймачів	23.11.2020р	
5	Побудова графіків електричних навантажень цеху	28.11.2020р	
6	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	05.12.2020р	
7	Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах	10.12.2020р	
8	Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій	15.12.2020р	
9	Розрахунок силової мережі цеху	20.12.2020р	
10	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного та низьковольтного ел. обладнання	25.12.2020р	
11	Релейний захист (РЗА)	02.01.2021р	
12	Облік та вимірювання режимних параметрів систем електропостачання	06.01.2021р	
13	Якість електричної енергії в системі електропостачання	10.01.2021р	
14	Охорона праці	14.01.2021р	
15	Здача дипломного проекту на перевірку	25.01.2021р	

Здобувач _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

Пептюк М.В.

Бориченко О.В.

Annotation

Peptyuk MV Development of the power supply system of the cosmetics company, selection and substantiation of measures to increase the energy efficiency of the ventilation system

Diploma project for a bachelor's degree in direction 141 "Electrical Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". National University of Food Technologies, Kyiv.

The explanatory note consists of an introduction, twelve chapters, a conclusion and a list of references. The total volume of the explanatory note is 102 pages.

The thesis deals with issues and solves current problems in the development of the power supply system of the reactors of the reactor and packaging department of the cosmetics company in order to increase the energy efficiency of the ventilation system of the shop, namely: description of the electric receivers of the department; calculation of electrical loads; construction of schedules of electric loadings of shop; selection of external and internal power supply of the shop; modes of the reactive component of the power supply system; choice of quantity and power of power transformers; selection of elements and calculation of the shop network; calculation of short-circuit currents; calculation of relay protection; accounting and measurement of power supply system parameters; assessment of electricity quality in the power supply system; organizational and technical measures for labor protection.

Developed: plan and scheme of the power supply network of the reactor and packaging departments of the enterprise of cosmetics, the scheme of the lighting network of the production premises of the enterprise.

ENERGY EFFICIENCY, ELECTRICITY SUPPLY, ELECTRIC RECEIVERS,
VOLTAGE, CURRENT

					<i>ДП 2021 141</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Аннотация

Пептюк М.В. Разработка системы электроснабжения предприятия косметических средств, выбор и обоснование мероприятий по повышению уровня энергоэффективности системы вентиляции цеха

Дипломный проект на соискание степени бакалавра по направлению 141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика». Национальный университет пищевых технологий, Киев.

Пояснительная записка состоит из введения, двенадцати глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем пояснительной записки составляет 95 стр.

В дипломной работе рассмотрены вопросы и решены актуальные задачи по разработке системы электроснабжения электроприемников реакторного и фасовочного отделения предприятия косметических средств с целью повышения уровня энергоэффективности системы вентиляции цеха, а именно: описание электроприемников отделения; расчет электрических нагрузок; построение графиков электрических нагрузок цеха; подбор внешнего и внутреннего электроснабжения цеха; режимы реактивной составляющей системы электроснабжения; выбор количества и мощности силовых трансформаторов; выбор элементов и расчет цеховой сети; расчет токов короткого замыкания; расчет релейной защиты; учет и измерения параметров системы электроснабжения; оценка качества электроэнергии в системе электроснабжения; организационные и технические мероприятия по охране труда.

Разработано: план и схему сети электроснабжения реакторного и фасовочного отделений предприятия косметических средств, схему осветительной сети производственных помещений предприятия.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, электроприемников, НАПРЯЖЕНИЕ, ТОК

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ	8
1.Короткий опис електроприймачів відділення	9
2.Розрахунок електричних навантажень елетроприймачів	12
3.Побудова графіків електричних навантажень цеху	22
4.Підбір зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	25
5.Режими реактивної складової системи електропостачання	26
6.Вибір кількості і потужності силових трансформаторів	28
7.Вибір елементів і розрахунок цехової мережі	35
8.Розрахунок струмів короткого замикання	55
9.Розрахунок релейного захисту	62
10.Облік і вимірювання параметрів системи електропостачання	70
11.Оцінка якості електроенергії в системі електропостачання	80
12.Охорона праці	85
Висновок	97
Література	98

					<i>ДП 2021 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пептюк М.В.</i>			<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бориченко</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-5ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Вступ

На сьогодні в Україні показники фізичного і морального зносу основних виробничих засобів на промислових підприємствах досягли критичних значень, при цьому більшість підприємств зазнає істотних втрат під час виробництва та розподілення енергії. Понад 96 % обладнання теплових електростанцій відпрацювало свій ресурс, 73 % – перевищило граничний, майже 54 % енергоблоків експлуатуються більш ніж 200 тис. год., що перевищує нормативний рівень фізичного зносу та морального старіння [20, с. 27]. Тому раціональне використання електричної енергії є важливою задачею сьогодення.

Парфумерна промисловість – широка область, яка займається випуском такої продукції, як духів, запашної води, одеколонів, кремів для шкіри, засобів по догляду за волоссям, тілом, освіжувачів для порожнини, засоби для гоління, косметичні засоби тощо [1].

Для сучасних систем електропостачання (СЕР) характерна велика кількість різноманітних споживачів електроенергії, які висувають різні вимоги до надійності електропостачання та якості електроенергії. Забезпечити високу якість електропостачання всіх електроприймачів на підприємстві при оптимальних витратах матеріальних ресурсів та грошових коштів, ефективно керувати розвитком та функціонуванням складних систем електропостачання можливо лише на основі системного підходу з використанням сучасних технічних засобів, обчислювальної техніки.

					<i>ДП 2021 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пептюк М.В.</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бориченко</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						
						<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-5ск</i>		

1. Коротка характеристика виробництва та споживачів

Виробництво парфумерних товарів складається з наступних процесів: дозування компонентів, змішування, відстоювання, вистоювання, фільтрування, фасування, пакування. При відстоюванні частина більш грубих речовин випадає в осад, і рідина стає прозорою. Цей процес триває близько 1 міс. При вистоюванні формується букет запахів парфумерної рідини. Різні види продукції містять різну кількість парфумерних композицій в своєму складі. Для цього використовується переважно органічна сировина: етиловий спирт, вода, барвники, запашні і незапашні речовини (бензилбензоат, діетилфталат, які використовуються для зниження летючості запашних композицій).

Завданням передбачається розробка системи електропостачання підприємства косметичних засобів, зокрема реакторного та фасовочного відділень (рис.1.1).

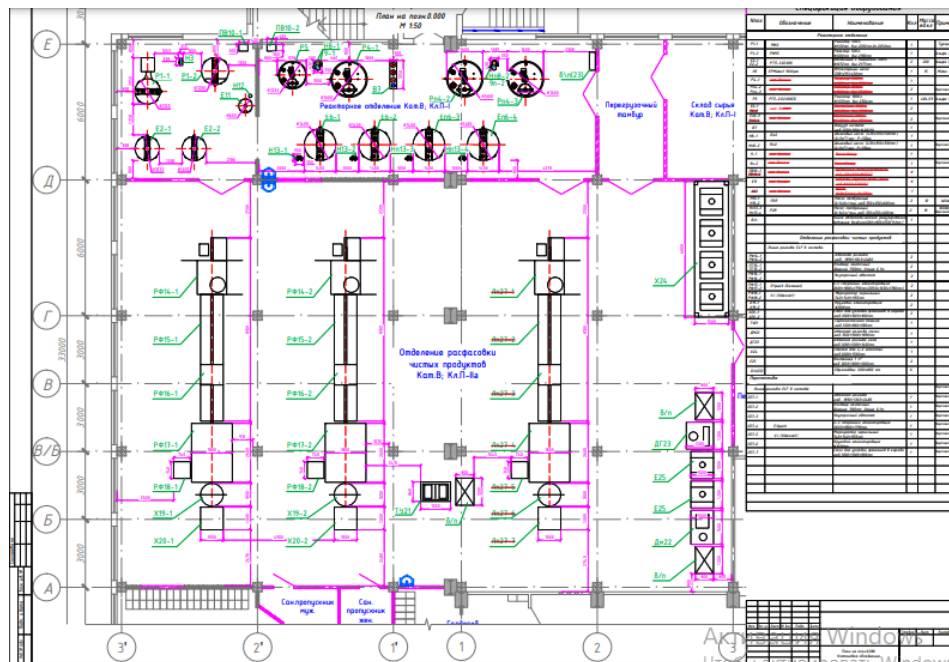


Рис.1.1. План та компановка обладнання відділень підприємства косметичних засобів.

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Коротка характеристика виробництва та споживачів	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Пептюк М.В.					7	
Перевір.		Бориченко				ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Значна частина обладнання облаштована електроприводом або іншими приймачами електричної енергії, характеристика яких надана в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Потужність електрофікованого обладнання

№ на плані	Позначення	Назва електричного обладнання	Кількість	Р _н , кВт	Примітка
1,2	ВУ1, ВУ2	Вентилятор	2	8	
3	ДМ 22	Автомат разливу маски	1	4,2	
4	ДГ 23	Автомат разливу геля	1	2,5	
5	УШ 28	Укладчик штабелю	1	28	
6	БМ29	Обандеролювач	1	9,6	
7	Н7-1	Насос роторний	1	6,2	
8	Нп8	Насос шнековий	1	6	
9..11	РФ14 - РФ19	Линія фасування ELF	3	12,5	
12	Е11	Ємність горячої води 250 л	1	40,2кВА	ПВ=25 %
13..17	Е 6-1- Е 6-5	Відстійник 2000 л з мішалками	5	6	
18..22	Н3	Насос імпелерний	5	0,8	
23..27	Р 4-1, Р 4-2, Р 4-3	Реактор 2000 л	5	250	
28	ТУ21	Термозапаювальна машина	1	0,8	
29,3	Нп8-1, Нп8-2	Насос шнековий	2	11,2	
31,32	Е 2-1, Е 2-2	Відстійник 500 л з мішалками	2	12кВА	ПВ=40 %

Електроприймачі пов'язані між собою технологічним процесом. Реакторне відділення має розміри в плані 6x18 м, а відділення фасування 18x27 м. Висоту відділень з врахуванням висоти обладнання та наявних шкідливих викидів приймаємо Н = 10 м.

Технологія отримання парфумерних виробів наступна: запашні речовини, з яких складають запашні композиції для змішування з етиловим спиртом і водою, направляють в апарати для вистоювання, після чого фільтрують через витратні баки вакуум-розливної системи і розливають по

флаконам, на флакон наклеюють етикетки і запаковуюють. Всі процеси можуть відбуватися як вручну, так і на автоматизованих виробничих лініях ELF (рис.1.1)

Основними споживачами є п'ять потужних автоматизованих реакторно-насосних агрегата. Всі електроприймачі наведені в табл. 1.1 пронумеровані відповідно до плану розташування ОЕ НС.

Кількість робочих змін - дві.

Електропостачання промислових підприємств, виконують на напругу до 1кВ (найбільш поширеним є напруга 380 В) на вибір схеми та конструктивне виконання мереж впливають такі фактори, як ступінь відповідальності приймачів електроенергії, режими їх роботи і розміщення по території виробничого об'єкта, номінальні струми і напругу.

Електроприймачі другої категорії – це електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового не випуску продукції, масовим простоїв робочих, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів. Вони в нормальних режимах повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення. Для електроприймачів при порушенні ЕПН від одного з джерел живлення допустимі перерви ЕПН на час, необхідний для включення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Електроприймачі третьої категорії – всі інші електроприймачі, що не підпадають під визначення першої та другої категорій. Для них ЕПН може виконуватись від одного джерела живлення за умови, що перерви електропостачання, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи ЕСН, не перевищує однієї доби.

