

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

«___» _____ 2021р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ (підпис)
Балюта С.М.
(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 СЕП цеху готової продукції цементного заводу . Аналіз використання акумуляторів в електричних мережах промислових підприємств.»

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

Станкович Михайло Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Семко Дмитро Михайлович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (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

_____ Станкович Михайло Ігорович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка СЕП цеху готової продукції цементного заводу .
Аналіз використання акумуляторів в електричних мережах промислових
підприємств.»

керівник роботи _____ Семко Дмитро Михайлович _____,
(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.

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. Спецпитання.

Заходи з охорони праці.

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	Коротка 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)

Станкович М.І.

Семко Д.М..

Анотація

Станкович М.І. Розробка СЕП цеху готової продукції цементного заводу. Аналіз використання акумуляторів в електричних мережах промислових підприємств.

Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра за напрямом 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Національний університет харчових технологій, Київ, 2021. Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновку та списку використаної літератури. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 93 стор.

Метою роботи є проектування загальної схеми електропостачання, розрахунок електричних навантажень цехових електроприймачів, вибір елементів та розрахунок цехової мережі, розрахунок електричного освітлювання цеху готової продукції.

У дипломному проекті розроблено: загальна схема, схема електропостачання цементного цеху, схема комплексної трансформаторної підстанції (КТП).

**ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; ВИРОБНИЧИЙ ЦЕХ; ТРАНСФОРМАТОР;
НАПРУГА; СТРУМ; РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ.**

Annotation

Stankovich M. The development of the power supply system of the cement plant cement factory. Analysis of the use of batteries in the electrical networks of industrial enterprises.

The diploma project for the bachelor's degrees by direction 141 “Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics”. The National University of Food Technology, Kyiv, 2021. The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusion and list of references. Total volume of the explanatory note put on 93 pages.

The purpose of the work is the designing the general scheme of the power supply, calculation of electrical loads of electric receiver department, selection of elements and calculation of shop network, calculation of electric lighting of repair department.

In the diploma project developed the following : the general scheme, the scheme of power supply of cement department, the scheme of complex transformer substation (KTS).

**ELECTRICITY; PRODUCTION PLANT; TRANSFORMER; VOLTAGE;
CURRENT; RELAY PROTECTION SCHEME.**

Аннотация

Станкович М.И. Разработка системы электроснабжения цеха готовой продукции цементного завода. Анализ использования аккумуляторов в электрических сетях промышленных предприятий.

Дипломный проект на получение степени бакалавра по направлению 141 "Электроэнергетика, электротехника и электромеханика". Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2021. Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем пояснительной записки составляет 93 стр.

Целью работы является проектирование общей схемы электроснабжения, расчет электрических нагрузок цеховых электроприемников, выбор элементов и расчет цеховой сети, расчет электрического освещения ремонтного цеха.

В дипломном проекте разработаны: общая схема, схема электроснабжения цементного цеха, схема комплексной трансформаторной подстанции (КТП).

Электроснабжение, производственный цех, трансформатор, напряжение, ток, релейная защита.

Зміст

Вступ.....	
Завдання.....	
1. Розрахунок навантаження цеху готової продукції цементного заводу.....	
2. Компенсація реактивної потужності.....	
3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	
3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	
3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	
3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	
3.4. Вибір трас та способів прокладання шинопроводів.....	
3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів.....	
4. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	
4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній розподільчій мережі.....	
4.2. Вибір автоматичних вимикачів на напругу 0,38 кВ.....	
4.3. Вибір електричних апаратів РП – 10 кВ.....	

					ДП 2021 141
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		<i>Станкович</i>			Зміст
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>			
Н. Контр.					Літ. Арк. Аркушів
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	
5. Якість електричної енергії.....	
6. Електричне освітлення.....	
7. Спеціальна частина.....	
8. Охорона праці.....	
8.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного... обладнання	
8.2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці.....	
8.3. Практичний розрахунок.....	
Список використаної літератури.....	

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

Вступ.

Електропостачання цеху передбачає забезпечення споживачів електричною енергією. Лише за умови надійного забезпечення електроенергією можливе стабільне функціонування промисловості та інших сфер діяльності суспільства.

Основними складовими електропостачальної системи є: електростанції, трансформаторні підстанції та розподільчі мережі.

На електростанції електроенергію виробляють на напрузі 10 кВ.

Високовольтні розподільчі мережі забезпечують розподіл і пересилання електричної енергії до окремих приймачів та електроспоживачів.

Надійність це один з основних показників роботи електропостачальної системи. Вимоги до цього показника залежать від того, які можливі наслідки від переривання електропостачання електроприймачів можуть бути. Згідно з ПУЕ розрізняють три категорії електроприймачів по надійності електропостачання.

Споживачі 1 категорії це такі споживачі, порушення електропостачання яких може призвести до загрози життю людей, значних збитків у народному господарстві.

Споживачі 2 категорії це такі споживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з суттєвою недодачею продукції, простоєм робочих механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної життєдіяльності міських мешканців.

Споживачі 3 категорії – решта споживачів, які не підходять під визначення I та II категорій (електроспоживачів цехів несерійного виробництва, допоміжних цехів, невеликих сіл і т.д.).

В даному цеху споживачі електричної енергії відносяться до 3 категорії надійності.

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Станкович</i>						
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>						
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск			

Завдання на проектування

У даному дипломному проекті розробляється система електропостачання цеху готової продукції цементного заводу. Цех живиться від ТП 10/0,4 кВ, що розміщена в прибудові в цеху. Розміри цеху: $A = 52 \text{ м}$; $B = 35 \text{ м}$. Висота цеху – 4 м.

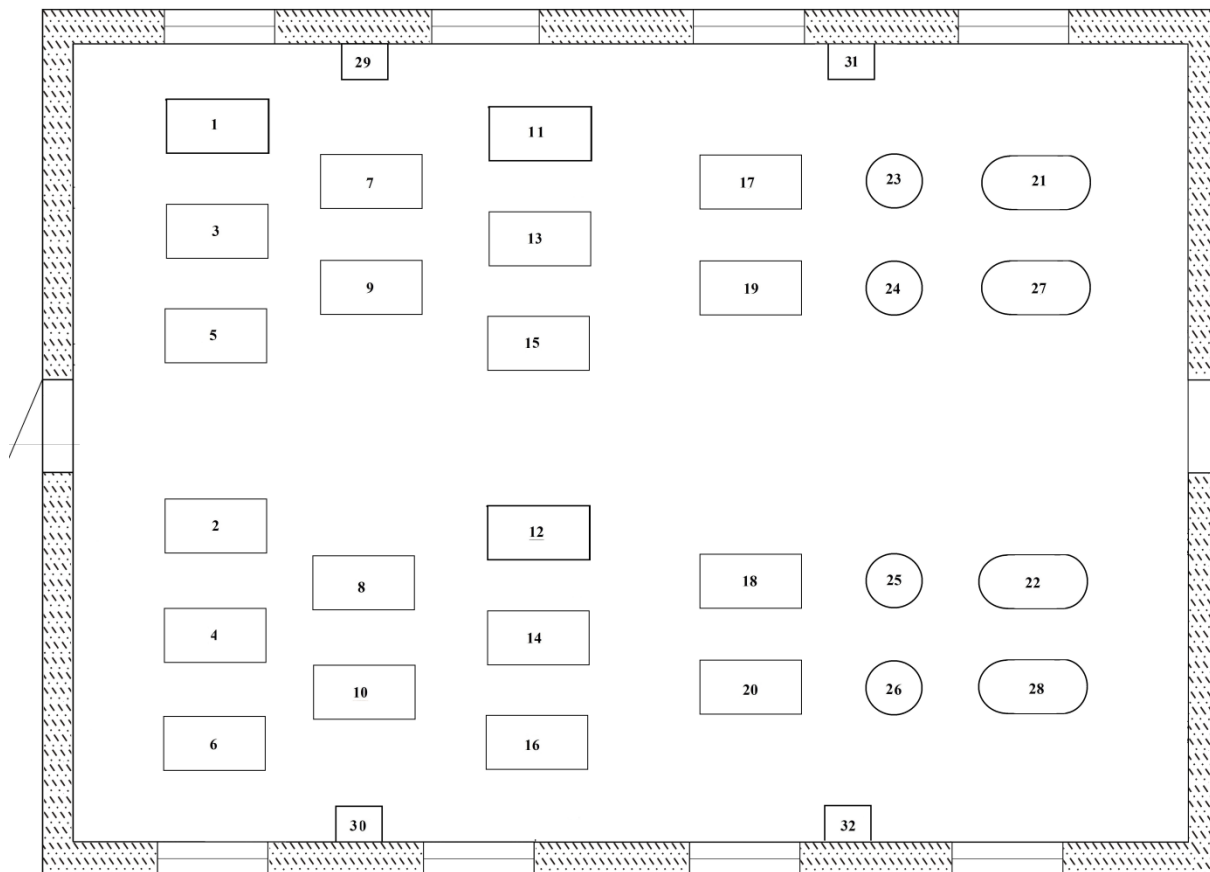


Рис.1. Цех готової продукції цементного заводу

Таблиця 1

№ п/п	Назва електроприймача	n	P, кВт	Кв	cos f / tg f
1, 2	Шламований насос	2	36	0,6	0,87/ 0,57
3, 4	Змішувач	2	23	0,65	0,8/0,75
5, 6	Подрібнювач	2	10	0,54	0,78/0,8
7, 8	Конвеєр	2	7.5	0,5	0,86/0,6
9, 10	Піч обертова	2	30	0,8	0,98/0,2
11, 12	Холодильник	2	5	0,7	0,74/0,91
13, 14	Димотяг	2	20	0,7	0, 8/0, 75

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

1. Розрахунок електричних навантажень цеху

В цеху готової продукції цементного заводу наявні електроприймачі зі змінним і постійним графіком навантаження. До електроприймачів з постійним графіком навантаження віднесемо такі споживачі, у яких $K_{\text{в}} \geq 0,75$, так як їх режим роботи майже відповідає режиму роботи при постійному навантаженні в часі. .

Всього в цеху 32 електроприймача, з них 26 – зі змінним графіком навантаження, 6 – з постійним.

Розпочнемо розрахунок зі знаходження повної потужності електроприймачів, які працюють за змінним графіком навантаження.

Сумарна номінальна потужність всіх електроприймачів цеху готової продукції, які працюють із змінним графіком навантаження дорівнює[1]:

$$P_{\text{номЗ}} = \sum P_{\text{номЗ.і}} = 475 \text{ кВт.} \quad (1)$$

Середня $P_{\text{см.с.м.}}$ активна потужність за найбільш навантажену зміну компресора, що працюють за змінним графіком навантаження [1]:

$$P_{\text{см.с.м.}} = K_{\text{в.с.м.}} * P_{\text{ном.с.м.}} = 0.6 * 180 = 108 \text{ кВт.} \quad (2)$$

Сумарна середня потужність електроприймачів цеху, які працюють із змінним графіком навантаження:

$$P_{\text{смЗ}} = \sum P_{\text{см.і.З}} = 296,4 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Середня $Q_{\text{см.гран.}}$ реактивна потужність за найбільш завантажену зміну компресора буде:

$$Q_{\text{см.с.м.}} = P_{\text{см.с.м.}} * \text{tg}\varphi_{\text{с.м.}} = 108 * 0.7 = 75,6 \text{ квар.} \quad (4)$$

					ДП 2021 141
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					Вступ.
Розробив		<i>Станкович</i>			Літ. Арк. Аркушів
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск
Н. Контр.					
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>			

Сумарна середня реактивна потужність електроприймачів цеху цементного заводу, які працюють за змінним графіком навантаження:

$$Q_{смз} = \sum Q_{смз.i.} = 208,87 \text{ квар.} \quad (5)$$

Коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{P_{смз}}{P_{номз}} = \frac{296,4}{475} = 0.62 \quad (6)$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_B = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{номз})^2}{\sum_{i=1}^n P_{номз}^2 * n} = \frac{225625}{22048,5} = 11 \quad (7)$$

Коефіцієнт максимуму [1]:

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

Табл.5

n_B/K_B	0.6	0.7
10	1,26	1.16
12	1.23	1.15

Коефіцієнт максимуму після інтерполювання:

$$K_M = 1,22.$$

Активна розрахункова потужність за відомим коефіцієнтом максимуму:

$$P_{рз} = K_M * P_{смз} = 1,22 * 296,4 = 361,6 \text{ кВт.} \quad (8)$$

Реактива розрахункова потужність за відомою кількістю електроприймачів:

$$Q_{рз} = Q_{смз} = 208,87 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунковий струм:

$$I_{р.п} = \frac{S_{р.п.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{547,84}{\sqrt{3} * 0.4} = 793,96 \text{ А.}$$

Значення пікового струму цеху.

