

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Відділення "Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук"
Кафедра "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

До захисту допущено
завідувач кафедру

І.В. Нездвєцька

“ _____ ” _____ 2024 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної випускової роботи
освітньо-професійного ступеня “фаховий молодший бакалавр”
спеціальність **141 “Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”**
на тему: “ **Проект підвищення енергоефективності системи
електропостачання керамічного цеху** ”

Виконав: студент IV курсу, групи Е -42
спеціальності
141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
_____ Касьянов Є.В.
Керівник роботи _____ к.т.н., доц. Нездвєцька І.В.

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП		4
1	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	5
2	АНАЛІЗ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	8
2.1	Характеристика електричних навантажень	8
2.2	Короткий опис прийнятого розрахунку електричного навантаження	8
2.3	Визначення електротехнічних параметрів навантаження	12
3	ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	16
3.1	Розрахунок електроосвітлення	16
3.2	Обґрунтування параметрів обладнання компенсації реактивної потужності	19
3.3	Вибір кабельно-провідникової продукції та захисних апаратів	19
3.4	Складання принципової схеми живлення та розподільчих мереж	24
3.5	Розрахунок струмів однофазного короткого замикання	37
4	ВИБІР СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ТП, КІЛЬКОСТІ І ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ	41
4.1	Коротка характеристика джерел живлення	41
4.2	Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень	42

					<i>ДП 14.104.2.030 ПЗ</i>				
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>								
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>								
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК гр. Е-42</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>								

ВСТУП

Системи електропостачання (СЕП) відрізняються від інших технічних систем за багатьма параметрами: великою кількістю (до тисяч) елементів, дискретністю номінальних параметрів і багатofункціональністю деяких з них, випадковим характером електричних навантажень і зовнішніх впливів, розподіленістю елементів СЕП на значній території, багатокритеріальністю функцій керування та експлуатаційними обмеженнями.

Сучасна СЕП повинна забезпечувати оптимальні значення ефективності, надійності, якості електроенергії, електробезпеки та багатьох інших критеріїв, включаючи енергозбереження. Крім того, кожен з цих критеріїв оптимізації має багато показників.

Окремі задачі оптимізації можуть бути вирішені двома способами: аналітичним та статистичним. Аналітичні рішення зазвичай передбачають низку припущень, які є важливими і виправданими для відповідної галузі. Статистичні методи використовують досвід, накопичений при проектуванні та експлуатації системи. Цей досвід вилився в численні галузеві інструкції та правила, іноді суперечливі за своїм змістом і фізичною природою.

Цей проект ґрунтується на накопиченому інтелектуальному, експлуатаційному, організаційному та технічному досвіді попередніх поколінь енергетиків і являє собою спробу оптимізувати проектування джерел живлення для промислових об'єктів на основі існуючих нормативних документів.

					<i>ДП 14.104.2.030 ПЗ</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>						

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Завод «Першотравенський електрофарфор», розташований у Звягельському районі Житомирської області, спеціалізується на виробництві керамічних електроізоляторів. Вони виготовляються за порцеляновою технологією, при якій висушені вироби глазуруються і обпалюються для отримання високоякісних готових виробів з високою міцністю, гігроскопічністю і термостійкістю.

Керамічні суспензії готують шляхом тонкого подрібнення сировини. Після досягнення бажаного розміру частинок суміші, шлам використовується для пресування порошку, а пресування формує виріб з необхідними геометричними розмірами. Потім проводяться сушка, рециркуляційний випал, глазурування та ангобування, заливальний випал (1100-1150 °С) та декоративний випал. Звичайно, на кожному етапі необхідно вміти контролювати процес виробництва, оскільки відхилення призводять до браку. Керамічний шлікер подається спеціальними насосами мембранного пневматичного типу для шлікера та кераміки – насосами BOXER ALU – НТТЛТ (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Насоси BOXER ALU – НТТЛТ

					<i>ДП 14.1042.030 ПЗ</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>						

де $\cos \varphi$ – вибираємо з [2] .

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших споживачів. Отримані результати заносимо до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати обчислень електротехнічних параметрів навантаження цеха

№ п/п	Назва споживачів	N	$P_{\text{ном.1, кВт}}$	$P_{\text{ном.сум. кВт}}$	K_B	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	$P_{\text{зм.}} \text{ кВт}$	$Q_{\text{зм.}} \text{ кВар}$	η_e	K_{max}	$P_{\text{max}} \text{ кВт}$	$Q_{\text{max}} \text{ кВар}$	$S_{\text{max}} \text{ кВ А}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Формовочний напівавтомат	2	5	10	0,17	0,65/1,2	1,7	20,4	-	-	-	-	-
2	Піч обпалювальна	4	13,4	53,6	0,17	0,65/1,2	9,11	10,93	-	-	-	-	-
3	Кульовий млин	1	3	3	0,17	0,65/1,2	0,51	0,61	-	-	-	-	-
4	Верстат для заливки маси	1	1,1	1,1	0,17	0,65/1,2	0,19	0,23	-	-	-	-	-
5	Змішувач	2	6	12	0,17	0,65/1,2	2,04	2,45	-	-	-	-	-
6	Насос	1	7,5	7,5	0,7	0,8/0,75	5,25	3,94					
7	Верстат для зачистки виробів	1	1	1	0,17	0,65/1,2	0,17	0,2					
8	Вентилятор	1	5,5	5,5	0,6	0,8/0,75	3,3	2,48					
9	Заточувальний верстат	1	1,1	1,1	0,17	0,65/1,2	0,19	0,23					
10	Вентилятор	2	1,1	2,2	0,6	0,8/0,75	1,32	1					
11	Блок живлення паяльників	1	1,5	1,5	0,17	0,65/1,2	0,26	0,31					
Всього		17	-	98,5	0,3	-	24,4	42,7	15	1,61	158,6	47,6	165,4

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших верстатів. Сумуємо активну та реактивну потужності за зміну, по табл. 2.1: $\sum P_{зм} = 24,04$ кВт; $\sum Q_{зм} = 42,78$ кВар. Сумуємо кількість електроспоживачів: $n = 17$ шт., визначаємо сумарну потужність приєднаних електроспоживачів, по табл. 2.1:

$$\sum P_{ном.сум} = 98,5 \text{ кВт.}$$

Визначаємо середній коефіцієнт використання:

$$K_{в.с.} = \sum P_{зм} / \sum P_{ном.сум}; \quad (2.6)$$

$$K_{в.с.} = 24,04 / 98,5 = 0,24;$$

Тоді ефективне число електроприймачів:

$$n_e = 2 \cdot \sum P_{ном.сум} / P_{ном.1макс} \quad (2.7)$$

$$n_e = 2 \cdot 98,5 / 13,4 = 14,7 \approx 15 \text{ приймачів;}$$

Визначаємо коефіцієнт максимуму навантаження:

$$K_{max} = f(K_{в.с.}, n_e); \quad (2.8)$$

$$K_{max} = 1,61 \text{ (з додатку 14);}$$

Визначаємо максимальну потужність об'єкту проектування:

$$P_{max} = K_{max} \sum P_{зм} [\text{кВт}], \quad (2.9)$$

$$P_{max} = 1,61 \cdot 98,5 = 158,6 \text{ (кВт);}$$

$$Q_{max} = 1,1 \sum Q_{зм} [\text{кВар}], \text{ при } n_e \leq 10; \quad (2.10)$$

$$Q_{max} = \sum Q_{зм} [\text{кВар}], \text{ при } n_e > 10; \quad (2.11)$$

$$Q_{\max} = 1,1 \cdot 42,78 = 47,06 \text{ (кВар)};$$

Визначаємо повну максимальну потужність:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} \text{ [кВА]}, \quad (2.12)$$
$$S_{\max} = \sqrt{158,6^2 + 47,06^2} = 165,4 \text{ (кВА)}$$

