

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

к.т.н., професор

П. Плешков

“ ” 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**«Проектування системи електропостачання
заводу дозуючих автоматів
Designing the power supply system
of the automatic dosing plant»**

Виконала здобувач IV курсу групи ЕЕ-19
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ Н. Щукіна
« _____ » 2023 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____ І. Савеленко
« _____ » 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

П. Плешков

« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Щукіної Надії Андріївни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи

Проектування системи електропостачання заводу дозуючих автоматів

Designing the power supply system of the automatic dosing plant

2. Керівник роботи Савеленко Іван Володимирович, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 12.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Розробити систему електропостачання заводу дозуючих автоматів, згідно завдання:

Виконати розрахунок електричних навантажень. Побудувати картограму електричних навантажень та визначити місце розташування центральної розподільної установки.

Провести техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього

електропостачання підприємства. Розрахувати баланс реактивної потужності та

обрати пристрої для її компенсації. Обрати трансформатори. Рорахувати струми

коротких замикань і обрати обладнання, електроустановки та силові мережі системи

електропостачання. Виконати спеціальний розділ

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>Доцент Н.Ю. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>20.03.23</i>	
2	<i>Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції).</i>	<i>03.04.23</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.</i>	<i>07.04.23</i>	
4	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>19.04.23</i>	
5	<i>Вибір трансформаторних підстанцій</i>	<i>04.05.23</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання, електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>17.05.23</i>	
7	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>30.05.23</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>01.06.23</i>	
9	<i>Виконання графічної частини</i>	<i>12.06.23</i>	

Дата видачі завдання

Підпис керівника _____

« ____ » _____ 2023 р.

Завдання прийнято до виконання

Підпис студента _____

« ____ » _____ 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 78 с.; 10 рис.; 18 табл.; 17 джерел

Щукіна Н. А. Проектування системи електропостачання заводу дозуючих автоматів. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Бакалаврська робота присвячена проектуванню сучасної системи електропостачання заводу дозуючих автоматів, яка задовольняє вимогам економічності та надійності роботи. З цією метою було проведено основні технікоекономічні розрахунки: електричних навантажень, режимів реактивної потужності, струмів коротких замикань. Здійснено вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання станції, трансформаторних підстанцій, конденсаторних установок, струмопроводів, високовольного обладнання.

У спеціальному розділі бакалаврської роботи була розглянута безпечна експлуатація електрообладнання штампувального цеху. Був здійснений обґрунтований вибір системи блискавковідводу та заземлення.

Ключові слова: електричні навантаження, трансформаторна підстанція, реактивна потужність, струми короткого замикання, електричне обладнання

ABSTRACT

Qualification work: 78 p.; 10 fig.; 18 tables.; 17 sources

Щукіна Н. А. Проектування системи електропостачання заводу дозуючих автоматів. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The bachelor's work is devoted to the design of a modern power supply system for a factory of automatic dosing machines, which meets the requirements of economy and reliability of operation. For this purpose, basic technical and economic calculations were carried out: electrical loads, reactive power modes, short-circuit currents. The selection of schemes for external and internal power supply of the station, transformer substations, capacitor units, power lines, high-voltage equipment was made.

In a special section of the bachelor's work, the safe operation of the electrical equipment of the stamping shop was considered. A reasoned choice of the lightning conductor and grounding system was made.

Key words: electrical loads, transformer substation, reactive power, shortcircuit currents, electrical equipment

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Коротка характеристика технологічного процесу підприємства.....	10
2. Розрахунок електричних навантажень.....	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	17
2.3. Розрахунок електричних навантажень у мережах вище 1000 В.....	18
2.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства.....	23
3. Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції)....	29
4. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.....	32
4.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	34
4.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання.....	39
5. Компенсація реактивної потужності.....	40
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.....	40
5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності.....	44
6. Трансформаторні підстанції.....	49
6.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій.....	49
6.2. Компоновка та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій.....	51

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.					Проектування системи електропостачання заводу дозуючих автоматів Designing the power supply system of the automatic dosing plant	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.							6	78
						ЦНТУ, гр. ЕЕ-19		
Н. Контр.								
Затверд.								

7.	Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання, електроустановок та силових мереж системи електропостачання.....	52
7.1.	Розрахунок струмів КЗ.....	55
7.2.	Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.....	58
7.3.	Вибір електрообладнання.....	62
8.	Спеціальний розділ. Безпечна експлуатація електрообладнання штампувального цеху	66
9.	Висновки.....	76
10.	Перелік посилань.....	77

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Система електропостачання промислового підприємства (СЕП) від з'єднання з енергосистемою до кінцевих електроспоживачів виконує низку важливих функцій, що сприяють успішній діяльності підприємства. Однією з найважливіших характеристик СЕП є її гнучка структура, яка дозволяє пристосовуватися до змінних виробничих умов та впроваджувати нові технології для досягнення постійного прогресу.

Компоненти системи електропостачання, такі як генератори, трансформатори, розподільні пункти, кабелі та проводи, мають розраховуватися з урахуванням потужності підприємства і забезпечувати ефективний перенос електроенергії до кінцевих споживачів. При цьому, система повинна бути достатньо гнучкою, щоб забезпечити можливість розширення потужності підприємства в майбутньому.

Основна мета СЕП полягає в надійному та безперебійному забезпеченні електроживлення промислових споживачів. Це охоплює різноманітні електричні пристрої, які використовуються на підприємстві, такі як електродвигуни, електричні печі, електролізне устаткування, апарати для електричної зварки, освітлювальне обладнання та інші пристрої. Постачання стабільної електроенергії цим пристроям є необхідним для плавного функціонування технологічних процесів на підприємстві.

Завдяки розвитку технологій та постійному прогресу, СЕП постійно вдосконалюється. Впровадження нових технологій та розширення потужності підприємства стають необхідністю для вдосконалення процесів виробництва та підвищення ефективності. Гнучка структура СЕП дозволяє адаптувати систему до змін у виробничих потребах, що забезпечує збереження конкурентоспроможності підприємства на ринку та його здатність до ефективного реагування на зміни у виробничому середовищі.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задача забезпечення електропостачання промислових підприємств має свої коріння у широкому використанні електроприводу для рушійної сили різних машин та механізмів електростанцій. Сучасні промислові підприємства залежать від надійного та ефективного електропостачання для забезпечення безперебійної роботи своєї технологічної бази та задоволення виробничих потреб. Стабільність електропостачання є важливим чинником успіху промислового виробництва, а гнучкість СЕП грає ключову роль у забезпеченні неперервної роботи підприємства в умовах постійних змін і вимог ринку.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА

Для сучасних підприємств, що займаються приладобудуванням і постійно впроваджують нові методи обробки та обладнання, а також змінюють і вдосконалюють модель продукції, характерною є безперервне удосконалення. Більшість приводів станків в приладобудівній галузі мають потужність від 0,5 до 10 кВт і працюють з тиристорним електроприводом, є споживачами змінного струму, з напругою 380 В та частотою 50 Гц. Багато станків відносяться до споживачів II категорії щодо надійності електропостачання.

Живлення заводу забезпечується від підстанції "Південно-Східна" ВАТ "Кіровоградобленерго", відстань до якої становить 4,2 км.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В

При визначенні електричних навантажень в мережах до 1000 В застосовується така послідовність розрахунків:

1) Сумується кількість силових електроприймачів та їх номінальні потужності для розрахункового вузла.

2) Обчислюються сумарні значення активного та реактивного середніх навантажень, що створюються електроприймачами.

3) Визначається груповий коефіцієнт використання та середній коефіцієнт потужності.

4) Розраховується ефективна кількість електроприймачів у даному вузлі.

5) За допомогою кривих або таблиць знаходиться коефіцієнт максимуму та максимальне електричне навантаження силових електроприймачів.

6) У разі наявності приймачів з постійним графіком роботи, обчислюється їх загальна номінальна потужність та середнє навантаження.

7) Розрахункове силове навантаження для даного вузла визначається шляхом сумування розрахункових навантажень електроприймачів з змінним графіком та середніх навантажень електроприймачів з постійним графіком [2].

Розрахункове активне навантаження групи електроприймачів або вузла навантаження можна визначити за допомогою наступного виразу:

$$P_p = P_{CM} \cdot K_M \quad (2.1)$$

де P_{CM} - середнє активне навантаження групи електроприймачів чи вузла за найбільш завантаженої зміну; K_M - коефіцієнт максимуму навантаження.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення коефіцієнт K_M знаходяться за допомогою таблиць, залежно від значень групового коефіцієнта використання та ефективної кількості електроприймачів у групі навантаження, за допомогою формули:

$$K_M = \frac{\sum_1^n P_{CM}}{\sum_1^n P_H}, \quad (2.2)$$

де P_{CM} , - середнє активне навантаження групи електроприймачів чи вузла за найбільш завантажену зміну, P_H - встановлена потужність групи електроприймачів, що працюють в однаковому режимі роботи, n – це кількість груп електроприймачів з різними режимами роботи.

Ефективна кількість електроприймачів n розраховується в залежності від значення K_B та відношення:

$$m = \frac{P_{Hmax}}{P_{Hmin}}, \quad (2.3)$$

де P_{Hmax} , P_{Hmin} - встановлена потужність відповідно максимально потужного і мінімально потужного електроприймача групи.

При $m \geq 3$, $K_B \geq 0,2$ значення n_E визначається за формулою:

$$n_E = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{Hmax}}. \quad (2.4)$$

Якщо знайдене значення n_E за формулою (2.4) більше фактичного числа електроприймачів n , то приймається $n_E = n$. Для рорахунку реактивного навантаження групи електроприймачів чи вузла навантаження можна скористатися такою формулою:

$$Q_p = Q_{зм}, \quad (2.5)$$

при $n_E > 10$;

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{зм}, \quad (2.6)$$

при $n_E < 10$,

де $Q_{зм}$ - середнє активне навантаження за зміну з максимальним навантаженням.

$$Q_{зм} = P_{зм} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.7)$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					12

Розрахунковий максимум навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.8)$$

Потужність електроспоживачів повторно-короткочасного режиму приводиться до номінальної тривалої потужності при ПВ (період використання) рівному 100%.

Для електродвигунів:

$$P_H = P_{\text{пасп}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}\%}{100}}. \quad (2.9)$$

Для трансформаторів:

$$S_H = S_{\text{пасп}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}\%}{100}}, \quad (2.10)$$

де $P_{\text{пасп}}$, $S_{\text{пасп}}$ – це паспортна потужність електроприймача, виражена в кіловатах (кВт) або кіловольт-амперах (кВА). ПВ% відображає тривалість вмикання електроприймача у відсотках. %.

Розрахункові навантаження визначаються за допомогою методу впорядкованих діаграм, який є основою при розробці технічних та робочих проектів електропостачання [2,3].

Результати розрахунку заносяться до таблиці 2.1

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Продовження таблиці 2.1.

	Крани з ПВ, % =	50	5	0,8	-	6,3	27,5	8	0,4	0,5	1,7	9,6	16,7					
	Насоси		8	0,7	-	5,0	34,4	7	0,7	0,8	0,8	22,4	16,8					
	Вентилятори часткового провітрювання		10	0,3	-	5,8	55,0	19	0,7	0,8	0,8	35,8	26,8					
	Всього по цеху з гальванічною ділянкою		63	0,3	-	55,0	3446,1	183	0,1	0,6	1,2	416,1	489,8	63	1,4	576,2	489,8	756,2
4	Ремонтно-експлуатаційний цех																	
	Металоріжучі станки		4	1,1	-	5,0	15,6	5	0,4	0,5	2,0	5,5	10,8					
	Токарні станки		5	2,0	-	12,4	52,0	6	0,4	0,5	2,0	18,2	36,1					
	Автомати		6	2,5	-	10,5	48,0	4	0,5	0,7	1,2	24,0	28,1					
	Точільні станки		2	1,7	-	12,0	20,6	7	0,3	0,5	2,0	6,2	12,3					
	Нагріваючі печі		2	2,6	-	20,8	36,4	8	0,4	0,5	1,7	12,7	22,1					
	Вентилятори головного провітрювання		10	3,0	-	60,0	570,0	20	0,7	0,8	0,8	370,5	277,9					
	Компресори		5	40,0	-	120,0	400,0	3	0,7	0,8	0,8	260,0	195,0					
	Всього по ремонтно експлуатаційному цеху		34	1,1	-	120,0	4042,6	109	0,2	0,8	0,8	697,1	582,2	34	1,4	1002,6	582,2	1159,4
5	Котельня																	
	Насоси		11	10,0	-	40,5	335,5	4	0,7	0,8	0,8	218,1	163,6					
	Вентилятори часткового провітрювання		3	0,3	-	5,0	14,1	17	0,7	0,8	0,8	9,2	6,9					
	Вентилятори головного провітрювання		5	2,0	-	14,7	63,5	7	0,6	0,8	0,8	40,6	30,5					
	Димосмок		5	0,5	-	10,4	49,3	21	0,7	0,8	0,8	32,0	24,0					
	Всього по котельні		24	0,3	-	40,5	964,8	135	0,3	0,8	0,8	299,9	224,9	24	1,4	406,0	224,9	464,1
6	Штампувальний цех																	
	Насоси		10	10,0	-	50,4	404,0	5	0,7	0,8	0,8	262,6	197,0					
	Компресори		10	15,0	-	79,8	648,0	5	0,7	0,8	0,8	421,2	315,9					
	Вентилятори часткового провітрювання		8	0,2	-	5,5	42,4	28	0,7	0,8	0,8	27,6	20,7					
	Таль електрична		12	0,9	-	10,0	109,2	11	0,4	0,5	1,7	38,2	66,2					
	Кран мостовий з ПВ, % =	25	5	2,5	-	15,3	64,0	6	0,4	0,5	1,7	22,4	38,8					
	Всього по штампувальному цеху		45	0,2	-	79,8	3582,0	399	0,2	0,8	0,8	772,0	638,5	45	1,3	1021,7	638,5	1204,8
7	Заготівельний цех																	
	Прес-автомати		10	4,1	-	50,0	459,0	12	0,5	0,7	1,2	206,6	241,5					
	Металоружучі станки		12	5,5	-	15,1	115,2	3	0,3	0,5	2,0	34,6	68,6					
	Тельфи з ПВ, % =	25	6	10,0	-	45,4	212,4	5	0,4	0,5	1,7	74,3	128,8					
	Зварювальні трансформатори		9	10,0	-	54,0	396,0	5	0,4	0,5	1,7	138,6	240,1					
	Вентилятори головного провітрювання		8	2,0	-	8,1	48,8	4	0,7	0,8	0,8	31,7	23,8					

Продовження таблиці 2.1.

	Всього по заготівельному цеху		45	2,0	-	54,0	2340,0	27	0,2	0,6	1,4	485,8	702,7	45	1,3	646,9	702,7	955,1
8	Цех спецобладнання																	
	Лабораторне обладнання		5	0,5	-	3,4	14,5	7	0,4	0,5	1,7	5,1	8,8					
	Вентилятори часткового провітрювання		10	0,5	-	10,1	96,0	20	0,7	0,8	0,8	62,4	46,8					
	Дослідні камери		8	2,0	-	20,0	144,0	10	0,3	0,5	2,0	43,2	85,7					
	Насоси		8	5,5	-	18,5	104,0	3	0,7	0,8	0,8	67,6	50,7					
	Тренувальні стенди		7	2,0	-	16,2	99,4	8	0,6	0,7	1,0	59,6	60,8					
	Всього по цеху спецобладнання		38	0,5	-	20,0	741,0	40	0,3	0,7	1,1	237,9	252,9	38	1,3	301,0	252,9	393,1
9	Склад готової продукції																	
	Вентилятори часткового провітрювання		8	0,3	-	4,5	33,6	15	0,7	0,8	0,8	21,8	16,4					
	Кран з ПВ, % =	25	7	4,5	-	22,1	123,2	5	0,4	0,5	1,7	43,1	74,7					
	Транспортери		5	5,0	-	62,1	285,5	12	0,7	0,8	0,8	185,6	139,2					
	Всього по складу готової продукції		20	0,3	-	62,1	1236,0	207	0,2	0,7	0,9	250,5	230,2	20	1,5	384,6	230,2	448,2
10	Склад обладнання та матеріалів																	
	Металоріжучі станки		4	10,0	-	60,0	200,0	6	0,3	0,5	2,0	60,0	119,1					
	Строгальні автомати		6	10,0	-	80,4	422,4	8	0,5	0,7	1,2	190,1	222,2					
	Штампувальні преси		5	15,0	-	70,4	277,0	5	0,4	0,5	1,7	97,0	167,9					
	Автомати		9	5,5	-	15,1	86,4	3	0,4	0,7	1,2	34,6	40,4					
	Ковальські машини		8	8,2	-	15,4	57,6	2	0,4	0,7	1,2	23,0	26,9					
	Очисні барабани		4	3,3	-	15,4	48,4	5	0,4	0,7	1,2	19,4	22,6					
	Всього по складу обладнання і матеріалів		36	3,3	-	80,4	2775,6	24	0,2	0,6	1,4	424,0	599,2	36	1,5	618,0	599,2	860,8
11	АПК		25	1,0	-	12,0	275,0	12	0,7	0,8	0,8	178,8	134,1	25	1,1	203,7	134,1	243,9
12	Адміністративний корпус		62	0,5	-	5,5	310,0	11	0,5	0,7	1,0	155,0	158,1	62	1,1	175,1	158,1	235,9
	Всього по ВАТ "Дозавтомати" на шинах 0,4 кВ.		490	0,2	-	120,0	23232,7	600	0,2	0,7	1,0	4435,2	4527,7	387	1,0	4435,2	4527,7	6338,1

2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювального навантаження можна розрахувати шляхом обчислення питомої потужності цього навантаження на одиницю корисної площі промислового приміщення.