Для споживачів цеху помолу зі змінним графіком навантаження:

$$I_{пiкз} = i_{пуск}^{дв} + (I_{р.з.} - K_B * I^{дв}_{н.}),$$

де $i_{пуск}^{дв}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна цеху помолу (змінного навантаження);

$I_{р.з.}$ – розрахунковий струм електроприймачів цеху помолу зі змінним графіком навантаження;

$I^{дв}_{н.}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна цеху помолу (змінного навантаження).

Найпотужніший двигун цеху помолу:

сировинний млин потужністю 37 кВт.

Номінальний струм сировинного млину:

$$I^{дв}_{н.} = \frac{P_{н}^{дв}}{\sqrt{3} * U_{н.м.} * \cos_{\varphi} * \eta_{дв.}} = \frac{36}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.9 * 0.8} = 74,2 \text{ А.}$$

Пусковий струм сировинного млину:

$$i_{пуск}^{дв} = K_{пуск} * I^{дв}_{н.} = 5 * 74,2 = 371 \text{ А,}$$

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

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Піковий струм :

$$I_{\text{пiкЗ}} = i_{\text{пуск}}^{\text{дв}} + (I_{\text{р.З}} - K_B * I_{\text{дв}}^{\text{дв}}) = 371 + (605,2 - 0,72 * 74,2) = 922,77 \text{ А.}$$

Піковий струм П:

$$I_{\text{пiк.П}} = I_{\text{р.П}} = 202,9 \text{ А.}$$

Повний піковий цеху цементного заводу:

$$I_{\Sigma \text{ пiк}} = I_{\text{пiкЗ}} + I_{\text{пiкП}} = 922,77 + 202,9 = 1125,67 \text{ А.}$$

1.1 Освітлювальне навантаження цеху готової продукції цементного заводу.

Приймаємо питому потужність освітлювального навантаження цеху:

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

Площа цеху помолу:

$$S = A * B = 52 * 35 = 1820 \text{ м}^2.$$

Активна потужність освітлення цеху помолу:

$$P_{\text{освіт.}} = P_{\text{пит}} * S = 15 * 1820 = 27300 \text{ Вт.}$$

Реактивна потужність освітлення цеху помолу:

$$Q_{\text{освіт.}} = P_{\text{освіт.}} * \text{tg}\varphi = 27300 * 0,33 = 9099 \text{ квар ,}$$

де, $\cos\varphi = 0,95$ – для люмінесцентних ламп ,

$$\text{tg}\varphi = \arccos(0,95) = 0,33.$$

Тоді повна розрахункова потужність цеху з урахуванням освітлення буде:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$S_{\text{освіт.}} = \sqrt{P_{\text{освіт.}}^2 + Q_{\text{освіт.}}^2} = \sqrt{(494,5 + 21,84)^2 + (235,79 + 7,2)^2}$$

$$= 570,66 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Струм, з урахуванням освітлення цеху, цементного заводу буде:

$$I_{\text{освіт.}} = \frac{S_{\text{освіт.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{570,66}{\sqrt{3} * 0,4} = 827 \text{ А}.$$

Таблиця 1.1

Тип навантаження	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$I_p, \text{А}$
З	361,6	208,87	417,6	605,2
П	132,9	26,92		
Загальне силове	494,5	235,79	547,84	793,96
Освітлювальне	21,84	7,2	23	33,2
Цех	516,34	243	570,66	827

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

2. Компенсація реактивної потужності

Одним з питань, що вирішуються при проектуванні систем електропостачання промислових підприємств є питання компенсації реактивної потужності. Компенсація реактивної потужності сприяє покращанню якості електроенергії в мережах та являється одним з основних напрямків скорочення втрат.

Збільшення повної потужності S цеху, пов'язане зі збільшенням реактивної складової потужності Q , а значить і зумовлює збільшення сили струму. У свою чергу, збільшення сили струму в проводах приводить до збільшення їх перерізу й до перевитрат кольорового металу.

Ефективність використання потужності силових трансформаторів істотно залежить від коефіцієнта потужності. Якщо до трансформатора підключені електроприймачі лише з активним характером навантаження, коефіцієнт потужності дорівнює одиниці, а повна потужність, що передається через трансформатор, дорівнюватиме активній потужності). У такому разі використання потужності трансформатора може бути найефективнішим.

Компенсувати реактивну потужність можна конденсаторними установками (КУ).

Необхідна потужність КУ для цеху для повної компенсації реактивної потужності:

$$Q_{КУ} = Q_p = 243 \text{ квар.}$$

Обираю КУ типу УКМ58 – 0,4 – 250 – 25У1.

Перевірка за умовою: $Q_{ку} \geq Q_p$

$$Q_{ку} = 250 \text{ квар} > Q_p = 243 \text{ квар.}$$

					ДП 2021 141
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		<i>Станкович</i>			Компенсація реактивної потужності
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>			
Н. Контр.					
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			
					Літ. Арк. Аркушів
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск

2.1 Автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок

При вирішенні питань регулювання потужності компенсуючих пристроїв необхідно враховувати умови праці, як внутрізаводської системи електропостачання, так і енергетичної системи. Якщо в енергетичній системі навіть вночі є дефіцит реактивної потужності, то доцільна цілодобова робота конденсаторних установок.

При зміні активних та реактивних навантажень промислового підприємства доцільно буде змінювати потужність конденсаторних установок. Постійне включення конденсаторних установок при змінних режимах навантаження веде до відхилення від найвигіднішого режиму компенсації реактивної потужності та коливанні напруги в мережі. Для підтримки найвигіднішого режиму роботи мережі доцільно або мати пристрій, автоматично регулюючий потужність конденсаторної установки в залежності від різних факторів, або регулювати потужність конденсаторної батареї з диспетчерського пункту.

Коли конденсаторна установка включена постійно на протязі доби при мінімальному навантаженні в нічний час та під час обідньої перерви, відбувається перекомпенсація реактивної потужності та підвищення напруги вище за номінальну.

Таким чином, застосування конденсаторних установок, які регулюються, є засобом отримання додаткової економії від зменшення втрат електроенергії в електричних мережах при нерівномірному графіку реактивного навантаження, а також засобом регулювання рівня напруги, збільшення пропускної спроможності електричних мереж та отримання додаткової потужності трансформаторів у зв'язку з розвантаженням їх від реактивної потужності. Для автоматичного регулювання реактивної потужності використовують регулятори РП.

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

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

Для внутрішнього електропостачання цехів вибирають радіальні або магістральні схеми. Електропостачання цеху готової продукції цементного заводу будемо виконувати по радіальній схемі, оскільки навантаження підприємства розташовані в різних напрямках від джерел живлення.

Цехові електричні мережі поділяються на силові і освітлювальні, які, в свою чергу, діляться на живлячі та розподільчі.

До живлячих ліній відносяться ділянки мережі від джерела живлення ТП до РП, а до розподільчих – ділянки мережі, від розподільчих пунктів до електроприймачів.

Цехові мережі повинні забезпечувати необхідну надійність електропостачання електроприймачів в залежності від їх категорій, мати оптимальні техніко-економічні показники. На вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі окрім перерахованих факторів впливають розташування електроприймачів і технологічного устаткування в цеху і режими їх роботи, а також класифікація по ПУЕ виробничих приміщень по характеру зовнішнього середовища.

3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції

Для промислових підприємств КТП виготовляють із шаф та блоків з вмонтованими в них силовими апаратами й пристроями захисту та автоматики. На підприємствах КТП використовують як цехові трансформаторні підстанції.

Залежно від місця розміщення КТП класифікують на:

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Станкович</i>			Внутрішнє електропостачання цеху	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>						
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-8ск			
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

- зовнішньої установки;
- убудовані;
- прибудовані;
- дахові;
- підземні;
- внутрішньоцехові.

Тому, враховуючи розміри нашого цеху, і наявність в ньому вільного місця, приймаю рішення встановити внутрішньоцехову комплектну трансформаторну підстанцію (КТП).

3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Так як категорійність електроспоживачів цеху готової продукції цементного заводу – 3 і сумарна потужність менше 1000 кВА а це означає, що для встановлення в внутрішньоцехову КТП ми будемо обирати один трансформатор.

Сумарна потужність цеху дорівнює

$$S_p = 570,66 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Потужність трансформатора:

$$S_{\text{тр.баз}} = \frac{S_p}{\beta_T} = \frac{570,66}{0.9} = 634,1 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$\beta_T = 0.9$ для III-ої категорії.

Приймаю рішення встановити в цеху один трансформатор типу ТМ – 1000 / 10.

Фактичний коефіцієнт завантаження:

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

$$\beta_{т.ф} = \frac{S_p}{S_{тр}} = \frac{634,3}{1000} = 0,63.$$

Технічні дані ТМ – 1000 / 10.

Табл.3.1

Тип	$S_{тр.}$, кВ*А	$U_{тр.}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{к.}$, %	$I_{х.}$ %
		ВН	НН	P_x	P_k		
ТМ – 1000/10	1000	10	0.4	2,45	12,2	5,5	1,4

Реактивні втрати на холостому ході:

$$\Delta Q_x = S_{тр.} * \frac{I_x}{100} = 1000 * \frac{1,4}{100} = 14 \text{ квар};$$

Реактивні втрати на короткому замиканні:

$$\Delta Q_k = S_{тр.} * \frac{U_k}{100} = 1000 * \frac{5,5}{100} = 55 \text{ квар.}$$

Активні втрати на холостому ході:

$$\Delta P_x' = \Delta P_x + k_e * \Delta Q_x = 2,45 + 0.05 * 14 = 3,15 \text{ кВт};$$

Активні втрати на короткому замиканні:

$$\Delta P_k' = \Delta P_k + k_e * \Delta Q_k = 12,2 + 0.05 * 55 = 15 \text{ кВт.}$$

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

3.3. Вибір кількості, типу та розташування

розподільчих пристроїв

В електричній мережі промислового підприємства розподільні пристрої призначені для розподілу електричної енергії без трансформації в силових та освітлювальних мережах. Крім цих двох основних функцій, вони також виконують функції захисту, контролю й обліку електричної енергії.

Враховуючи той факт, що електропостачання ми будемо здійснювати шинопроводами типу ШРМ і ШММ безпосередньо від КТП, то СП і РП відсутні.

3.4. Вибір способів прокладання кабельних ліній та шинопроводів

Використовувати шинопроводи ми будемо з алюмінієвими жилами.

Враховуючи висоту будівлі (4м), обираю монтувати наші шинопроводи на висоті 3,5 м від рівня підлоги.

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

	ШРМ-2		8,5	250/200
	ШРМ-3		23,7	160/125
	ШРМ-4		29	160/160
	ШРМ-5		8,4	160/125
	ШРМ-6		12,8	250/200
	ШРМ-7		21,1	250/250
			29,6	160/160
ТП	ШЗМ	шинопровід	2	2500/1600

3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів

Перерізи кабелів і шинопроводів типу ШЗМ і ШРМ вибираємо згідно з наступною формулою [2]:

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

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

k_3 - кратність струму провідника до струму апарата захисту ;

I_3 – струм розчеплювача АВ.