Визначаємо коефіцієнт потужності $\cos \varphi_M$:

$$\cos \varphi_{\max} = P_{\max} / S_{\max}; \quad (2.13)$$

$$\cos \varphi_{\max} = 158,6 / 165,4 = 0,96;$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{\sqrt{1 - 0,96^2}}{0,96} = 0,29.$$

Потужність компенсуючого пристрою:

$$Q_{\text{к.п.}} = Q_{\max} - Q_e = P_{\max} (\operatorname{tg} \varphi_{\max} - \operatorname{tg} \varphi_e) \text{ [кВар]}, \quad (2.14)$$

де Q_e – реактивна потужність, що передається з мережі;

$\operatorname{tg} \varphi_e = 0,25$ – для Житомиробленерго, Київобленерго (задається енергосистемою).

$$Q_{\text{к.п.}} = 158,6 \cdot (0,29 - 0,25) = 6,34 \text{ (кВар)}.$$

3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1 Розрахунок електроосвітлення

При проектуванні світлотехнічної частини вибирають:

- а) джерело світла;
- б) освітленість та коефіцієнт запасу;
- в) системи та види освітлення;
- г) світильники, їх розташування та висоту підвісу;
- д) визначають встановлену освітлювальну потужність цеху [6].

Освітлювальні установки (ОУ) повинні забезпечувати достатнє і безпечне освітлення виробничого процесу. Важливим фактором, що визначає якість освітлювальних установок, є хороша видимість об'єктів, що освітлюються.

Існують норми і правила штучного освітлення, які є обов'язковими для всіх організацій. Вони визначають мінімальний розмір освітленості в залежності від розмірів об'єктів, що освітлюються, ступеня контрастності об'єктів і категорії робіт, що виконуються.

Для світильників в основних приміщеннях використовуються люмінесцентні лампи, а в допоміжних – лампи розжарювання.

Робоче освітлення виконано на напругу 220 В, ремонтне і аварійне – 36 В.

Вихідні дані:

Ширина приміщення: $a = 40,0$ м;

Довжина приміщення: $b = 70,0$ м;

Норма освітленості: $E_n = 200$ лк;

					<i>ДП 14.1042.030 ПЗ</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>						

Розрахункова висота приміщення: $h_p = 3,3$ м.

Коефіцієнт відображення приміщення:

- коефіцієнт відбивання стелі $R_p = 0,5$;
- коефіцієнт відбивання стін $R_c = 0,5$;
- коефіцієнт відбивання розрахункової поверхні $R_r = 0,3$.

Характер приміщення при пожежонебезпеці та вибухонебезпечні П-П.

Вибираємо джерелом освітлення люмінесцентні лампи (ЛЛ) низького тиску типу ЛБ з паспортним значенням світлового потоку $\Phi = 3200$ лм.

Коефіцієнт запасу ОУ з ЛЛ: $K = 1,5$.

Коефіцієнт запасу на нерівномірність освітлення з ЛЛ: $z = 1,1$.

Вибираємо тип світильника ЛП 002.

Тип кривої сили світла: $\Gamma - 1$.

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{(a \cdot b)}{h_p \cdot (a + b)} \quad (3.1)$$
$$i = \frac{(40 \cdot 70)}{3,3 \cdot (40 + 70)} = 7,7.$$

Для заданих відбиваючих властивостей приміщення та відповідним типом кривої сили світла $\Gamma-1$ для вибраного типу світильника коефіцієнт використання ОУ: $\eta = 0,45$.

Відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot h_p \quad (3.2)$$

$$L = 1,3 \cdot 3,3 = 2,6 \text{ м,}$$

де λ – відношення відстані між світильниками до розрахункової висоти.

Тоді число рядків буде:

$$N = \frac{a - L}{L} + 1 \quad (3.3)$$
$$N = \frac{40 - 2,6}{2,6} + 1 = 15 \text{ рядків.}$$

Для розрахунку вибираємо 15 рядів світильників.

Проводимо розрахунок потужності ОУ з ЛЛ при числі рядків, який дорівнює 15 та при вибраних типах ламп світильників. Світловий потік одного рядка буде складати:

$$\Phi' = \frac{a \cdot b \cdot k \cdot z \cdot E_n}{N \cdot \eta} \quad (3.4)$$

$$\Phi' = \frac{40 \cdot 70 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 200}{15 \cdot 0,45} = 136888 \text{ лм.}$$

Розрахункова кількість світильників в рядку:

$$n_{\text{св}} = \frac{\Phi'}{\Phi}, \quad (3.5)$$

$$n_{\text{св}} = \frac{136888}{3200} = 42.$$

В кожному рядку ставимо по 42 світильника. Розрахунок фактичного освітлення:

$$E_p = \frac{\Phi_l \cdot N \cdot n_{\text{св}} \cdot \eta}{k \cdot z \cdot a \cdot b}, \quad (3.6)$$

$$E_p = \frac{3200 \cdot 15 \cdot 42 \cdot 0,45}{1,5 \cdot 1,1 \cdot 40 \cdot 70} = 196 \text{ лк.}$$

Розраховуємо відносну похибку:

$$\nu = \frac{196 - 200}{200} \cdot 100\% = -6,5\%.$$

Оцінка результату розрахунку повинна знаходитись в межах:

$$-10\% < \nu < +20\%,$$

тобто розрахунок задовольняє умовам. Отже приміщення освітлюється двома рядками світильників ЛЛП 002 2x40.

Допоміжне освітлення підсобних та офісних приміщень виконано за допомогою світлодіодних ламп.

3.2 Обґрунтування параметрів обладнання компенсації реактивної потужності

З [10] вибираємо: конденсаторну батарею, характеристики якої заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика конденсаторної батареї

Тип конд. установки	$U_{\text{ном.}}$, кВ	$Q_{\text{ном.}}$, кВар	Ємність, мкФ	$I_{\text{ном.}}$, А
ККС-0,4-7,5-3	0,4	7,5	149,2	10,8

3.3 Вибір кабельно-провідникової продукції та захисних апаратів

Загальновідомо, що провідники нагріваються, коли по них протікає струм за законом Джоуля-Ленца. Надмірно високі температури нагріву провідників можуть призвести до передчасного зносу ізоляції, погіршення контактних з'єднань і пожежної безпеки. З цієї причини допустимі температури нагріву провідників встановлюються в різних режимах, залежно від марки провідника і матеріалу ізоляції. У додатковій літературі наводяться значення допустимих температур нагріву провідників, відповідно до яких встановлюється допустимий струм нагріву $I_{\text{доп}}$.

При розрахунку опалювальної мережі спочатку вибирається марка провідника відповідно до характеристик внутрішнього середовища приміщення і способу прокладки мережі. Далі підбирається переріз провідника за умовами допустимого струму нагріву [7]. Для цього розрахунковий струм порівнюється з допустимим струмом нагріву відповідно до наступних умов:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p; \quad (3.7)$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм нагрівання;

I_p - розрахунковий струм електроспоживача.