Більшість речовин, що використовуються у виробництві продукції галузі, є горючими і легкозаймистими рідинами. І тому багато приміщень парфумерно-косметичної галузі відносять до небезпечних за категоріями вибухо- і пожежонебезпеки (табл.1.2).

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Таблиця 1.2 Категорії приміщень за вибухо- і пожежонебезпеки

Найменування цеху	Категорія з вибухо- і пожежонебезпеки
Підготовче відділення	А
Рецептурне відділення	А
Відділення приготування композицій	Б
Відділення приготування парфумерних рідин	А
Відділення фасування	А
Мийні відділення	В
Картонажне відділення	В
Спиртосховище	А
Холодильно-компресорне відділення	Д
Повітряно-компресорне відділення	Д
Склад сировини	А
Склад картону та паперу	В
Склад склотари	В
Склад готової продукції	В

Отже відділення слід віднести до категорії А та Б. Для таких приміщень особливо мають виконуватися усі вимоги до організації процесу повітрообміну, захисту повітроводів і устаткування, справної та ефективної роботи системи електропостачання.

Споживачами електроенергії в підприємства є невеликі за потужністю електроприймачі. Більшість приймачів електроенергії розраховані на трифазний змінний струм і напруга 380 В промислової частоти. Обладнання встановлюється стаціонарно і по площі розподілене рівномірно.

Мікроклімат на ділянці нормальний, тобто не перевищує +30 °С, технологічний пил, здатний порушити нормальну роботу обладнання,

2 Розрахунок електричних навантажень цеху.

2.1 Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В

Для електроприймачів, які працюють в повторно-короткочасному режимі (ПКР), приводять їх в роботу до довготривалого режиму в нашому випадку це апарат.

Розрахунок методики електроприймача апарат:

$$P_{ном} = P_{уст} \cdot \sqrt{TУ}$$

Стандартні значення ТУ – 15; 25; 20; 65 %. При розрахунку $P_{ном}$ замість ТУ в формулу слід вписати одне з вибраних значень.

Знаходимо розрахункову потужність верстату:

Сумарна номінальна потужність верстату:

$$P_{\Sigma зв} = n_{шт} \cdot P_1$$

де P_1 – одинична номінальна потужність;

$n_{шт}$ – кількість електроприймачів.

Використовуючи вихідні дані – для верстату:

Коефіцієнт використання $K_v = 0,2$ та $\cos\varphi = 0,65$, знаходимо з табл. 2.1.

$$tg\varphi = \arccos 0,65$$

Визначаємо середню потужність за максимальну завантажену зміну:

$$P_{смпв} = P_{\Sigma зв} \cdot K_v$$

$$Q_{смпв} = P_{смпв} \cdot tg\varphi$$

Для інших споживачів результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1.

Сумарну номінальну потужність електроприймача беремо з таблиці 2.1:

$$P_{\Sigma} = \sum P_{ном}$$

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пептюк М.В.			Розрахунок електричних навантажень цеху	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бориченко					12	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Таблиця 2.1. Розрахунок електричних навантажень.

Назва ЕП	пф	Р _{еп} , кВт		Кв	tgφ	Р _{ср} , кВт	Q _{ср} , кВА	п _{еф}	К _р	Р _р , кВт	Q _р , кВА _р	I _р , кА
		Одиниці	Σ									
Реактор з мішалкою та насосом (ємн. 500 л)	5	2	10	0,15	1,33	1,5	2,0					
Лінії фасування типу ELF	4	10	40	0,7	0,75	28	21,0					
Реактор з мішалкою та насосом (ємн. 2000 л)	3	55,7	167,1	0,3	1,73	50,13	86,7					
Відстійники з насосом (ємн. 1000 л)	6	4,7	28,2	0,5	1,33	14,1	18,8					
Насос ротаційний	11	15	165	0,14	1,73	23,1	40,0					
Всього	29		410,3	0,3	1,43	116,8	168,4	14	1,45	169,5	244	0,45

4) Після цього визначаємо сумарну встановлену потужність для цеху Р_{устΣ} за формулою:

$$P_{уст\Sigma} = \sum P_{\Sigma i},$$

де $\sum P_{\Sigma i}$ – сума номінальних потужностей кожної групи Р_{устΣ} = 410,5 кВт (табл.2.1)

5) Визначаємо середню активну потужність Р_{срi} кожної групи ЕП:

$$P_{срi} = K_{ви} \times P_{\Sigma i},$$

де К_{ви} – коефіцієнт використання групи ЕП.

Розрахуємо середню активну потужність для групи електроприводів реакторів з мішалкою на 500 л:

$$P_{ср1} = 10 \times 0.15 = 1.5 \text{ кВт}$$

Аналогічно робиться розрахунок для інших груп.

Розрахуємо середню активну потужність для цеху:

$$P_{ср\Sigma} = \sum P_{срi},$$

Р_{срΣ} = 116,9 кВт (табл.2.1)

6) Визначаємо середню реактивну потужність $Q_{срi}$ кожної групи ЕП:

$$Q_{срi} = P_{срi} \times \operatorname{tg} \varphi_i,$$

Розрахуємо середню активну потужність для групи електроприводів електроприводів реакторів з мішалкою на 500 л (табл.2.1)

$$Q_{ср1} = 1.5 \times 1.33 = 1.9 \text{ кВА}_p$$

Аналогічно робиться розрахунок для інших груп.

7) Розрахуємо середню реактивну потужність для цеху (табл.2.1):

$$Q_{ср\Sigma} = \sum Q_{срi}, \quad Q_{ср\Sigma} = 168.3 \text{ кВА}_p$$

8) Визначаємо ефективне число електроприймачів в цеху:

$$n_{еф} = 2 \times P_{уст\Sigma} / P_{еп \max},$$

де $P_{еп \max}$ максимальна номінальна потужність серед ЕП

$$n_{еф} = 2 \times 410,5 / 55,7 = 14$$

9) Визначаємо середньозважений коефіцієнт використання:

$$K_{в \text{ ср}} = P_{ср\Sigma} / P_{уст\Sigma} = 116,9 / 410,5 = 0,3.$$

10) Визначаємо середній коефіцієнт потужності:

$$\operatorname{tg} \varphi_{ср} = Q_{ср\Sigma} / P_{ср\Sigma} = 168,9 / 116,9 = 1,43$$

11) В залежності від $n_{еф}$ та $K_{в \text{ ср}}$ вибираємо коефіцієнт розрахункового навантаження K_p , ([1], табл.1.1). $K_p = 1,45$.

12) Визначаємо значення розрахункового навантаження цеху в цілому:

$$P_p = K_p \times P_{ср\Sigma} = 1,45 \times 116 = 169,5 \text{ кВт}$$

$$Q_p = K_p \times Q_{ср\Sigma} = 1,45 \times 168,3 = 244 \text{ кВА}_p$$

13) Визначаємо значення розрахункового струму I_p цеху:

$$I_p = (P_p^2 + Q_p^2)^{1/2} / (3^{1/2} \cdot U_H) = (169,5^2 + 244^2)^{1/2} / (3^{1/2} \times 380) = 0,45 \text{ кА.}$$

Всі розраховані вище величини заносимо в таблицю 2.1.

2.2 Визначення розрахункової потужності освітлювальних установок

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається споживана потужність на освітлення:

$$P_{p.o} = P_o \cdot S \cdot K_n,$$

					ДП 2021 141	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $P_{p.o}$ - розрахункове освітлювальне навантаження, Вт; P_0 - питома навантаження, Вт/м²; S - площа приміщення, м², $K_{п}$ - коефіцієнт попиту.

Наведемо приклад розрахунку для відділення приготування компонентних сумішей:

$$P_{p.o} = 10 * 12 * 18 * 0,9 * 10^{-3} = 1,9 \text{ кВт}$$

Аналогічно проводиться розрахунок і для інших приміщень підприємства, характеристики яких надані в таблиці 1.3.

Потужність освітлення всього відділення:

$$P_{p.o} = 10 \cdot 4608 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 41,472 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову потужність всієї групи споживачів:

$$P_p = 1284,586 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 575,6712 \text{ кВАр.}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2};$$

$$S_p = \sqrt{1284,586^2 + 575,671^2} = 1418,6 \text{ кВА.}$$

1. Обчислюємо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_{ном}};$$

$$I_p = \frac{1418,6}{\sqrt{3} * 0,38} = 2138,745 \text{ А.}$$

При виборі автоматичного вимикача однією з умов є:

$$I_{ном.розч.} \geq I_p$$

Оскільки, відповідно з [1, табл. 3.5.] $I_{ном.розч.} = 400 \text{ А}$, а $I_p = 2138,745 \text{ А}$ умова вибору не виконується, тому потрібно розділити споживачів на 6 груп, тоді

					<i>ДП 2021 141</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Побудова графіків електричних навантажень цеху

Для вирішення изначення річних витрат і втрат електроенергії, вибору режиму роботи, компенсація показів приладів, оцінки відхилень напруги тощо необхідно вибудовувати графіки енергоспоживання. Графіки електричних навантажень засновані на вимірах, які проводяться при проектуванні з використанням типових графіків навантаження. Відзначимо дані в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Коефіцієнт завантаження від максимального $m_i = S_i/S_{\Sigma\text{макс}}$	Години доби Δt , год	Навантаження обмоток ВН для споживачів I категорії надійності, кВА $S_i = m_i \cdot S_{\Sigma\text{макс}}$
0,45	0...1	0
0,4	1...5	0
0,6	5...8	350,67
0,7	8...12	409,12
0,4	12...13	233,78
0,6	13...15	350,67
0,65	15...18	379,89
0,8	18...19	467,56
1	19...21	584,45
0,85	21...22	0
0,7	22...23	0
0,45	23...24	0

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пептюк М.В.			Побудова графіків електричних навантажень цеху	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бориченко					19	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

4. Підбір напруги та електричних ланцюгів зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху

Для розподілу електроенергії в містах, сільській місцевості і промислових підприємствах використовують в основному мережі напругою 10 кВ. Тому номінальну напругу на високій стороні вибирають 10кВ.

Електричний контур внутрішнього джерела живлення.

Вибір радіальної схеми живлення.

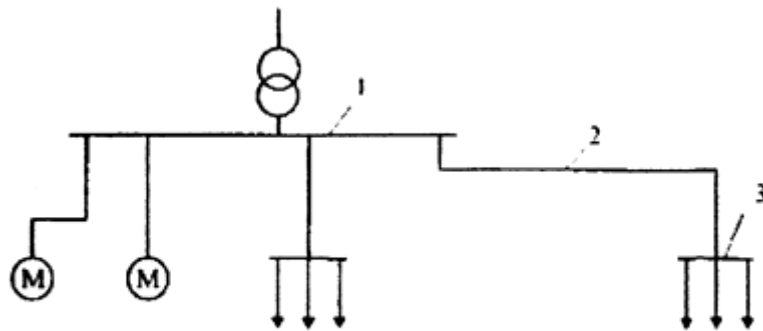


Рис. 4.1. Радіальна схема живлення
1 – шини ПІ, 2 – радіальна лінія, 3 – силовий пункт.