Так як в цеху наявна велика кількість трас, то розрахунки будемо проводити, лише для прикладу (знайдемо для одного електроприймача необхідний переріз кабеля).

Визначимо кабель, по якому здійснюється живлення шламового насосу

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1.0 * 80}{1} = 80 \text{ А.}$$

Обираємо кабель 4 х АВВГ – 4 х 25 з $I_{\text{доп}} = 82 \text{ А.}$

Для прокладки в трубі , прийємо групу складності траси – В.

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

	23	80	90	ВВГ	25	4	50
	24	50	50	ВВГ	10	4	40
ШРМ-4	7	40	40	ВВГ	6	4	32
	9	40	40	ВВГ	6	4	32
	11	80	90	ВВГ	25	4	50
	13	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	15	40	40	ВВГ	6	4	32
ШРМ-5		80	90	ВВГ	25	4	50
	6	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	10	16	16	ВВГ	1,5	4	20
		80	90	ВВГ	25	4	50
ШРМ-5	21	63	75	ВВГ	16	4	40
	27	200	225	ВВГ	95	4	100
	31	40	40	ВВГ	6	4	32
ШРМ-6	12	32	34	ВВГ	5	4	25
	14	50	50	ВВГ	10	4	40
	16	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	18	200	225	ВВГ	95	4	100
	20	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	30	80	90	ВВГ	25	4	50
ШРМ-7	25	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	26	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	22	16	16	ВВГ	1,5	4	20
	28	80	90	ВВГ	25	4	50

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

	32	16	16	ВВГ	1,5	4	20
		32	34	ВВГ	5	4	25
		16	16	ВВГ	1,5	4	20
		16	16	ВВГ	1,5	4	20
		16	16	ВВГ	1,5	4	20
		80	90	ВВГ	25	4	50
		80	90	ВВГ	25	4	50
9		16	16	ВВГ	1,5	4	20
		50	50	ВВГ	10	4	40
		16	16	ВВГ	1,5	4	20
ШЗМ	ШРМ-1	160	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-2	200	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-3	125	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-4	160	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-5	125	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-6	200	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-7	250	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
	ШРМ-8	100	100	ШРМ-75	11.2 x 3.55	4	-
	ШРМ-9	160	250	ШРМ-75	35 x 5	4	-
ТП	ШЗМ	1600	1600	ШЗМ-16	90 x 6	4	-

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

4 . Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів

Задача досліджень та розрахунків перехідних процесів є у тому, щоб аналізуючи особливості роботи та якісно нові властивості при кількісних змінах у системах електропостачання, передбачати проходження перехідних процесів та керувати ними.

Розрахунок перехідних процесів є одним з необхідних умов розв'язання багатьох задач, що з'являються при проектуванні та експлуатації систем електропостачання. Ці задачі пов'язані з дослідженням електромагнітних перехідних процесів, вибором принципу дії та настроювання автоматичних пристроїв проти аварійного керування, аналізом механічних перехідних процесів з метою визначення умов стійкості електричного навантаження систем та розробки заходів для забезпечення безперервної роботи промислових підприємств в різних режимах систем електропостачання.

За дослідженнями та розрахунками перехідних процесів слід проектувати такі системи, в яких перехідні процеси закінчувалися б злагодженим потрібним стійким режимом.

В процесі експлуатації систем однією з основних причин порушення нормального режиму роботи окремих електроустановок та системи в цілому є короткі замикання, які є випадковими або спеціальними, не передбачуваними нормальним режимом роботи, електричні з'єднання різних точок електроустановки між собою або з землею.

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Станкович</i>			Розрахунок струмів КЗ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>						
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск			
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

4.1. Розрахунок струмів короткого замикання у низьковольтній мережі

Коротке замикання в обладнанні цеху на напрузі 0,4 кВ будемо розраховувати для наступних точок мережі:

шини НН КТП;

шинопровід ШЗМ (в місці трійникової секції);

шинопровід ШРМ (найзавантаженіший шинопровід ШРМ з усіх наявних);

на затискачах найпотужнішого двигуна, підключеного до найзавантаженішого шинопроводу типу ШРМ.

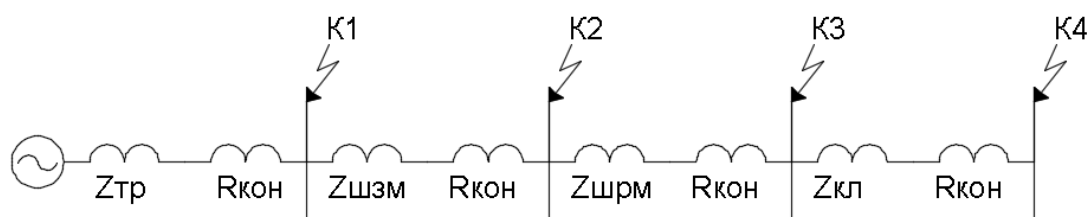


Рис.4 Схема заміщення опорів до точок КЗ

Розрахуємо суму опорів до точки К1.

Розрахуємо значення опору системи за відомим значенням струму КЗ ВН.

$$I_{\text{кЗВН}} = 10 \text{ кА.}$$

Розрахуємо потужність короткого замикання на стороні 10 кВ:

$$S_{\text{кЗ}} = \sqrt{3} * I_{\text{кЗВН}} * U_{\text{НОМ}} = \sqrt{3} * 10 * 10 = 173 \text{ кВ} * \text{А.}$$

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

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

$$\tau_p = \tau_{р.з.мін} + \tau_{о.р.} = 0.01 + 0.02 = 0.03 \text{ с,}$$

$\tau_{о.р.}$ – час спрацювання автоматичного вимикача .

Ударний коефіцієнт :

$$K_{уд} = 1 + e^{-\frac{0.01}{0.002}} = 1.$$

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{к1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 0,65 * 1 = 0,92 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{кз}^2 * (\tau_k + T_a) = 0,65^2 * (0.01 + 0.002) = 0,0051 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{0.0051 * 10^6}}{170} = 0,42 \text{ мм}^2.$$

C – для алюмінієвих шин.

Результати занесемо в таблицю.

Таблиця 4.1

№	$Z_k, \text{ МОм}$	$I_{кз}, \text{ кА}$	$T_a, \text{ с}$	$i_{уд}, \text{ кА}$	$i_{з}, \text{ кА}$	$K_{уд}$	$B_k, \text{ кА}^2 * \text{с}$	S_{min}
1	355	0,65	0.002	0,92	0	1	0,0051	0,42
2	359,5	0,64	0.002	0,91	0	1	0,0049	0,41
3	364,4	0,63	0.002	0,9	0	1	0,0048	0,4
4	368,4	0,63	0.002	0,9	0	1	0,0048	0,4

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

4.2. Вибір автоматичних вимикачів на напругу 0.38 кВ

Перевірка для автоматичних вимикачів виконується згідно з наступними умовами:

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

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

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

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

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

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

Для шламового насоса обираю АВ типу А3716Б.

Таблица 4.2

Електроприймач	$I_{\text{розч.}} \cdot \text{А}$	$I_{\text{ном.ав.}} \cdot \text{А}$	$I_{\text{спр.}} \cdot \text{кА}$	$I_{\text{тах.в.}} \cdot \text{кА}$	$I_{\text{кз}} \cdot \text{А}$	$i_{\text{ел.д.}} \cdot \text{кА}$	$i_{\text{уд.}} \cdot \text{кА}$	Назва АВ
6,9,10,11,18,26,27, 28,29,30,31,32	16	160	630	45	0,63	3	0,9	А3715Б
12	25	160	630	45	0,63	3	0,9	А3715Б
4,5	32	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
17,19,22,23,24,25	40	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
2,8	50	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
7	63	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
1,3,13,20,21	80	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
ШРМ-8	100	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
ШРМ-3,ШРМ-5	125	160	1600	45	0,63	3	0,9	А3716Б
14,15,16, ШРМ-2 ШРМ-6	200	250	2500	75	0,63	3	0,9	А3726Б

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

ШРМ-7	250	250	2500	75	0,63	3	0,9	A3726B
ШЗМ	1600	2500	2000	65	0,65	7	0,92	E25B
ТП	1600	2500	2000	65	0,65	7	0,92	E25B

Для насосів, компресорів і вентиляторів оберемо теплові реле і магнітні пускачі. Умови перевірки обраних МП (магнітних пускачів) і ТР (теплових реле):

$$U_{\text{ном.п.}} \geq U_{\text{мер}}$$

$$I_{\text{пуск.}} \geq I_{\text{дв.}}$$

$$P_{\text{пуск.}} \geq P_{\text{дв.}}$$

$$I_{\text{РТ}} > I_{\text{дв.}}$$

Оберемо магнітний пускач для шламового насосу:

Таблиця 4.3

Параметри пускача	Умови	Параметри двигуна
$U_{\text{ном.п.}} = 380 \text{ В}$	=	$U_{\text{дв.}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{пуск.}} = 63 \text{ А}$	>	$I_{\text{дв.}} = 45,6 \text{ А}$
$P_{\text{пуск.}} = 30 \text{ кВт}$	>	$P_{\text{дв.}} = 22 \text{ кВт}$
$I_{\text{РТ}} = (38 \div 52) \text{ А}$	=>	$I_{\text{дв.}} = 45,6 \text{ А}$

Для шламового насосу потужністю 36 кВт обираю:

МП – ПМЛ – 4220;

ТР – РТЛ 2057.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.4

Електроприймач			Магнітний пускач			Телове реле	
Назва	$I_{дв.}, А$	$P_{дв.}, кВт$	Назва	$I_{пуск.}, А$	$P_{пуск.}, кВт$	Назва	Діапазон регулювання
Шламовий насос	45,6	22	ПМЛ-4220	63	22	РТЛ 2057	(38...52),А
Технологічний вентилятор	4,7	2,2	ПМЛ-1220	10	5,5	РТЛ 1010	(3,8...6),А
Технологічний вентилятор	15,9	7,5	ПМЛ-1220Д	16	7,5	РТЛ 1021М	(13...19),А
Компресор	198	90	ПМЛ-7220	250	110	РТЛ 3270М	(165...270),А
Водонасос	30,8	15	ПМЛ-3220	40	18,5	РТЛ 2053М	(23...32),А
Димотяг	49,6	22	ПМЛ-4220	63	22	РТЛ 2057	(38...52),А

4.3. Вибір електричних апаратів РП – 10 кВ

На стороні ВН КТП струм КЗ відомий (з завдання дипломного проекту). Потрібно розрахувати його параметри, а саме:

струм аперіодичної стійкості;

ударний струм;

тепловий імпульс.

Розрахуємо значення повної потужності на шинах ВН з врахування втрат в трансформаторі і під'єднаних до РП ВН двигунів типу СД (синхронні двигуни).

Втрати в трансформаторі ТМ-1000/10:

$$\Delta Q_{тр} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 14 + 55 = 69 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_x + \Delta P_k = 3.15 + 15 = 18.15 \text{ кВт.}$$

Повні втрати:

$$\Delta S_{тр} = \sqrt{\Delta P_{тр}^2 + \Delta Q_{тр}^2} = \sqrt{18,15^2 + 69^2} = 71,4 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Параметри короткого замикання за відомим струмом КЗ на стороні ВН.

Струм КЗ: $I_{\text{КЗ}}^{\text{ВН}} = 10 \text{ кА.}$

Аперіодична складова :

$$i_a = \sqrt{2} * I_{\text{КЗ}}^{\text{ВН}} * e^{-\frac{t_{\text{ПВ}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 10 * e^{-\frac{0.09}{0.045}} = 1,9 \text{ кА.}$$

Ударний коефіцієнт : $K_{\text{уд}} = 1,8$ – для збірних шин 6...10 кВ.

