

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”  
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ  
канд. техн. наук, професор  
\_\_\_\_\_ Петро ПЛЄШКОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

**«Розробка системи електропостачання заводу з  
виробництва машин для агропромислового комплексу»**

**«Development of a power supply system for a plant  
producing machinery for the agro-industrial complex»**

Виконав здобувач вищої освіти  
IV курсу групи ЕЕ-22мб  
ОПП «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка» спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

\_\_\_\_\_ Владислав КУЧЕР  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи  
асистент

\_\_\_\_\_ Оксана СПІВАК  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент \_\_\_\_\_

м. Кропивницький

**Міністерство освіти і науки України**  
**Центральноукраїнський національний технічний університет**

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ П. Плєшков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Кучера Владислава Станіславовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу

Development of a power supply system for a plant producing machinery for the agro-industrial complex

2. Керівник роботи Снівак Оксана Володимирівна, асистент

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розроблення системи енергопостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу. Для цього вирішуємо наступні завдання:

1. Провести розрахунок електричних навантажень заводу.

2. Побудувати графіки електричних навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу.

3. Показати картограму навантажень заводу.

4. Провести техніко-економічне обґрунтування схем внутрішнього електропостачання заводу та схему зовнішнього електропостачання.

5. Провести розрахунок режимів реактивної потужності, обрати кількість, потужності та місце розташування пристроїв компенсації.

6. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір обладнання.

8. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

9. Зробити висновки по роботі.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>канд. техн. наук, доц. Н. Гарасьова</i>		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>8.05.2025</i>	
2	<i>Побудувати графіки електричних навантажень</i>	<i>11.05.2025</i>	
3	<i>Картограма навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу</i>	<i>13.05.2025</i>	
4	<i>Провести техніко-економічне обґрунтування схем внутрішнього електропостачання та зовнішнього електропостачання комбінату.</i>	<i>14.05.2025</i>	
5	<i>Провести розрахунок режимів реактивної потужності.</i>	<i>15.05.2025</i>	
6	<i>Обрати кількість, потужності та місце розташування КУ.</i>	<i>17.05.2025</i>	
7	<i>Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір обладнання.</i>	<i>19.05.2025</i>	
8	<i>Провести розрахунок спеціального розділу роботи.</i>	<i>20.05.2025</i>	
9	<i>Зробити висновки по роботі</i>	<i>24.05.2025</i>	
10	<i>Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи</i>	<i>25.05.2025</i>	
11	<i>Оформлення презентаційної частини кваліфікаційної роботи</i>	<i>31.05.2025</i>	

Дата видачі завдання

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Оксана СПІВАК

Завдання прийнято до виконання

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Владислав КУЧЕР





## З М І С Т

	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	7
	ВСТУП	8
1.	Розрахунок електричних навантажень	9
1.1.	Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В	9
1.2.	Розрахунок освітлювальних навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	10
1.3.	Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В	11
1.4.	Побудова графіків електричних навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	11
2	Побудова картограм електричних навантажень та вибір місця розташування центру електричних навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	24
3.	Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	25
3.1.	Схема приєднання та вибір напруги живлення	25
3.2.	Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання	29
4.	Компенсація реактивної потужності заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	33
4.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації	33
4.2.	Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності	35
5.	Трансформаторні підстанції	40
5.1.	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових ТП	40
5.2.	Компоновка та місце розташування цехових ТП	40
6.	Розрахунок струмів коротких замкнень і вибір обладнання, електроустановок та силових мереж системи електропостачання	41
6.1.	Розрахунок струмів КЗ заводу	41
6.2.	Вибір струмопроводів пристроїв силових мереж	44
6.3.	Вибір електричного обладнання	44
7	Впровадження автоматизованого енергетичного моніторингу заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	51
	<b>ВИСНОВКИ</b>	64
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	67

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив		Кучер В.С.			Розробка системи енергопостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу	<b>Літ.</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірив		Співак О.В.					6	67
Н.контр.		Співак О.В.				ЦНТУ, гр.ЕЕ-22мб		
Затв.		Плещков П.						

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

А – ампер

АСКОЕ – автоматизована система контролю та обліку електроенергії

АСЗД – автоматизована система збору даних

БСМ - бездротова сенсорна мережа

ЛУЗОД – локальний універсальний засіб обробки даних

КЗ – коротке замкнення

ТП - трансформаторна підстанція

						7





Отже, розрахункове реактивне навантаження групи електроприймачів приймається при  $n_c = 141 > 10$  :

$$Q_p = \Sigma Q_{cm} = 605,9 \text{ кВар}$$

нижче детально покажемо  $\Sigma Q_{cm}$ , що відповідає середньому реактивному навантаженню електроспоживачів цеху в найбільше завантажену зміну:

$$\Sigma Q_{cm} = 128,8 + 179,8 + 8,6 + 155,22 + 11,88 + 96,81 + 3,05 + 21,8 = 605,9 \text{ кВар};$$

Тоді, розрахунковий *тах* повного навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{622,28^2 + 605,9^2} = 868,698 \text{ кВА.}$$

Всі інші розрахунки по групах подібних електроприймачів зведемо нижче у таблицю 1.1.