Для постачання електроенергії споживачам радіальні або основні схеми в чистому вигляді використовуються рідко. Розподілом є так звані змішані ланцюги електричних мереж, які поєднують в собі елементи радіальних і основних схем. Вони більш надійні і прості в експлуатації і мають менші втрати капіталу.

4.1. Вибір силових пунктів

З таблиці 2.4.1. беремо розрахункову потужність силових пунктів СП1, СП2, СП3, СП4. Для СП1 $S_p=41,92 \text{ кВА}, I_m=76,9 \text{ А}$. До СП1 підключено 8 електроприймачів, струм найбільшого струмоприймача 21,00А. Вибираємо силовий пункт типу ПР11Д-7-3085А-54 У3 з вісьма групами автоматичних вимикачів.

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пептюк М.В.			Підбір напруги та електричних ланцюгів зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бориченко					25	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

них апаратами, вимірювальними, захисними і допоміжними пристроями. Шафи РУ виготовляють на заводах, і з повністю готовим до роботи обладнанням вони надходять на місце монтажу. Тут шафи встановлюють, з'єднують збірні шини на стиках шаф, підводять силові і контрольні кабелі.

Внутрішньоцехове електропостачання виконується по радіально-магістральну систему з петлевою схемою. Для прийому і розподілу електроенергії до груп споживачів трифазного змінного струму промислової частоти напругою 380 В застосовують силові розподільні шафи і пункти. Для цехів з нормальними умовами навколишнього середовища виготовляють шафи серій ПР8501, з різними схемами виконання за кількістю затискачів на виведенні (004-2 виведення, 010-4 виведення, 011-6 висновків, 023-8 висновків). Силові пункти і шафи вибирають з урахуванням умов робочої зони, числа підключаються приймачів електроенергії та їх розрахунковому току, який не повинен бути більше номінального струму пункту.

До всіх вузлів споживача підходять раніше наведена серія шаф. Шафи серії 8501 призначені для розподілу електроенергії напругою до 660В змінного струму частотою 50 Гц. За кліматичному виконання-УЗ (від -40 до +40). По виду установки вибираємо -навесние (для установки на стінах, колонах і інших конструкціях). За ступенем захисту IP23 і IP54-за зачиненими дверима для даного виду установки.

4.2 Схема внутрішнього електропостачання підприємства

При проектуванні схеми електропостачання цеху поряд з надійністю і економічністю необхідно враховувати такі вимоги, як характер розміщення навантажень на території цеху, споживану потужність, наявність власного джерела живлення.

Розробка варіантів системи електропостачання цехів залежить, в першу чергу, від умов цеху. З урахуванням того, що в цеху є пожежонебезпечні приміщення, прокладка провідників в термічному

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2021 141

5.Режими реактивної складової системи електропостачання

5.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в мережах низької напруги

Компенсація реактивної потужності - одне з головних питань, яке вирішується як при проектуванні, так і в експлуатації промислових систем електропостачання, включає в себе вибір і розміщення джерел реактивної потужності в системі електропостачання. Для будь-якого режиму роботи енергосистеми завжди є баланс реактивної потужності, тобто сумарна вироблена струменева потужність дорівнює загальній споживаній потужності. Стан балансу дотримується для кожного вузла електромережі та електричної системи в цілому. При потужності трансформаторів станції до 750 кВА рішення про необхідність компенсації реактивної потужності приймається енергосистемою. Також розраховується ємність конденсаторів (КУ). В цілому потужність всіх компенсуючих пристроїв споживача:

$$Q_{\Sigma ку} = Q_{цеху} - Q_{el} = 222,25 - 0 = 222,25 \text{квар}$$

де Q_p - розрахункова реактивна потужність електроприймачів,

Q_{ci} - реактивна потужність, яку енергосистема може передати в мережу споживача в режимі максимуму енергосистеми.

$Q_{ei}=0\text{кВар}$ - так як цех проектується і ми не можемо знати реактивну потужність, яку енергосистема може передати в мережу споживача.

Так як розміщення конденсатора централізовано, ми ставимо по два конденсатори на кожен трансформатор. Розрахувати розрахункову потужність однієї установки:

$$Q_{ку} = \frac{Q_{\Sigma ку}}{2} = \frac{222,25}{2} = 111,125 \text{квар}$$

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пептюк М.В.			Розділ 5. Режими реактивної складової системи електропостачання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бориченко						
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

5.2 Виберемо марку, потужність і розташування компенсуючих пристроїв

На промислових підприємствах використовуються для компенсації реактивних навантажень конденсатори, синхронні двигуни і статичні джерела реактивної потужності (DRP). Найбільш поширеними були конденсатори (КУ).

5.3 Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності

Визначаємо розрахункову потужність КУ:

$$Q_{к.р} = L \cdot P_{max}(tg\varphi - tg\varphi_k) \quad (5.1)$$

$$Q_{к.р} = 0,9 \cdot 457,52(1,5 - 0,33) = 481,76 \text{ кВар}$$

Вибираємо з [4] установку УК-0,38-450 НЛ, НП 3x150 кВар

Визначаємо фактичні значення $tg\varphi_\phi$ і $\cos\varphi_\phi$ після компенсації реактивної потужності:

$$tg\varphi_\phi = tg\varphi - \frac{Q_{к.ст}}{L \cdot P_{max}} \quad (5.2)$$

$$tg\varphi_\phi = 1,5 - \frac{3 \cdot 150}{0,9 \cdot 457,52} = 0,4 \quad \cos\varphi_\phi = 0,927$$

Визначаємо розрахункову потужність трансформатора з урахуванням втрат: при

$$\Delta P = 0,02 \cdot 458,62 = 9,17 \text{ кВт} \quad (5.3)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 458,62 = 45,86 \text{ кВар} \quad (5.4)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{9,17^2 + 45,86^2} = 46,76 \text{ кВар} \quad (5.5)$$

Таблиця 2. Розрахунок компенсуючого пристрою

Параметр	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_m , кВт	Q_m , кВар	S_m , кВА
Всього на НН без КУ	0,596	1,5	457,52	481,76	746,48
КУ				3x150	
Всього на НН з КУ	0,927	0,4	457,52	31,76	458,62
Втрати			9,17	45,86	46,76
Всього ВН з КУ			466,69	77,62	505,38

6. Вибір кількості і потужності трансформаторів

Цехові трансформаторні підстанції (ЦТП) призначені для прийому електричної енергії на напрузі 6-35 кВ, зниження напруги до 0,4 кВ і розподілу електроенергії між споживачами енергії (ПЕ) і електроприймачами (ЕП). Вони мають наступні номінальні потужності: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВА.

Цехові підстанції можуть бути однострансформаторні і двохтрансформаторні.

Однострансформаторні підстанції рекомендують застосовувати при наявності в цеху (корпусі) приймачів електроенергії, що допускають перерву електропостачання на час доставки «складського» резерву, або при резервуванні, здійснюваному на лініях низької напруги від сусідніх ТП, т. е. вони допустимі для споживачів II і III категорій, а також при наявності в мережі 380-660 В невеликої кількості (до 20%) споживачів I категорії.

Двотрансформаторні підстанції рекомендують застосовувати у випадках: при переважанні споживачів I категорії та наявності споживачів особливої групи; для зосередженої цехової навантаження і окремо розташованих об'єктів загальнозаводського призначення (компресорних і насосних станцій); для цехів з високою питомою щільністю навантажень (вище 0,5-0,7 кВА / м²).

Для двотрансформаторних підстанцій також необхідний складський резерв для швидкого відновлення нормального живлення споживачів у разі виходу з ладу одного трансформатора на тривалий термін. Що залишився в роботі трансформатор повинен забезпечувати електропостачання всіх споживачів I категорії на час заміни пошкодженого трансформатора.

					<i>ДП 2021 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вибір кількості, потужності трансформаторів і розташування підстанцій цехового трансформатора (ТП)</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Пептюк М.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Бориченко</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						
						<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск</i>		

Цехові ТП з кількістю трансформаторів більше двох використовують тільки при належному обґрунтуванні.

Умови вибору трансформаторів.

1. Зі збільшенням потужності трансформаторів ростуть струми короткого замикання. Тому одинична потужність трансформаторів, що живлять електроустановки до 1000 В, обмежується допустимими величинами струму короткого замикання.

2. Вважають недоцільним застосування трансформаторів з вторинною напругою 0,4 кВ потужністю понад 2500 кВА. Тому гранична потужність трансформаторів, що виготовляються заводами на напругу 0,4-0,66 кВ, складає 2500 кВА. Число типорозмірів трансформаторів повинно бути мінімальним.

3. Визначальними на початковому етапі вибору схем є: значення розрахункового максимуму навантаження $P_p = P_{ма}$ і число годин використання максимуму, пов'язаних з електроспоживанням, балансується, $A = P_{ма} \cdot T_{ма}$.

Розгляну два варіанти компоновання двотрансформаторних підстанцій

Варіант 1

№1 Тип трансформатора ТМ 630/10/0,4

$S_H = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}; U_K = 5,5 \%; I_{xx} = 2 \%; P_o = 1,56 \text{ кВт}; P_K = 7,6 \text{ кВт}$

№2 Тип трансформатора ТМ 630/10/0,4

$S_H = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}; U_K = 5,5 \%; I_{xx} = 2 \%; P_o = 1,56 \text{ кВт}; P_K = 7,6 \text{ кВт}$

$t = 2920 \text{ год}; \tau = 2700 \text{ год}; K_3 = 0,59$

Варіант 2

№1 Тип трансформатора ТМ 400/10/0,4

$S_H = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}; U_K = 4,5 \%; I_{xx} = 2,1 \%; P_o = 1,05 \text{ кВт}; P_K = 5,5 \text{ кВт}$

№ 2 Тип трансформатора ТМ 630/10/0,4

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі аварії трансформатор, що залишився в роботі, зможе пропустити потужність

$$S_{np} = 1,4 \cdot S_n \geq S_{max}$$

Варіант 1 $S_{np} = 882 \geq 746,48$

Варіант 2 $S_{np} = 540 \leq 746,48$

Остаточно вибираємо варіант 1, так як він відповідає вимогам краще, ніж варіант 2.

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Вибір схеми цехової мережі

Вибираємо високовольтні вимикачі на живлячій стороні 10 кВ (на РП 10 кВ) за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин [3. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г. М. Кнорринга. Л.: «Энергия», 1976.]:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{м.ав}}$$

де $I_{\text{м.ав}}$ - розрахунковий максимальний струм для післяаварійного режиму.

Розрахуємо струм нормального режиму для ТП, що живить цех:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{236,5}{\sqrt{3} \cdot 10} = 13,75 \text{ А}$$

Розрахуємо струм для післяаварійного режиму:

$$I_{\text{мав}} = \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{265,5}{\sqrt{3} \cdot 10} = 15,43 \text{ А}$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі типу ВВ/TEL-10-12,5/630 У2 виробництва «Таврида-Електрик». Номінальна напруга 10 кВ, номінальний струм вимикача 630А, номінальний струм вимкнення 12,5 кА, кліматичне виконання та категорія розміщення У2, власний час відключення вимикача 0,042 с [1. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник для учащихся техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп.

					<i>ДП 2021 141</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Пептюк М.В.			<i>Вибір схеми цехової мережі</i>			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бориченко								
Реценз.								<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск</i>		
Н. Контр.										
Затверд.		Балюта С.М.								