Наприклад, для мережі освітлення - група № 1, номінальний струм визначається [7]:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi} \text{ [A]}, \quad (3.8)$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{0,924}{0,22 \cdot 0,95} = 4,42 \text{ (A)}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач з трьох умов [7]:

$$1) I_{\text{н.авт.}} \geq I_{\text{НОМ}}, \quad (3.9)$$

$$63 \text{ A} \geq 4,42 \text{ A},$$

$$2) I_{\text{т.р.}} \geq I_{\text{НОМ}}, \quad (3.10)$$

$$6 \text{ A} \geq 4,42 \text{ A},$$

$$3) I_{\text{сл.магн.}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (3.11)$$

$$4500 \geq 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,03 = 7,18.$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ВА47-29/1 з $I_{\text{НОМ.}} = 63 \text{ A}$, $I_{\text{т.р.}} = 6 \text{ A}$.

З [1] вибираємо провід за двох умов:

$$1) I_{\text{д.}} \geq I_{\text{НОМ}}, \quad (3.12)$$

$$2) I_{\text{д.}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{т.р.}}, \quad (3.13)$$

Перевіряємо умови:

$$1) 27 \text{ A} \geq 4,42 \text{ A},$$

$$2) 27 \text{ A} \geq 1 \cdot 6 = 6 \text{ A}.$$

Для мережі розеток згідно ПУЕ вибираємо 3-х жильний провід з мідними жилами перерізом жили $2,5 \text{ мм}^2$ - ШВВП - $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$. Для мережі освітлення згідно ПУЕ вибираємо 3-х жильний провід з мідними жилами перерізом $1,5 \text{ мм}^2$ - ШВВП - $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

На плані розташоване електрообладнання згідно завдання на проектування встановлене електрообладнання - наприклад подрібнювач відходів.

Номінальний струм верстату визначається по наступній формулі:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{\text{НОМ}}} \text{ [A]}, \quad (3.14)$$
$$I_{\text{НОМ.}} = \frac{5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,86 \cdot 0,87} = 10,16 \text{ (A)}.$$

Знаходимо пусковий струм:

$$I_{\text{пуск}} = K \cdot I_{\text{НОМ}} \text{ [A]}, \quad (3.15)$$

де K - кратність пускового струму з [1].

$$I_{\text{пуск}} = 7 \cdot 10,16 = 71,12 \text{ (A)}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ВА47-29/1 з $I_{\text{НОМ.}} = 63 \text{ A}$, $I_{\text{т.р.}} = 16 \text{ A}$ тому, що:

$$I_{\text{т.р.}} = 16 \geq 1,15 \cdot 10,16 = 11,68 \text{ (A)},$$

З [2] вибираємо кабель живлення: за двох умов:

$$1) I_{\text{д.}} \geq I_{\text{НОМ}}, \quad (3.16)$$

$$2) I_{д.} \geq K_{зах} \cdot I_{т.р.}, \quad (3.17)$$

Перевіряємо умови:

- 1) $19 \text{ A} \geq 10,16 \text{ A}$,
- 2) $19 \text{ A} \geq 1 \cdot 16 \text{ A}$.

За цими умовами вибираємо кабель ВВГ- 4 х 2,5 мм².

Результати всіх обчислень заносимо до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати обчислень

	Назва електро-споживача	Р, кВт	I _{ном.} , А	I _{пуск.} , А	Тип захисного апарату	I _{т.р.} , А	I _{мит.с пр.} , А	Тип проводу або кабелю та переріз	I _{д.} , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Н1 - живлення ВРП	110	268,2	1609,2	ВА 88-37/3 400/315	315	4500	ВВГ- 5х120 мм ²	296
2	Н2 - живлення ЩО1	5,24	25,07	32,59	ВА 47-29/2 63/32	32	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	27
3	Н3 - живлення РП1	43,2	78,15	468,9	ВА 47-100/3 100/80	80	4500	ВВГ- 5х35 мм ²	90
4	Н4 - живлення РП2	23,4	51,73	310,38	ВА 47-100/3 100/63	63	4500	ВВГ- 5х16 мм ²	60
5	Н5 - живлення РП3	7,7	18,77	112,62	ВА 47-100/3 100/25	25	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	27
6	Н6 - живлення ЩО2	8,35	39,95	51,93	ВА 47-29/2 63/63	40	4500	ВВГ- 5х10 мм ²	42
7	Н7 - живлення РП4	22,1	53,87	33,7	ВА 47-100/3 100/63	63	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	49
8	Н8 - живлення пристрою протипожежної сигналізації	0,1	0,47	2,58	ВА 47-29/2 63/1	1	4500	ННХНФЕ 180/Е30 3х1,5 мм ²	27
9	Н10 - живлення печі обпалювання	13,4	25,45	178,15	ВА 47-29/3 63/32	32	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	27
10	Н11 - живлення печі обпалювання	13,4	25,45	178,15	ВА 47-29/3 63/32	32	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	27
11	Н12 - живлення печі обпалювання	13,4	25,45	178,15	ВА 47-29/3 63/32	32	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	27
12	Н13 - живлення кулькового млину	3	6,5	45,5	ВА 47-29/3 63/8	8	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
13	Н14 - живлення печі обпалювання	13,4	25,45	178,15	ВА 47-29/3 63/32	32	4500	ВВГ- 5х4 мм ²	27

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Н15 - живлення формовочного напівавтомату	5	10,16	66,04	ВА 47-29/3 63/16	16	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
15	Н16 - живлення формовочного напівавтомату	5	10,16	66,04	ВА 47-29/3 63/16	16	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
16	Н17 - живлення вентилятору	1,1	2,42	14,52	ВА 47-29/3 63/6	6	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
17	Н18 - живлення вентилятору	1,1	2,42	14,52	ВА 47-29/3 63/6	6	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
18	Н19 - живлення верстату для заливки маси	1,1	2,42	14,52	ВА 47-29/3 63/6	6	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
19	Н20 - живлення вентилятору	5,5	10,92	65,52	ВА 47-29/3 63/16	16	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
21	Н21 - живлення заточувального верстату	1,1	2,42	14,52	ВА 47-29/3 63/6	6	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
22	Н22 – блок живлення паяльників	1,5	4,42	26,52	ВА 47-29/3 63/6	6	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
23	Н23 – живлення змішувача	6	12,19	85,3	ВА 47-29/3 63/16	16	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
24	Н24 – живлення насосу	7,5	14,73	103,1	ВА 47-29/3 63/16	16	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
25	Н25 – живлення змішувача	6	12,19	85,3	ВА 47-29/3 63/16	16	4500	ВВГ- 5х2,5 мм ²	19
26	№1 лінія освітлення	0,93	4,44	5,78	ВА 47-29/2 63/6	6	4500	ШВВП - 3х1,5 мм ²	27
27	№2 лінія освітлення	0,92 4	4,42	5,74	ВА 47-29/2 63/6	6	4500	ШВВП - 3х1,5 мм ²	27
28	№3 лінія освітлення	1,57 2	7,52	9,77	ВА 47-29/2 63/8	8	4500	ШВВП - 3х1,5 мм ²	27
29	Розеточна лінія 220 В – №4	3,39	16,22	21,8	АД-12/2 63/20/30МА	20	4500	ШВВП - 3х2,5 мм ²	27
30	Розеточна лінія 220 В – №5	6,78	32,44	42,17	АД-12/2 63/40/30МА	40	4500	ШВВП - 3х6 мм ²	42