Ударний струм : $i_{\text{уд}} = \sqrt{2} * I_{\text{КЗ}}^{\text{ВН}} * K_{\text{уд}} = \sqrt{2} * 10 * 1.8 = 25,5 \text{ кА.}$

Тепловий імпульс :

$$W_{\text{к}} = I_{\text{КЗ}}^{\text{ВН}^2} * (\tau_{\text{к}} + T_a) = 10^2 * (0.4 + 0.045) = 44,5 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Умови вибору вимикачів:

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

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

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

4) $\sqrt{2} * I_{\text{роз}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{к}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_a;$

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

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

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

Для захисту лінії СБ – 3 х 50 встановлюю вакуумний вимикач типу ВРС – 10 – 31,5 - /630. Виконаємо його перевірку:

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

$$10 \text{ кВ} > 6 \text{ кВ}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

$$630 \text{ A} > 145,3 \text{ A}.$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{пр.}};$$

$$31,5 \text{ кА} > 10 \text{ кА}.$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{НОМ.р}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{к}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{пр}} + i_{\text{а}};$$

$$\sqrt{2} * 31,5 * \left(1 + \frac{40}{100}\right) = 62,4 \text{ кА} > \sqrt{2} * 10 + 1,9 = 16,04 \text{ кА}$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}};$$

$$52 \text{ кА} > 25,5 \text{ кА}.$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{п0.}};$$

$$20,4 \text{ кА} > 10 \text{ кА}.$$

$$7) I_{0,0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к}}.$$

$$1200 \text{ кА}^2 * \text{с} > 44,5 \text{ кА}^2 * \text{с}.$$

Занесемо відповідні перевірки в таблицю.

Таблиця 4.5

Кабельна лінія	$U_{\text{н}} \text{ кВ}$	$U_{\text{вв}} \text{ кВ}$	$I_{\text{р}} \text{ А}$	$I_{\text{вв}} \text{ А}$	Тип
СБ – 3 х 50	6	10	145,3	630	ВРС – 10 – 31,5 - /630
СБ – 3 х 10	6	10	29,4	630	ВРС – 10 – 31,5 - /630

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

Високовольтні роз'єднувачі для тих же кабельних ліній.

Кабельна лінія	$U_{ном.М}$ кВ	$U_{ном.ВВ}$ кВ	$I_p, А$	$I_{p.ВВ}, А$	Тип
СБ – 3 x 50	6	10	145,3	400	РЛНДЗ-10/400У1
СБ – 3 x 10	6	10	29,4	400	РЛНДЗ-10/400У1

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку

Електрична енергія – це товар, на виробництво, пересилання, розподіл і перетворення якої витрачають значні кошти. Для фінансових розрахунків між окремими суб'єктами господарювання, які взаємодіють в усіх цих процесах, та аналізу ефективності функціонування кожної ділянки електропостачальної системи від джерела до споживача необхідний постійний облік електричної енергії.

Характерною особливістю обліку електричної енергії є те, що обсяги її виробництва й споживання майже збігаються в часі, а тому помилки, що можуть виникнути в процесі обліку, неможливо виправити повторними вимірюваннями.

Їх усувають лише безпосередньо розрахунковим шляхом, але похибка таких розрахунків значно вища від тієї, що дають сучасні прилади й системи обліку електричної енергії. Тому всі електроустановки з виробництва, розподілу, пересилання та перетворення електричної енергії обов'язково обладнують приладами або системами обліку, що повинні забезпечувати постійний, надійний і точний її контроль.

Результати обліку електричної енергії використовують із такою метою:

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

- для визначення техніко-економічних показників енергосистеми;
- для визначення техніко-економічних показників споживачів;
- для фінансових розрахунків між електропередавальною організацією та споживачем.

Умови вибору трансформатора струму:

- 1) $U_{1ном} \geq U_{ном.м.}$
- 2) $I_{1та} \geq I_{нн}$
- 3) $i_{дин} \geq i_{уд}$
- 4) $I_{т}^2 * \tau \geq B_{к}$
- 5) $Z_{2та} \geq Z_{2факт}$

В коло НН обираємо SRE12505 BG81.

Таблиця 4.6

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
SRE12505 BG81	$U_{1ном} = 0.66$ кВ	\geq	$>$	$U_{ном.м} = 0.38$ кВ
	$I_{1ном} = 2500$ А	\geq	$>$	$I_{р.нн} = 1197,6$ А
	$i_{дин} = 52$ кА	\geq	$>$	$i_{уд} = 0,92$ кА
	$I_{т}^2 * \tau = 992,3$ кА ² * С	\geq	$>$	$B_{к} = 0,0051$ кА ² * С
	$Z_{2ном} = 1.2$ Ом	\geq	$>$	$Z_2 = 0,49$ Ом

5 . Якість електричної енергії

Чинним стандартом встановлені два види норм ЯЕ: нормально допустимі та гранично допустимі. Оцінювання відповідності показників ЯЕ вказаним нормам здійснюють за час розрахункового періоду, що дорівнює 24 год, за винятком тривалості провалу напруги, імпульсу напруги та коефіцієнта тимчасової перенапруги.

Відхилення напруги характеризується показником усталеного відхилення напруги, для якого встановлені такі норми:

- нормально допустимі та гранично допустимі значення усталеного відхилення напруги δU_y на виводах електроприймачів дорівнюють відповідно $\pm 5 \pm 10 \%$ від номінальної напруги електричної мережі;

- нормально допустимі та граничнодопустимі значення напруги в точках загального приєднання споживачів електричної енергії до електричних мереж напругою 0,38 кВ і більше повинні бути встановлені в договорах на використання електричної енергії з врахуванням необхідності дотримання норм чинного стандарту на виводах електроприймачів.

Відхилення частоти напруги змінного струму в електричних мережах характеризується показником відхилення частоти, для якого встановлені такі норми:

- нормально допустиме та граничнодопустиме відхилення частоти відповідно дорівнюють 0,2 та 0,4 Гц.

Значення вторинної напруги трансформатора ТМ-1000/10 приведені до його первинної напруги:

					ДП 2021 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		<i>Станкович</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>					
Н. Контр.					Якість електричної енергії		
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>					
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск		

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

де $U_2^{\text{НН}}$ – напруга на НН шинах;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в кабелі СБ – 3 x 50;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати в трансформаторі ТМ – 1000 / 10.

Втрати напруги в ТМ – 1000/10 у відсотках:

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{тр}}} * 100 = \frac{12.2}{1000} * 100 = 1.12 \%,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{5.5^2 - 1.12^2} = 5.39\%.$$

Втрати напруги в ТМ – 1000/10 у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \frac{U}{S_{\text{тр}}} * (U_{\text{ка}} * (S_{\text{НН}} * \cos\varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{НН}} * \sin\varphi)) \\ &= \frac{10}{1000} * (1.12 * (827.2 * 0.94) + 5.39 * (827.2 * 0.34)) = 14,3 \text{ В.} \end{aligned}$$

Значення $U_2^{\text{НН}}$:

$$U_2^{\text{НН}} = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 10000 - 19,2 - 14,3 = 9977,5 \text{ В.}$$

Коефіцієнт трансформації для ТМ – 1000/10:

$$K_{\text{т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0.4} = 25.$$

Фактична напруга на НН шинах:

$$U_2^{\text{Факт}} = \frac{U_2^{\text{НН}}}{K_{\text{т}}} = \frac{9977,5}{25} = 399 \text{ В.}$$

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

6. Електричне освітлення цеху

Найперспективнішим напрямком в освітленні підприємств і їх цехів в наш час є світлодіодне освітлення. Джерелом світла в такому освітленні використовуються світлодіоди.

Освітлення на підприємстві потрібне не лише під час роботи, але й для охорони приміщень, евакуації, в разі аварії, тощо.

На підприємствах використовують штучне чи комбіноване світло. Останнє передбачає одночасне використання світильників і природного світла.

Освітлення буває загальним і місцевим. . Воно може бути досить яскравим або невеликої інтенсивності — для орієнтації в просторі.

Місьцеве освітлення використовують тільки як додаткове, наприклад, там, де ведуться роботи зі значним зоровим навантаженням. На виробництвах заборонено встановлювати лише місцеві джерела, оскільки контраст між світлом і тінню може привести до травм.

Вн цеху готової продукції а висоті 3,5 від підлоги прокладен шинопроводи, тому щоб вони нам не заважали, розташуємо світильники нижче рівня шинопроводів

$$H_p = H - h_c - h_p = 4 - 0.5 - 0.5 = 3 \text{ м,}$$

де H – висота цеху ;

h_c – вістань від стелі до шинопроводу;

h_p – рівень робочої поверхні .

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Освітлення цеху	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Станкович</i>						
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>						
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск			

Визначимо площу цеху помолу цементного заводу:

$$S = A \times B = 52 \times 35 = 1820 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість для виробничих приміщень - $E_n = 200$ лк.

Відстань між центрами світильників з врахування КСС для LED – світильників:

$$L = \lambda * H_p = (1,8 \dots 2,6) * 3 = 5,3 \dots 7,8 \text{ м},$$

λ – для LED освітлення - $\lambda = 1.8 \dots 2,6$.

Прийmemo $L = 7$ м.

Числов рядів:

$$n_B = \frac{B}{L} = \frac{35}{6} = 5,83 \approx 6.$$

Число світильників в ряду:

$$n_A = \frac{A}{L} = \frac{52}{6} = 8,67 \approx 9.$$

Кількість світильників для цеху помолу:

$$N_{св} = n_A * n_B = 9 * 6 = 54.$$

Індекс форми приміщення цеху помолу цементного заводу:

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{1820}{3 * (52 + 35)} = 6,97.$$

Прийmemo :

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

Коефіцієнт використання світлового потоку LED - світильників:

$$\eta = 0.8;$$

коефіцієнт запасу $\kappa_z = 1.5$;

коефіцієнт $z = 1.15$.

Світловий потік цеху помолу цементного заводу:

$$\Phi_p = \frac{E_n * S * \kappa_z * z}{N_{дл} * \eta} = \frac{200 * 1820 * 1.5 * 1.15}{54 * 0.8} = 14534,7 \text{ лм.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Обираю LED - лампу M – LED – 60 x 70 - 2000 з номінальним світловим потоком $\Phi_n = 16\,416$ лм.

Відхилення Φ_p від Φ_n :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_n - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{16\,416 - 14\,534,7}{14\,534,7} * 100 = 13\%,$$

дане значення входе в діапазон допустимого рівня відхилення світлового потоку -10...+20 %.

Відхилення для робочого освітлення його освітленості від нормованого показника:

$$E_{\Phi.p} = \frac{\Phi_n}{\Phi_p} * E_n = \frac{16\,416}{14\,534,7} * 200 = 225,9 \text{ лк}$$

$$E_{\Phi.p} \% = \frac{E_{\Phi.p}}{E_n} * 100 = \frac{225,9}{200} * 100 = 112,95\%,$$

тобто фактична освітленість складає 112,95% від нормованої.