7.1 Вибір струмопровідних частин

Визначаємо економічний переріз провідників для живлення ТП:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{11,3}{1,4} = 8,7 \text{ мм}^2$$

Вибираємо кабель ААБл перерізом $3 \times 35 \text{ мм}^2$ з $I_{доп} = 110 \text{ А}$

Вибираємо вимикач навантаження типу ВМПз-10/630-20 У2 вітчизняного виробництва: ВН - вимикач навантаження; П - з запобіжником; з - заземлюючими ножами; 10-номінальна напруга, кВ; 630-номінальний струм, А; 20-номінальна періодична складова наскрізного струму, А; У2- кліматичне виконання і категорія розміщення. Запобіжник вибираємо типу ПКТ-101-10-31,5-12,5 УЗ [2]

Вимикачі навантаження серії ВМП відрізняються компактністю, модульною конструкцією і широкою функціональністю. Завдяки унікальній системі гасіння електричної дуги і високій вимикаючій здібності, вони є цікавим рішенням при застосуванні їх в якості головного вимикаючого елемента в закритих розподільчих пристроях, а також на трансформаторних підстанціях. Дані вимикачі навантаження ВМП забезпечують контроль струмів навантаження і короткого замикання в усьому їх діапазоні.

7.2. Розрахунок силової мережі цеху на стороні 0,4 кВ

Провода вибираються по допустимому нагріву й умові захищеності обраного перерізу від перевантаження струмами КЗ.

Живлення обладнання в залежності від його розташування здійснюється від силових пунктів СП-1, СП-2, СП-3, СП-4, які, в свою чергу, живляться від розподільчого пристрою. Розподільчий пристрій 0,4 кВ отримує живлення від ТП 10/0,4.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2021 141

трифазних двигунів до 45кВт при змінному струмі 400 В, а також для інших споживачів з номінальними струмами до 100 А Розчіплювачі коротких замикань автоматичних вимикачів VL при короткому замиканні від'єднують несправну фідерну збірку від мережі і таким чином запобігають подальшому збитку обладнання. Завдяки граничній вимикаючій здатності 50 кА або 100 кА при змінному струмі напругою 400 В вимикачі стійкі до більшості коротких замикань, оскільки струми короткого замикання на практиці зазвичай досягають істотно менших значень.

Результати розрахунків для приєднань наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1. Розрахунок комутаційно-захисної апаратури цеху

Лінія	S_m , кВА	I_m , А	I_n , А	Тип захисного апарата	$I_{ном.в}$, А	$I_{н розч}$ (розр), А	$I_{н розч}$, А	$I_{св}$ (розр), А	$I_{св н}$, А
ТП-РП 0,4кВ	391,16	297,68	811,79	SENTRON VL630	630	327,45	630	1217,69	1600
ТП- СП1	30,73	46,7	172,8	SENTRON VL160	160	51,37	160	77,06	200
ТП- СП2	22,91	34,82	121,86	SENTRON VL160	160	38,3	160	182,8	200
ТП- СП3	46,81	71,14	293,87	SENTRON VL160	160	78,25	160	440,8	500
ТП- СП4	42,8	65,05	221,16	SENTRON VL160	160	71,55	160	331,73	400

7.3 Вибір силових пунктів

З таблиці 2.2. беремо розрахункову потужність силових пунктів СП1, СП2, СП3, СП4. Для СП1 $S_p=41,92$ кВА, $I_m=76,9$ А. До СП1 підключено 8 електроприймачів, струм найбільшого струмоприймача 21,00А. Вибираємо силовий пункт типу ПР11Д-7-3085А-54 УЗ з вісьма групами автоматичних вимикачів.

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів з тепловими і електромагнітними розчіплювачами для решти ліній, що підходять безпосередньо до електроприймачів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 Розрахунок комутаційно-захисної апаратури цеху

Лінія	S_m , кВА	I_m , А	I_n , А	Тип захисного апарата	$I_{ном.в}$, А	I_n розч (розр), А	I_n розч, А	$I_{св}$ (розр), А	$I_{св n}$, А
СП1-1,2,3,4,	4,6	21,49	107,47	SIRIUS-3RV10-S2	50	21,49	50	225,7	300
СП2-1,2,3,4	3,2	14,95	74,76	SIRIUS-3RV10-S2	25	14,95	25	157	200
СП3-1,2,3,4	9,2	43	215	SIRIUS-3RV10-S2	50	43	50	451,4	500
СП4-1,2,3,4,	3,16	14,77	73,83	SIRIUS-3RV10-S2	25	14,77	25	155,05	200

Вибираємо переріз кабелю на ділянці від ТП до РП 0,4 кВ:

$$I_M = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{236,5}{\sqrt{3} * 0,4} = 347,8 \text{ А}$$

Вибираємо кабель типу АВВГнг [8]. перерізом 4х240 (силовий кабель з алюмінієвими жилами з полівінілхлоридною ізоляцією, не підтримуючий горіння), для якого:

$$I_{доп} = 357 \text{ А}; \quad I_m = 347,8 \text{ А.}$$

Аналогічно обираємо переріз решти провідників АВВГнг. Результати розрахунків заносимо в таблицю 7.3

7.4. Вибір автоматичних вимикачів

Як захист лінії, що живить ЕП, застосовуємо автоматичний вимикач серії ВА. Це струмообмежуючий вимикач з електромагнітним розчіплювачем максимального струму. При відомому робочому струмі вибираємо вимикач типу ВА06-36.

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматичний вимикач не повинен вимикатися в нормальному режимі роботи, тому струм уставки теплового розчіплювача вибираємо виходячи з умови

$$I_{\text{ном тр}} \geq (1,1 \div 1,3)I_p = 1,25 * 197,5 = 247 \text{ A}$$

Тоді уставка теплового розчіплювача має бути $I_{\text{утр}} = 250 \text{ A}$

Таблиця 7.3. Вибір провідників цехової мережі

Лінія	їм, А	Тип провідника	S, мм ²	I _{доп} , А
ТП-РП	297,68	АВВГнг	4x240	337
ТП - СП1	46,7	АВВГнг	4x50	132
ТП - СП2	34,82	АВВГнг	4x50	132
ТП - СП3	71,14	АВВГнг	4x50	132
ТП - СП4	65,05	АВВГнг	4x50	132
СП1-1,2,3,4,	21,49	АВВГнг	4x10	55
СП2-1,2,3,4,	14,95	АВВГнг	4x6	40
СП3-1,2,3,4,	43	АВВГнг	4x16	71
СП4-1,2,3,4,	14,77	АВВГнг	4x6	40

Вибір інших автоматичних вимикачів проводимо аналогічним чином. Результати розрахунків заносимо в таблицю 7.4.

7.5. Вибір магнітних пускачів

Оскільки в цеху наявні вентилятори (4 - на плані цеху), то для них вибираємо магнітні пускачі. При виборі магнітних пускачів приймається найбільша допустима потужність електродвигуна, роботою якого буде керувати пускач [1]. У комплекті з тепловим реле пускачі виконують захист електродвигунів від перевантажень і від струмів, що виникають при обриві однієї з фаз. Номінальний струм теплового реле вибирають виходячи з номінального навантаження електродвигуна.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2021 141

До встановлення приймаємо магнітний пускач Schneider Electric LC1-D1810. Номінальний струм двигунів вентиляторів 6,8 А, магнітного пускача 16А, що більше номінального струму двигуна.

Таблиця 7.4 Вибір автоматичних вимикачів

Вимикач	Розрахункові значення			Тип вимикача	Паспортні дані			Перевірка $I_{ном.т.р} \geq 1,25I_p$ $I_{н.т.р} \geq 1,25 * 5I_p$
	I_p, A	$1,25 I_p, A$	$1,25 5 I_p, A$		$I_{ном.в}, A$	$I_{ном.т.р}, A$	$I_{ном.е.р}, A$	
SFI	848,	1060	5300	ВА-511-41	1500	1200	8000	1200>1060 8000>5300
SF2	848,	1060	5300	ВА-511-41	1500	1200	8000	1200>1060 8000>5300
QF1	141,6	177	885	ВА06- 36	250	250	1500	250>247 1500>1235
QF2	85,6	107	535	ВА06- 36	160	80	960	80>49,45 960>247,25
QF3	170,4	213	1065	ВА06- 36	250	250	1250	250>210,55 1250> 1052 750
QF4	176,0	220,01	1100	ВА06- 41	250	250	1500	250>247 1500>1235
QF5	407,2	509	2545	ВА06- 36	1500	1200	8000	1200>1060 8000>5300
QF6	109,8	136,25	681,25	ВА06- 36	160	160	960	160>119,325 960>596,625

7.6. Розрахунок мережі освітлення

7.6.1 Світлотехнічний розрахунок загального освітлення основного цеху

Світлотехнічний розрахунок загального освітлення приміщень виробляємо методом коефіцієнта використання світлового потоку.

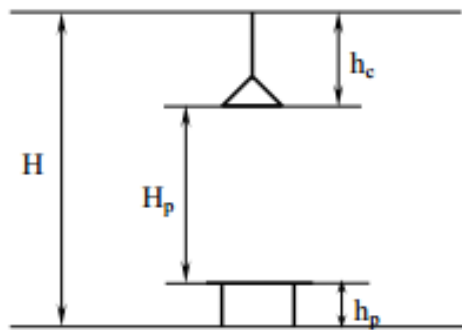


Рис. 7.1-Розміщення світильників по висоті приміщення

H - висота приміщення, h_c - висота схилу світильника, h_p - висота робочої поверхні (0,8 м),
 H_p - висота підвісу світильника над освітлюваною поверхнею.

Вибираємо з табл.7.5 світильники ДПП 66 «Титан INOX». Для даних світильників $h_c = 1,5$ м.

Таблиця 7.5 - Каталог світильників для основного приміщення

Марка світильника	Джерело світла		Світильник		КСС	cosφ	IP	Клім. викон., категор. розміщу.	Габар. розміри, мм
	Рл, Вт	Фл, лм	Рсв, Вт	ФСВ, лм					
ДПП 66-40-111	40		46	4900	Г	0,95	66	УХЛ2	640x190
ДПП 66-80-111	80		90	9900					1046x190
ДПП 66-126-111	126		127	14800					1558x190
ДПП 66-168-112	168		177	20400					1046x350

Визначимо розрахункову висоту підвісу світильників основного приміщення:

$$H_p = H - h_c - h_p = 9 - 1,5 - 0,8 = 6,7 \text{ м}$$

Визначимо відстань між світильниками:

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо розрахункову висоту підвісу світильників:

$$H_p = H - h_c - h_p = 3,6 - 0 - 0,8 = 2,8$$

Визначимо відстань між світильниками:

$$L = \frac{L}{H_p} \cdot H_p$$

Так як в табл.1.3. обумовлено, що КСС світильників має бути типу Д, то вибираємо коефіцієнт

$\frac{L}{H_p}$ відповідно до обраної КСС, тобто, $\frac{L}{H_p} = 1,5$ Тоді:

$$L = \frac{L}{H_p} \cdot H_p = 1,5 \cdot 2,8 = 4,2 \text{ м}$$

Вибираємо відстань від крайніх світильників до стіни:

$$l = (0,3..0,5)L = 0,4 \cdot 4,2 = 1,68 \text{ м}$$

Розраховуємо число рядів світильників:

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{6 - 2 \cdot 1,68}{4,2} + 1 = 2$$

Розраховуємо фактичну відстань між рядами L_B :

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1} = \frac{6 - 2 \cdot 1,68}{2 - 1} = 2,64 \text{ м}$$