Падіння напруги для інших живлячих ліній розраховуємо аналогічно.
 Результати обчислень зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати обчислень падіння напруги в кінці ліній живлення

Назва лінії	P, кВт	L, м	M, кВт·м	C	S, мм ²	ΔU , %
1	2	3	4	5	6	7
Н1 - живлення ВРП	110	18	1980	77	120	0,21
Н2 - живлення ЩО1	5,24	12	62,88	77	4	0,204
Н3 - живлення РП1	43,2	14	604,8	77	35	0,224
Н4 - живлення РП2	23,4	18	421,2	77	16	0,341
Н5 - живлення РП3	7,7	24	184,8	77	4	0,6
Н6 - живлення ЩО2	8,35	32	267,2	77	10	0,347
Н7 - живлення РП4	22,1	28	618,8	77	4	2,009
Н8 - живлення пристрою протипожежної сигналізації	0,1	34	3,4	12,8	1,5	0,177
Н10 - живлення печі обпалювання	13,4	5	67	77	4	0,217
Н11 - живлення печі обпалювання	13,4	8	107,2	77	4	0,34
Н12 - живлення печі обпалювання	13,4	10	134	77	4	0,43
Н13 - живлення кулькового млину	3	12	36	77	2,5	0,212
Н14 - живлення печі обпалювання	13,4	18	241,2	77	4	0,78
Н15 - живлення формовочного напівавтомату	5	6	30	77	2,5	0,15
Н16 - живлення формовочного напівавтомату	5	14	70	77	2,5	0,36
Н17 - живлення вентилятору	1,1	6	6,6	77	2,5	0,034
Н18 - живлення вентилятору	1,1	5	5,5	77	2,5	0,028
Н19 - живлення верстату для заливки маси	1,1	16	17,6	77	2,5	0,091
Н20 - живлення вентилятору	5,5	10	55	77	2,5	0,28

2 світильника), та потужність одного світильника зовнішнього освітлення MAGNUM MIF 012 1x30: $P_{св.} = 30$ Вт (в даній групі 2 світильники зовнішнього освітлення). Визначаємо сумарну потужність групи № 1 за формулою:

$$P_{гр} = n \cdot P_{одного\ св.} [Вт], \quad (3.20)$$

$$P_{гр.1} = 4 \cdot 36 + 72 + 4 \cdot 72 + 2 \cdot 72 + 72 + 36 + 36 + 72 + 30 \cdot 2 = 924 (Вт).$$

Визначаємо струм у лінії групи:

$$I_{гр.} = \frac{P_{сум.груп.}}{U_{ном.} \cdot \cos\phi} [А], \quad (3.21)$$

$$I_{гр.1} = \frac{0,924}{0,22 \cdot 0,95} = 4,42 (А).$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших груп. Результати обчислень зводимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати обчислень параметрів системи живлення

Назва групової мережі	Тип світильників	Сумарна потужність, кВт	Напруга мережі, кВ	$\cos\phi_0$	Струм навантаження $I_{гр.}, А$
1	2	3	4	5	6
Н1 - живлення ВРП	-	110	0,38	0,8	268,2
Н2 - живлення ЩО1	-	5,24	0,32	0,95	25,07
Н3 - живлення РП1	-	43,2	0,38	0,85	78,15
Н4 - живлення РП2	-	23,4	0,38	0,85	51,73
Н5 - живлення РП3	-	7,7	0,38	0,8	18,77
Н6 - живлення ЩО2	-	8,35	0,22	0,95	39,95
Н7 - живлення РП4	-	22,1	0,38	0,8	53,87
Н8 - живлення пристрою протипожежної сигналізації	-	0,1	0,38	0,95	0,47

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
Н10 - живлення печі обпалювання	-	13,4	0,38	0,89	25,45
Н11 - живлення печі обпалювання	-	13,4	0,38	0,89	25,45
Н12 - живлення печі обпалювання	-	13,4	0,38	0,89	25,45
Н13 - живлення кулькового млину	-	3	0,38	0,83	6,5
Н14 - живлення печі обпалювання	-	13,4	0,38	0,89	25,45
Н15 - живлення формовочного напівавтомату	-	5	0,38	0,87	10,16
Н16 - живлення формовочного напівавтомату	-	5	0,38	0,87	10,16
Н17 - живлення вентилятору	-	1,1	0,38	0,85	2,42
Н18 - живлення вентилятору	-	1,1	0,38	0,85	2,42
Н19 - живлення верстату для заливки маси	-	1,1	0,38	0,85	2,42
Н20 - живлення вентилятору	-	5,5	0,38	0,87	10,92
Н21 - живлення заточувального верстату	-	1,1	0,38	0,85	2,42
Н22 – блок живлення паяльників	-	1,5	0,38	0,85	4,42
Н23 – живлення змішувача	-	6	0,38	0,87	12,19
Н24 – живлення насосу	-	7,5	0,38	0,87	14,73
Н25 – живлення змішувача	-	6	0,38	0,87	12,19
№1 лінія освітлення	9 TLPL 236 EL 2x36 6 TLPL 236 EL 2x18 2 MAGNUM MIF 012 1x30	0,93	0,22	0,95	4,44

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
№2 лінія освітлення	TLPL 236 EL 2x18 8 TLPL 236 EL 2x36 MAGNUM MIF 012 1x30 12 E.light. 1303 Sweko E27 30W	0,924	0,22	0,95	4,42
№3 лінія освітлення	2 TLPL 236 EL 2x18 18 TLPL 236 EL 2x36 2 MAGNUM MIF 012 1x30	1,572	0,22	0,95	7,52
Розеточна лінія 220 В – №4	-	3,39	0,22	0,95	16,22
Розеточна лінія 220 В – №5	-	6,78	0,22	0,95	32,44

На планах розташування з'єднуємо групу світильників, приєднуємо їх до розподільчої шафи, проектуємо встановлення двуполюсних вимикачів на один або два ланцюги з умови пожежної безпеки та зручності вмикання вимикачів. Таким же чином виконуємо проектування плану електропостачання приміщень. На аркуші А4 пояснювальної записки викреслюємо схеми розподільчих мереж згідно форми 3 і викреслюємо на рис. 3.1.

3.5 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

У мережах до 1 кВ, де нейтраль заземлена, необхідно передбачити заземлення (металеве з'єднання між захищеною частиною електроустановки та джерелом живлення). У разі пошкодження ізоляції в обладнанні з глухозаземленою нейтраллю виникне однофазний струм короткого замикання:

$$I_k = \frac{U_\phi}{Z_n + Z_T}; \quad (3.22)$$

де U_ϕ - фазна напруга мережі;

$$Z_n = \sqrt{R^2_{\text{п}} + X^2_{\text{п}}} - \text{повний опір петлі фаза - нульовий провідник};$$

Перевіряємо умову надійного вимикання автоматичного вимикача при однофазному короткому замиканню в самій віддаленій точці на принциповій схемі живильної та розподільчої мереж. Найдальшою точкою замикання буде лінія освітлення №3, яка зажитья кабелем ШВВП - 3x1,5 мм² і захищається автоматичним вимикачем ВА 47-29/2 63/8 : $I_{\text{т.р.}} = 8 \text{ А}$.