Потужність споживана LED - лампами при освітленні цеху помолу в робочому режимі:

$$P_{LED.p.} = N_l * P_n = 54 * 110 = 5\,940 \text{ Вт} = 5,94 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{\text{пит.р.}} = \frac{P_{\text{о.р.}}}{S} = \frac{5940}{1\,820} = 3,26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Прийmemo до уваги, що в цеху встановлена КТП – 1000/6 , висота якої складає 2,65 метра , тому над нею ми розміщувати світильники не будемо.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

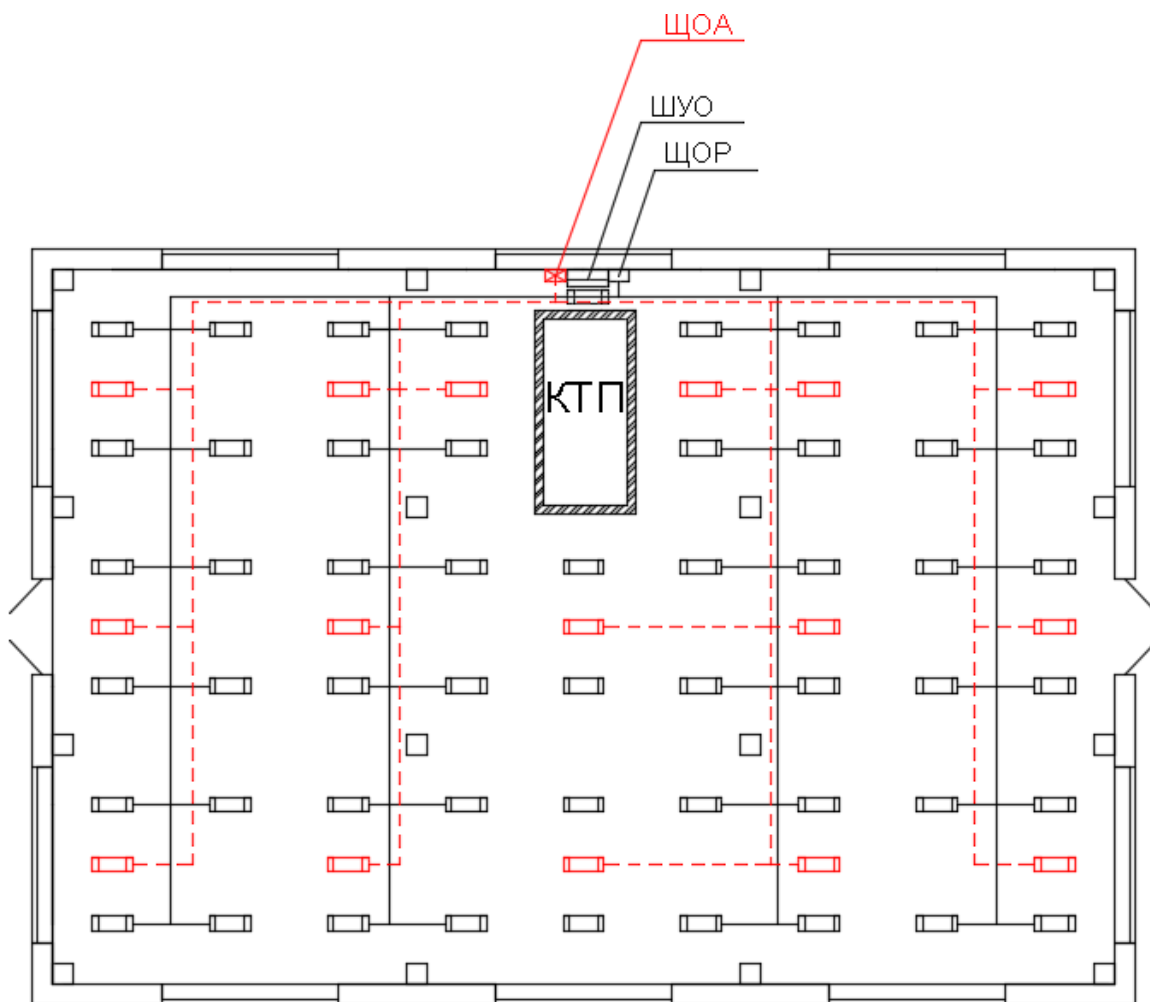


Рис.6 План розміщення робочих і аварійних світильників

LED – світильники будуть кріпитися до лотків.

Навантаження LED - ламп:

$$P_{LEDp} = K_n * P_{LED.p.} = 0.95 * 5,94 = 5,64 \text{ кВт},$$

де $K_n = 0.95$ – для виробничих будівель.

Розрахуємо струм трифазний струм для живлення LED – ламп робочого освітлення:

$$I_{LEDp} = \frac{P_{LEDp}}{\sqrt{3} * U_n * \cos\varphi} = \frac{5,64}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 9 \text{ А.}$$

Для шафи ШУО, на її ввід обраємо захисний апарат – автоматичний вимикач.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq I_{p,j}$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.розч.},j}$$

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1.4 * I_p;$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = 16 \text{ A} > I_p = 9 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{ном.розч.}} = 16 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_p = 1.4 * 9 = 12,6 \text{ A},$$

приймаємо АВ типу ВА21-29.

Для шафи ШУО (шафи управління освітленням) обираємо кабель ВВГ.

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

але, враховуючи що це живлячий кабель, і для мінімізації втрат напруги обираємо кабель ВВГ – 5 х 2,5 , з $I_{\text{доп}} = 30 \text{ A}$.

В ЩОР на ввіді АВ:

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq I_{p,j}$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{ном.розч.},j}$$

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1.4 * I_p;$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = 16 \text{ A} > I_p = 10,6 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{ном.розч.}} = 16 \text{ A};$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_p = 1.4 * 9 = 12,6 \text{ A}.$$

АВ ВА21-29.

В ЩОР на ввіді кабель:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

на ввід до ЩОР обираємо кабель ВВГ – 5 х 2,5 .

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

На відхідні лінії в ЩОР приймаємо кабелі ВВГ- 5 х 1,5.

Аварійне освітлення.

Сумарна потужність LED – ламп аварійного освітлення:

$$P_{LED.a} = N_{л} * P_{н} = 16 * 110 = 1760 \text{ Вт} = 1,76 \text{ кВт.}$$

Струм при цьому:

$$I_{LED.a} = \frac{P_{LED.a}}{\sqrt{3} * U_{л} * \cos\varphi} = \frac{1,76}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 2,8 \text{ А.}$$

В ЩОА на ввіді встановити автоматичний вимикач ВА21-29 .

$$I_{ном.розч.} \geq I_{р.і}$$

$$I_{ном.ав} \geq I_{ном.розч.і}$$

$$I_{ном.розч.} \geq 1.4 * I_{р.і}$$

$$I_{ном.розч.} = 4 \text{ А} > I_{р.і} = 2,8 \text{ А}$$

$$I_{ном.ав} = 63 \text{ А} > I_{ном.розч.і} = 4 \text{ А};$$

$$I_{ном.розч.} = 4 \text{ А} > 1.4 * I_{р.і} = 1.4 * 2,8 = 3,92 \text{ А.}$$

В ЩОА на ввіді кабель:

$$I_{пр} \geq \frac{k_з * I_з}{K_{прок}} = \frac{1 * 4}{1} = 4 \text{ А,}$$

але для мінізації втрат напруги при далеких відстаннях і для забезпечення більшої механічної міцності траси приймаю рішення на ввід до ЩОА вибрати кабель ВВГ – 5 х 1,5 , з $I_{доп} = 23 \text{ А}$.

Для кожної відхідної від ЩОА лінії, обираю кабель ВВГ – 5 х 1,5.

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

7. Спецпитання

7.1. Аналіз використання акумуляторів в електричних мережах промислоаих підприємств.

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні з кожним роком стає більш вираженим та суттєвим фактом заміщення традиційних викопних енергоресурсів. При цьому базовим напрямком розвитку відновлюваної енергетики вважається будівництво мережевих електричних станцій на основі відновлюваних джерел енергії з метою продажу виробленої електроенергії за «зеленим тарифом». Даний напрямок успішно розвивається за рахунок державного стимулювання, однак є обмеженим як з технічної точки зору (через обмеження об'єднаної енергосистеми України з підключення нестабільних джерел електроенергії), так і з часового обмеження, яке визначається законом до 2030 року, коли «зелений тариф» має зрівнятися зі звичайним тарифом на реалізацію електроенергії, що в свою чергу зменшить економічну привабливість об'єктів відновлюваної енергетики. Окрім традиційних напрямків застосування енергії відновлюваних джерел, які розвиваються в Україні, актуальним є залучення відновлюваної енергетики до енергоживлення електротранспорту. Раціональним напрямком в даному ракурсі слід вбачати розвиток зарядних та заправних станцій електромобілів, які як первинний генератор електроенергії використовують енергоустановки, що перетворюють енергію відновлюваного джерела в електричну енергію.

Реалізація зарядних станцій з використанням енергії сонячного випромінювання та вітру вимагає вирішення ряду питань, пов'язаних з встановленням технічних умов зарядних станцій даного типу, математичного описання процесів перетворення та акумуляування енергії з

					ДП 2021 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Спецпитання	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Станкович</i>						
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>						
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-8ск			

врахуванням специфіки процесу зарядження електромобіля та аналізу економічної доцільності впровадження таких станцій в Україні, що вимагає проведення нових пошукових робіт. Крім того, для розвитку ринку електротранспорту важливими є не тільки технікоеконімічні умови реалізації зарядних станцій, але й умови формування мереж зарядних станцій, що пояснюється обмеженою відстанню пробігу електромобіля.

Ринок електромобілів слід вважати новим для України, оскільки він знаходиться 20 на етапі інтенсивного розвитку, посідаючи провідні позиції за темпами нарощування в Європі та світі, що веде за собою вимогу розвитку мереж зарядних станцій електромобілів різних типів.

Сталий розвиток людства, з точки зору енергетики, можливий за умов надійного забезпечення енергетичних потреб промисловості і населення країн. Важливою глобальною проблемою нашого століття є забезпечення енергією, що пояснюється практичним використанням технологій, які є недостатньо ефективними і не можуть задовольнити зростаючий попит. Згідно даних Організації Об'єднаних Націй близько 1,6 млрд. чоловік мають обмежений доступ до електрозабезпечення, та 2,4 млрд. чоловік – до сучасних видів палив для побутових потреб, наприклад, приготування їжі та обігрівання житла [32]. Постійне зростання обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів з однієї сторони призводить до вичерпання існуючих запасів з іншої. Використання існуючих технологій перетворення енергії традиційного викопного палива в інші види енергій (електричну, теплову, механічну та ін.) призводить до інтенсивного забруднення навколишнього середовища, збільшуючи цим самим антропогенний вплив на природу.

Енергія, яка використовується в промисловості, сільському господарстві, побуті, на транспорті та в інших сферах діяльності людини, відноситься, головним чином, до електричної і теплової, при цьому

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

найбільш зручною для транспортування, розподілення та використання споживачами є перша. Електрична енергія з високим коефіцієнтом корисної дії перетворюється в 28 механічну, теплову, світлову та інших види енергій, а пристрої, які її використовують, прості в керуванні. Відомо, що на місцевих (локальних) електричних мережах в Україні досить часто відбуваються аварійні ситуації, а це в свою чергу не дозволяє забезпечувати споживачів якісним та надійним електроживленням.