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{18 \cdot 6}{2,8 \cdot (18 + 6)} = 1,61$$

Знаючи індекс приміщення і коефіцієнти відображення (70/50/10), визначаємо η_{oy} - коефіцієнт використання світлового потоку освітлювальної установки по таблиці 8.1 [4, с 108]

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2021 141

$$0 \leq L_A \leq 0,5 \cdot 2,8$$

$$0 \leq 0,64 \leq 1,4$$

Знаходимо загальну кількість світильників:

$$N = R \cdot N_R = 2 \cdot 8 = 16 \text{шт.}$$

Решта допоміжні приміщення розраховуються аналогічно, результати зведені в таблицю 7.8

Таблиця 7.8 - Результати світлотехнічного розрахунку допоміжних приміщень

№	Назва приміщення	Розміри приміщення	$l, \text{ м}$	R	$L_B, \text{ м}$	i_n	$\eta_{oy}, \%$	$\Phi_{Rp}, \text{ лм}$	$N_R, \text{ шт}$	$L_A, \text{ м}$	N, шт
2	Відділення приготування композицій	18x6	1,68	2	2,64	1,61	69	34650	8	0,64	16
3	Підготовче відділення	12x6			2,64	1,43	72	18365	4	1,18	8
4	Реакторне відділення	24x6			2,64	1,71	69	46200	10	0,88	20
5	Рецептурне відділення	12x6			2,64	1,43	72	18365	4	1,18	8
6	КТП	6x6			2,64	1,1	60	3465	3	0,33	6

7.6.3. Розрахунок аварійного освітлення

Для розрахунку аварійного евакуаційного освітлення скористаємося точковим методом розрахунку, який служить для розрахунку освітлення як завгодно розташованих поверхонь і при будь-якому розподілі освітленості. Виберемо для освітлення світильники НСП11.

Світильники аварійного освітлення безпеки розміщуємо вздовж основного приміщення цеху в ряд по 6 світильників. Виберемо найбільш затемнену точку цеху на рівні підлоги - в середині головного проходу В.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141						

Відстані d від світильників до розрахункової точки визначимо графічно за масштабом.

Таблиця 7.9 - Результати вибору світильників для цехових приміщень

Номер приміщення на плані	Найменування приміщення, зони	Тип світильника	Ф, лм	РСВ, Вт	Габаритні розміри, мм	КСС
1	Відділення фасування	ДПП 66-80-111	9900	90	1046x190	Г
2	Відділення приготування композицій	ЛПП 22-54-7	4450	54	1272x700	Д
3	Підготовче відділення	ЛПП 22-54-7	4450	54	1272x700	
4	Реакторне відділення	ЛПП 22-54-7	4450	54	1272x700	
5	Рецептурне відділення	ЛПП 22-54-7	4450	54	1272x700	
6	Відділення приготування композицій	ЛПП 22-14-7	1200	14	662x350	

Таблиця 7.10 - Паспортні характеристики світильника НСП 11-100-214

Марка світильника	ДС		ККД %	КСС	cos φ	Тип ПРА	IP
	P _л , Вт	Ф _л , лм					
НСП 11-100-331	100	1380	65	Д	1	-	62

Розрахункова висота поверхні, приймається $H_p = 0$:

$$H_p = H - h_c - h_p = 9 - 1 - 0 = 8 \text{ м}$$

Кут між напрямком до розрахунковій точці віссю симетрії світильника:

$$\alpha = \arctg \frac{d}{H_p}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141				

$$P_{pi} = k_c \cdot \sum_1^n K_{праі} \cdot P_{номі}$$

де K^c - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, приймаємо $K^c = 1$;

$K^{ПРАі}$ - коефіцієнт, що враховує втрати в пускорегулюючій апаратурі і-ой газорозрядної лампи, для ЛПП $K^{ПРАі} = 1,1$

$P^{ном}$ - номінальна потужність і-ой лампи, кВт;

n - кількість ламп, що живляться по лінії.

лінія гр1: $P_p = 9 \cdot 90 = 0,81 \text{кВт}$

лінія гр2: $P_p = 23 \cdot 90 = 2,07 \text{кВт}$

лінія гр3: $P_p = 23 \cdot 90 = 2,07 \text{кВт}$

лінія гр4: $P_p = 20 \cdot 90 = 1,8 \text{кВт}$

лінія гр5: $P_p = 20 \cdot 90 = 1,8 \text{кВт}$

лінія гр6: $P_p = 1,1 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 54 + 1,1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 54 + 1,1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 54 = 1,9 \text{кВт}$

лінія гр7: $P_p = 1,1 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 54 + 1,1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 14 = 0,211 \text{кВт}$

лінія гр1а: $P_p = 6 \cdot 100 = 0,6 \text{кВт}$

лінія гр2а: $P_p = 3 \cdot 6 = 0,018 \text{кВт}$

лінія гр3а: $P_p = 1 \cdot 6 = 0,006 \text{кВт}$

Для лінії, яка живить освітлювальний щиток ЩРО, розрахункове навантаження дорівнює:

$$P_{рпл} = \sum_1^n P_{pi}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141					

живить лінія n1: $P_{pnl} = 0,81 + 2 \cdot 2,07 + 2 \cdot 1,8 + 1,9 + 0,211 = 10,661 \text{ кВт}$

Для лінії, яка живить освітлювальний щиток ЩАО, розрахункове навантаження дорівнює:

$$P_{pnl} = \sum_1^n P_{pi}$$

живить лінія N1A:

Визначаємо розрахункові струми для робочого і аварійного освітлення відповідно:

$$I_{pi} = \frac{P_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{св}} \quad I_{pi} = \frac{P_{pi}}{U_{ном} \cdot \cos \varphi_{св}} ;$$

$$\text{лінія гр1: } I_p = \frac{0,81}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,95} = 1,23 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр2: } I_p = \frac{2,07}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,95} = 3,15 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр3: } I_p = \frac{2,07}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,95} = 3,15 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр4: } I_p = \frac{1,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,95} = 2,73 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр5: } I_p = \frac{1,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,95} = 2,73 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр6: } I_p = \frac{1,9}{0,22 \cdot 0,96} = 9 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр6: } I_p = \frac{0,211}{0,22 \cdot 0,96} = 0,99 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр1а: } I_p = \frac{0,6}{0,22 \cdot 1} = 2,73 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр2а: } I_p = \frac{0,018}{0,22 \cdot 0,96} = 0,085 \text{ А}$$

$$\text{лінія гр3а: } I_p = \frac{0,006}{0,22 \cdot 0,96} = 0,028 \text{ А}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141					

Коефіцієнт потужності для робочого освітлення:

$$\cos \phi_{n1} = \frac{0,81 \cdot 0,95 + 2 \cdot 2,07 \cdot 0,95 + 2 \cdot 1,8 \cdot 0,95 + 1,9 \cdot 0,96 + 0,211 \cdot 0,96}{0,81 + 2 \cdot 2,07 + 2 \cdot 1,8 + 1,9 + 0,211} = 0,952$$

Коефіцієнт потужності для аварійного освітлення:

$$\cos \phi_{n1a} = \frac{0,6 \cdot 1 + 0,018 \cdot 0,96 + 0,006 \cdot 0,96}{0,6 + 0,018 + 0,006} = 0,998$$

Розрахунковий струм живильної лінії п1 робочого освітлення:

$$I_p = \frac{10,661}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,952} = 16,16 A$$

Розрахунковий струм живильної лінії п1а аварійного освітлення:

$$I_p = \frac{0,624}{0,22 \cdot 0,998} = 2,84 A$$

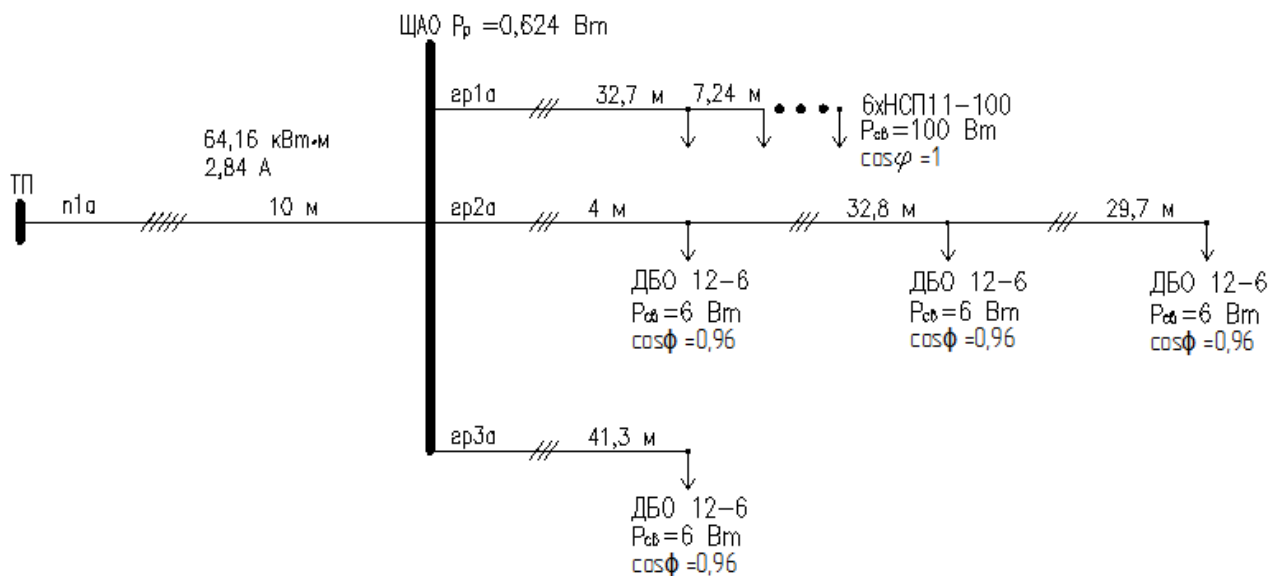


Рис. 7.2 Розрахункова схема аварійної освітлювальної мережі

Вибір перерізу проводів та кабелів вибирається за трьома умовами:

1. по механічній міцності;
2. за струмом нагріву;
3. по допустимій втраті напруги.

Умовою механічної міцності

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$F \geq F_{\text{доп. min}},$$

де F - вбрання перетин жили провідника, мм^2 .

Найменша допустима перетин жили провідника приймають:

1,5 мм^2 - для мідних жил;

2,5 мм^2 - для алюмінієвих жил;

Перетину провідників по освітлювальній мережі по нагріванню вибираються по таблицями тривало допустимих струмів $I_{\text{доп}}$ в залежності від величини I_p за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p / K_{\text{П}}$$

де $K_{\text{П}}$ - поправочний коефіцієнт на фактичні умови прокладання проводів і кабелів, приймаємо $K_{\text{П}} = 1$.

Розрахунок освітлювальній мережі по втраті напруги зводиться до визначення площі поперечного перерізу і матеріалу жил проводів і кабелів або при відомих параметрах провідників - до розрахунку втрати напруги при передачі електроенергії від джерела живлення до світлових приладів.

Живлення освітлювальних установок здійснюється від двохтрансформаторної підстанції з трансформаторами типу ТМ-400/10, що мають такі паспортні дані: $U_k = 4,5\%$ і $\Delta P_k = 5,5 \text{ кВт}$. Трансформатор працює з коефіцієнтом потужності навантаження $\cos\phi_T = 0,75$, коефіцієнт завантаження трансформатора $\beta_T = 0,7$

Визначимо втрату напруги в трансформаторі:

$$U_{\text{ка}} = \left(\frac{\Delta P_k}{S_{\text{HT}}} \right) \cdot 100\% = 1,375\%$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_k^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,375^2} = 4,3\%$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141				

Для інших ліній зробимо аналогічний розрахунок, результати зведемо в таблицю 7.14.