Визначаємо повний опір петлі фаза - нуль:

$$Z_n = Z_{\text{оп}} \cdot L [\text{Ом}], \quad (3.23)$$

де $Z_{\text{оп}}$ - повний питомий опір кабелю;

L - довжина кабельної лінії.

$$Z_n = 14,83 \cdot 0,041 = 0,608 \text{ (Ом)}.$$

Струм короткого замикання складає:

$$I_k = \frac{220}{0,608} = 361,8 \text{ (А)}.$$

Перевіряємо умову надійного спрацювання автоматичного вимикача:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{т.р.}; \quad (3.24)$$

$$361,8 \geq 3 \cdot 8 = 24 \text{ (A)}.$$

Умова виконується.

Надійність спрацювання автоматичних вимикачів для інших відгалужень також перевіряємо, результати обчислень зводимо в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Результати обчислень надійності спрацювання автоматичних вимикачів

Назва відгалуження	Тип та переріз кабелю або проводу	Довжина відгалуження L в км	Повний опір Zп, Ом	Питомий опір Zпо, Ом/км	Струм 1-ф короткого замикання Iк.з., А	Струм теплового розчіплювача автомату, А
1	2	3	4	5	6	7
Н1 - живлення ВРП	ВВГ-5х120 мм ²	0,018	0,266	14,83	1428	315
Н2 - живлення ЦО1	ВВГ- 5х4 мм ²	0,012	0,177	14,83		32
Н3 - живлення РП1	ВВГ-5х35 мм ²	0,014	0,014	14,83	27142	80
Н4 - живлення РП2	ВВГ-5х16 мм ²	0,018	0,266	14,83	1428	63
Н5 - живлення РП3	ВВГ- 5х4 мм ²	0,024	0,355	14,83	1070	25
Н6 - живлення ЦО2	ВВГ-5х10 мм ²	0,032	0,474	14,83		40
Н7 - живлення РП4	ВВГ- 5х4 мм ²	0,028	0,415	14,83	915	63
Н8 - живлення пристрою протипожежної сигналізації	ННХНFE 180/E30 3х1,5 мм ²	0,034	0,504	14,83	753	1
Н10 - живлення печі обпалювання	ВВГ- 5х4 мм ²	0,005	0,0074	14,83	51351	32

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5	6	7
Н11 - живлення печі обпалювання	ВВГ- 5x4 мм ²	0,008	0,118	14,83	3220	32
Н12 - живлення печі обпалювання	ВВГ- 5x4 мм ²	0,010	0,148	14,83	2567	32
Н13 - живлення кулькового млину	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,012	0,177	14,83	6146	8
Н14 - живлення печі обпалювання	ВВГ- 5x4 мм ²	0,018	0,266	14,83	1428	32
Н15 - живлення формовочного напівавтомату	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,006	0,088	14,83	4318	16
Н16 - живлення формовочного напівавтомату	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,014	0,207	14,83	1835	1
Н17 - живлення вентилятору	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,006	0,088	14,83	4318	6
Н18 - живлення вентилятору	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,005	0,074	14,83	5135	6
Н19 - живлення верстату для заливки маси	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,016	0,237	14,83	1603	6
Н20 - живлення вентилятору	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,010	0,148	14,83	2567	16
Н21 - живлення заточувального верстату	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,020	0,296	14,83	1283	6
Н22 – блок живлення паяльників	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,004	0,059	14,83	6440	6
Н23 – живлення змішувача	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,016	0,237	14,83	1603	16
Н24 – живлення насосу	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,012	0,177	14,83	2146	16
Н25 – живлення змішувача	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,010	0,148	14,83	2567	16
№1 лінія освітлення	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,031	0,459	14,83	479	6
№2 лінія освітлення	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,025	0,37	14,83	594	6

№3 лінія освітлення	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,041	0,608	14,83	361	8
Розеточна лінія 220 В – №4	ВВГ- 5x2,5 мм ²	0,015	0,222	14,83	990	20
Розеточна лінія 220 В – №5	ШВВП - 3x1,5 мм ²	0,017	0,252	14,83	873	40

Із аналізу даних табл. 3.10 походить, що струм короткого замикання в усіх колах перевищує силу струму теплового розчиплювання автоматичних вимикачів.

4 ВИБІР СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ТП, КІЛЬКОСТІ І ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

4.1 Коротка характеристика джерел живлення

Схема зовнішнього електропостачання підприємства складається з високовольтих кабельних вводів, розподільчих пристроїв, силових трансформаторів та низьковольтих ліній електропередач.

Оскільки джерело живлення та енергоспоживання знаходяться в межах пропускної здатності лінії 10 кВ, живлення подається до розподільчих пунктів, які слугують для прийому та розподілу електроенергії.

Завод має існуючу незалежну трансформаторну підстанцію 2х630 кВА з міським номером ТП-3930, з реконструйованим розподільчим щитом 10 кВ та розподільчим щитом 0,4 кВ.

Розподільчий щит складається з восьми комірок КСО-386, по чотири комірочки на секцію, з'єднаних шинопроводами; в розподільчому щиті 10 кВ передбачено місце для чотирьох додаткових комірок.

Живлення подається на першу секцію шин через два вводи від ТП-3779 і ТП-5066, а на другу секцію шин - через два вводи від ТП-4270 і РП-146 (аркуш 1 в ілюстративному розділі).

На ТП-3930 два трансформатори потужністю 630 кВА встановлені в окремому приміщенні і живлять 0,4 кВ. Розподільчий щит встановлений в окремому приміщенні і складається з 10 панелей типу ШО-70. Вільного місця для додаткового розподільчого щита 0,4 кВ немає.

					<i>ДП 14.1042.030 ПЗ</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК гр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>						

Будівля заводу та обладнання обслуговуються кабельними лініями від розподільчого щита 0,4 кВ ТП-3930.

Будівля станції має розподільчий щит, живлення здійснюється від розподільчого щита 0,4 кВ ТП-3930.

Магістральна електромережа до будівель і споруд станції прокладена під землею на проммайданчику станції.

У зв'язку з вичерпанням технічного ресурсу розподільчого пристрою 2х630 кВА встановлюється новий розподільчий пристрій для забезпечення зростаючого виробничого та технологічного навантаження.

4.2 Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень

Для полегшення роботи з розміщення підстанцій на генеральному плані підприємства наносяться карти навантажень. Карта навантаження - це коло. Малюється коло з центром, який збігається з центром навантаження на кожному робочому місці. Кожне коло ділиться на сектори, що відповідають освітлювальним та електричним навантаженням. Використання карт навантажень робить роботу з компонування підстанції більш точною і запобігає серйозним помилкам.

Для кожного робочого місця малюється коло. Центр електричного навантаження можна вважати таким, що збігається з центром ваги фігури, яка представляє будівлю компанії на плані. Підстанції слід розташовувати якомога ближче до центру навантаження. Таке розташування мінімізує довжину мережі, втрати енергії та коливання напруги.

Кола на карті навантажень відповідають навантаженням, розрахованим у певному масштабі. Площа кола пропорційна навантаженню, а його центр збігається з центром навантаження кожного цеху.

Коло поділене на сектори, площа сектора відповідає певному типу навантаження в певному масштабі:

а) розрахункове навантаження від електроприладів.

б) розрахунковим навантаженням від освітлення.

На загальній площині підприємства довільно проводяться координатні осі та отримуються координати центрів навантаження робочих місць.

Координати умовних центрів електричних навантажень визначаються за формулою [5]:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i}$$

де x_0, y_0 - координати електричних навантажень підприємства; x_i, y_i - координати електричних навантажень i -го цеху; P_i - розрахункове навантаження i -го цеху.