Встановлена потужність освітлювальних приймачів, кВт:

$$P_p = p_0 \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.11)$$

де p_0 – це питома потужність освітлювального навантаження [7], кВт/м²;

F – площа приміщення, м².

Розрахункова потужність освітлювальних електроприймачів, кВт:

$$P_p = K_c \cdot P_y, \quad (2.12)$$

де K_c – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження.

Для освітлювальних установок з газорозрядними лампами розрахункова реактивна потужність визначається за формулою:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.13)$$

Одним з характеристичних параметрів сучасних ламп освітлення є їх високий коефіцієнт потужності, який може бути представлений значенням тангенсу рівним 0,5 що використовується у розрахунках [7].

Результати розрахунку навантаження зведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок освітлювальних навантажень.

№ п/п	Найменування підрозділу	F, м ²	P ₀ , Вт/м ²	P _в , кВт	K _с	tgφ	P _р	Q _р	S _р
1	Цех дозаторів	6784	11	74,6	0,5	0,5	37,31	18,66	41,72
2	Цех упаковки	3540	12	42,5	0,85	0,5	36,11	18,05	40,37
3	Пресовий цех з гальванічною ділянкою	4600	12	55,2	0,85	0,5	46,92	23,46	52,46
4	Ремонтно-експлуатаційний цех	925	15	13,9	0,8	0,5	11,09	5,55	12,40
5	Котельня	1200	12	14,4	0,85	0,5	12,24	6,12	13,68
6	Штампувальний цех	2350	12	28,2	0,95	0,5	26,79	13,40	29,96
7	Заготівельний цех	1870	15	28,1	0,8	0,5	22,44	11,22	25,09
8	Цех спецобладнання	840	15	12,6	0,95	0,5	11,97	5,99	13,38
9	Склад готової продукції	1400	10	14,0	0,6	0,5	8,40	4,20	9,39

Продовження таблиці 2.2.

10	Склад обладнання та матеріалів	1340	10	13,4	0,6	0,5	8,04	4,02	8,99
11	АПК	640	10	6,4	0,95	0,5	6,08	3,04	6,80
12	Адміністративний корпус	3160	16	50,6	0,8	0,5	40,45	20,22	45,22
	Територія заводу	70534	1	70,5	0,3	0,5	21,16	10,58	23,66
	Всього						289,01	144,50	323,12

2.3 Розрахунок електричних навантажень у мережах вище 1000 В

Електричні навантаження в окремих вузлах системи електропостачання з напругою вище 1000 В (такі як ТП, РП, ГПП, ЦРП) визначаються за тією ж методикою, що й навантаження в мережі до 1000 В.

Навантаження розраховуються для окремих ТП (РП), до яких можуть бути приєднані декілька цехів з власним силовим навантаженням, або навпаки - ділянка цеху, корпусу. Після розрахунку силових навантажень по ТП окремо враховується освітлювальне навантаження, втрати в трансформаторах ТП та статичні конденсатори. Розрахункова потужність статичних конденсаторів збиратиметься з розрахункової потужності силових електроприймачів ТП.

При розрахунку навантажень в мережі з напругою вище 1000 В, розрахунковими вузлами навантажень є шини 10 кВ. Тому перед початком розрахунку необхідно спочатку визначити кількість ТП, потужність трансформаторів та їх розміщення на території підприємства.

Для визначення кількості ТП, кількості та потужності трансформаторів і місць їх установки використовується картограма навантажень. За допомогою картограми навантажень визначаються схеми живлення цехів, де установка власних ТП вважається нераціональною. В таких випадках живлення цехів може здійснюватися на напрузі 0,4 кВ від ТП сусідніх цехів, з урахуванням вимог ГОСТ до відхилень напруги на зажимах електроприймачів [3].

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати в трансформаторах визначаються за формулами:

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2), \quad (2.14)$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_X}{100} S_H + \frac{U_K}{100} S_H \cdot K_3^2 \right), \quad (2.15)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_X, \Delta P_K$ - втрати відповідно Х.Х. та К.З., кВт

I_X - струм Х.Х., %;

U_K - напруга короткого замикання (КЗ), %;

S_H - потужність номінальна трансформатора, кВА;

K_3 - це коефіцієнт завантаження трансформатора;

Розрахунок навантажень в цілому по підприємству виконується аналогічно розрахунку навантажень для окремих ТП/РП. У випадку, якщо до складу вузла навантаження входять синхронні двигуни або батареї конденсаторів для підвищення коефіцієнта потужності, їх реактивне навантаження при розрахунку враховується зі знаком "-".

При розрахунку навантажень в мережі 10 кВ, вибір кількості (потужності) трансформаторів ТП та розрахунок втрат потужності в них здійснюються за умови повної компенсації реактивних навантажень в мережі напругою до 1000 В. Це обумовлено тим, що на етапі розрахунку навантажень електричної системи точне значення потужності компенсуючих пристроїв, які встановлюються в мережі напругою до 1000 В, не є відомим [2].

Результати розрахунку навантаження зведені у таблиці 2.3.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Розрахунок силових електричних навантажень в мережі 10 кВ.

№ п/п	Найменування вузлів і груп ЕП		п	Рн, кВт			м	Ки	cos	tg	Середнє		ng	Км	Розрахункове			
				Одного		Сумарна					Рср	Qср			Рр	Qр	Sp	
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	ТП№1,2																	
	Цех дозаторів																	
	силова		70	0,2	-	45,8	3192,0	229	0,1	0,7	1,0	438,4	435,3	70,0	1,3	585,7	435,3	729,8
	освітлювальна															37,3	18,7	
	Цех упаковки																	
	силова		28	0,3	-	12	327,6	40	0,2	0,7	1,0	79,7	79,7	28,0	1,4	110,7	79,7	136,5
	освітлювальна															36,1	18,1	
	Пресовий цех з гальванічною ділянкою																	
	силова		63	0,3	-	55	3446,1	183	0,1	0,6	1,2	416,1	489,8	63,0	1,4	576,2	489,8	756,2
	освітлювальна															37,3	18,7	
	Всього по ТП№1,2																	
	силова		161	0,2	-	55,0	6965,7	275	0,1	0,7	1,1	934,2	1004,9	253,0	1,0	934,2	1004,9	1372,1
	освітлювальна															110,7	55,4	
	всього															1045,0	1060,2	1488,6
	БСК																-498,0	
	З урахуванням БСК															1045,0	1060,2	
	Втрати в трансформаторі Sn =	1000	3													27,9	36,5	
	Всього на шинах 10 кВт	ТП№1,2														1072,9	1096,7	1534,2
2	ТП№3,4																	
	Штампувальний цех																	
	силова		45	0,2	-	79,8	3582,0	399	0,2	0,8	0,8	772,0	638,5	45,0	1,3	1021,7	638,5	1204,8
	освітлювальна															26,8	13,4	
	Цех спецобладнання																	
	силова		38	0,5	-	20	741,0	40	0,3	0,7	1,1	237,9	252,9	38,0	1,3	301,0	252,9	393,1
	освітлювальна															12,0	6,0	
	АПК																	

Продовження таблиці 2.3.

	силова		25	1	-	12	275,0	12	0,7	0,8	0,8	178,8	134,1	25,0	1,1	203,7	134,1	243,9
	освітлювальна															6,1	3,0	
	Всього по ТП№3,4																	
	силова		108	0,2	-	79,8	4598,0	399	0,3	0,8	0,9	1188,6	1025,4	115,0	1,2	1389,2	1025,4	1726,7
	освітлювальна															44,8	22,4	
	всього															1434,0	1047,9	1776,1
	БСК																-225,0	
	з урахуванням БСК															1434,0	1047,9	
	Втрати в трансформаторі $S_n =$	1000	3													27,9	46,4	
	Всього на шинах 10 кВт	ТП№3,4														1462,0	1094,2	1826,1
3	ТП№5,6																	
	Склад готової продукції																	
	силова		20	0,3	-	62,1	1236,0	207	0,2	0,7	0,9	250,5	230,2	20,0	1,5	384,6	230,2	448,2
	освітлювальна															8,4	4,2	
	Склад обладнання і матеріалів																	
	силова		36	3,3	-	80,4	2775,6	24	0,2	0,6	1,4	424,0	599,2	36,0	1,5	618,0	599,2	860,8
	освітлювальна															8,0	4,0	
	Адміністративний корпус																	
	силова		62	0,5	-	5,5	310,0	11	0,5	0,7	1,0	155,0	158,1	62,0	1,1	175,1	158,1	235,9
	освітлювальна															40,4	20,2	
	Всього по ТП№5,6																	
	силова		118	0,3	-	80,4	4321,6	268	0,2	0,6	1,2	829,5	987,6	108,0	1,2	1007,3	987,6	987,6
	освітлювальна															56,9	28,4	
	всього															1064,2	1016,0	1471,3
	БСК																-100,0	
	з урахуванням БСК															1064,2	916,0	
	Втрати в трансформаторі $S_n =$	1000	3													37,0	38,0	
	Всього на шинах 10 кВт	ТП№5,6														1101,2	954,0	1457,0
4	ТП№7,8																	
	Котельня																	
	силова		24	0,3	-	40,5	964,8	135	0,3	0,8	0,8	299,9	224,9	24,0	1,4	406,0	224,9	464,1
	освітлювальна															12,2	6,1	
	Ремонтно-експлуатаційний цех																	
	силова		34	1,1	-	120	4042,6	109	0,2	0,8	0,8	697,1	582,2	34,0	1,4	1002,6	582,2	1159,4
	освітлювальна															11,1	5,5	

Продовження таблиці 2.3.

Заготівельний цех																	
силова		45	2	-	54	2340,0	27	0,2	0,6	1,4	485,8	702,7	45,0	1,3	646,9	702,7	955,1
освітлювальна															22,4	11,2	
Всього по ТП№7,8																	
силова		103	0,3	-	120	7347,4	400	0,2	0,7	1,0	1482,8	1509,8	122,0	1,2	1770,1	1509,8	2326,6
освітлювальна															45,8	22,9	
всього															1815,9	1532,7	2376,3
БСК																-538,5	
З урахуванням БСК															1815,9	994,2	
Втрати в трансформаторі Sn =	1000	3													27,9	78,6	
Всього на шинах 10 кВт	ТП№7,8														1843,8	1072,8	2133,2
Всього по заводу																	
силова		490	0,2	-	120	23232,7	600	0,2	0,7	1,0	4435,2	4527,7	387,0	1,0	4435,2	4527,7	6338,1
освітлювальна															289,0	144,5	
всього															4724,2	4672,2	6644,4
Компенсуючі пристрої																-1361,5	
Всього з врахуванням КП-0,4															4724,2	3310,7	5768,8
Втрати в трансформаторах		12													120,8	199,4	
Всього по заводу															4845,0	3510,1	5982,9
Компенсуючі пристрої 10 кВ																-2900,0	
Всього на шинах 10 кВ															4845,0	610,1	4883,3

2.4 Побудова графіків електричних навантажень підприємства

Для вибору трансформаторів ГПП, які живлять підприємство, а також для підрахунку річного споживання активної та реактивної енергії та вирішення питань компенсації реактивної потужності та регулювання напруги, необхідна побудова добових та річних графіків активного та реактивного навантажень.

Побудова цих графіків здійснюється на основі характерних графіків електричних навантажень, які є специфічними для різних галузей промисловості. Ці графіки відображають залежність активного та реактивного навантажень від часу.

На основі річного графіка можна визначити річні витрати активної енергії, а також визначити час використання максимального навантаження і максимальні втрати. Це допомагає врахувати особливості споживання енергії підприємством протягом року і визначити оптимальні параметри для трансформаторів та компенсаційного обладнання [2,4].

Розрахунок графіків електричних навантажень приведений в таблиці 2.4, 2.5, 2.6 а графіки на рисунках 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 та 2.5.

Річні витрати активної та реактивної енергії енергії:

$$\begin{aligned} W_p &= \sum P_{3.i}^{\text{роб}} \cdot 147 + \sum P_{3.i}^{\text{вих}} \cdot 65 + \sum P_{л.i}^{\text{роб}} \cdot 105 + \sum P_{л.i}^{\text{вих}} \cdot 48 = \\ &= 43655 \cdot 147 + 10595 \cdot 65 + 37107 \cdot 105 + 9006 \cdot 48 = \\ &= 11434460 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_p &= \sum Q_{3.i}^{\text{роб}} \cdot 147 + \sum Q_{3.i}^{\text{вих}} \cdot 65 + \sum Q_{л.i}^{\text{роб}} \cdot 105 + \sum Q_{л.i}^{\text{вих}} \cdot 48 = \\ &= 39546 \cdot 147 + 9598 \cdot 65 + 33614 \cdot 105 + 8158 \cdot 48 = \\ &= 10358270 \end{aligned}$$

Час використання максимуму навантаження:

$$T_{max} = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_{max}} = \frac{\sqrt{11434460^2 + 10358270^2}}{6618} = 2331$$

Час максимальних втрат:

$$\tau_{max} = (0,124 + \frac{T_{max}}{10000})^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{2331}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 1117$$

Таблиця 2.4 – Активне навантаження.

Час	Зима		Літо	
	Робочий період	Вихідний період	Робочий період	Вихідний Період
1	834	392	709	334
2	834	392	709	334
3	834	392	709	334
4	834	392	709	334
5	834	392	709	334
6	687	392	584	334
7	1079	491	917	417
8	2403	589	2043	500
9	4611	589	3919	500
10	4905	491	4169	417
11	3826	736	3252	625
12	3728	736	3169	625
13	2894	491	2460	417
14	3041	392	2585	334
15	2600	589	2210	500
16	1472	294	1251	250
17	2403	245	2043	208
18	785	491	667	417
19	638	343	542	292
20	589	343	500	292
21	687	392	584	334
22	589	392	500	334
23	589	294	500	250
24	1962	343	1668	292

Таблиця 2.5 – Реактивне навантаження без врахування КП.

Час	Зима		Літо	
	Робочий період	Вихідний період	Робочий період	Вихідний період
1	755	355	642	302
2	755	355	642	302
3	755	355	642	302
4	755	355	642	302
5	755	355	642	302
6	622	355	529	302
7	978	444	831	378
8	2177	533	1851	453
9	4177	533	3550	453
10	4443	444	3777	378
11	3466	667	2946	567
12	3377	667	2870	567
13	2622	444	2228	378
14	2755	355	2342	302
15	2355	533	2002	453
16	1333	267	1133	227
17	2177	222	1851	189
18	711	444	604	378
19	578	311	491	264
20	533	311	453	264
21	622	355	529	302
22	533	355	453	302
23	533	267	453	227
24	1777	311	1511	264

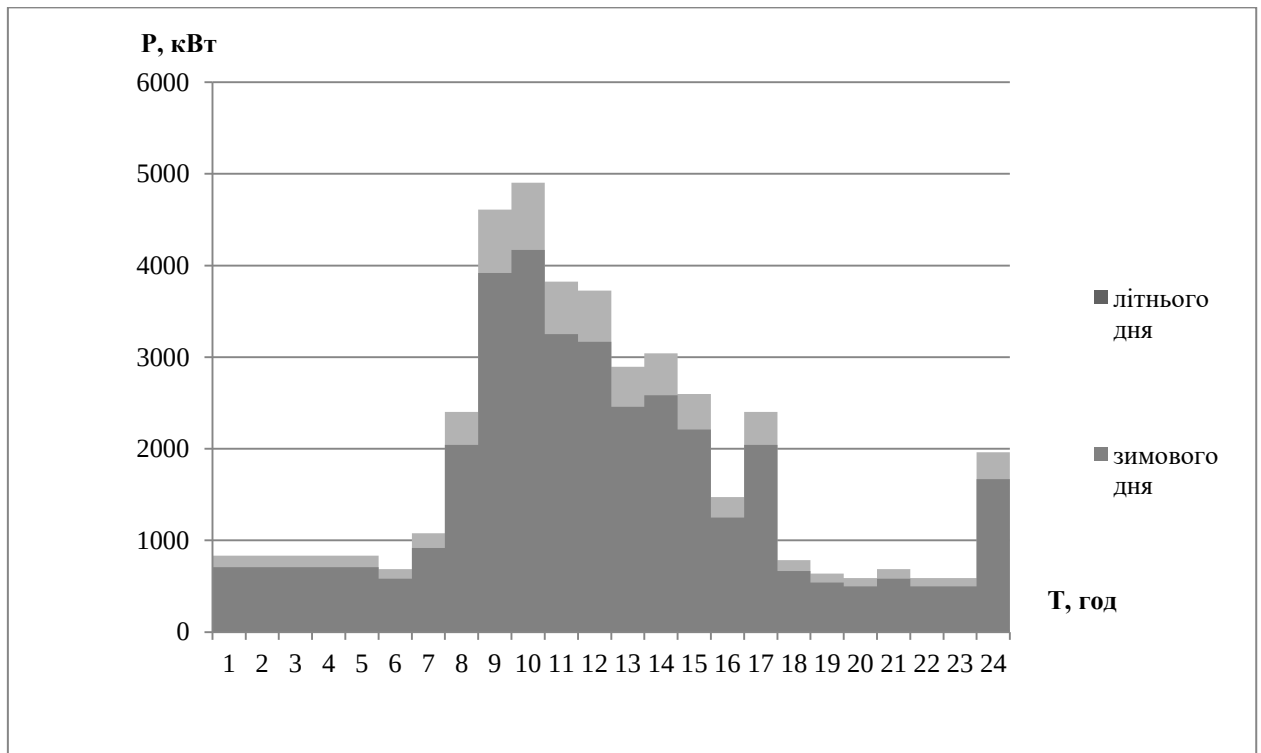


Рисунок 2.1 – Споживання активної потужності робочого дня.