Таблиця 7.14 - Визначення моментів навантаження для ліній з рівномірно розподіленим навантаженням

лінія	P_p , кВт	l_1	l	NR	M , кВт · м
гр1	0,81	40	1,12	9	36,03
гр2	2,07	33,8	1,12	23	95,47
гр3	2,07	27,6	1,12	23	82,63
гр4	1,8	21,4	1,12	20	57,67
гр5	1,8	15,2	1,12	20	46,51
гр1а	0,6	32,7	7,24	6	30,42
гр3а	0,006	41,3	0	1	0,25

Лінії гр6, гр7 і гр2а є груповими розгалуженими, для них момент навантаження визначається по шляху до найбільш віддаленої лампі.

лінія гр6:

$$M = 8 \cdot 54 \cdot 37,5 + 8 \cdot 54 \cdot (37,5 + 29,6) + 16 \cdot 54 \cdot (37,5 + 29,6 + 13) + \left(37,5 + 29,6 + 13 + 7,9 + \frac{0,64 \cdot (8-1)}{2} \right) = 114,48 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Лінія гр7:

$$M = 6 \cdot 14 \cdot 18 + 20 \cdot 54 \cdot (18 + 19,5) + \left(18 + 19,5 + 9,7 + \frac{0,88 \cdot (10-1)}{2} \right) = 42,06 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

лінія гр2а:

$$M = 0,006 \cdot 4 + 0,006 \cdot (4 + 32,8) + 0,006 \cdot (4 + 32,8 + 29,7) = 0,64 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Власні моменти навантаження ліній живлення:

$$п1: M = P_p \cdot L = 10,661 \cdot 19 = 202,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$п1а: M = P_p \cdot L = 0,624 \cdot 10 = 6,24 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141					

п1а: $I_p = 2,84 \text{ А} \leq I_{\text{дон}} = 19 \text{ А}$ - кабель ВВГ 3x1,5 проходить по нагріванню.

По знайденому стандартному перетину провідників і власним моменту навантаження обчислюється фактична втрата напруги на живильному ділянці:

$$\Delta U_{\phi} = \frac{M}{C \cdot F}$$

$$n1: \Delta U_{\phi} = 202,6/79 \cdot 1,5 = 1,71\%$$

$$n1a: \Delta U_{\phi} = 6,24/13 \cdot 1,5 = 0,32\%$$

Обчислюємо залишилася величину допустимої втрати напруги, за якою розраховуються групові лінії:

$$п1: U'_{\text{дон}} = 7,29 - 1,71 = 5,58\%;$$

$$п1а: U'_{\text{дон}} = 7,29 - 0,32 = 6,97\%.$$

Площа перерізу провідників груповий лінії гр1:

$$F = \frac{M}{C \cdot \Delta U_{\text{дон}}} = \frac{36,03}{79 \cdot 7,29} = 0,063 \text{ мм}^2$$

Округляємо отримане значення перетину до $F = 1,5 \text{ мм}^2$. Вибираємо п'ятижильним кабель ВВГ 5x1,5 з $I_{\text{дон}} = 0,92 \cdot 19 = 17,5 \text{ А}$.

Виконаємо перевірку груповий лінії гр1 по допустимому нагріву:

$$I_p = 1,23 \text{ А} \leq I_{\text{дон}} = 17,5 \text{ А} - \text{кабель ВВГ 5x1,5 проходить по нагріванню.}$$

Фактична втрата напруги в лінії гр1:

$$\Delta U_{\phi} = \frac{M}{C \cdot F} = \frac{36,03}{79 \cdot 1,5} = 0,3\%$$

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.15 - Результати розрахунків вибору перетину провідників

№ лінії	ділянка лінії	P_p , кВт	$\cos \varphi$	I_p , А	M , кВт·м	Марка провідника	Переріз	$i_{доп}$, А	ΔU , %
гр1	ЩРО-гр1	0,81	0,95	1,23	36,03	ВВГ	5x1,5	17,5	0,3
гр2	ЩРО-гр2	2,07	0,95	3,15	95,47	ВВГ	5x1,5	17,5	0,81
гр3	ЩРО-гр3	2,07	0,95	3,15	82,63	ВВГ	5x1,5	17,5	0,7
гр4	ЩРО-гр4	1,8	0,95	2,73	57,67	ВВГ	5x1,5	17,5	0,49
гр5	ЩРО-гр5	1,8	0,95	2,73	46,51	ВВГ	5x1,5	17,5	0,39
гр6	ЩРО-гр6	1,9	0,96	9	114,48	ВВГ	3x1,5	19	5,8
гр7	ЩРО-гр7	0,211	0,96	0,99	42,06	ВВГ	3x1,5	19	2,2
гр1а	ЩАО - гр1а	0,6	1	2,73	30,42	ВВГ	3x1,5	19	1,5
гр2а	ЩАО - гр2а	0,018	0,96	0,085	0,64	ВВГ	3x1,5	19	0,033
гр3а	ЩАО - гр3а	0,006	0,96	0,028	0,25	ВВГ	3x1,5	19	0,013
п1	КТП - ЩРО	10,661	0,952	16,16	810,5	ВВГ	5x1,5	17,5	6,84
п1а	КТП - ЩАО	0,624	0,998	2,84	64,16	ВВГ	3x1,5	19	3,29

Виконуємо аналогічний розрахунок по іншим групових ліній і результати заносимо в таблицю 7.15.

Отже втрата напруги в мережі не перевищує допустимого значення.

Вибираємо групові щитки типу ЩО8505, на три фази, навісний, без вступного вимикача і лінійні вимикачі ВА61F29.

Вибір автоматичних вимикачів виконуємо за умовою:

$$I_p \leq I_{нр} \leq I_{доп},$$

Щиток робочого освітлення повинен захищати 5 трифазних ліній і 2 однофазні лінії, максимальний номінальний струм розщеплювача вбудованих вимикачів $I_{нр} = 10$ А. Вибираємо наступний щиток:

- ЩО 8505-1218, в який встановимо 17 однополюсних вимикачів (1 резервний);

					ДП 2021 141				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Щиток аварійного освітлення повинен захищати 3 однофазних лінії, максимальний номінальний струм розщеплювача вбудованих вимикачів $I_{нр} = 10$ А. Вибираємо щиток ЩО 8505-0106, в який встановимо 3 однополюсних вимикача (3 резервних).

Таблиця 4.3 - Вибір автоматичних вимикачів

ділянка лінії	кол-во фаз	I_p , А	Марка провідника	Переріз	Ідоп, А	Марка АВ	$I_{нр}$, А	К о	I_o , А
ЩРО-гр1	3	1,23	ВВГ	5x1,5	17,5	ВА 61F29	1,6	В	4,8
ЩРО-гр2	3	3,15	ВВГ	5x1,5	17,5	ВА 61F29	3,2	В	9,6
ЩРО-гр3	3	3,15	ВВГ	5x1,5	17,5	ВА 61F29	3,2	В	9,6
ЩРО-гр4	3	2,73	ВВГ	5x1,5	17,5	ВА 61F29	3,2	В	9,6
ЩРО-гр5	3	2,73	ВВГ	5x1,5	17,5	ВА 61F29	3,2	В	9,6
ЩРО-гр6	1	9	ВВГ	3x1,5	19	ВА 61F29	10	В	30
ЩРО-гр7	1	0,99	ВВГ	3x1,5	19	ВА 61F29	1	В	3
ЩАО - гр1а	1	2,73	ВВГ	3x1,5	19	ВА 61F29	3,2	В	9,6
ЩАО - гр2а	1	0,085	ВВГ	3x1,5	19	ВА 61F29	0,5	В	1,5
ЩАО - гр3а	1	0,028	ВВГ	3x1,5	19	ВА 61F29	0,5	В	1,5

Визначення річної витрати електроенергії на освітлення.

У загальному випадку років витрата електроенергії на освітлення

визначається за наступним виразом:

$$W_{ГО} = P_{PO} \cdot T_{\max o},$$

де P_{po} - розрахункова активне навантаження освітлення, кВт;

$T_{\max o}$ - річне число годин використання максимуму освітлювального навантаження.

Режим роботи цеху: 5 робочих днів на тиждень; 3 зміни; немає природного освітлення. Відповідно до цих даних приймаємо $T_{\max o} = 6500$ год [4, стр.415, табл. 9.1].

Річні витрати електроенергії на освітлення цеху:

$$W_{ГО} = P_{PO} \cdot T_{\max o} = 10,661 \cdot 6500 = 69296,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141				

8 Розрахунок струмів КЗ у точці К1 на вводі НН ТП

Розрахункова схема та схема заміщення представлена на рис. 1.8.1.

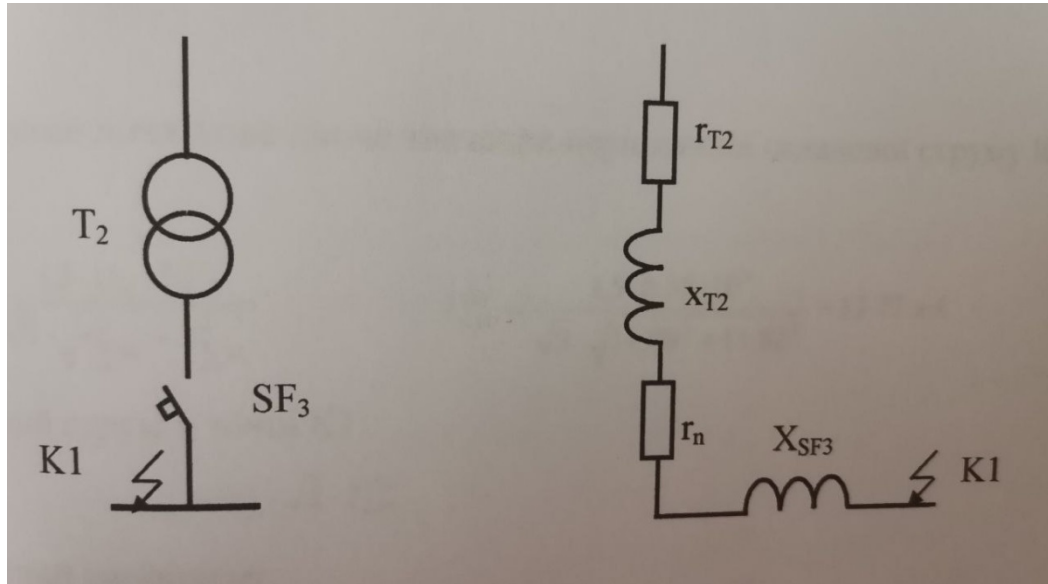


Рис. 8.1. Розрахункова схема і схема заміщення прямої (зворотної) послідовностей для визначення струмів КЗ

1. Визначимо опір елементів кола:

Трансформатор (Т2):

$$r_T = \frac{\Delta P_{K3} (1,05 \cdot U_H)^2 \cdot 10^6}{S_{HT}^2}$$

$$r_{T2} = \frac{\Delta P_{K3} (1,05 \cdot U_H)^2 \cdot 10^6}{S_{HT}^2} =$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_{HT}}\right)} \cdot \frac{(1,05 \cdot U_H)^2 \cdot 10^6}{S_{HT}}$$

$$x_{T2} = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_{HT}}\right)} \cdot \frac{(1,05 \cdot U_H)^2 \cdot 10^6}{S_{HT}} =$$

Вимикач SP3: Опір струмових котушок розпилювача: $x_{SF3} = 0,08$ мОм
(при $I_{н.розч.} = 1000$ А).