Ненадійне постачання електричної енергії кінцевих споживачів підтверджується високим коефіцієнтом дефектності мереж, який в Україні становить 13%, а також експлуатацією ліній електропередачі, модернізація яких відбувається значно повільніше, ніж старіння. Часті аварійні ситуації з електричними мережами стали буденним і звичним явищем. І коли у великих містах дана проблеми вирішується відносно швидко, невеликі містечка та селища можуть бути заручниками даної обставини тривалий час. Незадовільний технічний стан ліній електропередачі призводить до масових відключень споживачів, нестабільності частоти, спотворення синусоїдальної форми напруги внаслідок відхилення напруги від установлених меж (перевищенням верхнього 242 В і нижнього 198 В діапазону напруги, імпульсних перешкод амплітудою в одиниці кіловольт. В кращому випадку всі ці фактори призводять до вимикання електроспоживачів, а в гіршому – до виходу їх з ладу. Окрім фактів неякісного електроживлення споживачів від центральних електромереж на території України існує також фактор відсутності сполучення з мережами споживчих об'єктів через ряд причин, серед яких значне віддалення від централізованих електромереж, висока вартість прокладання лінії і в підсумку проекту підключення та інші. До таких споживачів відносяться державні та цивільні установи, розміщені в гірських місцевостях, прикордонні та розміщені вздовж морського берегу військові об'єкти, державні та приватні господарства, розміщені на значній відстані від

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

центральної електромереж, а також приватні та дачні господарства, що не мають сполучення з електричними мережами. Неякісне енергоживлення одних споживачів від централізованих електромереж з однієї сторони та значна віддаленість інших споживачів від центральної електромережі з іншої змушують їх шукати нові шляхи виробітку електричної енергії на місцях, в тому числі і за рахунок використання відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії. Найбільш розповсюдженими автономними джерелами електричної енергії для розглянутих вище споживачів є системи на основі дизельних та бензинових генераторів. Вони прості у використанні та надійні в роботі. Однак, існує ряд недоліків, які обмежують попит на такі установки. В результаті аналізу встановлено, що в процесі вироблення електричної енергії вони використовують дорогі дизельне паливо або бензин, що призводить до високої вартості отриманої електроенергії. Аналіз приведених на рис. 1.2,б кривих показує, що зменшення одиничної потужності дизельного та бензинового генераторів А призводить до значного здорожчання отриманої електроенергії, тоді як на практиці найбільшою популярністю у споживачів користуються автономні системи електроживлення потужністю до 10 кВт. При існуючих на сьогоднішній день тарифах на електроенергію в межах від 0,03-0,07 \$/кВт·год в залежності від обсягів споживання, навіть за умови їх підвищення вартість енергії, отриманої від дизельних генераторів, буде в 2-4 рази, а для бензинових в 3-11 разів вищою, в залежності від одиничної потужності генераторної установки. Навіть постійне зростання вартості електроенергії в межах прийнятих Національною комісією регулювання електроенергетики та комунальних послуг не робить електроживлення від дизельних та бензинових генераторів більш економічно вигідним. Окрім економічних обмежень, на сьогоднішній день дуже гостро стоїть питання екологічності енергетичного устаткування. Як відомо, робота дизельних та бензинових генераторів сама по собі досить гучна, а в результаті згорання

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

дизельного пального та бензину в атмосферу виділяються токсичні компоненти та канцерогени, що негативно впливають на здоров'я людей та погіршують екологічну ситуацію навколишнього середовища. Поруч з традиційними системами автономного енергоживлення на основі бензинових та дизельних генераторів протягом останніх 10-15 років почали набувати попити системи, які використовують місцеві відновлювані джерела енергії для задоволення потреб споживачів. І якщо в розвинених країнах світу масове використання таких систем розпочалося ще в минулому столітті, то в Україні інтерес до них у споживачів почав з'являтися після значного підйому тарифів на електричну енергію та прийняття Закону України про «зелений тариф», в якому закріплене фінансове стимулювання виробників електричної енергії, що використовують відновлювані джерела енергії. Використання систем на основі відновлюваних джерел для електрозабезпечення автономних об'єктів в Україні має досить давню історію. Однак найбільший практичний досвід був досягнутий, при виконанні науководослідних та конструкторських робіт під керівництвом ректора, на той час, «Київського політехнічного інституту» Денисенка Г. І., в результаті яких було досліджено енергосистему на основі ВДЕ на створеному науково-дослідному полігоні «Десна».

Необхідною умовою розвитку та широкого впровадження систем на основі відновлюваних джерел енергії є підвищення ефективності роботи установок даного типу шляхом збільшення ефективності перетворення енергії відновлюваних джерел, участь систем даного типу в регулюванні графіку навантаження енергосистеми, а також підвищення ефективності передачі енергії споживачам шляхом удосконалення існуючих систем акумуляування, перетворення та стабілізації параметрів енергії.

Враховуючи прийнятий «Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року», а також перспективи впровадження

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

технологій «Smart Grid» у національну електричну мережу та необхідність розвитку зарядних станцій електромобілів, в тому числі і на основі ВДЕ, постає питання про створення єдиних підходів до правильного вибору генеруючого та акумулюючого устаткування як класичних, так і комплексних систем електроживлення на основі відновлюваних джерел енергії з урахуванням енергетичного потенціалу місцевих відновлюваних джерел, режимів роботи обладнання при умові відсутності негативного впливу на роботу централізованої енергосистеми. Це, в свою чергу, вимагає проведення пошукових робіт з дослідження режимів роботи устаткування на основі ВДЕ для зарядження акумуляторів енергії в складі комплексних енерговузлів з метою встановлення ефективних методів зарядження з урахуванням факторів: випадковості виробітку енергії вітровими та фотоелектричними установками, оптимального співвідношення ємності акумуляторної батареї, потреб споживача, потужності відновлюваного джерела, економічно обґрунтованого вирішення питання поєднання потужностей різних відновлюваних джерел в комплексних системах з акумуляторними батареями.

7.2. Сучасний стан використання відновлюваних джерел енергії.

Використання енергії відновлюваних джерел в даний час є одним із пріоритетних напрямів розвитку світової енергетики. Основною перевагою відновлюваних джерел енергії є їх невичерпність та екологічна чистота, що сприяє поліпшенню екологічного стану і не призводить до зміни енергетичного балансу на планеті. Більшість проектів відновлюваної електрогенерації, що реалізуються в Україні, підключаються до централізованої мережі для передачі електроенергії споживачам. Однак згідно відновлювані джерела енергії мають різноплановий вплив на роботу електричних мереж, який змінюється в залежності від потужності, типу, місця розташування та топології мережі. Крім того, відзначається

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

загострення проблеми забезпечення стійкості за напругою при підключенні ВДЕ до електричних мереж. Станом на сьогоднішній день дане питання залишається не вирішеним. Проте наявність великого вітроенергетичного потенціалу в 60 млрд. кВт· год (15 млн.т.н.е.) та фотоелектричного потенціалу в 5,7 млрд. кВт· год (1,4 млн.т.н.е.) змушує шукати нові шляхи залучення відновлюваної енергетики до загального енергобалансу країни з метою скорочення споживання імпортованих енергоносіїв та покращення екологічної ситуації. Зважаючи на це, актуальним є розширення варіантів застосування автономних систем електроживлення на основі ВДЕ без підключення до ОЕС. Важливим, з точки зору розвитку світового ринку, є ринок електромобілів. Зокрема, в 2018 році загальносвітовий показник продажу склав 1,98 млн. одиниць . Лідируючими в цьому напрямку країнами виступили Китай та Японія. В Європі відзначилися майже дворазовим збільшенням ринку екологічного транспорту. Такі швидкі темпи приросту ставлять актуальне питання будівництва зарядних станцій електромобілів. Робота таких зарядних станцій від централізованих мереж в нічний час сприятливо впливатиме на графік навантаження енергосистеми, однак в пікові періоди (з 800 по 1100 та з 1700 по 2100 години доби) збільшить гостропікове споживання, що негативно відобразиться на роботі мережі в цілому. Одним з варіантів розширення застосування ВДЕ (в ракурсі збільшення кількості зарядних станцій електромобілів) є використання в якості джерела живлення автономних зарядних станцій електромобілів вітроелектричних, фотоелектричних чи комплексних вітро-сонячних енергоустановок. При цьому, впровадження зарядних станцій на основі ВДЕ не впливатиме на центральну електромережу (як відмічалось вище), підвищить показник використання енергетичного потенціалу відновлюваних джерел та покращить екологічну ситуацію місцевості, де рухаються електричні транспортні засоби. Станом на сьогоднішній день робота таких зарядних

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

станцій на основі ВДЕ вивчена в неповній мірі, що пояснюється відсутністю єдиних підходів до визначення умов реалізації станцій даного типу, режимів роботи відновлюваного джерела енергії в залежності від ємності тягових акумуляторних батарей електромобілів та методу зарядження АБ при врахуванні випадкового характеру виробітку, впливу надходження енергії вітру та сонячного випромінювання на вибір буферних акумуляторів станції та ін., що в свою чергу вимагає проведення пошукових робіт з вирішення даних завдань. На сьогоднішній день є велика кількість промислових акумуляторів енергії різних типів, що можуть застосовуватись в електротранспорті. Однак визначальними факторами їх застосування для конкретного виду електромобілів є питомі енергетичні показники. Згідно приведеної діаграми, найбільші перспективи залучення до технології електромобільності мають літєві та літійонні АБ, а також паливні елементи, особливо на основі водню. Розвитку цих напрямків сьогодні приділяється багато науково-дослідних та пошукових робіт. Згідно аналізу сучасних літературних даних розвитку світового ринку відновлюваної енергетики та електротранспорту і зарядних станцій до нього встановлено, що він стабільно зростає, тобто відновлювана енергетика в енергетичній сфері так само, як і електротранспорт в транспортній галузі відіграють все більшу роль і за прогнозами експертів дана картина тільки підсилуватиметься. Зокрема, сумарна встановлена потужність всіх об'єктів відновлюваної енергетики в світі на кінець 2018 року склала 2350 ГВт, тоді як приріст електромобілів на кінець 2018 року склав близько 5,12 мільйони одиниць (електричних та гібридних), а кількість зарядних станцій (повільного та швидкого заряду) досягла 5,22 млн. Слід відмітити, що промисловий розвиток станцій швидкого зарядження розпочався не так давно, а саме з 2013 року, коли ринкова кількість електромобілів перевищила півмільйона одиниць і постало питання їх швидкого зарядження не тільки в містах, а й на дорогах міжнародного значення, автобанах, магістралях і т.д.

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

7.3.2. Особливості застосування лужних нікель-залізних акумуляторних батарей .

Подальший пошук альтернативних варіантів надійного акумулятора для електромобіля з метою покращення технічних, енергетичних та екологічних характеристик автономного джерела живлення припадає на відкриття Томаса Едісона в 1901р., коли ним було створено нікель-залізне вторинне джерело енергії. Вже на початку ХХ століття даний тип акумуляторів почали використовували для таких електромобілів, як Detroit Electric та Baker Electric [63]. Електрохімічна система нікель-залізного акумулятора складається з окисно-нікелевого катоду, залізного аноду та лужного електроліту.

1.3.3. Особливості застосування нікель-металогідридних акумуляторних батарей

Наступним кроком в розвитку джерел живлення для електромобіля стало створення нікель-металогідридної акумуляторної батареї, коли вперше був запатентований винахід Віллом в 1975 р. Проте промислове виробництво даних вторинних хімічних джерел струму стало можливим після створення сплаву LaNi-Co, який дозволяв оборотно адсорбувати водень протягом більше 100 циклів заряду-розряду.