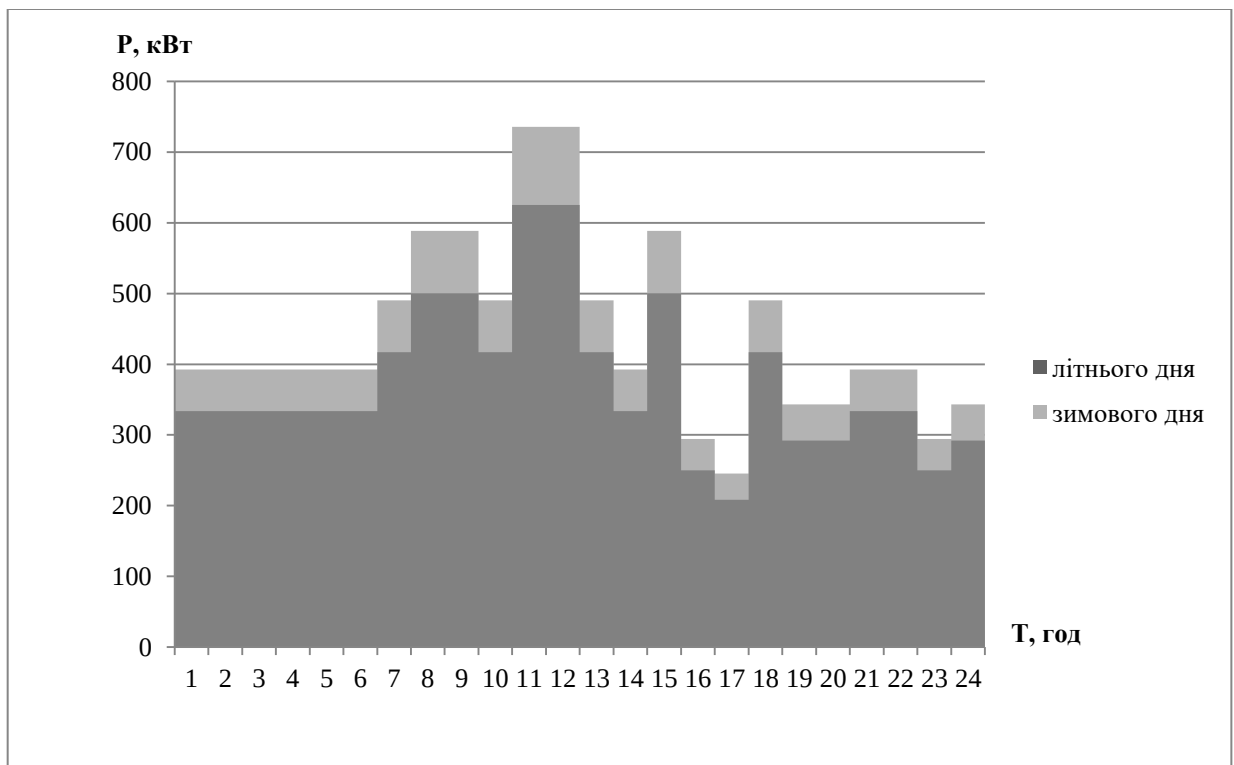


Рисунок 2.2 – Споживання активної потужності вихідного дня.

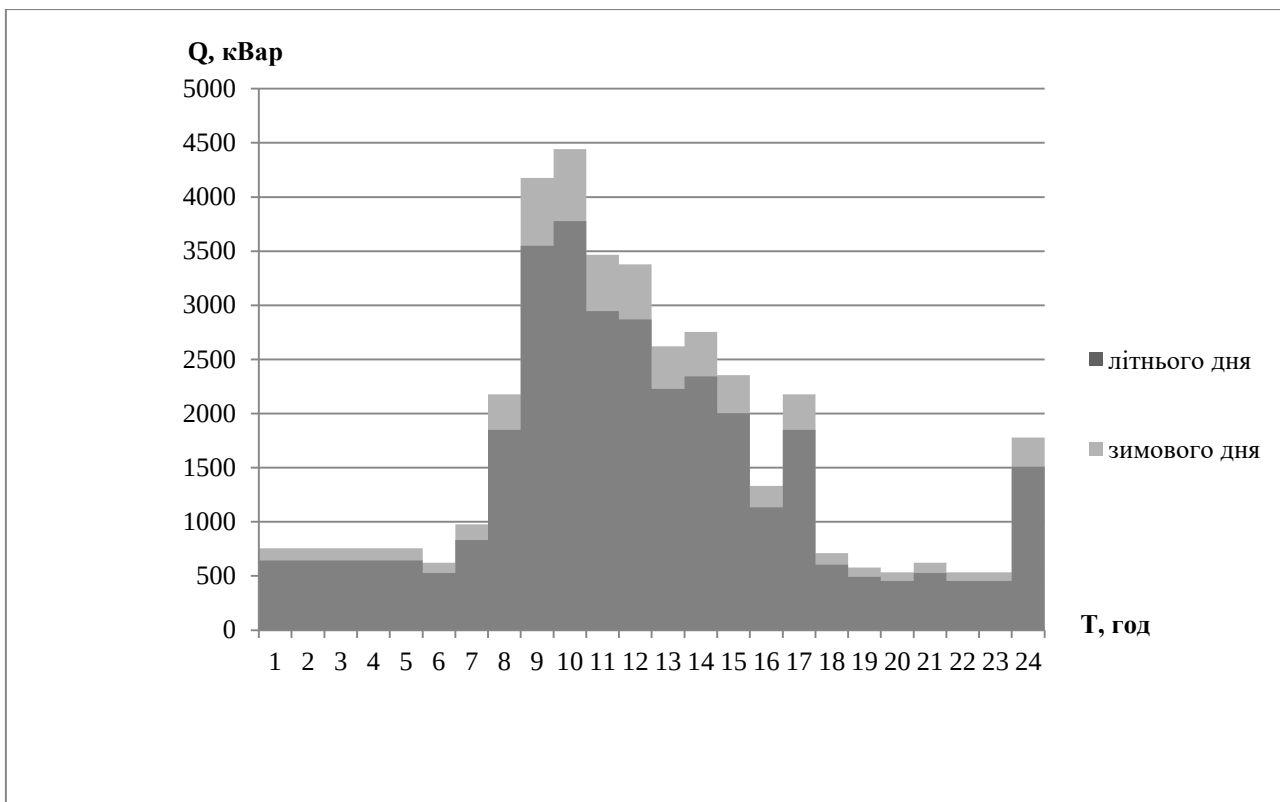


Рисунок 2.3 – Споживання реактивної потужності робочого дня.

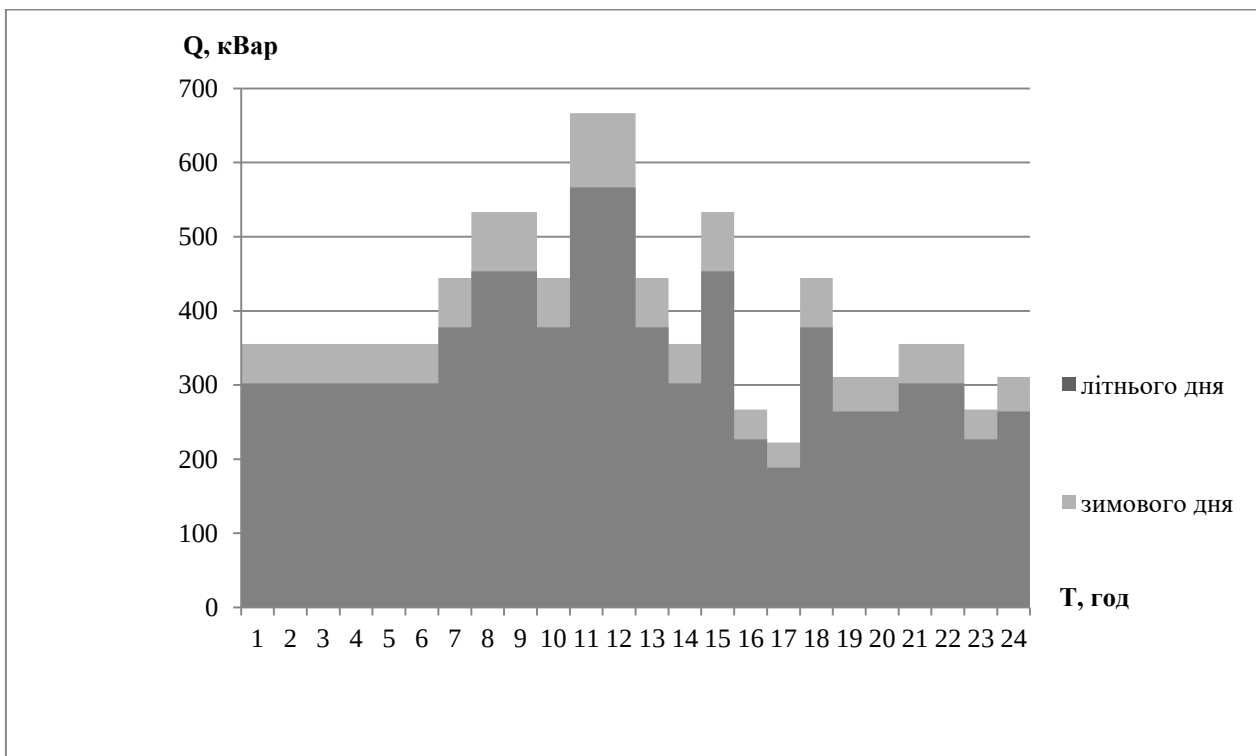


Рисунок 2.4 – Споживання реактивної потужності вихідного дня.

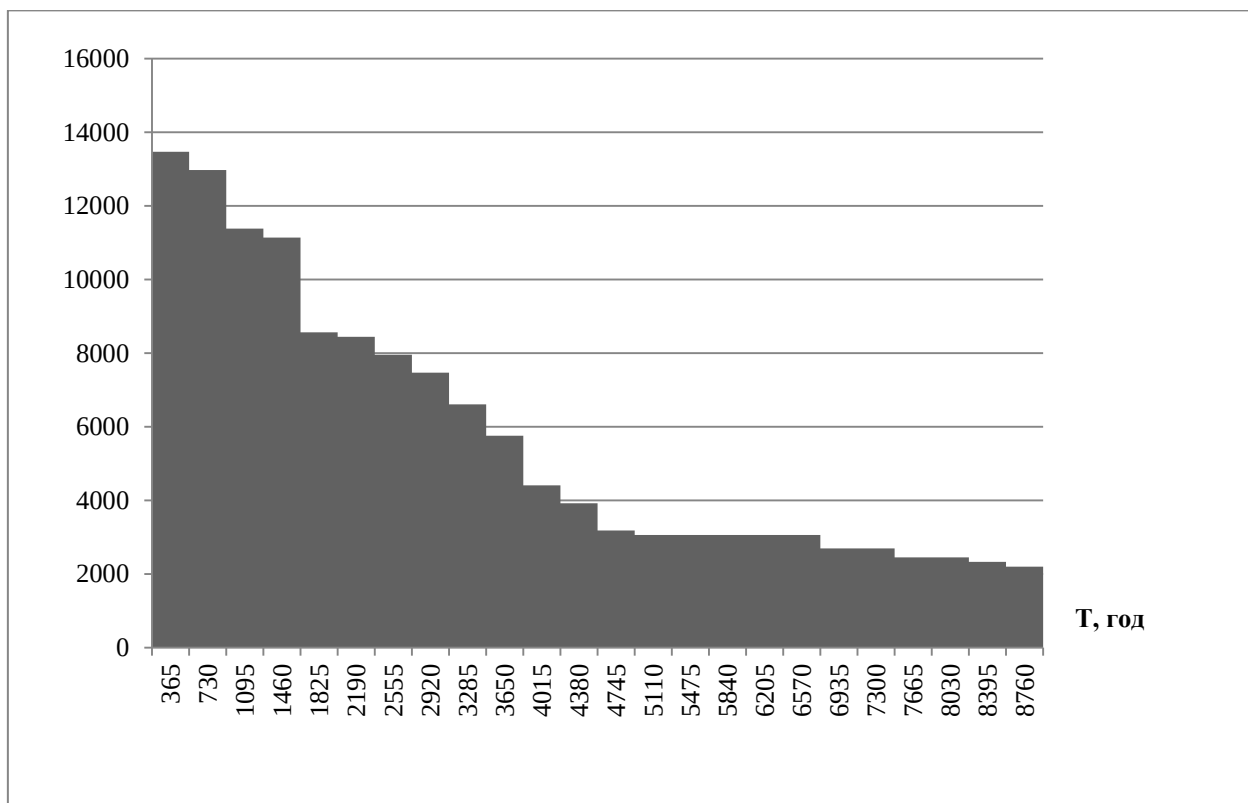


Рисунок 2.5 – Річний графік навантаження за тривалістю.

З КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ (ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ)

Для встановлення місць розташування ГПП (ЦРП) та цехових ТП на генеральному плані промислового підприємства, використовується картограма електричних навантажень. При створенні картограми для кожного цеху визначається радіус кола, площа якого, відповідно до вибраного масштабу, відображає розрахункове навантаження цього цеху P_p .

Радіус кола визначається за формулою:

$$P_i = \pi \cdot R_i^2 \cdot m,$$
$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}, \quad (3.1)$$

де m - масштаб кола, кВт/мм².

Щоб кожне коло картограми електричних навантажень могло бути поділене на сектори, центральні кути цих секторів повинні бути пропорційні освітлювальному та силовому навантаженням.

Найкращим місцем для розташування ГПП (ЦРП) є умовний центр електричних навантажень. Координати центру електричних навантажень можна визначити за допомогою наступних формул:

$$X_i = \sum_{i=1}^n X_i \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad (3.2)$$

$$Y_i = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i, \quad (3.3)$$

де n - кількість цехів підприємства;

X_i та Y_i - координати i -го цеха на генеральному плані;

P_i - розрахункове навантаження i -го цеха.

На картограмі електричних навантажень також може бути відображене освітлювальне навантаження у вигляді сектора з відповідним кутом.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центральний кут цього сектора визначається відносно площі, яка у вибраному масштабі відповідає площі освітлювального навантаження:

$$\alpha_i = \frac{P_{pi\text{ осв}} \cdot 360^\circ}{\pi \cdot R_i^2}.$$

З метою економії кольорових металів і зниження річних витрат, найбільш вигідним є розташування підстанції з певним зсувом від геометричного центру навантажень [4].

Тому при будівництві ГПП на підприємстві, його розміщення зсувається у напрямку джерела живлення:

$$X_i = \sum_{i=1}^n X_i \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i = \frac{43769,5}{4824,35} = 9,36;$$

$$Y_i = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot P_i / \sum_{i=1}^n P_i = \frac{469184,2}{4824,35} = 99,31.$$

За приведеними розрахунками центр електричних навантажень підприємства знаходиться у точці з координатами $x_o = 12$ м, $y_o = 99$ м.

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Дані для побудови картограми електричних навантажень.