<i>ДП 2021 141</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Пептюк М.В.			
Перевір.	Бориченко			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.	Балюта С.М.			
<i>Розрахунок струмів короткого замикання</i>				
			Літ.	Арк.
			<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск</i>	

Кабельна лінія КЛ: $l = 18$ м; $r_0 = 0,62$ мОм/м; $x_0 = 0,0625$ мОм/м.

$$r_{к.л} = r_0 \cdot l$$

$$r_{к.л} = r_0 \cdot l = 0,62 \cdot 18 = 11,16 \text{ мОм}$$

$$x_{к.л} = x_0 \cdot l$$

$$x_{к.л} = x_0 \cdot l = 0,0625 \cdot 18 = 1,125 \text{ мОм}$$

2. Результуючий опір прямої послідовності для точки К2 (без врахування r_n).

$$r_{\Sigma \partial o2} = r_T + r_{к.л}$$

$$r_{\Sigma \partial o2} = r_T + r_{к.л} = 3,8 + 11,16 = 14,96 \text{ мОм}$$

$$x'_{\Sigma \partial o2} = x_T + x_1 + x_4 + x_{к.л}$$

$$x'_{\Sigma \partial o2} = x_T + x_1 + x_4 + x_{к.л} = 14,9 + 0,1 + 0,08 + 1,125 = 16,204 \text{ мОм}$$

3. Визначасмо перехідний опір.

$$r_n = \frac{2.5 \cdot \sqrt{S_{н.т}} \cdot K_{cm}^3 + 320 \cdot a}{S_{н.т}}$$

де K_{cm} – коефіцієнт для первинних цехових РП, апаратів, що живляться радіаційними лініями $K_{cm} = 2$; $a = 2,8$; при перерізі 50 мм^2 .

$$r_n = \frac{2.5 \cdot \sqrt{630} \cdot 2^3 + 320 \cdot 2,8}{1000} = 1,83 \text{ мОм}$$

4. Результуючий опір з врахуванням перехідного опору r_n :

$$r_{\Sigma \partial o2} = r_{\partial o2} + r_n$$

$$r_{\Sigma \partial o2} = r_{\partial o2} + r_n = 14,96 + 1,83 = 16,79 \text{ мОм}$$

$$x_{\Sigma \partial o2} = x'_{\Sigma \partial o2}$$

$$x_{\Sigma \partial o2} = x'_{\Sigma \partial o2} = 16,204 \text{ мОм}$$

5. Діюче значення періодичної складової трифазного КЗ у точці К2.

$$I_{н.к2}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot U_H \cdot 10^3}{\sqrt{r_{\Sigma k2}^2 + x_{\Sigma k1}^2}}$$

$$I_{н.к2}^{(3)} = \frac{1.05 \cdot 0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{16,79^2 + 16,204^2}} = 10,39$$

Арк.

ДП 2021 141

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

9 Релейний захист і автоматизація

Релейний захист - комплекс пристроїв, призначених для швидкого, автоматичного (при пошкодженнях) виявлення і відділення від електроенергетичної системи пошкоджених елементів цієї електроенергетичної системи в аварійних ситуаціях з метою забезпечення нормальної роботи всієї системи. Дії засобів релейного захисту організовані за принципом безперервної оцінки технічного стану окремих контрольованих елементів електроенергетичних систем. Релейний захист (РЗ) здійснює безперервний контроль стану всіх елементів електроенергетичної системи і реагує на виникнення пошкоджень і ненормальних режимів. При виникненні пошкоджень РЗ повинна виявити пошкоджену ділянку і відключити його від ЕЕС, впливаючи на спеціальні силові вимикачі, призначені для розмикання струмів пошкодження (короткого замикання).

Релейний захист є основним видом електричної автоматики, без якої неможлива нормальна робота енергосистем. Сучасні пристрої захисту можуть будуватися на схемі, що включає в себе програмований (мікро) контролер.

Вимоги пред'являються до релейного захисту:

Селективність - властивість релейного захисту, що характеризує здатність виявляти саме пошкоджений елемент електроенергетичної системи і відключати цей елемент від справної частини електроенергетичної системи (ЕЕС). Захист може мати абсолютну або відносну селективність. Захисту з абсолютною селективністю є принциповими тільки при пошкодженнях в їх зоні. Захисту з відотною селективністю можуть діяти при пошкодженнях не тільки в своїй, а й у сусідній зоні. А селективність відключення пошкодженого елемента ЕЕС при цьому забезпечується додатковими засобами (наприклад, витримкою часу спрацьовування).

					<i>ДП 2021 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пептюк М.В.</i>			<i>Релейний захист і автоматизація</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бориченко</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						
						<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск</i>		

Швидкодія - це властивість релейного захисту, що характеризує швидкість виявлення і відділення від електроенергетичної системи пошкоджених елементів. Показником швидкодії є час спрацьовування захисту - це інтервал часу від моменту виникнення пошкодження до моменту відділення від мережі пошкодженого елемента.

Чутливість - це властивість, що характеризує здатність релейного захисту виявляти пошкодження в кінці встановленої для неї зони дії в мінімальному режимі роботи енергосистеми. Іншими словами - це здатність відчувати ті види пошкоджень і ненормальних режимів, на які вона розрахована, в будь-яких станах роботи захищається електричної системи. Показником чутливості виступає коефіцієнт чутливості, який для максимальних захистів (реагують на зростання контрольованої величини) визначається як відношення мінімально можливого значення сигналу, що відповідає відстежувати пошкодження, до встановленого на захист параметру спрацьовування (уставці).

Надійність - це властивість, що характеризує здатність релейного захисту діяти правильно і безвідмовно у всіх режимах контрольованого об'єкта при всіх видах ушкоджень і ненормальних режимів, при яких дана захист призначена, і не діяти в нормальних умовах, а також при таких пошкодженнях і порушеннях нормального режиму, при яких дія даної захисту не передбачено. Іншими словами, надійність - це властивість релейного захисту, що характеризує її здатність виконувати свої функції в будь-яких умовах експлуатації. Основні показники надійності - час безвідмовної роботи і інтенсивність відмов (кількість відмов за одиницю часу).

Основні органи релейного захисту:

Пускові органи безперервно контролюють стан і режим роботи ділянки, що захищається ланцюга і реагують на виникнення коротких замикань і порушення нормального режиму роботи. Виконуються зазвичай за допомогою реле струму, напруги, потужності та ін.

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_T = \frac{I_1}{I_2} \quad (9.2)$$

$$K_T = \frac{40}{5} = 8$$

Вибирається реле ТО типу РТМ.

Визначається струм спрацьовування реле:

$$I_{\text{ср.р(то)}} = \frac{K_H \cdot K_{\text{сх}}}{K_T} I_{\text{к2}}^{(3)} \quad (9.3)$$

$$I_{\text{ср.р(то)}} = \frac{1,8 \cdot 1,73}{8} \cdot 4730 = 1841,15 \text{ А}$$

вибираємо РТМ-IV, $I_{\text{ср}} = 10 \text{ А}$

Визначається $K_{\text{ч(то)}}$ і надійність спрацьовування ТО при найменшому (2-фазному) струмі КЗ на початку лінії ЕСТ

$$K_{\text{ч(то)}} = \frac{\sqrt{2} \cdot K_H}{K_T \cdot I_{\text{ср}}} \quad (9.4)$$

$$K_{\text{ч(то)}} = \frac{0,87 \cdot 4,73 \cdot 10^3}{10 \cdot 75} = 5,48 \quad (9.5)$$

Умова надійності $K_{\text{ч}} \geq 1,2$ виконано, отже, термічної відсічення спрацьовує надійно.

Вибирається реле МТЗ типу РТВ.

Визначається струм спрацьовування реле

$$I_{\text{ср.р(мтз)}} = \frac{K_{\text{зап}} \cdot K_H \cdot K_{\text{сх}}}{K_B \cdot K_T} I_{\text{нб}} \quad (9.6)$$

$$I_{\text{ср.р(мтз)}} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}{0,8 \cdot 8} \cdot 36,37 = 12,3 \quad (9.7)$$

вибираємо РТВ-I, $I_{\text{ср}} = 75 \text{ А}$ по [4, стор 84; табл. 1.12.3]

Визначається $K_{\text{ч(мтз)}}$ і надійність спрацьовування МТЗ на іншому ділянці при $I_{\text{к2}}$ (в кінці лінії):

$$K_{\text{ч(мтз)}} = \frac{\sqrt{2} \cdot K_H}{K_T \cdot I_{\text{ср}}} \quad (9.8)$$

$$K_{\text{ч(мтз)}} = \frac{0,87 \cdot 4,73 \cdot 10^3}{10 \cdot 75} = 5,48 \quad (9.9)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Умова надійності $K_{\text{ч}} \geq 1,2$ виконано, отже, моментальної термічної відсічення спрацьовує надійно.

Вибір заземлювального пристрою

Мета захисного заземлення - знизити до безпечної величини напруга щодо землі на металевих частинах обладнання, які не перебувають під напругою, але можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановок. В результаті замикання на корпус заземленого обладнання знижується напруга дотику i , як наслідок, - струм, що проходить через тіло людини, при його дотику до корпусів.

Застосовується також заземлення електрообладнання, будівель і споруд для захисту від дії атмосферної електрики.

Захисне заземлення застосовується в трифазних трипровідних мережах напругою до 1000 В з ізолюваною нейтралю, а в мережах напругою 1000 В і вище - з будь-яким режимом нейтралі.

Електропостачання споживачів повинно виконуватися від електричної мережі з глухозаземленою нейтралю 380/220 В з системою заземлення TN—S або TN—C—S [1]

Заземлюючі пристрої - це сукупність заземлювача і заземлюючих провідників, що з'єднують заземлювальні частини електроустановки з заземлювачем.

Розрізняють природні і штучні заземлювачі.

Для заземлюючих пристроїв в першу чергу повинні бути використані природні заземлювачі:

- водопровідні труби, прокладені в землі;
- металеві конструкції будівель і споруд, що мають надійне з'єднання з землею;
- металеві оболонки кабелів (крім алюмінієвих);
- обсадні труби артезіанських свердловин.

Забороняється в якості заземлювачів використовувати трубопроводи з горючими рідинами і газами, труби теплотрас.