7.3.3. Особливості застосування літій-іонних акумуляторних батарей

Використання літєвих вторинних хімічних джерел струму як тягового джерела живлення електромобілів на сьогоднішній день є найбільш масовим, що пояснюється в першу чергу високими питомими енергетичними характеристиками даних акумуляторних батарей, великим ресурсом роботи та незначним саморозрядом в порівнянні зі свинцево-кислотними, нікель-залізними та нікель-металогідридними АБ. Не дивлячись на те, що первинні літєві елементи були відкриті на початку 70-х років минулого століття, на створення вторинного літєвого хімічного джерела струму пішло біля 20 років. Промислове виробництво

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

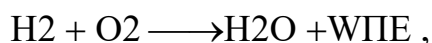
для вітрових та сонячних енергоустановок, а також в джерелах безперебійного електроживлення. Основною причиною високої вартості СК є малосерійність їх виробництва. Тому, розширення областей використання СК сприятиме розвитку їх виробництва за рахунок збільшення попиту та зменшення вартості одиничного виробу. Одним з таких варіантів розширення використання СК є розроблення комбінованих систем електроживлення електромобілів або інших активноіндуктивних навантажень. Враховуючи той факт, що тягові АБ електромобілів працюють не тільки на забезпечення енергією активного навантаження, а і активно-індуктивного 70 (двигуни постійного та змінного струму), що супроводжуються важкими пусковими режимами, велика їх кількість може негативно впливати на роботу тих електрохімічних АБ, які при високих розрядних струмах віддаватимуть значно меншу ємність, ніж Сн. При цьому організація електроживлення даного навантаження від АБ може бути виконана окремим напівпровідниковим перетворювачем для кожного електродвигуна, що дозволить проводити плавний пуск і значно зменшити пускові струми до 2ІН. Однак, така структура, з одного боку, при цілому ряді переваг (регульований електропривод) має відносно високу вартість і з цієї причини не завжди може бути використана. В цей же час двигуни постійного струму (ДПС) дозволяють безпосереднє під'єднання до АБ і здійснення регулювання швидкості за допомогою відносно недорогих напівпровідникових регуляторів. Однак, в цьому випадку при прямому пуску ДПС якірний струм, що буде споживатись від АБ, досягне значної величини (від 10 до 20 ІН). Таким чином, характер функціонування перерахованих вище навантажень, негативно вплине на номінальну ємність АБ та інших характеристик джерела живлення. При високих значеннях пускових струмів в момент під'єднання зовнішнього навантаження, наприклад, АД і ДПС, відбувається провал напруги на АБ

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

невичерпні; - водень має високу теплоту згорання, в кілька разів вищу, ніж у природних газів; - водень, як паливо, може бути використаний для одержання теплової і електричної енергії, а також в будь-якому типі двигунів; - водень - екологічно чисте паливо, основним продуктом його згорання є водяна пара, яка зволожує атмосферу. Все ширше розглядається можливість використання водню як енергоносія майбутнього для вирішення важливих енергетичних і екологічних проблем і зменшення ризику, пов'язаного із збагаченням атмосфери CO₂. Методи одержання, зберігання, транспортування, розподілу та використання водню достатньо широко вивчені і використовуються в промисловості, основною задачею в даний час є підвищення їх економічності, тобто зниження вартості при використанні різних видів водневих систем в промисловому масштабі. Сучасні дослідження показують, що водень може покрити до 85% всіх енергетичних потреб в секторі індустрії і 92% потреб побутового сектору і сектору індивідуальних споживачів. Він може замінити природний газ для побутових потреб, бензин - в двигунах внутрішнього згорання, спеціальні види пального - в ракетній техніці, ацетилен - в процесах зварювання металів, кокс - в металургійних процесах, метан - в паливних елементах. В даний час за кордоном створено ряд повномасштабних демонстраційних і дослідно-промислових установок, що діють на основі нових технологій отримання водню, його очистки, акумулювання, транспортування і використання в окремих галузях: енергетиці, металургії, нафтопереробці, хімічній промисловості, автотранспорті та інших. З точки зору збільшення використання ВДЕ для зарядження електромобілів є технології електролізного виробництва водню та його використання паливними елементами, які встановлюються на електромобілях (FCEVs) для живлення електродвигунів. На відміну від звичайних електромобілів (BEV), в яких електроживлення забезпечується електрохімічними акумуляторними батареями, електромобілі на паливних

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

елементах (Fuel Cells) використовують водень та повітряний кисень для реалізації електрохімічного процесу «холодного горіння водню», в результаті чого утворюється електричний струм для живлення електродвигунів. При цьому роботи з розширення використання паливних елементів фокусуються на широкий спектр транспортних засобів, тобто на легкові електромобілі, електробуси, далекобійні електротягачі, електропоїзди, електрокатери та навіть підводні електросубмарини. Заправні станції електромобілів на паливних елементах за принципом побудови та реалізації процесів дозаправки аналогічні звичайним заправним станціям транспортних засобів на викопних невідновлюваних видах палива. В цьому є певні переваги заправних станцій електромобілів на паливних елементах (FCEVs) над заправними станціями електромобілів з акумуляторними батареями (BEV). Зокрема, тривалість повної заправки FCEVs складає до 10 хвилин (в залежності від об'єму баку на транспортному засобі), в той час, як EV навіть при застосуванні технології Super Charge дозволяє реалізовувати неповний заряд до 80% від номінальної ємності за період до 30 хв. В паливних елементах в результаті перетворення водню в електричну енергію побічними продуктами процесу є утворення води та теплової енергії, тобто електромобілі на паливних елементах (FCEVs) не створюють забруднення навколишнього середовища вихлопними газами:



де: WPE – електроенергія, яку виробляють паливні елементи при взаємодії водню з повітряним киснем, кВт·год. Виробництво водню можливе багатьма промисловими методами. З точки зору перетворення та використання енергії відновлюваних джерел енергії, перспективною є технологія електролізу води з використання електроенергії виробленої установками на основі ВДЕ: Процес виробництва водню електролізом води відрізняється від інших методів одностадійністю і відносно простим

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

апаратурним та технологічним оформленням. Крім того, основною сировиною в даному випадку є вода - найбільш доступне і практично невичерпне джерело.

В Україні даний напрям розширення використання енергії відновлюваних джерел є актуальним через достатньо високий загальний технічно-досяжний енергетичний потенціал ВДЕ, який складає 68 млн. т. н. е.

Крім того, електролізне виробництво водню від ВДЕ не впливатиме на роботу центральної енергосистеми, яка на сьогоднішній день потребує додаткових регулюючих потужностей. Для успішного розвитку в Україні технологій виробництва водню з відновлюваних джерел необхідне вирішення ряду задач, що дозволять визначити конкретні відновлювані джерела енергії, придатні для даного застосування, визначити основні принципи побудови систем перетворення енергії відновлюваних джерел в енергію водню, провести оцінку ефективності перетворення енергії наявних відновлюваних джерел в енергію універсального енергоносія, порівняти схем застосування різних видів відновлюваних джерел для зарядження електромобілів всіх типів. Нові розробки по підвищенню ефективності та здешевленню проведення процесів в галузі одержання та зберігання водню, а також в галузі використання відновлюваних джерел як первинних джерел енергії, стимулюватимуть створення різних проектів з використанням водню, як енергоносія. Великий інтерес можуть представляти проекти по великомасштабному виробництву водню для віддалених районів з високим енергетичним потенціалом відновлювальних джерел. В даному випадку можна говорити про конкурентну здатність таких енергосистем в порівнянні з традиційними; це обумовлено тим, що транспорт водню на далекі відстані дешевше, ніж транспорт електроенергії. Крім того, виключаються витрати, пов'язані з —піковою електроенергією — водень витрачається по мірі необхідності.

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

8. Охорона праці

8.1. Обґрунтування рішення щодо розміщення асинхронних двигунів

Згідно завдання ми проектуємо систему електропостачання цеху готової продукції цементного заводу.

Цех має у своєму складі великий парк споживачів електричної енергії, які використовують асинхронні двигуни. Асинхронні двигуни застосовуються, головним чином, для перетворення електричної енергії в механічну, тобто як двигуни, хоча можуть працювати також й у інших режимах. В електроприводі промислових установок найбільшого поширення набули трифазні асинхронні двигуни (ТАД) Причини поширення ТАД – простота їхньої будови та відносно мала вартість виробництва. У таких машинах відсутні електричні та механічні частини, які легко пошкоджуються або швидко зношуються. ТАД мають найбільшу питому вагу у випуску електричних машин. Приміром, асинхронні двигуни потужністю від 0,12 до 400 кВт споживають більш 40% електричної енергії, що виробляється в світі. Існуюча номенклатура асинхронних двигунів дає можливість вибрати потрібний двигун по захищеності від впливу навколишнього середовища. Так, для вологих приміщень використовують двигуни вологоморозостійкого виконання. Ці двигуни розраховані для роботи при температурі навколишнього середовища до -40 C і відносній вологості до 100% при температурі $+25\text{C}$. Ці двигуни відрізняються від двигунів основного виконання вологоморозостійкою ізоляцією і захисним покриттям всіх вузлів. В приміщеннях із підвищеною концентрацією пилу використовуються пилонепроникні двигуни.

Кваліфікаційні вимоги до персоналу, який обслуговує електроустановки

Кваліфікаційні характеристики професій робітників, зайнятих на експлуатації електростанцій і мереж, обслуговуванні споживачів

					ДП 2021 141			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Станкович М.І.</i>			Охорона праці.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Сірик А.О.</i>						
Реценз.								
Н. контр.		<i>Семко Д.М.</i>				ННІТІ ім.акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск		
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>						

енергії, розроблено відповідно до семи груп кваліфікації, а на ремонті устаткування електростанцій і мереж - до шестирозрядної сітки.

Передбачається, що кваліфікація професій робітників, подана в групах кваліфікації, відповідає кваліфікації професій робітників, поданий у розрядах. Групи кваліфікації і розряди робіт встановлено за їх складністю, як правило, без урахування умов праці.

У характеристиках робіт робітників нижчих груп кваліфікацій (розрядів) окремих професій виходячи з умов виробництва або характеру роботи, що виконується, вказано, що виконання окремих робіт здійснюється під керівництвом робітника вищої кваліфікації.

У таких випадках робітники вищої кваліфікації повинні вміти керувати робітниками нижчих груп кваліфікації (розрядів) тієї ж професії. Крім того, робітники вищих груп кваліфікації, зайняті веденням технологічних процесів, водночас здійснюють і керівництво веденням процесів. За умови обслуговування різного роду устаткування група кваліфікації встановлюється за найбільш складним устаткуванням, що обслуговується, кількість якого визначається нормами обслуговування.

У тих випадках, коли для професії передбачено декілька груп кваліфікації (розрядів), робітник вищої кваліфікації, окрім робіт, перерахованих у кваліфікаційній характеристиці присвоєної групи кваліфікації (розряду), повинен володіти знаннями і навичками для їх виконання і в разі потреби виконувати роботи, передбачені кваліфікаційними характеристиками робітників нижчої кваліфікації цієї ж професії. під час призначення вперше робітників на роботу, пов'язану з обслуговуванням агрегатів, машин та іншого технологічного устаткування, а також у випадках, коли робітник не повністю оволодів комплексом робіт для самостійного ведення технологічного процесу і не засвоїв прийомів і методів роботи, що відповідають встановленій організації праці, або не має необхідних навичок в налагоджуванні й регулюванні устаткування, що обслуговується, адміністрація підприємства за погодженням із профспілковим комітетом має право встановлювати

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

робітнику кваліфікаційну групу (розряд), понижені на одну (один) проти передбачених кваліфікаційною характеристикою, терміном до шести місяців. По закінченні цього терміну питання про встановлення групи кваліфікації (розряду), передбачених кваліфікаційною характеристикою, вирішується у встановленому порядку. Упродовж означеного терміну адміністрація підприємства зобов'язана надавати такому робітникові допомогу для повного засвоєння ним всього комплексу робіт, передбаченого у кваліфікаційній характеристиці відповідної групи кваліфікації (розряду).

Окрім робіт, передбачених кваліфікаційними характеристиками, робітники повинні також виконувати роботи, пов'язані з прийманням і здаванням зміни, вчасною підготовкою до роботи свого робочого місця, устаткування, інструменту, пристроїв і утриманням їх в належному стані, веденням встановленої технічної документації, а також повинні знати види аварійних ситуацій, причини їх виникнення і способи запобігання та усунення.