№ п/п	Найменування цехів	Р _{рсил} , кВт	Р _{росв} , кВт	Р _р , кВт	m	R, мм	α	x, м	y, м	P*x, кВт·м	P*y, кВт·м
1	Цех дозаторів	585,7	74,6	660,3	0,25	29,0	40,7	152,7	75,0	11398,1	49524,5
2	Цех упаковки	110,7	42,5	153,2	0,25	14,0	99,8	88,6	64,0	3763,7	9806,6
3	Пресовий цех з гальванічною ділянкою	576,2	55,2	631,4	0,25	28,4	31,5	88,6	64,0	4890,7	40408,1
4	Ремонтно-експлуатаційний цех	1002,6	13,9	1016,5	0,25	36,0	4,9	166,0	94,0	2302,0	95592,8
5	Котельня	406,0	14,4	420,4	0,25	23,1	12,3	90,0	39,0	1296,0	16394,0
6	Штампувальний цех	1021,7	28,2	1049,9	0,25	36,6	9,7	97,3	74,1	2743,0	77799,1
7	Заготівельний цех	646,9	28,1	675,0	0,25	29,3	15,0	202,0	95,2	5666,1	64257,4
8	Цех спецобладнання	301,0	12,6	313,6	0,25	20,0	14,5	72,0	64,0	907,2	20070,5
9	Склад готової продукції	384,6	14,0	398,6	0,25	22,5	12,6	127,0	78,0	1778,0	31086,9
10	Склад обладнання та матеріалів	618,0	13,4	631,4	0,25	28,4	7,6	90,4	56,0	1212,1	35359,8
11	АПК	203,7	6,4	210,1	0,25	16,4	11,0	91,0	68,7	582,4	14441,9
12	Адміністративний корпус	175,1	50,6	225,7	0,25	17,0	80,7	143,0	64,0	7230,1	14442,7
	Всього	4435,2	289,0	4724,2						43769,5	469184,2

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

При виборі напруги живильних і розподільчих мереж на підприємстві враховуються кілька факторів, таких як потужність, що споживається підприємством, віддаленість від джерела живлення, напруга джерела живлення і кількість одночасно працюючих електричних приймачів.

Схеми зовнішнього електропостачання обираються з урахуванням надійності і економічності. Надійність певної схеми залежить від категорії споживача, тобто характеристики безперебійності його електропостачання..

Якщо серед споживачів підприємства наявний щонайменше один споживач, що відноситься до 1-ї категорії (найвимогливіший за надійністю), тоді відповідно кількість джерел живлення має бути не менше двох. Це забезпечує резервування та надійність постачання електроенергії для споживачів першої та другої категорії..

При проектуванні систем електропостачання зазвичай розглядаються не більше ніж два-три можливих варіанти, залежно від наявності існуючих напруг у найближчих можливих точках підключення до енергосистеми. Вибір варіанта залежить від аналізу вимог щодо надійності, економічності та доступності ресурсів [5].

Можливі варіанти енергопостачання приведені на рис. 4.1 та рис. 4.2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

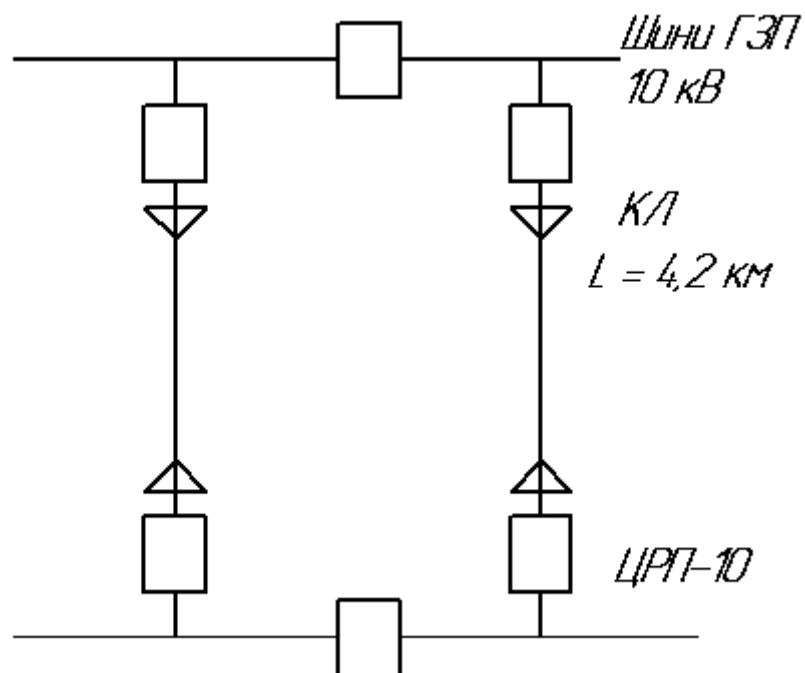


Рисунок 4.1 – Живлення заводу лінією 10 кВ з встановленням ЦРТ.

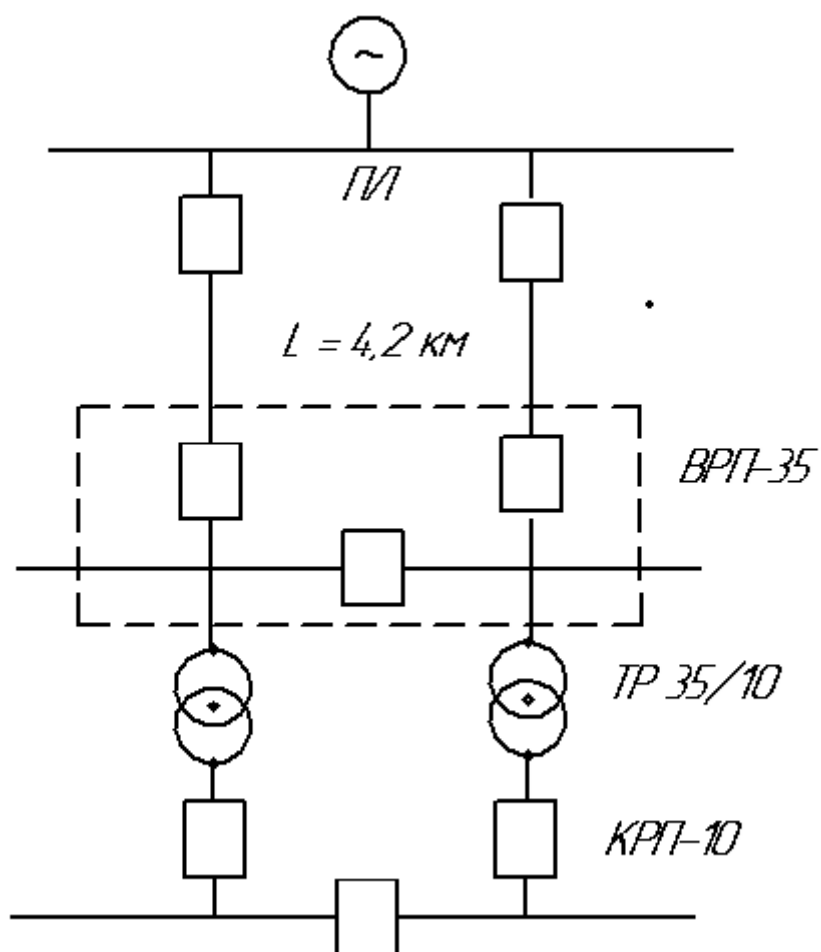


Рисунок 4.1 – Живлення заводу лінією 35 кВ з встановленням ГЗП.

4.1 Схема приєднання та вибір напруги живлення

В даному проекті можливим джерелом електропостачання заводу дозуючих автоматів є підстанція «Південно-Східна» з двома трансформаторами 63 МВ·А 150/35/10 кВ. Відстань між підстанцією і заводом $L = 4,2$ км. Для порівняння схем зовнішнього електропостачання можливі варіанти:

- 1) з напругою 10 кВ;
- 2) з напругою 35 кВ.

Витрати, які були наведені, враховують усі необхідні витрати на протязі життєвого циклу системи електропостачання. Це охоплює витрати на проектування, будівництво, установку, обладнання, експлуатацію, обслуговування, ремонт, а також витрати на енергію та інші витрати, пов'язані з функціонуванням системи.

Застосування формули розрахунку приведених витрат дозволяє узагальнити всі ці витрати в один показник, що дозволяє ефективно порівнювати різні варіанти схем електропостачання з економічної точки зору, тис.грн./рік:

$$Z_i = E_i K_i + C_i + C_{\text{втр } i} + Y_i, \quad (4.1)$$

де E_H - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K_I - сумарні капітальні вкладення, тис.грн.;

C_I - затрати по передачі і розподіленню електроенергії, тис.грн./рік;

$C_{\text{втр } i}$ - вартість втрати електроенергії, тис.грн./рік;

Y_i - вірогідний збиток від перерв в електропостачанні, тис.грн./рік.

Якщо в схемах порівнюємих варіантів є однакові елементи, то при розрахунку K_i по варіантам їх вартість не враховується.

Поточні затрати C_i визначаються як сума затрат на амортизацію $C_{\text{ам}}$ та поточний ремонт і експлуатацію $C_{\text{рем}}$, грн:

$$C_i = C_{\text{ам}} + C_{\text{рем}}. \quad (4.2)$$

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість втрат електроенергії може бути визначена за виразом:

$$C_{\text{втр } i} = c_0 \cdot \Delta W, \quad (4.3)$$

де c_0 - вартість 1 кВт·год втрат, грн.

$c_0 = 3,8$ грн/кВт·год – для ліній 35 кВ і вище;

$c_0 = 4,9$ грн/кВт·год – для ліній 10кВ;

ΔW - втрати енергії в елементах мережі, кВт·год

Втрати енергії в повітряних та кабельних лініях, кВт·год:

$$\Delta W = \Delta P_{1 \text{ км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 \cdot \tau, \quad (4.4)$$

де $\Delta P_{1 \text{ км}}$ - втрати потужності в лінії на 1 км довжини максимально допустимого струмового навантаження, кВт;

l_{Σ} - сумарна довжина ланцюгів лінії, км;

K_3 - коефіцієнт завантаження лінії по струму;

τ - кількість годин максимальних втрат за рік, год.

Втрати енергії в трансформаторі, кВт·год:

$$\Delta W = \Delta P_X \cdot t + \Delta P_K \cdot K_3^2 \cdot \tau, \quad (4.5)$$

де t - число годин роботи трансформатора за рік, год.

На першому етапі техніко-економічного порівняння варіантів виконують технічних розрахунків по вибору схем можливих варіантів і основного електрообладнання.

Варіант 1. Живлення здійснюється напругою 10 кВт.

Розрахунковий струм в лінії, А:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{4945,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 142,9.$$

За економічною густиною струму розраховується площа перерізу кабельної лінії, А/м²:

$$F = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}} = \frac{142,9}{1,4} = 102,1.$$

Приймаємо стандартний переріз 120 мм² з прокладенням одного кабелю. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3×150). Для даного кабеля

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

допустимий тривалий струм $I_{\text{доп}} = 240 \text{ А}$, втрати потужності на 1 км $P_{1\text{км}} = 35,8 \text{ кВт/км}$, вартістю $K_0 = 349 \text{ тис.грн/км}$.

Допустимий струм в аварійному режимі, А

$$I_{\text{авар.доп}} = n \cdot K_{\text{АП}} \cdot K_{\text{П}}^{\text{ав}} \cdot I_{\text{доп}} = 1 \cdot 1,35 \cdot 240 = 324 > 360,8 = I_{\text{р.авар}},$$

де $K_{\text{П}}^{\text{ав}}$ – поправочний коефіцієнт на кількість кабелів в аварійному режимі;

$K_{\text{АП}} = 1,35$ - коефіцієнт допустимого перевантаження кабелю;

$I_{\text{р.АВАР}}$ - максимальний струм, що протікає по лінії в аварійному режимі, А.

Допустиме аварійне перевантаження лінії більше за розрахунковий струм, тому можна зробити висновок, що живлення ТП забезпечуватиметься нормально при виході з ладу одного з кабелів і живлення ТП не порушуватиметься.

Коефіцієнт попереднього завантаження кабелю:

$$K_3 = \frac{I_{\text{р}}}{n \cdot I_{\text{доп}}} = \frac{142,9}{1 \cdot 240} = 0,6.$$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження.

Сумарна довжина кабельної лінії, км:

$$l_{\Sigma} = l \cdot n_{\text{л}} = 2 \cdot 4,2 = 8,4,$$

$n_{\text{л}}$ - кількість кабельних ліній в одному ланцюгу, шт.

Втрати відповідно потужності і енергії в лінії, кВт·год:

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{1\text{км}} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 0,6^2 \cdot 8,4 \cdot 35,8 = 115,6;$$

$$\Delta W = \Delta P_{\text{л}} \cdot \tau = 115,6 \cdot 1117 = 203878.$$

Вартість втрат електроенергії визначається за виразом, грн:

$$C_{\text{втр і}} = c_0 \cdot \Delta W = 4,9 \cdot 203878 = 999002,2,$$

де c_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; $c_0 = 4,9 \text{ грн/кВт·год}$

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

Варіант 2. Живлення здійснюється напругою 35 кВ.

Розрахунковий струм в лінії, А:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4945,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 40,8.$$

За економічною густиною струму розраховується площа перерізу кабельної лінії, А/м²:

$$F = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{40,8}{1,4} = 29,2.$$

Приймаємо стандартний переріз 35 мм² з прокладенням одного кабелю. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3×50). Для даного кабеля допустимий тривалий струм $I_{доп} = 115$ А, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 10,04$ кВт/км, вартістю $K_0 = 240$ тис.грн/км.

Коефіцієнт попереднього завантаження кабелю:

$$K_3 = \frac{I_p}{n \cdot I_{доп}} = \frac{40,8}{1 \cdot 115} = 0,37.$$

Обираємо трансформатор типу ТМН-6300/35 з параметрами $P_k = 46,5$ кВт; $P_{xx} = 9,2$ кВт; $U_{кз} = 7,5$ %.

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{4945,3}{2 \cdot 6300} = 0,4.$$

При відключенні одного трансформатора інший, працюючи з допустимим перевантаженням, зможе забезпечити живлення навантаження

$$S = 1,4 \cdot S_{ном} = 1,4 \cdot 6,3 = 8,82.$$

Втрати відповідно потужності і енергії в лінії, кВт·год:

$$\Delta P_l = \Delta P_{1км} \cdot l_{\Sigma} \cdot K_3^2 = 0,36^2 \cdot 8,4 \cdot 10,04 = 11,54;$$

$$\Delta W_l = \Delta P_l \cdot \tau = 11,54 \cdot 1117 = 20363.$$

Втрати енергії в трансформаторах, кВт·год:

$$\Delta W_{тр} = 2(\Delta P_x \cdot t + \Delta P_k \cdot K_3^2 \cdot \tau) = 2(9,2 \cdot 8760 + 46,5 \cdot 0,4^2 \cdot 1117) = 177805.$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Сумарні втрати енергії, кВт·год:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{тр}} + \Delta W_{\text{л}} = 177805 + 20363 = 198168.$$

Вартість втрат електроенергії визначається за виразом, грн:

$$C_{\text{втр } i} = c_0 \cdot \Delta W = 3,8 \cdot 198168 = 753038,4,$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; $C_0 = 3,8$ грн/кВт·год

Таблиця 4.1 – Розрахунок спрощених капітальних вкладень по варіантах.

№ п/п	Найменування елемента схеми	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис.грн	Вартість всього, тис.грн
I	Шафи КРУ 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	шт	14	65	910
	Кабельна лінія типу ААШв-10 (3х120)	км	4	590	2360
	Траншея	км	4,4	340	1496
	Всього				4766
II	Дволанцюгова повітряна лінія з напругою 35 кВ	км	4	630	2520
	Відкритий розподільчий пристрій	шт	1	845	845
	Трансформатори ГЗП ТМН-6300/35	шт	2	1200	2400
	Всього				5765

Таблиця 4.2 – Розрахунок поточних витрат по варіантах.

№ п/п	Найменування елемента схеми	K_i , тис. грн.	P_a , %	C_a , %	P_e , %	C_e , тис. грн.	C_p , тис. грн.
I	Шафи КРУ 10 кВ, що додатково встановлюються на підстанції	910	15	136,5	5	45,5	182,0
	Кабельна лінія типу ААШв-10 (3х120)	2360	5	118,0	5	118,0	236,0
	Траншея	1496	5	74,8	5	74,8	149,6
	Всього						567,6
II	Дволанцюгова повітряна лінія з напругою 35 кВ	2520	5	126,0	5	105,0	231,0
	Відкритий розподільчий пристрій	845	15	126,8	5	24,0	150,8
	Трансформатори ГЗП ТМН-6300/35	2400	15	360,0	5	120,0	480,0
	Всього						861,8

Таблиця 4.3 – Приведені витрати по варіантам СЕПП.

Показники	Варіант	
	1	2
Капіталовкладення	4766,00	5765,00
Поточні затрати	567,60	861,75
Вартість втрат електроенергії	999,00	753,00
Приведені затрати	2138,52	2306,55

Згідно з проведеним порівняльним аналізом вартість втрат електроенергії варіанту живлення напругою 35 кВ економічно вигідніша, тому приймаємо цей варіант для подальшого проектування.