При побудові картограми враховуємо тільки активні навантаження [5]:

$$P_i = P_p + P_0,$$

де P_0 - розрахункове навантаження внутрішнього освітлення споруд:

$$P_0 = K_c \cdot P_{н.о.},$$

де K_c - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$P_{н.о.}$ - номінальна напруга освітлювального навантаження, яка дорівнює:

$$P_{н.о.} = P_{пит.} \cdot F, \text{ кВт},$$

де $P_{пит.}$ - питоме освітлювальне навантаження, Вт/м²; F - площа приміщення, м²,

$$F = a \cdot b \cdot c \cdot m^2,$$

де a - довжина будівлі, м; b - ширина будівлі, м; c - кількість поверхів;

m - масштаб за генпланом, $m = 1 : 500$.

Радіус кола i -го цеха можна визначити за формулою [5]:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m \cdot \pi}},$$

де m' – масштаб площі кола, який вибирається з міркувань наочності картограми, кВт/мм²;

Приймаємо $m' = 0,05$ кВт/ мм²;

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\alpha = (P_0/P_p) \cdot 360^\circ.$$

4.2.1 Приклад розрахунку центра електричних навантажень. Визначаємо повну розрахункову потужність цеха з котельнею (табл. 2.1, 2.2):

$$P_i = P_p + P_0,$$

$$P_i = 78,9 + 5,1 = 84 \text{ кВт}.$$

Визначаємо радіус кола:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m' \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{84}{0,05 \cdot 3,14}} = 23,1 \text{ мм}.$$

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\alpha = (P_0/P_p) \cdot 360^\circ = (5,1/80,4) \cdot 360^\circ = 22,3^\circ.$$

Знаходимо відстані відносно осей, побудованих на генплані:

Для котельної – $x_1 = 157$ м; $y_1 = 22,5$ м.

Для інших корпусів - дані наведені у табл. 4.1.

Тоді координати умовного центра електричного навантаження:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} = 577 \text{ м}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} = 48 \text{ м}.$$

Результати розрахунку зведені у табл. 4.1.

Центр графічних навантажень по заводу:

$$x_0=575 \text{ м}; \quad y_0 =152 \text{ м.}$$

Таблиця 4.1 – Таблиця встановлення центрів навантажень

Найменування приміщень	P_p , кВт	P_o , кВт	P_i , кВт	α_0	R_i , мм	x_0 , мм	y_0 , мм
Керамічний цех	97.6	78,9	151.58	149.1	31,3	427	53
Склади	122.6	42.83	165.43	125.8	32,4	582	120
Фрезерний цех	16.5	11.62	28.12	203.5	13,4	411	160
Компресорна	513.8	11.76	525.56	8.2	57,9	539	196
Котельна	78.9	5.1	84	23.3	23,1	577	48
Цех фарбування	40.9	9.56	50.46	84.1	18	599	259
Столярний цех	11	3.64	14.64	119.1	9,7	577	317
Електрозварювальний цех	40.7	2	42.7	17.7	16,5	494	402
Гараж	19.6	7.06	26.66	129.7	13	740	77
Водоспоживання, (навантаження субабонентів)	173.7	0.98	174.68	3	33,4	231	150
Адмінкорпус	42.9	9.53	52.43	80	18,4	250	34

4.3 Уточнення місця розташування ТП

Підстанції розташовані близько до центру електричного навантаження, щоб не заважати технічним процесам.

Підстанції розташовані найближче до основних споживачів електроенергії. Таке розташування підстанцій мінімізує довжину мережі, втрати енергії та коливання напруги.

Підстанція 0,4 кВ КТП розташована поблизу підстанції ТП-3930, в існуючій будівлі виробничого корпусу, поруч зі споживачами електроенергії.

Вбудована підстанція розташована посередині цеху, впритул до зовнішньої стіни, і не заважає архітектурному дизайну цеху та необхідним коридорам.

5 ЗАХОДИ З ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

5.1 Загальні відомості

Для безпечної експлуатації електроустановок на підприємствах використовуються нормативно-технічні документи: відповідно до "Закону України "Про охорону праці", ПУЕ, ПТЕ та ПТБ дозволяється експлуатація електроустановок.

До нормативно-технічної документації відносяться:

- акт приймання-передачі;
- загальний вигляд майданчика із зазначенням споруд та підземної електропроводки;
- акт випробування та кондиціонування електроустановки;
- сертифікат відповідності умовам експлуатації електроустановки;
- дозвіл на експлуатацію електроустановок;
- будівельні креслення первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електроустановки;
- інструкцію з обслуговування електроустановок; та посадову інструкцію для кожного робочого місця [8,9].

Крім того, на кожному робочому місці повинно бути наступне:

- паспортна картка або журнал обліку електрообладнання та захисних засобів із зазначенням технічних даних та інвентарних номерів;
- комплект креслень електрообладнання, електроустановок, електротехнічних споруд і запасних частин, а також виконавчі креслення повітряних ліній і кабельних трас;
- креслення підземних кабельних трас і заземлюючих пристроїв з прив'язкою до будівельних конструкцій і зазначенням їх розташування [8,9].

					<i>ДП 14.1042.030 ПЗ</i>				
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>								
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК гр. Е-42</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврицьєв О.О.</i>								

- встановлення муфт і перемикачів для підключення до іншого телекомунікаційного обладнання;
- загальні плани електропостачання, розроблені для підприємства в цілому та для окремих цехів і дільниць;
- комплект інструкцій з обслуговування електроустановок на робочих місцях і на території підприємства; комплект посадових інструкцій для кожного робочого місця; інструкції з охорони праці [8,9].

Всі зміни в електроустановках, внесені в процесі експлуатації, повинні бути відображені на кресленні або кресленнях відразу після підпису особи, відповідальної за електрогосподарство, із зазначенням її посади та дати внесення змін.

Заходи електробезпеки можна розділити на організаційні та технічні [8,9].

До організаційних заходів щодо забезпечення безпеки робіт в електроустановках відносяться

- оформлення робіт робочими інструкціями, нарядами та переліками робіт, що підлягають виконанню під час проведення технічних робіт
- допуск до роботи;
- розпорядження під час виконання робіт
- реєстрацію зупинок робіт; переведення бригад на інші робочі місця; завершення робіт.

Під час експлуатації установки персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. У робочих зонах повинні бути інструкції з обслуговування обладнання, правила техніки безпеки, плакати і попереджувальні знаки.

Персонал, який обслуговує електрообладнання, повинен проходити медичні огляди, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань з техніки безпеки за кваліфікаційними групами.

Технічні заходи.

- організацію пожежної профілактики
- навчання працівників
- розробку та застосування правил і норм [8,9].

Пожежна профілактика є найважливішою складовою частиною пожежної безпеки і являє собою комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на попередження і локалізацію пожежі та вибуху.

Основними і найбільш частими причинами горіння, пожежі та вибуху є:

1. порушення правил пожежної безпеки
2. порушення режиму технологічного процесу
3. несправність обладнання
4. самозаймання та грозові розряди [8, 9].

Пожежі також можуть бути спричинені коротким замиканням провідників та струмовим навантаженням. Електрична дуга може запалити горючі матеріали, що знаходяться поруч, або маслонаповнені механізми.