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $N_{B,p} = 15$

$$L_{\Pi} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 \quad (9.13)$$

$$L_{\Pi} = (96 + 2) \cdot 2 + (56 + 2) \cdot 2 = 312 \text{ м}$$

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1} = \frac{58}{4} = 14,5 \text{ м};$$

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1} = \frac{98}{4} = 24,5 \text{ м}. \quad (9.14)$$

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{\text{cp}} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A + a_B}{3}\right) = \frac{1}{2} \left(\frac{14,5 + 24,5}{3}\right) \quad (9.15)$$

$$\eta_B = F(\text{конт.}; 3,3; 16) = 0,77$$

$$\eta_{\Gamma} = F(\text{конт.}; 3,3; 16) = 0,68$$

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi} \eta_{\Gamma}} \rho K_{\text{сез.г}} \log \frac{2L_{\Pi}^2}{bt} = \frac{0,4}{312 \cdot 0,68} \quad (9.16)$$

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{312 \cdot 0,68} \cdot 100 \cdot 1,8 \cdot \log \frac{2 \cdot 312^2}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 2,26 \text{ Ом}$$

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B} = \frac{39}{16 \cdot 0,77} = 3,1 \text{ Ом} \quad (9.17)$$

$$R_{\text{з.у.ф}} = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}} = \frac{2,26 \cdot 3,1}{2,26 + 3,1} = 1,3 \text{ Ом} \quad (9.18)$$

$$R_{\text{з.у.ф}}(1,3) < R_{\text{з.у.}}(4) \quad (9.19)$$

Отже, заземлюючий пристрій ефективний.

Захист від блискавки

Блискавкозахист будівель і споруд - це пристрій, що захищає будівлю, обладнання та людей в ньому, від грозових перенапруг або ударів блискавки. Блискавка - це згусток енергії виникає, як правило, в купчастих або грозових хмарах. Електричний струм досягає близько ста ампер, а напруга - до мільйона вольт! Першим, електричне властивість блискавки розкрив великий американський учений Бенджамін Франклін, який в 1750 році запустив в грозову хмару повітряного змія.

Існує кілька видів блискавки, вони розрізняються по напрямку електричного розряду, від грозової хмари до землі, між двома грозовими хмарами і від грозової хмари вгору, до чистого неба. Нас найбільше цікавить

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

без шкоди для об'єкта, що захищається і бути безпечним для людей, що знаходяться як всередині, так і зовні цього об'єкта.

Існують наступні види зовнішнього блискавкозахисту:

блискавковловлюючі мережу;

натягнутий блискавковловлюючі трос;

блискавковловлюючі стрижень.

Крім вищезазначених традиційних рішень (наведених як в міжнародному стандарті МЭК 62305.4, так і в російських нормативних документах РД 34.21.122-87 і СО 153-343.21.122-2003) з середини 2000-х років набуває поширення блискавкозахист з системою ранньої стримерний емісії, також має назву активної захистом від блискавки. Однак немає ніяких надійних доказів того, що активна блискавкозахист працює ефективніше, ніж традиційна блискавкозахист тих же розмірів [2].

У загальному випадку зовнішня блискавкозахист складається з наступних елементів:

Блискавковідвід (блискавкоприймач, громовідвід) - пристрій, що перехоплюють розряд блискавки. Виконується з металу (нержавіюча або оцинкована сталь, алюміній, мідь)

Струмовідводи (спуски) - частина блискавковідводу, призначена для відведення струму блискавки від блискавкоприймача до заземлювача.

Заземлювач - провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, що знаходяться в електричному контакті із землею безпосередньо або через провідне середовище.

Вихідні дані: $h=30$ м, $h_1=10$ м, $V=59$ м, $n=6$ 1/(мм² · год)

Рішення:

1. Зона А

$$h_0 = 0,85h = 0,85 \cdot 30 = 25,5\text{м} \quad (9.20)$$

$$r_0 = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3}h)h \quad (9.21)$$

$$r_0 = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 30) \cdot 30 = 25,5\text{м}$$

$$r_x = (1,1 - 2 \cdot 10^{-3}h) \cdot (h - 1,2h_x) \quad (9.22)$$

									ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$N_A = [(B + 6h_x) \cdot (A^{(A)} + 6h_x) - 7,7h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (9.28)$$

$$N_A = [(56 + 6 \cdot 10) \cdot (35 + 6 \cdot 10) - 7,7 \cdot 10^2] \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 6,15 \cdot 10^{-2}$$

$$N_B = [(B + 6h_x) \cdot (A^{(B)} + 6h_x) - 7,7h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6}$$

$$N_B = [(56 + 6 \cdot 10) \cdot (12 + 6 \cdot 10) - 7,7 \cdot 10^2] \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 4,5 \cdot 10^{-2}$$

Зона А: $A \cdot B \cdot H = 35 \cdot 56 \cdot 10$; $N_A = 6,15 \cdot 10^{-2}$ уражень

Зона Б: $A \cdot B \cdot H = 12 \cdot 56 \cdot 10$; $N_A = 4,5 \cdot 10^{-2}$ уражень

Отже у зоні блискавкозахисту А кількість уражень на рік більше.

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Облік і вимірювання параметрів системи електропостачання

В системі електропостачання, що проектується, є необхідність вимірювання деяких параметрів режиму. Перш за все необхідно виконувати вимірювання на трансформаторній підстанції. Вимірюванню підлягають величини струму, напруги, активної та реактивної енергії. Амперметри, які використовуються для вимірювання струму, включаються через трансформатори струму. До цих же трансформаторів струму повинні бути підключені також і струмові обмотки лічильників активної та реактивної енергії. Вольтметр на низькій стороні трансформаторів може бути підключено безпосередньо.

Перелік вимірювальних приладів, що підключаються до трансформатора струму наведено в табл. 1.10.1.

Таблиця 1.10.1

Навантаження трансформатора струму

Назва приладу	Тип	Навантаження по фазах, ВА		
		A	B	C
Амперметр	Э-378	0,1	0,1	0,1
Лічильник	«Элвин»	0,05	0,05	0,05
Разом	0,15	0,15	0,15	0,15

Зважаючи на те, що до трансформаторів струму підключаються лічильники комерційного обліку електроенергії, то згідно [1.Липкин Б.Ю.

					<i>ДП 2021 141</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Облік і вимірювання параметрів системи електропостачання ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск		
Розроб.	Пептюк М.В.						
Перевір.	Бориченко						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Балюта С.М.				Літ.	Арк.	Акрушіє

11. Оцінка якості електроенергії в системі електропостачання

Сучасний розвиток електрообладнання промислових підприємств відрізняється великим поширенням електроприймачів з несприятливими з точки зору роботи системи електропостачання режимами, що впливають на якість вибіркової енергії. При проектуванні СЕП існує необхідність розрахувати відображення якості електроенергії (ПУЕ) і оцінка допустимості їх значень. Кількість електричної енергії характеризується відхиленнями і коливаннями напруги, частоти і не лаконічністю напруги. Державний стандарт якості електроенергії в її приймачах в звичайному і післяаварійному режимах роботи. Стандарт проекту передбачає розрахунок відхилення напруги в максимальному і мінімальному режимах, а також в поставарійному режимі СЕП (відключення одного з трансформаторів цеху ТП).

Характеристика показників якості електричної енергії

Відхилення напруги δU_y оцінюється як різниця між дійсними U_y і номінальними значеннями напруги U_n , кВ (В):

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_n}{U_n} \cdot 100\%$$

Відхилення напруги є повільною плавною зміною напруги, викликаною навантаженням на носій. Норми показників якості електроенергії (ПЯЕ) поділяються на нормально допустимі і максимально допустимі. Нормальні значення повинні підтримуватися з імовірністю 0,95, чи в межах 95% часу доби ПЯЕ не повинна виходити за рамки стандарту.

					<i>ДП 2021 141</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Оцінка якості електроенергії в системі електропостачання</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Пептюк М.В.							
Перевір.	Бориченко							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.							
						<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-8ск</i>		

Протягом решти часу (5%) стандарти можуть бути вищими. Нормально допустиме і гранично допустиме значення встановленого відключення напруги в точках повного підключення споживачів електроенергії до електричних мереж напругою 0,38 кВ і вище дорівнює $\pm 5\%$ і 1.

У екстрених режимах ПЯЕ не повинна виходити за рамки максимально допустимих значень. Більшість електроприймачів можуть працювати на інші значення перепадів напруги, але будуть відчутні втрати людей. Втрати, викликані низькою якістю напруги, мають дві складові: магнітну і технологічну. Електромагнітна складова визначається зростанням втрат енергії і буде визначатися терміном служби електрообладнання. Технологічна складова втрат обумовлена впливом якості напруги на продуктивність технологічних установок і собівартість продукції. Технологічні втрати складають до 90...92% всіх втрат і містяться у собівартості продукції.

Найжорстокіші умови до якості напруги ставлять освітлювальні електроприймачі. Зміна основних параметрів ламп, коли відхилення напруги на їх клеммах, що не перевищують $\pm 10\%$ з достатнім ступенем точності.

Коливання напруги. Коливання напруги характеризуються трьома значеннями: область зміни напруги, частота зміни напруги і часовий інтервал між змінами напруги. Розмах зміни напруги - це різниця між екстремумами, що йдуть один за одним, оминаючого значення струму. Якщо обхід має горизонтальні ділянки, то зміна напруги визначається як різниця між сусідніми горизонтальними ділянками:

$$\delta U_i = \frac{U_i - U_{i+1}}{\sqrt{2}U_n} \cdot 100\%$$

Частота повторення змін напруги при періодичних коливаннях:

$$F = \frac{m}{T},$$

					ДП 2021 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Сірий О.М. «Система електроспоживання: розрахунки, вибір обладнання». Київ, 2011р.
2. «Справочник по проектированию электрических сетей и электрического оборудования» / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991;
3. Шестеренко В.Є. «Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств». Підручник. - Вінниця: Нова Книга, 2004;
4. «Електропостачання промислових підприємств» / В.А. Попов, М.А. Денисенко, В.В. Ткаченко, М.Ю. Голованьов / Під ред. М.А. Денисенко - К.: НТУУ «КПІ», 2012.
5. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. «Електропостачання промислових підприємств». Посібник до курсового і дипломного проектування. Київ, 2013.
5. Tasic, D.S. Modified Fuzzy Clustering Method for Energy Loss Calculations in Low Voltage Distribution Networks / D. S. Tasic, M. S. Stojanovic // Electronics and electrical engineering. – 2006. – №2. – P.50–54.
6. S. Baljuta, V. Shesterenko, O. Mashchenko. Control sources of reactive power as an effective method of increased efficiency in power supply systems for food production/ Journal of FOOD and PACKAGING Science, Technique and Technologies, Year 4, №7, 2015, Plovdiv, BULGARIA, p 30-35.
7. V. Shesterenko, O. Mashchenko. Problem of increasing the power factor in industrial enterprises/ Ukrainian food journal, Volume 4, Issue 1, 2015, p.134-144.
8. Шестеренко В.Є., Чорний Ю.А. Особливості системного регулювання джерел реактивної потужності на харчових виробництвах / Шестеренко В.Є., Чорний Ю.Ф., Промелектро, Київ, №3(87), 2014, С.58-63.

					<i>ДП 2021 141</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Список використаної літератури					
<i>Розроб.</i>	<i>Пептюк М.В.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Бориченко</i>									
<i>Реценз.</i>								<i>ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого ЗЕЛ-5-5ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	<i>Балюта С.М.</i>									

24. В.Є. Шестеренко Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник.- Вінниця: Нова Книга, 2011. – 656 с.

25. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України від 25.10.2006.

26. Шестеренко В.Є. Проектування систем електропостачання./ В.Є. Шестеренко., О.В.Шестеренко – К.: ПП “К“, 2017. – 436 С.

27. Праховник А.В. Комплексне і системне вирішення проблеми компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній / А.В.Праховник, В.М.Божко, Б.С.Рогальський, О.М. Нанака // Промислова електротехніка та електроенергетика. – 2004. -
– С.2-9.

28 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0032241-00#Text>

					<i>ДП 2021 141</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		