4.2 Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання

Для внутрішніх розподільчих мереж використовується напруга 10 кВ, а для живлення силових і освітлювальних електроприймачів використовується напруга 380/220 В.

При розподіленні електроенергії на промисловому підприємстві можна використовувати радіальну, магістральну чи змішану схему в залежності від територіального розміщення навантажень, спожитої потужності та надійності електропостачання.

Радіальна схема розподілення енергії є доцільною в разі, коли великі навантаження (насосні, компресорні, перетворювальні установки) розміщені в різних напрямках від центра живлення.

У цьому випадку, розподільчу мережу підприємства можна виконати кабелями напругою 10 кВ з застосуванням радіальної схеми електропостачання.

5 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Для зменшення втрат в трансформаторах, лініях та інших елементах системи електропостачання, а відповідно і їх номінальних параметрів використовують компенсацію реактивної потужності. Для компенсації реактивної потужності можуть використовуватись синхронні двигуни та конденсаторні установки.

Частина реактивної потужності може бути отримана підприємством від енергосистеми. Ця потужність є економічно обґрунтованою і задається середньозваженим $\text{tg}\varphi_E$.

Тоді реактивна потужність, що може бути отримана від енергосистеми визначається за формулою:

$$Q_E = P_p \cdot \text{tg} \varphi. \quad (5.1)$$

Для визначення кількості та потужності конденсаторних батарей, які потрібно встановити на стороні низької напруги спочатку потрібно визначити реактивну потужність, яка може бути передана з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ. Її визначають за формулою:

$$Q_{\Pi} = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}})^2 - P_{\text{ном}}^2}. \quad (5.2)$$

При цьому потрібно знати кількість трансформаторів, які передається реактивна потужність. Для цього спочатку визначають мінімально необхідну кількість трансформаторів для передачі реактивної потужності за формулою:

$$N = \frac{P_{\text{ном}}}{\beta \cdot S_{\text{ном.тр}}}. \quad (5.3)$$

Після вибору потужності і кількості компенсуючи пристроїв вибирається закон регулювання реактивної потужності.

5.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Активне навантаження в мережі до 1000 В (цехові ТП), кВт:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$P_{\text{ном}} = \sum P_{\text{ТП}} = 4724,2.$$

Реактивне навантаження в мережі до 1000 В (цехові ТП), кВар:

$$Q_{\text{ном}} = \sum Q_{\text{ТП}} = 3310,7.$$

Сумарне споживання по заводу активного навантаження, кВт:

$$P_p = P_B + P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{тр}} = 0 + 4724,2 + 120,81 = 4845.$$

Сумарне споживання по заводу реактивного навантаження, кВар:

$$Q_p = Q_B + Q_{\text{ном}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 0 + 3310,7 + 199,4 = 3510,1.$$

Економічно доцільна потужність, що може бути передана від системи по (5.1), кВар:

$$Q_E = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 4845 \cdot 0,15 = 726,75.$$

Тоді сумарна потужність компенсуючих пристроїв визначається з умови балансу реактивної потужності, кВар:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_e = 3510,1 - 726,75 = 2783,4.$$

Визначаємо мінімальну кількість трансформаторів по (5.3):

$$N_0 = \frac{P_{\text{ном}}}{\beta \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{4724,2}{0,42 \cdot 1000} = 11,3 = 12.$$

Надалі наводяться варіанти компенсації при кількості трансформаторів $N=N_0$, $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$.

Варіант 1. $N=N_0 = 12$.

Визначається реактивна потужність, яка може бути передана із мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові трансформатори, кВар:

$$Q_{\text{п}} = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}})^2 - P_{\text{ном}}^2} = \sqrt{(12 \cdot 0,42 \cdot 1000)^2 - 4724,2^2} = 1756.$$

Для визначення потужності компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити у мережі напругою 0,4 кВ, ми враховуємо умову балансу реактивної потужності на шинах кожної ТП. Нижче наведений приклад розрахунку для ТП1, кВар:

$$Q_{\text{кн}} = Q_p - Q_{\text{п}} = 1060,2 - 968,2 = 92.$$

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уточнюємо значення $Q_{\text{кн}}$ враховуючі навантаження по кожному ТП окремо, результати розрахунку приводимо в таблиці 5.1, приведеній нижче.

Таблиця 5.1 – Вибір пристроїв для компенсації потужності в мережі 0,4 кВ

№ ТП	N _{тр}	P _{нн}	Q _{нн}	Q _п	Q _{бк}	N _{бк}	Q _{кн}	Тип батарей конденсаторів			Sp	Kз
ТП1,2	3	1045,0	1060,2	968,2	92,0	2	50	УКМ58-0,4-	50	-50,0	1488,6	0,47
ТП3,4	3	1233,5	1047,9	447,4	600,4	2	300	УКМ58-0,4-	300	-50,0	1618,5	0,44
ТП5,6	3	1064,2	1016,0	882,7	133,3	3	50	УКМ58-0,4-	50	-50,0	1471,3	0,46
ТП7,8	3	1528,5	1532,7	1112,2	420,5	3	166	УКМ58-0,4-	166	-50,0	2164,7	0,63

Приймаємо до встановлення $Q_{\text{кн}} = 1348$ квар [6], з них :

БК потужністю 300 кВар приймаємо 2 шт.

БК потужністю 166 кВар приймаємо 3 шт.

БК потужністю 50 кВар приймаємо 5 шт.

Уточнюємо значення, кВар:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{кн}} = 3310,7 - 1348 = 1962,7$$

Потужність компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити в мережі 10 кВ, кВар:

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{кн}} - Q_{\text{е}} = 3510,1 - 1348 - 726,75 = 1435,4.$$

Приймаємо до установки $Q_{\text{кв}} = 1500$ кВар.

БК потужністю 900 квар приймаємо 2 шт.

Варіант 2. $N = N_0 + 1 = 12 + 1 = 13$

Визначається реактивна потужність, яка може бути передана із мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ:

$$Q_{\text{п}} = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{\text{ном.тр}})^2 - P_{\text{ном}}^2} = \sqrt{(13 \cdot 0,47 \cdot 1000)^2 - 4724,2^2} = 2737,4$$

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

Уточнюємо значення $Q_{кн}$ враховуючі навантаження по кожному ТП окремо.

Потужність компенсуючих пристроїв які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ, кВар:

$$Q_{кн} = Q_p - Q_{\pi} = 3510,1 - 2737,4 = 773$$

Приймаємо до встановлення $Q_{кн} = 800$ квар, з них :

БК потужністю 300 кВар приймаємо 2 шт.

БК потужністю 166 кВар приймаємо 1 шт.

БК потужністю 50 квар приймаємо 1 шт.

Уточнюємо значення, кВар:

$$Q_{\pi} = Q_n - Q_{кн} = 3310,7 - 150 = 3160,7$$

Потужність компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити в мережі 10 кВ, кВар:

$$Q_{кв} = Q_p - Q_{кн} - Q_e = 3510,1 - 150 - 726,75 = 2633,4$$

Приймаємо до установки $Q_{кв} = 2700$ кВар

БК потужністю 1350 квар приймаємо 2 шт.

Варіант 3. $N = N_0 + 2 = 12 + 2 = 14$

Визначається реактивна потужність, яка може бути передана із мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ, кВар:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном.тр})^2 - P_{ном}^2} = \sqrt{(14 \cdot 0,47 \cdot 1000)^2 - 4724,2^2} = 3501$$

Потужність компенсуючих пристроїв які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ, кВар:

$$Q_{кн} = Q_p - Q_{\pi} = 3510,1 - 3519 = -8,9$$

Встановлювати батареї конденсаторів на стороні 0,4 кВ не має потреби.

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

Потужність компенсуючих пристроїв, які необхідно встановити в мережі 10 кВ, кВар:

$$Q_{\text{кв}} = Q_p - Q_{\text{кн}} - Q_e = 3510,1 - 0 - 726,75 = 2783,4$$

Приймаємо до установки $Q_{\text{кв}} = 2700$ кВар

БК потужністю 1350 квар приймаємо 2 шт.

5.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності

Прийняття рішення про вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв базується на економічному порівнянні доступних варіантів. Головним критерієм економічності є мінімізація загальних витрат.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності визначаються за формулою, тис.грн.:

$$Z_n = E_n \cdot (K_{\text{кн}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{ктп}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{ктп}}) \cdot \tau \cdot c_0 \quad (5.4)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт капіталовкладень;

$K_{\text{кн}}$, $K_{\text{кв}}$, $K_{\text{ктп}}$ – вартість відповідно низьковольтних, високовольтних конденсаторних установок та цехових КТП, тис.грн;

$\Delta P_{\text{кн}}$, $\Delta P_{\text{кв}}$, $\Delta P_{\text{тп}}$ – витрати активної потужності відповідно у низьковольтних, високовольтних КУ в цехових КТП, кВт;

$c_0 = 4,9$ грн/ кВт·год, вартість втрат електроенергії;

τ - час максимальних втрат, год.

Варіант 1.

Активні втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори цехових ТП, кВт:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{ном}}^2 \cdot \frac{R_{\text{ек}}}{U_{\text{ном}}^2} = 3310,7^2 \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-2}}{10^2} = 1118.$$

де $R_{\text{ек}}$, кОм:

$$R_{\text{ек}} = \frac{\Delta P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{ном}}^2}{N_{\text{тр}} \cdot S_{\text{нтр}}^2} = \frac{12,2 \cdot 10^2}{12 \cdot 1000^2} = 1,02 \cdot 10^{-2}.$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів, кВт:

$$\Delta P_{KB} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{KB} = 0,0045 \cdot 1435,4 = 6,5,$$

де $\Delta P_{пит} = 0,0045$ кВт/квар – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів, кВт:

$$\Delta P_{KH} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{KH} = 0,003 \cdot 1754,1 = 5,26.$$

де $\Delta P_{пит} = 0,003$ кВт/квар – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей, тис.грн.:

$$K_{KH} = 5 \cdot 3,5 + 3 \cdot 4,1 + 2 \cdot 4,7 = 39,2.$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей, тис. грн.:

$$K_{KB} = 2 \cdot 11,5 = 23.$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій, тис. грн.:

$$K_{КТП} = N_{ТП(1)} \cdot K_{ТП(1)} + N_{ТП(2)} \cdot K_{ТП(2)} = 8 \cdot 80 + 4 \cdot 90 = 1000.$$

де $N_{ТП(1)}$, $N_{ТП(2)}$ – кількість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій, шт.;

$K_{ТП(1)}$, $K_{ТП(2)}$ – вартість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій, тис.грн.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності по (5.4), тис. грн.:

$$\begin{aligned} Z_1 &= E_H \cdot (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{КТП}) \cdot \tau \cdot c_0 = \\ &= 0,12 \cdot (39,2 + 23 + 1000) + (5,26 + 6,5 + 1118) \cdot 1117 \cdot 4,9 = \\ &= 6183,6. \end{aligned}$$

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Варіант 2.

Активні втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори цехових ТП, кВт:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = Q_{\text{НОМ}}^2 \cdot \frac{R_{\text{ЕК}}}{U_{\text{НОМ}}^2} = 3310,7^2 \cdot \frac{0,94 \cdot 10^{-2}}{10^2} = 1030.$$

де $R_{\text{ЕК}}$, кОм:

$$R_{\text{ЕК}} = \frac{\Delta P_{\text{КЗ}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{N_{\text{ТР}} \cdot S_{\text{НТР}}^2} = \frac{12,2 \cdot 10^2}{13 \cdot 1000^2} = 0,94 \cdot 10^{-2}.$$

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів, кВт:

$$\Delta P_{\text{КВ}} = \Delta P_{\text{ПІТ}} \cdot Q_{\text{КВ}} = 0,0045 \cdot 2633,4 = 11,85,$$

де $\Delta P_{\text{ПІТ}} = 0,0045$ кВт/квар – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів, кВт:

$$\Delta P_{\text{КН}} = \Delta P_{\text{ПІТ}} \cdot Q_{\text{КН}} = 0,003 \cdot 773 = 2,34.$$

де $\Delta P_{\text{ПІТ}} = 0,003$ кВт/квар – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей, тис.грн.:

$$K_{\text{КН}} = 1 \cdot 3,5 + 2 \cdot 4,9 + 2 \cdot 6,3 = 38,9.$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей, тис. грн.:

$$K_{\text{КВ}} = 2 \cdot 40,5 = 81.$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій, тис. грн.:

$$K_{\text{КТП}} = N_{\text{ТП}(1)} \cdot K_{\text{ТП}(1)} + N_{\text{ТП}(2)} \cdot K_{\text{ТП}(2)} = 5 \cdot 70 + 7 \cdot 90 = 1090.$$

де $N_{\text{ТП}(1)}$, $N_{\text{ТП}(2)}$ – кількість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій, шт.;

$K_{\text{ТП}(1)}$, $K_{\text{ТП}(2)}$ – вартість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій, тис.грн.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності по (5.4), тис. грн.:

$$\begin{aligned} Z_1 &= E_H \cdot (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{КТП}) \cdot \tau \cdot c_0 = \\ &= 0,12 \cdot (17 + 61 + 1090) + (11,85 + 2,34 + 1030) \cdot 1117 \cdot 4,9 = \\ &= 6220. \end{aligned}$$

Варіант 3.

Активні втрати потужності при передачі реактивної енергії через трансформатори цехових ТП, кВт:

$$\Delta P_{ТП} = Q_{\text{ном}}^2 \cdot \frac{R_{ЕК}}{U_{\text{ном}}^2} = 3310,7^2 \cdot \frac{0,87 \cdot 10^{-2}}{10^2} = 953,6.$$

де $R_{ЕК}$, кОм:

$$R_{ЕК} = \frac{\Delta P_{КЗ} \cdot U_{\text{ном}}^2}{N_{ТР} \cdot S_{НТР}^2} = \frac{12,2 \cdot 10^2}{14 \cdot 1000^2} = 0,87 \cdot 10^{-2}.$$

Втрати активної потужності у низьковольтних батареях конденсаторів, кВт:

$$\Delta P_{KB} = \Delta P_{\text{пит}} \cdot Q_{KB} = 0,0045 \cdot 0 = 0,$$

де $\Delta P_{\text{пит}} = 0,0045$ кВт/квар – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Втрати активної потужності у високовольтних батареях конденсаторів, кВт:

$$\Delta P_{KH} = \Delta P_{\text{пит}} \cdot Q_{KH} = 0,003 \cdot 2783,4 = 8,35.$$

де $\Delta P_{\text{пит}} = 0,003$ кВт/квар – питомі втрати потужності в низьковольтних конденсаторах.

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей, тис.грн.:

$$K_{KH} = 0.$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей, тис. грн.:

$$K_{KB} = 2 \cdot 40,5 = 81.$$

Вартість комплектних трансформаторних підстанцій, тис. грн.:

$$K_{КТП} = N_{ТП(1)} \cdot K_{ТП(1)} + N_{ТП(2)} \cdot K_{ТП(2)} = 4 \cdot 80 + 10 \cdot 90 = 1220.$$

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

де $N_{\text{тп}(1)}$, $N_{\text{тп}(2)}$ – кількість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій, шт.;

$K_{\text{тп}(1)}$, $K_{\text{тп}(2)}$ – вартість відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій, тис.грн.

Розрахункові витрати на компенсацію реактивної потужності по (5.4), тис. грн.:

$$\begin{aligned} Z_1 &= E_H \cdot (K_{\text{кн}} + K_{\text{кв}} + K_{\text{ктп}}) + (\Delta P_{\text{кн}} + \Delta P_{\text{кв}} + \Delta P_{\text{ктп}}) \cdot \tau \cdot c_0 = \\ &= 0,12 \cdot (0 + 81 + 1220) + (0 + 8,35 + 953,6) \cdot 1117 \cdot 4,9 = \\ &= 6340,1. \end{aligned}$$

Таблиця 5.2 – Зведений баланс реактивної потужності

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	1348	800	0
Потужність КП в мережі 10 кВ	1500	2700	2700
Споживання реактивної потужності	727	727	727
Всього за умовою балансу	3275	4227	3427
Затрати на компенсацію	6183,6	6220	6340,1

Оскільки приведені затрати першого варіанту найменші, приймаємо його для подальшого розрахунку.

6 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

6.1 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

Кількість трансформаторів для цехових трансформаторних підстанцій вибирається на основі розрахункового навантаження, враховуючи категорії споживачів, надійність електропостачання і умови компенсації реактивних навантажень.

Одинична потужність трансформаторів цехових ТП визначається залежно від питомої щільності навантаження відповідного цеху.

Проводимо обчислення значення потужності трансформаторів цехових ТП.

Для ТП №1,2:

Вибираємо потужність силових трансформаторів:

$$S_{\text{тр п}} = S_{\text{р}} / 1,4(n - 1) = 1488 / 1,4(3 - 1) = 980,7.$$

Обираємо трансформатор з найближчою більшою потужністю: ТМ - 1000/10.

Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$K_z = S_{\text{р}} / n \cdot S_{\text{тр п}} = 1488 / 3 \cdot 980,7 = 0,5.$$

Проводячи аналогічні розрахунки для інших ТП, фіксуємо результати у таблицю 6.1.

При цьому, враховуючи рівномірний розподіл навантажень по території цехів, ми приймаємо рівномірний розподіл ТП по території цеху [11].

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

Таблиця 6.1 – Вибір потужності та місця розташування цехових ТП

Рр, кВт	Qp, кВар		Sp, кВА		Кількість та потужність трансформаторів, кВА	Кз	Вид ТП	Місце розташування ТП	Характеристика приміщення	Категорія ЕП по безперебійності живлення
	без КП	з КП	без КП	з КП						
1044,96	1060,22	968,23	1488,63	1419,15	3х1000	0,47	Вбудов.	Цех дозаторів	Г	II
1233,49	1047,87	447,42	1618,49	1312,28	3х1000	0,44	Вбудов.	Цех спецобладнання	Д	III
1064,17	1016,02	882,67	1471,31	1372,02	3х1000	0,46	Вбудов.	Склад готової продукції	Д	III
1528,55	1532,73	1112,24	2164,65	1845,84	3х1000	0,63	Вбудов.	Ремонтно-експлуатаційний цех	Г	II

6.2 Компоновка та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій

Визначення розташування центральних розподільних пунктів (ЦРП), розподільних пунктів (РП) і трансформаторних підстанцій, які забезпечують електропостачання цехів (ТП) залежить від розміру та характеру електричних навантажень, а також від генерального плану підприємства. При виборі місця розташування таких пунктів необхідно враховувати архітектурно-будівельні та експлуатаційні вимоги, конфігурацію виробничих приміщень, розміщення технологічного обладнання, умови навколишнього середовища, системи охолодження, пожежної безпеки та електричної безпеки.

Цехові трансформаторні підстанції повинні розташовуватись всередині цехів або прилеглих до них приміщень, за винятком випадків, коли розміщення ТП всередині є недоцільним. Вибір окремо стоячих ТП повинен бути обґрунтованим.

Центральні розподільні пункти (ЦРП), розподільні пункти (РП) та інші комутаційні вузли, на яких відсутні перетворювачі енергії, краще розташовувати на межі об'єктів, які отримують електроенергію від них, щоб уникнути зворотних потоків енергії [1,2].

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

7 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Для розрахунку струму короткого замикання формується розрахункова схема у вигляді однолінійного зображення. В цій схемі відображаються всі джерела, що живлять місце короткого замикання, а також всі елементи системи електропостачання, такі як трансформатори, лінії передачі, реактори та інші, розташовані між джерелами та місцем КЗ. Синхронні компенсатори, синхронні та асинхронні двигуни розглядаються як джерела живлення.

На основі розрахункової схеми складається схема заміщення, в якій всі елементи замінюються опорами, що приводяться до базисних умов. Потім ця схема заміщення підлягає перетворенню та спрощенню до еквівалентної схеми.

Згідно з отриманою схемою заміщення у найпростішому вигляді з результуючою електрорушійною силою (ЕРС) та результуючим опором, початкове значення i_y періодичної частини струму короткого замикання визначається за вказаною формулою [8]:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_n, \quad (7.1)$$

де K_y - ударний коефіцієнт:

$$K_y = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{T_a}\right), \quad (7.2)$$

де T_a - стала затухання часу аперіодичної складової струму КЗ:

$$T_a = \frac{X_{рез}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{рез}}, \quad (7.3)$$

де $x_{рез}$, $R_{рез}$ - відповідно результуючий індуктивний і активний опори кола КЗ.

Для визначення струмів коротких замикань у вказаних точках потрібно знати діючі значення, які включають надперехідний струм КЗ, а також ударний струм КЗ та відповідно усталений струм КЗ.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок діючого значення надперехідного струму КЗ, яке є відповідно частиною складової струму КЗ, а саме її діючим значенням періодичної за перший період, дорівнює значенню струму у момент часу, коли струм досягає свого максимального значення.

Амплітудне (тобто миттєве можливе) значення повного струму КЗ, або ударний струм КЗ, відповідає найбільшому значенню струму, яке виникає внаслідок короткого замикання.

Діюче значення усталеного струму КЗ, позначене як I_{∞} , представляє собою струм, що протікає в усталеному режимі після відключення автоматичних вимикачів або з часовою затримкою після виникнення короткого замикання.

Перед розрахунком струмів КЗ складається розрахункова схема, на якій позначаються точки, в яких необхідно визначити струми короткого замикання.

На основі розрахункової схеми складається схема заміщення, в якій всі елементи представлені у вигляді опорів [2,8].

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

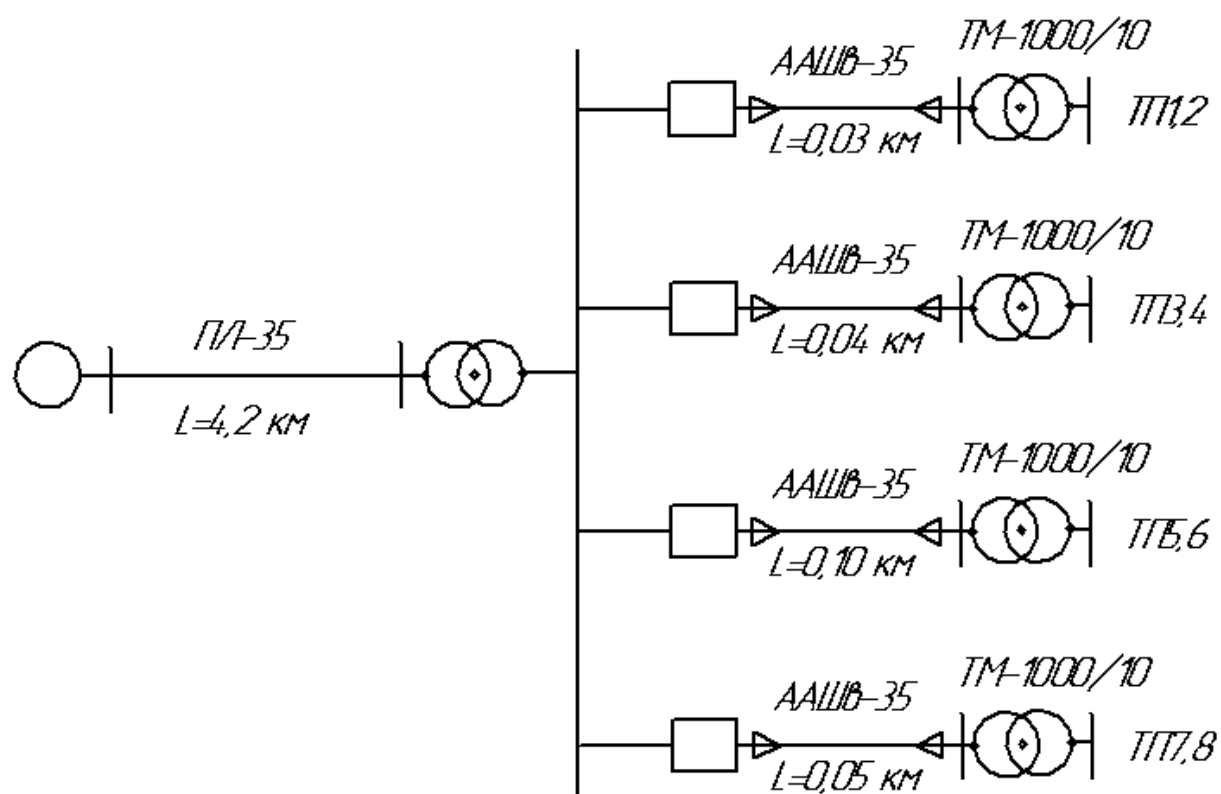


Рисунок 7.1 – Розрахункова схема СЕПП.

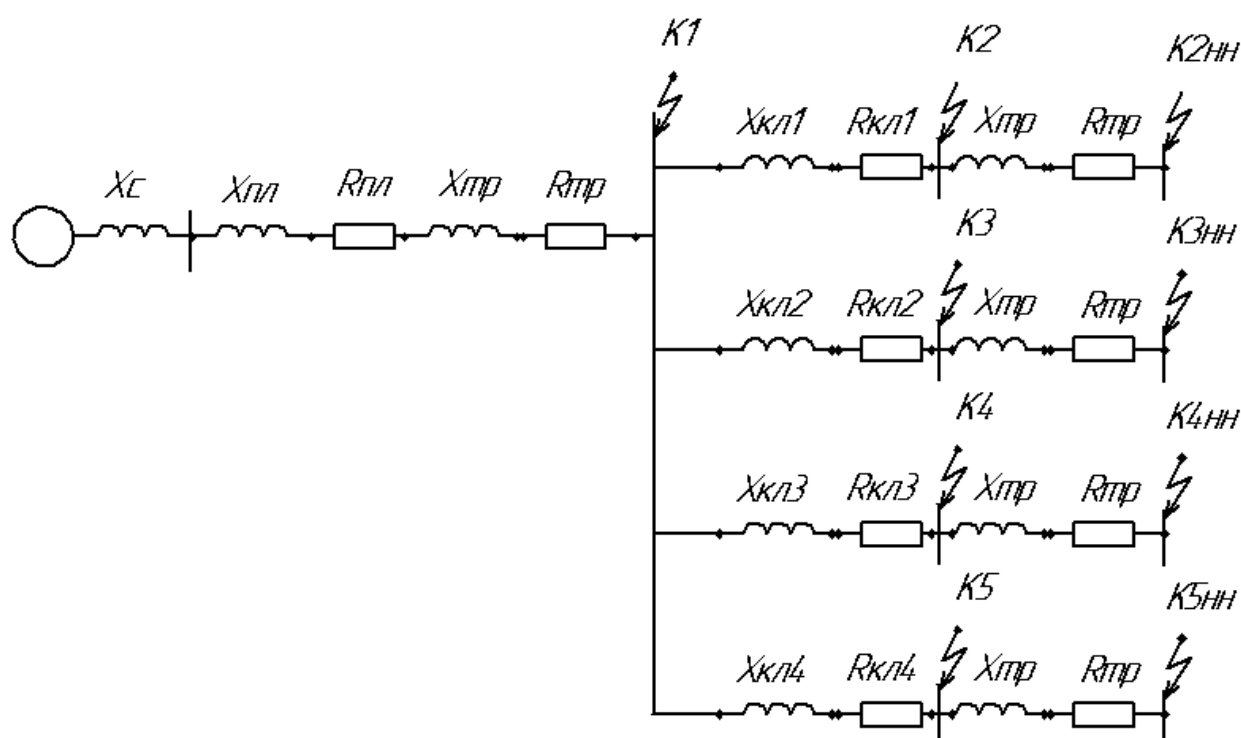


Рисунок 7.2 – Схема заміщення.

7.1 Розрахунок струмів КЗ

Номинальна напруга повітряної лінії $U_H = 35$ кВ. Лінія виконана проводом марки АС довжиною $L_1 = 4,2$ км та перерізом $F = 35$ мм²

Номинальна потужність трансформатора ГЗП складає $S_{тр} = 1000$ кВА.

На ТП встановлений трансформатор типу ТМ-1000/10 з параметрами $P_K = 12,2$ кВт; $P_{хх} = 2,45$ кВт; $U_{кз} = 5,5$ %.

Під час складання схеми заміщення для розрахунку струму КЗ застосовується підхід, де всі елементи системи електропостачання замінюються еквівалентними опорами. При цьому активний опір системи не враховується через його незначне значення.

Розрахунок проводиться у відносних одиницях, що означає, що всі величини виражаються відносно базисних параметрів системи. Це дозволяє спростити розрахунки та порівнювати різні схеми електропостачання без прив'язки до конкретних фізичних величин, таких як напруга чи струм.

Такий підхід дозволяє зосередитись на взаємодії між елементами системи та визначенні струмів КЗ в різних точках системи електропостачання. Результати розрахунку можуть бути використані для вибору та перевірки електричних апаратів, струмопроводів та ізоляторів у системі [2,5].

Для спрощення розрахунку приймаємо значення базисної потужності:

$$S_6 = 100 \text{ МВА.}$$

Базисну напругу вибираємо для кожної ступені рівним її середньому номінальному значенню виходячи з слідуєчих значень(0,23; 0,4; 0,525;0,69; 3,15; 6,3; 10,5; 37; 115; 235):

$$U_{61} = 37 \text{ кВ; } U_{62} = U_{63} = 10,5 \text{ кВ; } U_{64} = 0,4 \text{ кВ;}$$

Розраховуємо базисні струми в точці К1, К2, К3 та К4 відповідно, кА:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56;$$

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5;$$

						Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{63}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5;$$

$$I_{64} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{64}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144.$$

Визначаємо відносні опори елементів схеми КЗ наступним чином.

Реактивний опір системи:

$$X_C = \frac{S_6}{S_{КЗ}} = \frac{100}{1000} = 0,1.$$

Реактивний опір лінії напругою 35 кВ:

$$X_{Л1} = l \cdot x_0 \cdot \frac{S_6}{U_{61}^2} = 0,59 \cdot 4,2 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,18.$$

Активний опір лінії напругою 35 кВ:

$$R_{Л1} = l \cdot R_0 \cdot \frac{S_6}{U_{61}^2} = 0,4 \cdot 4,2 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,12.$$

Визначаємо показники трансформатора ГЗП без врахування його активного опору:

$$X_{тр1} = \frac{U_{К\%} \cdot S_6}{100 \cdot S_{ном.тр1}} = \frac{7,5 \cdot 100}{100 \cdot 6300} = 1,1.$$

Для кабельної лінії напругою 10 кВ визначаємо наступні дані.

Реактивний опір лінії напругою 10 кВ:

$$X_{Л2} = l_1 \cdot x_0 \cdot \frac{S_6}{U_{61}^2} = 0,95 \cdot 0,04 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,034.$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ:

$$R_{Л2} = l_1 \cdot R_0 \cdot \frac{S_6}{U_{61}^2} = 0,06 \cdot 0,04 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,002.$$

Активний опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ:

$$R_{тр2} = \frac{\Delta P_M \cdot S_6}{S_{ном.тр2}^2} = \frac{12,2 \cdot 100000}{1000^2} \cdot \frac{127^2}{135^2} = 1,22.$$

Рективний опір трансформатора напругою 10/0,4 кВ:

$$X_{тр2} = \sqrt{\left(\frac{U_{К\%}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_M}{S_{ном.тр2}^2}\right)^2} \cdot \frac{S_6}{S_{ном.тр2}} = \sqrt{\left(\frac{7,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1000}\right)^2} \cdot \frac{100000}{1000} = 7,4.$$

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо результуючий еквівалентний опір до розрахункової точки КЗ. Спростуємо схему заміщення за такою послідовністю:

1) результуючий опір до точки К1:

$$R_{K1} = R_{\text{л}} = 0,12;$$

$$X_{K1} = X_{\text{л}} + X_{\text{с}} = 0,1 + 0,18 = 0,19;$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{\text{л1}}^2} = \sqrt{0,12^2 + 0,19^2} = 0,22.$$

2) результуючий опір до точки К2

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{\text{тр1}} = 0,12 + 0 = 0,12;$$

$$X_{K2} = X_{\text{л1}} + X_{K1} = 0,18 + 0,19 = 0,37;$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,12^2 + 0,37^2} = 0,3.$$

2) результуючий опір до точки К3

$$R_{K3} = R_{\text{л2}} + R_{K2} = 0,12 + 0 = 0,12;$$

$$X_{K3} = X_{\text{л2}} + X_{K2} = 0,034 + 0,37 = 0,4;$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,12^2 + 0,4^2} = 0,4.$$

3) результуючий опір до точки К4

$$R_{K4} = R_{K3} + R_{\text{тр2}} = 0,12 + 1,22 = 1,34;$$

$$X_{K4} = X_{\text{тр2}} + X_{K3} = 7,4 + 0,4 = 7,8;$$

$$Z_{K4} = \sqrt{R_{K4}^2 + X_{K4}^2} = \sqrt{1,34^2 + 7,8^2} = 7,9.$$

Визначаємо трифазні струми КЗ. В точці К1 діюче значення періодичної складової струму складатиме:

$$I_{K1} = \frac{I_{\text{б1}}}{Z_{K1}} = \frac{1,56}{0,22} = 7,1.$$

Діюче значення усталеного струму КЗ:

$$I_{K3} = I_{K1} = 7,1.$$

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Амплітудне значення струму на шинах напругою 10 кВ визначається по (7.1):

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K2} = \sqrt{2} \cdot 1,04 \cdot 7,1 = 10,4.$$

Значення постійної часу рахується по (7.3):

$$T_a = \frac{X_{K1}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{K1}} = \frac{0,19}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,12} = 0,005.$$

Ударний коефіцієнт знаходиться по (7.2):

$$K_y = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{T_a}\right) = 1 + \exp\left(\frac{-0,01}{0,005}\right) = 1,04.$$

Струм двохфазного КЗ визначаємо за формулою:

$$I_{K1}^2 = 0,87 \cdot I_{K1} = 0,87 \cdot 7,1 = 6,2.$$

Розрахунок для інших точок схеми зводимо до таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Розрахунок струмів КЗ.