На підприємствах встановлюються системи пожежогасіння. В електроустановках вогонь гасять повітряно-механічною піною з піноутворювачами (ПО-1 і ПО-6).

Для гасіння всіх видів невеликих вогнищ пожежі передбачені ручні вогнегасники типу ОУ-5 та ОУ-8.

У разі пожежі існує ризик ураження електричним струмом, якщо електрична система не вимкнена і знаходиться під напругою. Напруга повинна бути відключена до того, як пожежа буде ліквідована. Якщо відключення напруги неможливе, дозволяється гасити систему відповідно до заходів особистої електробезпеки.

На заводі передбачені наступні протипожежні заходи:

1. на підставі даних про вибухопожежну та пожежну небезпеку технологічних процесів визначено класи вибухопожежної та пожежної небезпеки згідно з ПУЕ і відповідно до них обрано електрообладнання, електроосвітлення та електроустановки;

2. пускачі та розподільні щити перенесені з вибухонебезпечної зони в електрощитову Освітлювальні прилади підібрані відповідно до класу і групи вибухонебезпечної суміші;

3. електрощитові та пускові пристрої на робочих місцях розташовані в доступних місцях з проходом не менше 0,8 м від технологічного обладнання;

Згідно ПУЕ приміщення на підприємстві по вибухо- та пожежонебезпеці класифікують (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Перелік вибухопожежонебезпечних приміщень на підприємстві

№	Найменування приміщень	Категорії по вибухо-пожежо-небезпеці	Клас приміщення по умовам навколишнього середовища згідно ПУЕ
1	Складські приміщення	В	П-Іа
2	ГРП	А	В-Іа
3	Дільниця зарядки, акумуляторів електрокара в посудо-гарному цеху, лікерному відділенні	А	В-І
4	Зарядка гаража	А	В-І
5	Склад ПЗМ гаража	А	В-І
6	Машинний зал	А	В-Іб
7	Камера витяжних вентиляторів із машзалу	А	В-Іб

Вибухонебезпечна зона - зона в приміщенні в межах 5 м по горизонталі і вертикалі від технічного пристрою, де можливе виділення горючих газів або парів горючих речовин, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші становить більше 5% вільного об'єму приміщення.

Пожежонебезпечна зона – це внутрішній або зовнішній простір, де постійно або регулярно циркулюють горючі речовини, і де горючі речовини можуть бути присутніми під час нормальних технічних процесів або в разі їх порушення.

Захищаючи навколишнє середовище, слід звертати увагу на промислові забруднені стічні води та стічні води від очисного обладнання і трубопроводів. Під час експлуатації об'єкта слід дотримуватися інструкцій "Правила очищення стічних вод на підприємствах харчової промисловості".

Витрати на поліпшення умов і безпеки праці на підприємствах складаються з двох основних статей:

- придбання спецодягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту;
- комплекс заходів, передбачених для охорони праці.

Заходи з охорони праці фінансуються з амортизаційного фонду.

5.2 Розрахунок захисного заземлення

Метою розрахунку захисного заземлення є визначення його основних параметрів – кількості, розмірів і розташування одинарних заземлювачів і заземлювальних провідників, за наявності яких напруга дотику і кроку в момент замикання фази на заземлений корпус не перевищує допустимих значень. При цьому розрахунок зазвичай виконується для випадків розташування заземлювача в однорідній землі. Останніми роками розроблені й використовуються інженерні способи розрахунку заземлювачів у багат шаровому ґрунті [8,9].

У процесі розрахунку заземлювачів у багат шаровій землі зазвичай використовується двошарова модель землі з питомими опорами нижнього та верхнього шарів ρ_1 та ρ_2 . Цей спосіб розрахунку ґрунтується на врахуванні наведених потенціалів на електроди, що входять до складу групового заземлювача, тому його називають також способом наведених потенціалів. Він трудомісткіший, але дає точніші результати, ніж спосіб коефіцієнтів використання. Його доцільно використовувати також для складних конструкцій групових заземлювачів, що звичайно мають місце в електроустановках з великими струмами замикання на землю (понад 500 А), тобто напругою 110 кВ та вище.

Розрахунок обома способами може виконуватися як за допустимим опором розтіканню струму заземлювача, так і за допустимою напругою дотику (та кроку). Нині розрахунок заземлювачів виконується здебільшого за

допустимим опором заземлювача. При цьому частіше використовується спосіб коефіцієнта використання і рідше – спосіб наведених потенціалів.

Порядок розрахунку:

- а) Вихідні дані для розрахунку;
- б) Визначення розрахункового струму замикання на землю;
- в) Визначення необхідного опору заземлювального пристрою;
- г) Визначення необхідного опору штучного заземлювача;
- д) Вибір типу заземлювача і складання попередньої схеми заземлювального пристрою;
- е) Уточнення параметрів заземлювача.

У якості природного заземлювач буде використана металева технологічна конструкція, частково занурена в землю; її розрахунковий опір розтіканню (з урахуванням сезонних змін) $R_{пр} = 12$ Ом. Струм замикання на землю – невідомий, однак відома довжина лінії 10 кВ – кабельних $L_{кл} = 32$ км. Заземлювач передбачається виконувати з вертикальних стержневих електродів довжиною $l_e = 5$ м, діаметром $d = 12$ мм, верхні кінці яких з'єднуються між собою за допомогою горизонтального електрода – сталевієї смуги перетином 4×40 мм, покладеної в землю на глибині $t_0 = 0,5$ м.

Вимірний питомий опір ґрунту на ділянці (вологий пісок) $\rho_e = 187$ Ом·м.

Розрахунковий струм замикання на землю на стороні 10 кВ визначаємо за формулою, А:

$$I_z = \frac{U}{350} (35l_{к.л} + l_{п.л});$$
$$I_z = \frac{10}{350} (35 \cdot 32 + 0) = 32 \text{ А.}$$

де U – лінійна напруга мережі, кВ;

$l_{к.л.}$, $l_{п.л.}$ – довжини електрично зв'язаних ліній відповідно кабельних і повітряних, км.

Необхідний опір розтіканню заземлювача, що приймаємо загальним для установок 10 і 0,4 кВ, відповідно до вимог ПУЕ

$$R_3 = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом};$$

$$R_3 = \frac{125}{32} = 3,9 \text{ Ом.}$$

Тоді необхідний опір контуру заземлення одночасно високої і низької сторін згідно ПУЕ повинно бути:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_{\text{пр}} \cdot R_3}{R_{\text{пр}} - R_3};$$

$$R_{\text{ш}} = \frac{12 \cdot 3,9}{12 - 3,9} = 5,8 \text{ Ом.}$$

де $R_{\text{пр}}$ – опір розтіканню струму природного заземлювача, Ом.

Тип заземлювача вибираємо контурний, розміщений по периметру підстанції. Вертикальні електроди розташовуємо на відстані $a = 5$ м один від одного.

Уточнюємо параметри заземлювача шляхом перевірного розрахунку. З попередньої схеми видно, що в прийнятому нами заземлювачі сумарна довжина горизонтального електрода $L_{\text{Г}} = 50$ м, а кількість вертикальних електродів $n = 10$ шт.