Робітники, безпосередньо зайняті обслуговуванням агрегатів, машин і механізмів, за умовами виконуваної роботи повинні володіти слюсарною справою, знаннями і навичками в обсязі, необхідному для виявлення і усунення несправностей, та виконувати ці роботи. Окрім відповідних теоретичних і спеціальних знань, вимоги до яких викладено у кваліфікаційних характеристиках, працівники також повинні знати:

- посадову (робочу) інструкцію;
- технологічні карти;
- Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж (ПТЕ);
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (з1143-06);
- Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж;
- Правила безпеки (ПБ);
- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (з0093-98);
- Правила влаштування електроустановок (ПВЕ);

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

- Правила влаштування та безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води (z0636-98);
- Правила радіаційної безпеки;
- Правила протипожежної безпеки (ППБ);
- Правила Держнаглядохоронпраці;
- Положення системи управління охорони праці в Міненерго України;
- нормативно-технічну документацію, що діє в енергетиці України;
- правила охорони праці у відповідності до Закону України "Про охорону праці" (2694-12);
- Правила безпеки в газовому господарстві;
- Правила влаштування і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском (z0655-96);
- Правила організації технічного обслуговування і ремонту устаткування, будівель і споруд електростанцій і мереж Міненерго України;
- Положення про інструктаж, навчання і перевірку знань робітників підприємств, установ і організацій галузі з питань охорони праці і експлуатації устаткування;
- Правила внутрішнього трудового розпорядку підприємства;
- Правила й норми виробничої санітарії;
- основи економіки енергетики;
- інші нормативні акти в обсязі знань за своєю професією.

8.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці на тему: Основні ізолюючі електрозахисні засоби для електроустановок напругою до 1000В

До основних ізолюючих електрозахисних засобів для електроустановок напругою до 1000 В відносяться:

-ізолюючі штанги; -ізолюючі кліщі; -електровимірювальні кліщі; -показчики напруги; -діелектричні рукавички; -інструмент з ізолюючим покриттям.

Вимоги щодо комплектування електроустановок електрозахисними засобами регламентуються Правилами, Положенням про порядок забезпечення

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

працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ДНАОП 0.00-4.26-96), галузевими чинними нормативами тощо.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок засобами захисту згідно з нормами комплектування, за організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та організацію обліку несе власник цих засобів.

Електрозахисні засоби повинні зберігатись у приміщеннях в спеціально відведених місцях сухими і чистими, в умовах, що виключають можливість їх механічних ушкоджень, шкідливої дії вологи, агресивного середовища, мастила тощо.

У встановлені нормативами терміни електрозахисні засоби повинні оглядатись з перевіркою їх наявності згідно з вимогами до комплектування, очищатись від пилу, забруднень тощо, періодично проходити спеціальні випробування на відповідність їх діелектричних, механічних і т.ін. показників чинним вимогам. Крім того, електрозахисні засоби повинні оглядатись перед кожним їх застосуванням. При таких оглядах увага звертається на справність засобів захисту, відсутність тріщин, подряпин та деформації ізолюючих елементів, терміни чергової перевірки. У разі виявлення перерахованих дефектів чи простроченого терміну чергового випробування, користування електрозахисними засобами забороняється. При оглядах діелектричних рукавичок і діелектричного взуття увагу слід звертати на наявність вологи, забруднень, розривів, інших механічних пошкоджень. Відсутність розривів і проколів рукавичок перевіряється скручуванням їх від нарукавника в бік пальців. Вимоги до термінів випробування електрозахисних засобів, методики і параметрів цих випробувань регламентуються Правилами залежно від типу електрозахисних засобів.

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

8.3. Індивідуальне завдання

Завдання 1. Людина доторкнулась до фазного проводу чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю (380/220 В, 50 Гц). Накреслити схему і визначити напругу дотику ($U_{\text{дот}}$) та силу струму, що проходить через людину ($I_{\text{л}}$) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному і аварійному.

1. В нормальному режимі для двох випадків :

1.1. при $C_A = C_B = C_C = 0$ і $R_A = R_B = R_C = R$, кОм; опір **R** має значення, наведені у таблиці.

1.2. $C_A = C_B = C_C = C$ мкФ , і $R_A = R_B = R_C = \infty$; ємність **C** має значення, наведені в таблиці.

2. В аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{\text{зам}}$, Ом).

Таблиця 8.1

Варіант	$R_{\text{л}}$, Ом	R_0 , Ом	Нормальний режим		Аварійний режим		
			1 випадок : $C_A = C_B = C_C = 0$ $R_A = R_B = R_C = R$	2 випадок : $R_A = R_B = R_C = \infty$; $C_A = C_B = C_C = C$	R , кОм	C , мкФ	$R_{\text{зам}}$, Ом
4	650	4	2; 2; 10; 18; 30; 70 кОм	0,01; 0,04; 0,2 ; 0,4; 0,8; 1 мкФ	10	0,02	120; 60; 6; 0,4

1.1. У нормальному режимі роботи мережі провідності фазного і нульового проводів відносно землі припущено дорівнюють 0 (рис. 8.1).

В цьому випадку напруга дотику знаходиться за формулою

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_0} ;$$

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

$$U_{\text{дот}} = 220 \cdot \frac{650}{650 + 4} = 218,65 \text{ В.}$$

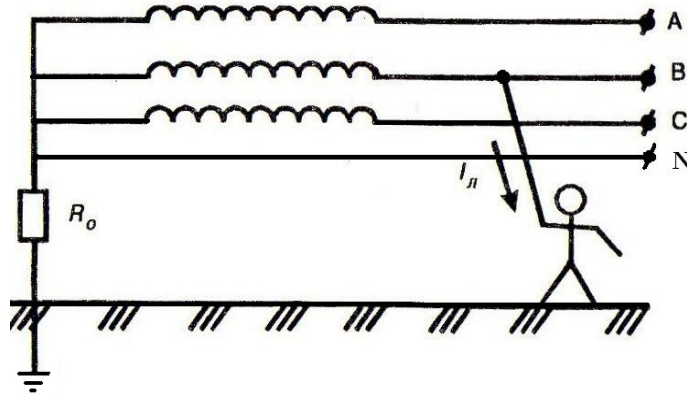


Рис.8.1. Однофазний дотик до фази 4-провідної мережі (заземлена нейтраль).

Струм через людину знайдемо за формулою :

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + R_0};$$

$$I_{\text{л}} = \frac{220}{650 + 4} = 0,336 \text{ А. ?}$$

2. Аварійний режим розглядаємо для випадку, коли одна з фаз замкнута на землю (наприклад – С), через відносно малий активний опір $R_{\text{зам}}$ (рис. 8.2).

У цьому випадку напругу дотику визначаємо за формулою :

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot R_{\text{л}} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}}(R_{\text{зам}} + R_0)};$$

Знаходимо $U_{\text{дот}}$ для наступних значень :

$U_{\phi} = 220 \text{ В}$; $R_{\text{л}} = 650 \text{ Ом}$; $R_{\text{зам}} = 120 \text{ Ом}$; $R_0 = 4 \text{ Ом}$.

$$U_{\text{дот}} = 220 \cdot 650 \cdot \frac{120 + 4 \cdot \sqrt{3}}{120 \cdot 4 + 650(120 + 4)} = 221,65 \text{ В.}$$

За тими же вхідними даними розраховуємо струм через людину :

$$I_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}}(R_{\text{зам}} + R_0)};$$

$$I_{\text{дот}} = 220 \cdot \frac{120 + 4 \cdot \sqrt{3}}{120 \cdot 4 + 650(120 + 4)} = 0,344 \text{ А ?}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Знаходимо інші значення $U_{\text{дот}}$ та $I_{\text{дот}}$ підставляючи відповідні параметри $R_{\text{зам}}$. Отримані значення заносимо до таблиці 8.2.

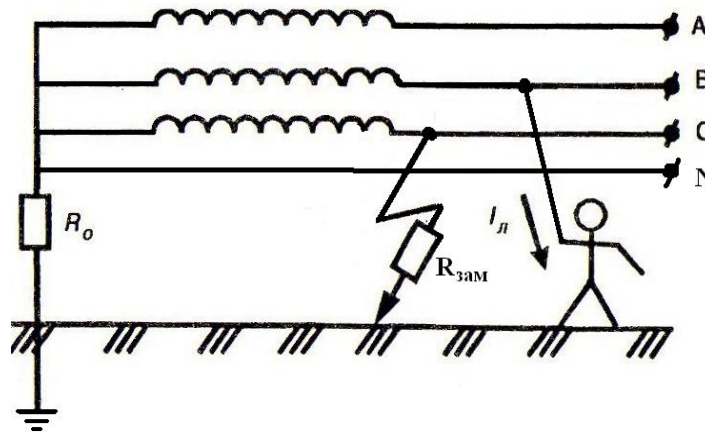


Рис. 8.2. Однофазний дотик до фази 4-провідної лінії (аварійний режим).

Таблиця 8.2

U_{ϕ}	220, В			
$R_{\text{л}}$	650, Ом			
R_0	4, Ом			
$R_{\text{зам}}$	120	60	6	0,4
$U_{\text{дот}}$	218,65	228,7	286,1	357,5
$I_{\text{дот}}$	0,344	0,352	0,44	0,55

Завдання 2. Людина доторкнулась до фази трифазної трипровідної мережі з ізолюваною нейтраллю. Накреслити схему і визначити напругу дотику $U_{\text{дот}}$ та струм, що проходить через людину - $I_{\text{дот}}$, для двох режимів роботи електроустановки – нормального та аварійного.

2.1. При рівності активних опорів і відсутності ємностей, тобто

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

зводимо їх у таблицю 8.4.

Таблиця 8.4

R	10000					
U_{дот}	35,9					
Для лінії з ємнісним опором						
C	0,01	0,04	0,2	0,4	0,8	1
X_c	318,4 · 10³	79,6 · 10³	15,9 · 10³	7,9 · 10³	3,9 · 10³	3,1 · 10³
U_д (ємн)	1,34	5,38	13,5	26,8	98,4	117,15

2.2. При аварійному режимі роботи мережі, коли одна із фаз замкнута на землю через відносно малий активний опір $R_{зам}$, провідності двох інших фаз можна прийняти рівними нулю, тобто $Y_A = Y_B = 0$

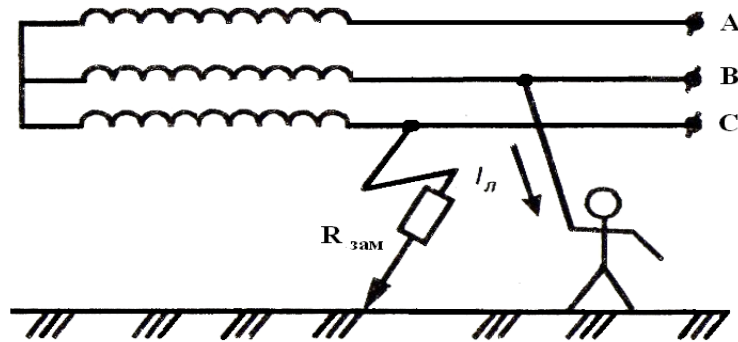


Рис. 8.4. Однофазний дотик до проводу трифазної мережі (ізольована нейтраль, аварійний режим).

У цьому випадку (при $R_{зам}=120$ Ом) визначаємо напругу дотику за формулою :

$$U_{дот} = \frac{U_{\phi} \cdot R_L \cdot \sqrt{3}}{R_L + R_{зам}} ; \quad U_{дот} = \frac{220 \cdot 650 \cdot \sqrt{3}}{650 + 120} = 32$$

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

Список використаної літератури

1. Сірий О.М., Шестеренко В.Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник – К.:ІСДОУ, 1993 – 592 с.

2. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.

3. Основи електроенергетики та електропостачання : Підручник. – 2 – ге вид., переоб., і доп. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» , 2009. – 436 с.

4. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.

5. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.

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. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств : навч. посіб. / В.Є.Шестеренко ; М-во освіти і науки України як, підруч. / В. Є. Шестеренко ; НУХТ. — Вінниця : Нова Книга, 2011. — 656 с.

8. Електро постачання промислових мереж : навч. посіб. / В.Є.Шестеренко, О.В. Шестеренко ; М-во освіти і науки України, як посібник до курсового та дипломного проекту, Київ 2013. – 424 с.

					ДП 2021 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Література		
Розробив		<i>СтанковичМ</i>					
Перевірив		<i>Семко Д.М.</i>					
Н. Контр.							
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8ск		