Точка схеми	$R_{кп}$	$X_{кп}$	$Z_{кп}$	$I_{кп} = I_{бп} / Z_{кп}$	$i_{уп} = 2 \cdot k_y \cdot I_{кп}$	$I_{кп}^2 = 0,87 \cdot I_{кп}$
ТП1,2	0,12	0,19	0,22	24,47	55,68	21,29
ТП1,2нн	1,34	7,80	7,91	18,24	57,74	15,87
ТП3,4	0,12	0,19	0,22	24,47	55,68	21,29
ТП3,4нн	1,34	7,80	7,91	18,24	57,74	15,87
ТП5,6	0,12	0,16	0,20	27,50	60,21	23,93
ТП5,6нн	1,34	7,88	7,99	18,06	57,28	15,71
ТП7,8	0,12	0,15	0,19	28,63	61,90	24,91
ТП7,8нн	1,34	7,91	8,02	17,99	57,12	15,65

7.2 Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

Відповідно до ПУЕ [1], необхідно перевіряти переріз кабелю з урахуванням економічної щільності струму. Оптимальний економічно доцільний переріз можна визначити за допомогою такого відношення:

$$F_e = \frac{I_p}{j_{ек}} \quad (7.4)$$

де I_p – розрахунковий струм, А;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$j_{ек}$ – нормоване значення економічної щільності струму, А/мм².

Для визначення прийнятого перерізу кабелю ми враховуємо найближчий стандартний переріз.

Обраний переріз повинен задовольняти вимогам перевірки за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_p \leq K_{\pi} \cdot I_{\text{доп}} \quad (7.5)$$

де $I_{\text{доп}}$ – це тривалий допустимий струм по умовам нагріву;

K_{π} – це поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, які знаходяться поряд в землі.

При прокладанні кількох кабелів у одній траншеї, необхідно визначити допустимий струм навантаження ($I_{\text{доп}}$) з урахуванням поправочного коефіцієнта, який враховує зниження припустимого навантаження [9]:

$$I_{\text{доп}}' = K_{\pi}' \cdot K_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}} \quad (7.6)$$

де K_{π}' – поправочний коефіцієнт на кількість кабелів в після аварійному режимі;

$K_{\text{доп}}$ – допустимий коефіцієнт аварійного перевантаження;

$I_{\text{доп}}'$ – розрахунковий струм кабелів в аварійному режимі.

Мінімальна площа перерізу кабелю, що відповідає вимогам термічної стійкості:

$$F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}, \quad (7.7)$$

де C – розрахунковий термічний коефіцієнт, $C = 94 \text{ А} \cdot \text{С}^{1/2}/\text{мм}^2$;

B_k – тепловий імпульс.

Для розрахунку струмів КЗ в заводський мережі 10 кВ необхідно вибрати переріз кабелів до цехових ТП.

Обираємо кабель для лінії (КЛ-1) від ГЗП до ТП №1,2. Знаходимо економічну густину струму:

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1534,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 84,5.$$

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За економічною густиною струму розраховується площа перерізу кабельної лінії по (7.4), А/м²:

$$F = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{142,9}{1,4} = 60,3.$$

Приймаємо стандартний переріз 120 мм² з прокладенням одного кабелю. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3×70). Для такого кабелю допустимий тривалий струм $I_{доп} = 165$ А. Проводимо перевірку кабелю за допустимим струмовим навантаженням по (7.5):

$$I_p \leq K_{п} \cdot I_{доп} = 118,2 \leq 165.$$

Перевірка кабелю за умови роботи в аварійному режимі, А:

$$I_{доп}' = K_{п}' \cdot K_{доп} \cdot I_{доп} = 118 < 170,8,$$

де $K_{п}$ - коефіцієнт прокладки кабелів;

$K_{ав}$ - допустимий коефіцієнт аварійного перевантаження кабеля, значення приймається рівним 1,35.

Визначається коефіцієнт прокладки кабелів:

$$K_{п} = \frac{I_p}{K_{п}' \cdot I_{доп}} = \frac{118,2}{165} = 0,9.$$

Мінімальна площа поперечного перерізу кабеля за умовою термічної стійкості розраховується по (7.7):

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{c} = \frac{\sqrt{597121}}{94} = 53,9,$$

де K - термічний коефіцієнт; для алюмінієвих кабелів $K=94 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$;

B_k - тепловий імпульс, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$:

$$B_k = I_{н.о}^2 (t_{відк} + T_a) = 24,47^2 (1 + 0,005) = 25,7.$$

Інші кабелі системи електропостачання заводу розраховуються аналогічно, розрахунки наведені у таблиці 7.2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

З		
м		
А		
рк		
№		
до		
ку		
м.		
Пі		
дп		
ис		
Д		
а		
67	А	
	рк	

Таблиця 7.2 – Вибір високовольтних кабелів 10 кВ.

№КЛ	Sp, кВА	n	Ip	Ip.ав	Feк, мм	Марка кабеля	Ідоп,А	Кп	Іав	Вк	Fmin	І", кА
ЦРП-ТП1,2	1534,21	1	84,46	118,24	60,33	ААШВ(3х70)	165	0,9	170,78	25,70	53,9	24,47
ЦРП-ТП3,4	1669,88	1	91,93	128,70	65,66	ААШВ(3х70)	165	0,9	170,78	19,15	46,6	18,24
ЦРП-ТП5,6	1456,97	1	80,21	112,29	57,29	ААШВ(3х70)	165	0,92	174,57	25,70	53,9	24,47
ЦРП-ТП7,8	1890,38	1	104,07	145,69	74,33	ААШВ(3х95)	205	0,92	248,86	19,15	46,6	18,24

7.3 Вибір електрообладнання

Вибір вимикачів напругою 10 кВ [9].

На стороні НН від ГЗП до ТП встановлюємо вакуумний вимикач заводу РЗВА типу ВР1-10-20/1000УЗ. Вакуумні вимикачі серії ВР1 призначені для роботи в КРУ серії КУ-10Ц. Вибір параметрів вимикачів зведений до таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Вибір ввідних вимикачів 10 кВ.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	12 кВ
165 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
15,87 кА	$I_{пт} \leq I_{відкл.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 1,04 \cdot 15,87 =$ $= 37,2 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{відкл} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 0,4) =$ $= 39,6 \text{ кА}$
15,87 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
18,24 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	51 кА
$243,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

$$\tau = t_b + t_{pz \min} = 0,09 + 0,01 = 0,1 \text{ с.}$$

$$t_{відк} = t_{відкл} + t_{pz} = 1 + 0,057 = 1,057 \text{ с.}$$

$$B_k = I_{КЗ}^2 (t_{відк} + T_a) = 15,87^2 (1,057 + 0,005) = 243,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблиця 7.4 – Вибір вимикачів 10 кВ для відходящих ліній до ТП.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	12 кВ
165 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
15,87 кА	$I_{пт} \leq I_{відкл.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 1,04 \cdot 15,87 = 37,2$ кА	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{відкл} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 20(1 + 0,4) = 39,6$ кА
15,87 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
18,24 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	51 кА
$25,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

$$\tau = t_v + t_{pz \min} = 0,09 + 0,01 = 0,1 \text{ с.}$$

$$t_{відк} = t_{відкл} + t_{pz} = 1 + 0,057 = 1,057 \text{ с.}$$

$$B_k = I_{кз}^2 (t_{відк} + T_a) = 15,87^2 (1,057 + 0,005) = 25,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Всі вимикачі 10 кВ встановлені в шафи КРП внутрішнього розміщення серії КУ-10Ц ШВВ – Е – 10 – 20 – 1000 УЗ з такими параметрами:

- номінальна напруга 10 кВ;
- максимально можлива робоча напруга 12 кВ;
- номінальний струм в мережі 1000А;
- номінальний струм ввімкнення вимикачів 12,5 кА;
- термічна стійкість головних кіл на протязі 3 с 12,5 кА;
- електродинамічна стійкість головних кіл 32 кА;
- номінальна напруга допоміжних кіл 220 В.

На стороні 35 кВ ГЗП будуть встановлені вакуумні вимикачі ВРС-35.

Таблиця 7.5 – Вибір вимикачів 35 кВ на вводах ГЗП.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
165 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
7,1 кА	$I_{пт} \leq I_{відкл.ном}$	20 кА
$\sqrt{2} \cdot 1,04 \cdot 7,1 =$ $= 10,1 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{відкл} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 20 =$ $= 39,6 \text{ кА}$
7,1 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
10,4 кА	$i_{уд} \leq i_{дин}$	52 кА
$75,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$20^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

$$\tau = t_b + t_{pz \min} = 0,09 + 0,01 = 0,1 \text{ с.}$$

$$t_{відк} = t_{відкл} + t_{pz} = 1 + 0,057 = 1,057 \text{ с.}$$

$$B_k = I_{кз}^2 (t_{відк} + T_a) = 7,1^2 (1,057 + 0,005) = 75,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

На стороні ВН ГЗП встановлюється роз'єднувач типу РНДЗ,1-35/1000 У1. Дані по вибору та перевірці розраховуються в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Вибір роз'єднувачів на стороні 35 кВ.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
165 А	$I_{max} \leq I_{ном}$	1000 А
7,1 кА	$I'' \leq I_{дин}$	20 кА
$75,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I_{терм}^2 t_{терм}$	$25^2 \cdot 3 =$ $= 1200 \text{ кА}_2 \cdot \text{с}$

Для захисту обладнання підстанцій від атмосферних та внутрішніх перенапруг використовуються вентильні розрядники. Вони встановлюються на вводах силових трансформаторів, що підключені ЛЕП.

Обираємо вентильний розрядник типу РВС-35У1, $U_n = 35$ кВ. Цей розрядник призначений для захисту електрообладнання електростанцій і підстанцій змінного струму від атмосферних перенапруг та короткочасних внутрішніх пошкоджень ізоляції.

На стороні 10 кВ (ЦРП) обираємо розрядник типу РВО-10У1. Технічні дані: $U_{ном} = 10$ кВ, $U_{найб} = 12,7$ кВ. При $f = 50$ Гц $26 \text{ кВ} < U_{проб} < 30,5 \text{ кВ}$, $t = 8$ мкс, $I = 3000$ А.

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ШТАМПУВАЛЬНОГО ЦЕХУ

Ефективний захист електрообладнання вимагає належно спроектованої системи блискавкозахисту для обраного об'єкту. Це може бути будівля, споруда, розподільча станція чи підстанція, в будь-якому випадку система блискавкозахисту включає в себе комплекс технічних рішень і спеціальних пристосувань, які забезпечують безпеку не лише самої будівлі, а й осіб, що перебувають в ній, а також майна, а також забезпечують стабільне електропостачання.

Загрози, які виникають для будівель і споруд, пов'язані з можливістю прямого контакту каналу блискавки з об'єктами, що може спричинити пожежу, руйнування або пошкодження чутливого обладнання через супутні ефекти блискавки, такі як імпульсне електромагнітне поле. Щоб запобігти цим ризикам, використовується система блискавкозахисту. Ця конструкція, незважаючи на свою простоту, забезпечує ефективний захист будь-якої житлової, комерційної або промислової споруди, а також системи електропостачання. Головне, що блискавкозахист гарантує безпеку майна і життя людей.

Система блискавкозахисту також захищає електричну мережу в цілому, а також радіозв'язок, комутаційне обладнання, антени телебачення, димові труби, вишки, технологічне обладнання та інше. Окрім захисту від прямих ударів блискавки, система блискавкозахисту також забезпечує захист від індукованих перенапруг, що можуть виникнути в електричних системах внаслідок блискавкових розрядів у непрякій близькості до об'єкту [12].

У спеціальному розділі наведено розрахунок системи блискавкозахисту для території штампувального цеху.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

В залежності від класифікації споруди за ПУЕ [1] та від кількості уражень об'єкта блискавкою, що очікуються, обираємо тип зони та рівень блискавзахисту об'єкта, що є необхідним для подальших розрахунків.

Згідно з класифікацією вибухо- та пожежонебезпечних приміщень згідно до ПУЕ [1] об'єкт має клас П-Іа, тобто зону приміщення, в котрій є тверді речовини, що можуть спалахнути. При цьому не виділяється горючий пил і волокна.

Штампувальний цех – категорія приміщення Г, тобто помірна небезпека виникнення пожежі.

Визначаємо кількості очікуваних уражень об'єкта блискавкою. Для початку проводимо характеристику обраної місцевості за грозовою діяльністю.

Середньорічне число фактичних уражень блискавки в 1 км² площі ділянки земної поверхні n у місці перебування об'єкту, 1/км² рік:

$$n = \frac{6,7 \cdot T_{\text{гр}}}{100}, \quad (8.1)$$

де $T_{\text{гр}}$ – це середня тривалість гроз, яку визначають за картами інтенсивності грозової діяльності, год.

За даними про середньорічне число уражень блискавкою обчислюється кількість уражень об'єкта блискавкою за рік, що вірогідно стануться, уд/рік:

$$N = ((S + 6 \cdot h_{\text{об}}) \cdot (L + 6 \cdot h_{\text{об}}) - 7,7 \cdot h_{\text{об}}^2) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (8.2)$$

де S , L , $h_{\text{об}}$ – це відповідно ширина, довжина та висота об'єкта, м.

n – кількість годин грозової активності в рік, год.

Для Кропивницької області $T_{\text{гр}} = 80$ год (Додаток Б, [10]), тому подальший розрахунок n за (8.1), 1/км² рік:

$$n = \frac{6,7 \cdot T_{\text{гр}}}{100} = \frac{6,7 \cdot 80}{100} = 5,36.$$

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо очікувану кількість уражень цеху блискавкою на рік по (8.2), $S = 97,3$ м, $L = 74,1$ м, $h_{об} = 3,8$ м. (за Таблицею 3.1), уд/рік:

$$N = ((S + 6 \cdot h_{об}) \cdot (L + 6 \cdot h_{об}) - 7,7 \cdot h_{об}^2) \cdot n \cdot 10^{-6} =$$

$$= ((97,3 + 6 \cdot 3,8) \cdot (74,1 + 6 \cdot 3,8) - 7,7 \cdot 3,8^2) \cdot 5,36 \cdot 10^{-6} = 0,062$$

Так як $N < 1$, то рівень блискавкозахисту III, тип зони Б (Додаток А, [10]).

До групи III об'єктів відносяться ті, наслідки їхньої пошкодження пов'язані з меншим матеріальним збитком порівняно з об'єктами, які перебувають у вибухонебезпечному середовищі. Сюди включаються будівлі і споруди з пожежонебезпечними приміщеннями або з низькою вогнестійкістю будівельних конструкцій. Вимоги до блискавкозахисту для цих об'єктів стають більш жорсткими залежно від ймовірності їхньої пошкодження блискавкою (очікуваної кількості вразень).

Крім того, до групи III відносяться об'єкти, поразка яких може становити небезпеку для життя людей та тварин через електричну дію. Це включає великі громадські будівлі, споруди для тваринництва, високі конструкції, такі як труби, вежі та монументи. Нарешті, до цієї групи належать невеликі сільські будівлі, де часто використовуються конструкції, які можуть горіти [10].

Система блискавкозахисту складається з зовнішньої та внутрішньої захисних систем.

Зовнішня система блискавкозахисту, відома як система LPS (Lightning Protection System), призначена для перехоплення прямих спалахів блискавки та їх відведення від будівлі, включаючи фасад. Головною метою цієї системи є забезпечення безпеки будівлі, її вмісту і людей, а також запобігання термічному чи механічному пошкодженню та виникненню пожеж чи вибухів.

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки немає небезпеки у вигляді термічних та вибухових ефектів у точці ураження або на провідниках, через які протікає струм блискавки, ми обираємо ізольовану систему блискавкозахисту,

Неізовльована система LPS складається з трьох основних компонентів: системи перехоплення, системи доземних провідників і системи земляного закінчення.

Система перехоплення використовує металеві елементи, такі як стрижні, сітки або натягнуті троси, щоб перехоплювати спалахи блискавки.

Система доземних провідників (також відома як струмовідвід або блискавкопуск) відводить струм блискавки від системи перехоплення до системи земляного закінчення.

Система земляного закінчення відведе і розсіє струм блискавки в землю, щоб забезпечити безпечне розсіювання.

Для захисту будівлі від прямих ударів блискавки в даному випадку використовуються металеві стрижневі блискавкоприймачі. Вони складаються з блискавкоприймача, який приймає грозовий розряд, струмовідводу, що є несучою конструкцією, і заземлювача.

Для кріплення блискавкоприймачів використовуємо GL-11703A. Крок встановлення зажимів 0,8 – 1 м.