Визначаємо розрахункові опори розтіканню електродів – вертикального R_1 і горизонтального R_2 по формулах:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + L}{4t - L} \right);$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{dt_0};$$

де L – довжина вертикального і горизонтального стержня у відповідності з формулами;

d – діаметр стержня;

$$t = \frac{L}{2} + t_0 = \frac{5}{2} + 0,5 = 3 \text{ м.}$$

$$R_1 = \frac{187}{2\pi \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 42,7 \text{ Ом};$$

$$R_z = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{dt_0} = \frac{187}{2\pi \cdot 50} \ln \frac{50^2}{0,012 \cdot 0,5} = 7,7 \text{ Ом.}$$

Далі, маючи на увазі, що прийнятий нами заземлювач контурний і що $n=10$ шт., а відношення $a/l_g = 5/5=1$, визначаємо коефіцієнти використання електродів заземлювача:

вертикальних $\eta_g = 0,56$,

горизонтального $\eta_z = 0,34$.

Тепер знаходимо опір розтікання прийнятого нами групового заземлювача:

$$R = \frac{R_g R_z}{R_g \eta_z + R_z \eta_g n} = \frac{42,7 \cdot 7,7}{42,7 \cdot 0,34 + 7,7 \cdot 0,56 \cdot 10} = 5,7 \text{ Ом.}$$

Приймаємо цей результат як остаточний.

Отже: проектований заземлювач – контурний, складається з 10 вертикальних стержневих електродів довжиною 5 м і діаметром 12 мм і горизонтального електрода у вигляді сталеві смуги довжиною 50 м перетином 4×40 мм, занурених у землю на 0,5 м. Остаточна схема заземлювач на рис. 5.1.

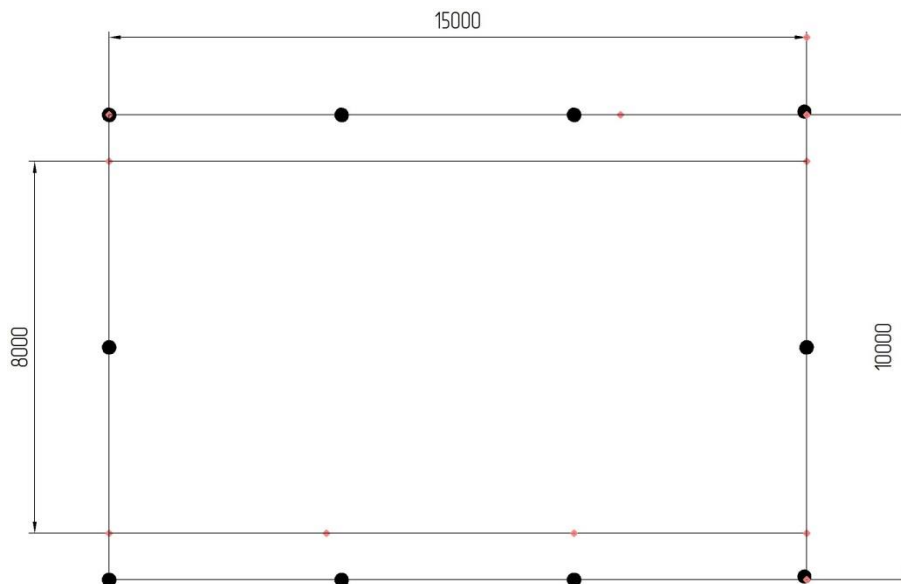


Рисунок 5.1 – Схема заземлювача

ВИСНОВКИ

Метою роботи було здійснення реконструкції електропостачання всіх електроприймачів керамічного цеха. Для цього визначено розрахункові електричні навантаження цеха та здійснено планування системи електропостачання відповідно до них з урахуванням сучасних техніко-економічних вимог.

Запропоновано і обґрунтовано модернізацію системи освітлення з заміною енергомістких ламп розжарювання на компактні люмінесцентні та світлодіодні. Очікувана економія електроенергії близько 50%.

З метою зменшення впливу на мережу реактивної складової, запропоновано встановлення сучасних конденсаторних батарей (ККС-0,4-7,5-3) та виконано їх обґрунтування.

З метою забезпечення надійного електропостачання запропоновано замінити кабельно-провідникову групу електрозабезпечення на сучасну. В основному – це кабелі марки ВВГ та ШВВП різних перерізів в залежності від максимально допустимого струму.

Вибір автоматичних вимикачів здійснювався у відповідності до максимально допустимих струмів, що отримано в результаті розрахунків навантажень. Перевага надалася автоматичним вимикачам серії ВА та АД, як таким, що мають низьку ціну та відносно високі показники надійності.

Виконано розрахунок заземлення та викладено рекомендації з безпеки праці.

В результаті проведених розрахунків була розроблена система електропостачання, що відповідає всім необхідним вимогам по безперебійності і надійності електропостачання з мінімальними втратами електроенергії.

					<i>ДП 14.1042.030 ПЗ</i>				
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>								
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК гр. Е-42</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>								

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». Вінниця: ВДТУ. 2002. 140с.
2. Гончар В.Ф., Тищенко Л.П. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. К.: Вища школа, 1989. 343 с.
3. ДНАОП 0.00-1.32 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Форт, 2013. 100 с.
4. Єрмолаєв С.О. Проектування систем електропостачання в АПК / С.О. Єрмолаєв, В.Ф. Яковлев, В.О. Мунтян та ін. – Мелітополь. : Люкс, 2009. 568 с.
5. Какуєвицкий Л. И. Справочник реле и автоматики / Л. И. Какуєвицкий, Т.В. Смирнова. М.:«Энергия». 1972. 343с.
6. Керівні матеріали по проектуванню електропостачання сільського господарства «Сільенерго», М. 1981. 282 с.
7. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М., Лисиченко М. Л., Кунденко М. П., Федюшко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
8. Лут М. Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва» / М. Т. Лут К.: НАУ, 2000. 136 с.

					<i>ДП 14.1042.030 ПЗ</i>					
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Касьянов Е.В.</i>									
<i>Перевір.</i>	<i>Нездвєцька І.В.</i>									
<i>Реценз.</i>								<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	<i>Лаврищев О.О.</i>									

9. Лушкін В. А. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник / В. А. Лушкін, Житомир, 2001. 672.
10. Никифорова Л. Е., Богатирьов Ю. О. Нормативна документація з проектування систем електрифікації та енергопостачання сільського господарства : навч. посібн. Мелітополь: Люкс, 2010. 180 с.
11. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Профкнига, 2021. 116 с.
12. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Основа, 1998.
13. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж. ГКД4.20.507-2003. К.: 2003. 597с.
14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Дисконт, 1995. 260с.
15. Правила улаштування електроустановок. Х.: Видавництво «Форт» 2009.
16. Притака І. П. Електропостачання сільського господарства / І. П. Притака, В. В. Козирський. К.: Урожай, 1995.
17. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручн. / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко та ін. К.: Аграрна освіта, 2008. 330 с.
18. ПУЕ: 2006 Правила улаштування електроустановок. Форт, 2017. 760 с.
19. Сірий О. М., Шестеренко В. Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств: навч. посібник. Київ, 1993 592 с.
20. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования: / Под общ. ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина: М: Энергоатомиздат, 1981 408 с.
21. Стандарти, документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення ДСТУ 3008:95 офіційне видання.

22. Шидловский А. К. Повышение качества энергии в электрических сетях / А. К. Шидловський, В. Г. Кузнецов. К.: Наукова думка, 1985. 206 с.
23. Электрические системы и сети / Н.В.Буслова, В.Н.Винославский, Г.И.Денисенко, В.С.Перхач; Под ред. Г.И.Денисенко. К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. 584 с.