Для з'єднання блискавкоприймача з заземлювачем на відстані 2,5 - 3 метри від нижнього кінця стрижневої опори встановлюється металевий відвід, який зварюється до металевого каркасу опори.

Оскільки один блискавкоприймач не охоплює всю площу будівлі, яку необхідно захистити, застосовуються чотири стрижневі блискавкоприймачі, розташовані на кутах цеху [15].

Приймаємо висоту зони захисту $h = 28,83$ м.

Активна висота стрижня блискавкозахисту, м:

$$h_a = h - h_0 = 28,83 - 3,8 = 25,03.$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Визначаємо розміщення системи перехоплення, використовуючи метод захисного кута. Обираємо кути α_1 , α_2 відповідно за Рисунком 1 [15] та розраховуємо за Рисунком А.2 [15]:

Радіус зони захисту на рівні землі, враховуючи, що $\alpha_2 = 38^\circ$:

$$r_{02} = tg\alpha_2 \cdot h = tg38^\circ \cdot 28,23 = 0,781 \cdot 28,23 = 22,04.$$

Радіус зони захисту на висоті, враховуючи, що $\alpha_1 = 43^\circ$:

$$r_{01} = tg\alpha_1 \cdot h_a = tg43^\circ \cdot 25,03 = 0,933 \cdot 28,23 = 26,33.$$

Для r_{01} за відношенням $L/h_a = 74,1/25,03 = 2,96$ за Рисунком 8.6 посилення [12] $b_x / 2h_a = 0,9$; за відношенням $S/ h_a = 97,3/25,03 = 3,89$ за Рисунком 8.6 посилення [12] $b_x / 2h_a = 0,75$.

Надійність захисту блискавковідводу по розрахованим даним перевіряється по зоні захисту для групи з чотирьох стрижнів, при цьому D, м:

$$D = \sqrt{L^2 + S^2} = \sqrt{74,1^2 + 97,3^2} = 122,3;$$

$$D = 122,3 < 8 \cdot h_a = 8 \cdot 25,03 = 200,24.$$

Таким чином захист обладнання на висоті 3,8 м цілком забезпечується.

Розраховуємо систему заземлювання.

Заземлювач - це елемент системи блискавкозахисту, який забезпечує електричний контакт між електричною установкою і землею. Він може складатися з одного провідника або бути сукупністю з'єднаних між собою провідників. Головна функція заземлювача полягає в відведенні надлишкового електричного струму в землю, забезпечуючи тим самим безпечну розрядку блискавкових струмів та перенесення електричних струмів в разі виникнення несправностей.

Заземлювач може бути прямим, коли провідник безпосередньо контактує з землею, або опосередкованим, коли використовується проміжне струмопровідне середовище, наприклад, ґрунт або металева електродна система. В будь-якому випадку, головна мета заземлювача полягає в тому, щоб забезпечити ефективне розведення струму в землю, уникнути

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

накопичення електростатичного заряду та запобігти можливому ураженню людей і пошкодженню обладнання.

Для III рівня блискавкозахисту необхідно використовувати заземлювач, який складається з двох вертикальних електродів довжиною не менше 3 метрів, об'єднаних горизонтальним електродом, і має відстань між ними не менше 3 метрів.

Опір контура заземлення не може перевищувати значення 4 Ом для штампувального цеху. Для розрахунку опору заземлення використовується метод коефіцієнта використання електродів, що враховує екранування. Коефіцієнт використання групового заземлювача η є співвідношенням діючої провідності заземлювача до його максимально можливої провідності при нескінченно великих відстанях між електродами.

Розрахунок може бути здійснений шляхом використання методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача η представляє собою співвідношення діючої провідності даного заземлювача до його максимально можливої провідності за нескінченно великими відстанями між його електродами.

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_v залежить від розташування та кількості електродів, використаних в таких заземлювачах. і може бути в межах від 0,4 до 0,99. Взаємне екранування горизонтального заземлювача (або ж з'єднувальної смуги) обчислюється за допомогою табличного значення - коефіцієнта використання горизонтального заземлювача η_z .

Визначаємо кількість електродів, штук, з урахуванням, що a – відстань між вертикальними електродами, м, S – площа цеху, м². Кількість вертикальних:

$$n = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{a} = \frac{4 \cdot \sqrt{7207}}{10} = 34.$$

Сума довжини усіх горизонтальних електродів при цьому = 342,72 м.

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір заземлення значно залежить від питомого опору ґрунту ρ , вимірюваного в Омм. Питомий опір ґрунту залежить від типу ґрунту і пори року. Найбільші значення спостерігаються в холодний період на півночі під час промерзання ґрунту і в теплий період на півдні, коли ґрунт є найбільш сухим. Для розрахунків можна використовувати приблизне значення питомого опору ґрунту ρ .

Розраховуємо питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{розр}}$ Омм, за формулою

$$\rho_{\text{розр}} = \psi \cdot \rho = 1,7 \cdot 100 = 170,$$

де ψ – відповідно коефіцієнт сезонності (за Таблицею 14, [13]);

ρ – значення питомого опору ґрунту (за Таблицею 14, [13]), Омм

Для Кропивницької області характерна 1 кліматична зона, відповідно $\psi_{\text{в}} = 1,7$

З урахуванням питомого опору ґрунту ρ та коефіцієнтів сезонності $\psi_{\text{в}}$ і $\psi_{\text{г}}$ розраховується питомий опір ґрунту окремо як для вертикальних заземлювачів $\rho_{\text{розр.в}}$, так і горизонтальних $\rho_{\text{розр.г}}$, Омм

Знаходиться опір розтікання струму заземлювача $R_{\text{в}}$, Ом, розташованого вертикально, за такою формулою:

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{в}}} \left(\ln \frac{2l_{\text{в}}}{d} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t + l_{\text{в}}}{4t - l_{\text{в}}} \right) \right) = \frac{170}{2 \cdot \pi \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) \right) = 50,289,$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вертикального заземлювача, $l_{\text{в}} = 3$ м;

d – діаметр стержня, приймаємо, що $d = 0,05$ м;

t – відстань від середин заземлювача до поверхні ґрунту, м, яка в свою чергу визначається за формулою:

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2} = 0,5 + \frac{3}{2} = 2,$$

де $h_{\text{в}}$ – відстань, на яку відбувається закладання заземлювачів (приймаємо за 0,5 м).

Відповідно до n (за Таблицею 15, [13]) визначається коефіцієнт того, наскільки задіяні вертикальні заземлювачі $\eta_{\text{в}} = 0,41$.

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після чого розраховується потрібна кількість вертикальних заземлювачів, на цей раз розрахунки ведуться з коефіцієнтом використання, n_B , шт.:

$$n_B = \frac{R_B}{R_D \cdot \eta_B} = \frac{50,289}{4 \cdot 0,41} = 29,6$$

Таки чином приймаємо, що потрібна кількість вертикальних заземлювачів = 30.

Далі розраховується опір розтікання струму для заземлювача, що розміщено горизонтально, R_r , Ом:

$$R_r = \frac{\rho_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot l_c} \ln \frac{l_c}{d \cdot h_n} = \frac{170}{2 \cdot \pi \cdot 342,72} \ln \frac{342,72}{0,95 \cdot 0,03 \cdot 3} = 0,654,$$

де d – діаметр смуги шириною b , відповідно $d = 0,95 \cdot b$, $b = 0,03$ м.

Визначається коефіцієнт за діяння в заземленні горизонтального заземлювача η_r (за Таблицею 16, [13]) відповідно до розрахованої необхідної кількості заземлювачів, встановлених вертикально n_B .

Розраховуємо результуючий опір електроду, який заземлюється, враховуючі також з'єднувальну смугу, Ом:

$$R_3 = \frac{R_r \cdot R_B}{R_B \cdot \eta_c + R_r \cdot n_B \cdot \eta_B} \leq R_D = \frac{0,654 \cdot 50,289}{50,289 \cdot 0,45 + 0,654 \cdot 29 \cdot 0,27} = 1,19 \leq 4.$$

Отже заземлення розраховане вірно.

Складаємо схему захисного заземлення (Рисунок 8.1).

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					73

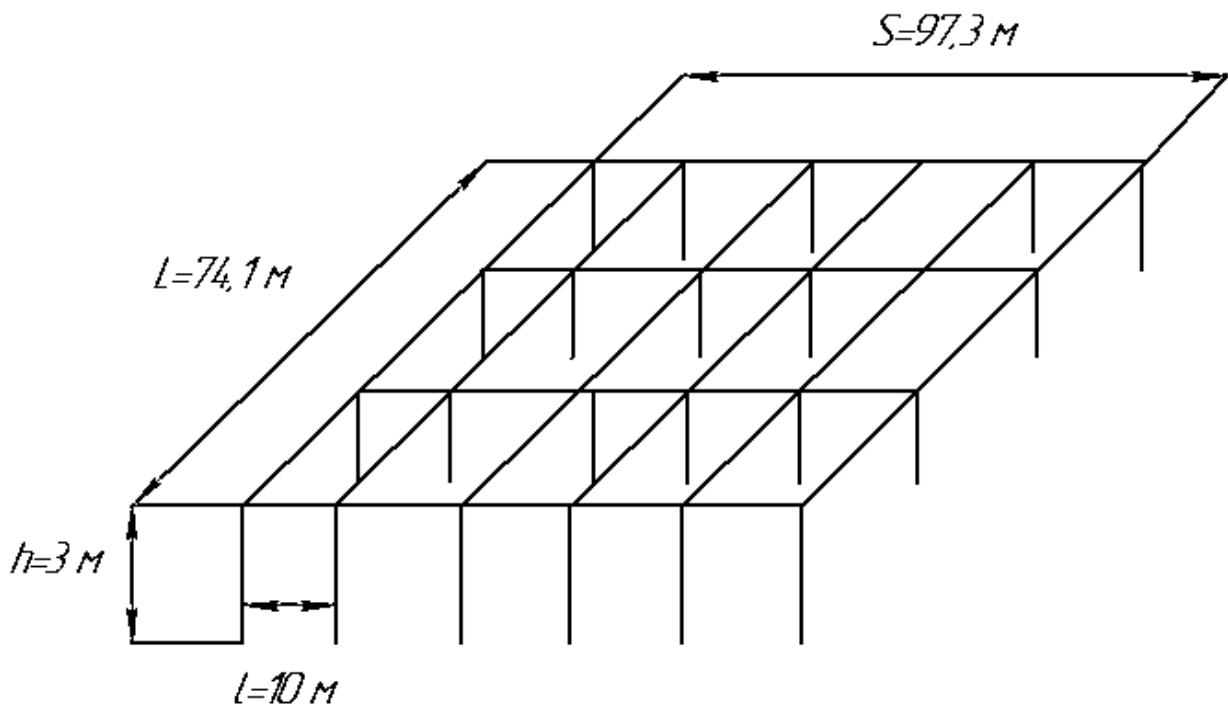


Рисунок 8.1 – Схема захисного заземлення.

Внутрішній блискавкозахист є важливою частиною системи блискавкозахисту, оскільки його завдання полягає у захисті внутрішньої інфраструктури будинків, споруд або приватних будинків від вторинних проявів блискавки. Вторинні прояви блискавки включають імпульсні перенапруги, які можуть спричинити розряди струму через електричне обладнання, системи зв'язку, мережі передачі даних тощо.

Система зрівнювання потенціалів внутрішнього блискавкозахисту використовується для створення низького опору між різними металевими частинами будівлі або споруди, що можуть бути потенційно вплинуті блискавкою. Це допомагає зменшити ризик перенесення струму блискавки через електричне обладнання та інфраструктуру в середині будівлі.

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг (ПЗІП) також використовуються внутрішнім блискавкозахистом для захисту обладнання і систем від пошкоджень, спричинених імпульсними перенапругами, що виникають під час блискавкових розрядів. Ці пристрої можуть включати розрядні пристрої, газові розрядники, супресори напруги та інші захисні

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	74

пристрої, які відводять надлишковий струм або знижують перенапругу до безпечного рівня.

Метою внутрішнього блискавкозахисту є забезпечення надійного захисту обладнання, систем та мереж від можливих пошкоджень, втрати даних, збоїв роботи або потенційних небезпек для користувачів. Правильно розроблена система внутрішнього блискавкозахисту допомагає знизити ризик електричних поразок та зберегти інфраструктуру від негативних наслідків блискавкових розрядів.

Внутрішня система блискавкозахисту включає шину вирівнювання потенціалів та розрядники.

Шина вирівнювання потенціалів є провідною структурою, яка з'єднує всі протяжні металеві конструкції в будинку. Її завданням є створення низького опору між цими металевими частинами, що дозволяє вирівняти їх потенціал і забезпечити рівномірний розподіл струму, якщо виникає блискавковий розряд. Це допомагає запобігти появі небезпечних потенціалів та знижує ризик пошкодження електрообладнання.

Розрядники, які також входять до внутрішньої системи блискавкозахисту, призначені для нейтралізації імпульсів перенапруги, які можуть потрапляти в будинок через лінії електропередач або системи комунікацій (такі як телефонні лінії, комп'ютерні мережі тощо). Розрядники швидко реагують на зростання напруги та відводять її до заземлювача, забезпечуючи захист електроприладів та електропроводки в будинку від імпульсного перенапруження.

Таким чином, внутрішня система блискавкозахисту з шиною вирівнювання потенціалів та розрядниками забезпечує ефективний захист всіх електричних пристроїв в будинку і електропроводки від можливих пошкоджень, що виникають внаслідок блискавкових перенапруг.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі була спроектована система електропостачання заводу дозуючих автоматів.

Був здійснений розрахунок електричних навантажень та побудовано графіки за ним відповідно активного, реактивного та повного навантаження з урахуванням пір року та робочих і вихідних днів. Відповідно до даних, отриманих під час розрахунків, проектувалась і сама система електропостачання.

Були розміщені цехові ТП та ЦРП на генеральному плані підприємства за допомогою картограми електричних навантажень. За даними, отриманим під час техніко-економічного розрахунку, була обрана напруга живлення кабельними лініями напругою 35 кВ. Розподільчу мережу заводу виконано кабельними лініями напругою 10 кВ з застосуванням радіальної схеми електропостачання. Також були проведені розрахунки балансу реактивної потужності, встановлено батареї конденсаторів на 10 кВ (1500 кВар), на 0,4 кВ (1348 кВар). Було прийнято до встановлення вісім КТП з трансформаторами потужністю 1000 кВА.

За результатами розрахунків струмів КЗ був проведений вибір електрообладнання та струмопровідного обладнання силових мереж.

У спеціальному розділі була розглянута безпечна експлуатація електрообладнання штампувального цеху шляхом встановлення LPS. На кутах цеху було розміщено металеві стрижневі блискавкоприймачів, проведено аналіз зовнішньої та внутрішньої LPS та розраховано систему заземлення.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

10 ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. Київ, 2017. 617 с.
2. Плешков П.Г., Котиш А.І., Орлович А.Ю. Електропостачання промислових підприємств : методичні вказівки до виконання дипломного проекту (електропостачання заводу) для студентів спеціальності 8.090603 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Кіровоград: КДТУ, 2004 – 133 с.
3. Шестеренко Е.В. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств / Вінниця : вид-во «Нова книга», 2004. 655 с.
4. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання / Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2017. 123 с.
5. Бурбело М.Й., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків / Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2011. 204 с.
6. Каталог засобів компенсації реактивної потужності : веб-сайт. URL: <https://shop.voltenergo.com.ua/kondensatornaya-ustanovka-krm-veg-04-2505> (дата звернення 11.05.2023).
7. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
8. Буйний Р.О., Ананьєв В.М., Тесленко В.В. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях : методичні вказівки / Чернігів: ЧДТУ, 2004. 70с.
9. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ : Мінрегіон, 2016. 79 с.
10. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. Київ. Мінрегіонбуд України. 2008. 23 с.

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

11. Трансформатори силові типу ТМ : веб-сайт. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/transformatory/transformatory-silovye-tipa-tm.html> (дата звернення 17.05.2023).

12. Малиновський А.А. Основи електропостачання: навч. посібник. Львів: Львівська політехніка, 2005. 324 с

13. Розрахунки з електробезпеки. Навчально-науковий Центр перепідготовки та заочного навчання : веб-сайт. URL: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag/90.html (дата звернення 27.05.2023).

14. Проектування систем електропостачання в АПК. / Єрмолаєв С.О. та ін. Мелітополь : Люкс, 2019. 570 с.

15. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках. Національний університет цивільного захисту України : веб-сайт. URL: http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book_212/9658.html (дата звернення 27.05.2023).

16. Гуменюк О.Л. Охорона праці : методичні вказівки до проведення розрахунків з розділу "Охорона праці" в дипломних проектах для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр", "спеціаліст", "магістр" галузей знань 0501 – інформатика та обчислювальна техніка; 0306 – менеджмент і адміністрування / Чернігів ЧДТУ 2012. 89 с.

17. ДСТУ EN 62305-3:2021. Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя.

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		