## 1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу

Маючи на увазі, що освітлювальні мережі живляться від цехових ТП напругою 0,38/0,22 кВ. Розрахунок освітлювальних навантажень приводимо вище розглядаємого цеху №15 площею 2400 м<sup>2</sup>.

$$P_{осе} = P_{тшт} F = 12 \cdot 2400 = 28800 \text{ Вт,}$$

Маємо, розрахункову активну і реактивну потужності всіх освітлювальних електроприймачів зазначеного цеху:

$$P_p = P_{осе} \kappa_{нотшт} \kappa_1 = 28800 \cdot 0,85 \cdot 1,12 = 27417 \text{ Вт,}$$

Розрахункова потужність має враховувати втрату потужності в ПРА та коефіцієнт попиту.

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi = 27417 \cdot 1,73 = 4743245 \text{ Вар.}$$

Розрахунки освітлювальних навантажень зводимо у таблицю 1.2.

						10

### 1.3 Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

За відомою методикою виконуємо наступний порядок розрахунку навантажень в мережі напругою вище 1000 В. Навантаження в цілому по заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу (на шинах ЦРП або ГЗП) визначається так само як і навантаження окремих ТП. Розрахунок навантажень в мережі вище 1000 В приведений в таблиці 1.3.

### 1.4 Побудова графіків електричних навантажень заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу

Побудову графіків заводу виконуємо із застосуванням ел.програм. При розрахунках зменшуємо літній графік на 15% зимового.

Таблиця 1.4 - Активне навантаження заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу по сезонам року

Години	Навантаження робочої доби				Навантаження вихідної доби			
	%	Зима ( $P_{зр}$ ), кВт	%	Літо ( $P_{лр}$ ), кВт	%	Зима ( $P_{зв}$ ), кВт	%	Літо ( $P_{лв}$ ), кВт
1	24	1630	24	1385	18	1221	15	1039
2	29	1969	40	2308	18	1221	15	1039
3	24	1630	34	1962	18	1221	15	1039
4	19	1290	29	1674	18	1221	15	1039
5	24	1630	34	1962	18	1221	15	1039
6	24	1630	34	1962	18	1221	15	1039
7	29	1970	40	2309	18	1221	15	1039
8	69	4686	80	4617	18	1221	15	1039
9	88	5976	90	5194	14	951	11	809
10	100	6789	100	5771	14	951	11	809
11	93	6315	100	5771	14	951	11	809
12	48	3259	58	3347	14	951	11	809
13	78	5296	88	5079	14	951	11	809
14	88	5975	98	5655	14	951	11	809
15	83	5637	93	5367	14	951	11	809
16	48	3259	58	3347	14	951	11	809
17	83	5636	93	5367	14	951	11	809
18	78	5296	88	5079	14	951	11	809
19	83	5636	93	5367	14	951	11	809
20	78	5292	68	3925	18	1223	15	1039



Добові графіки електроспоживання заводу з виробництва агротехніки покажемо на рис. 1.1-1.6.

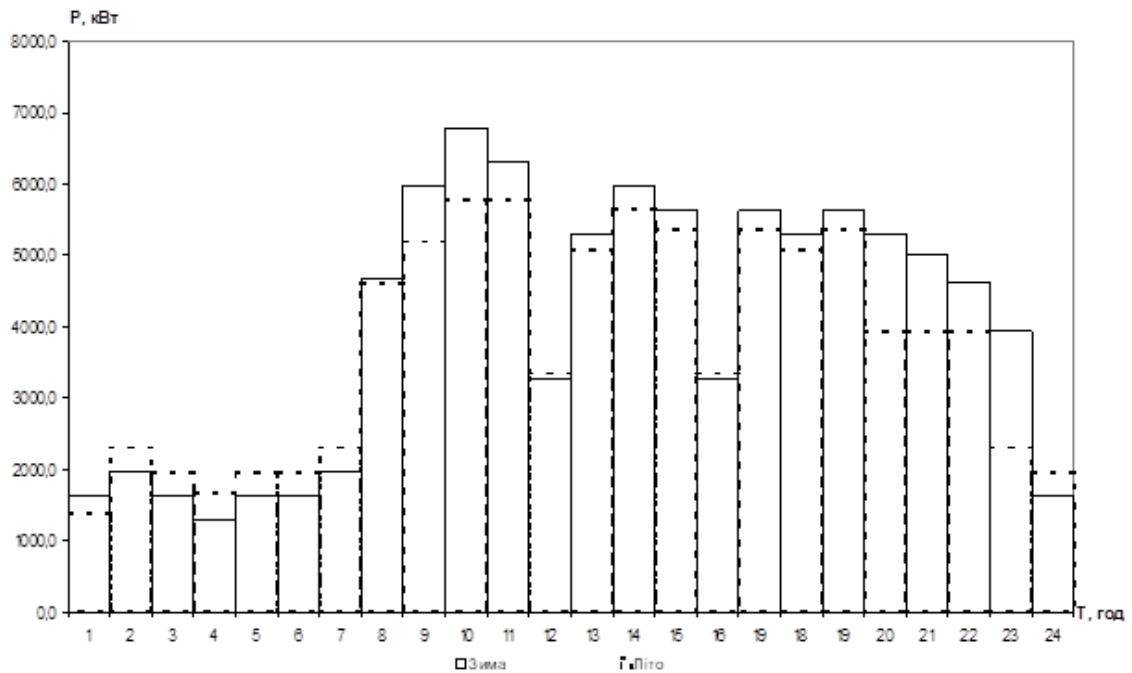


Рисунок 1.1 – Графік споживання активної потужності заводу з виробництва агротехніки у робочий день

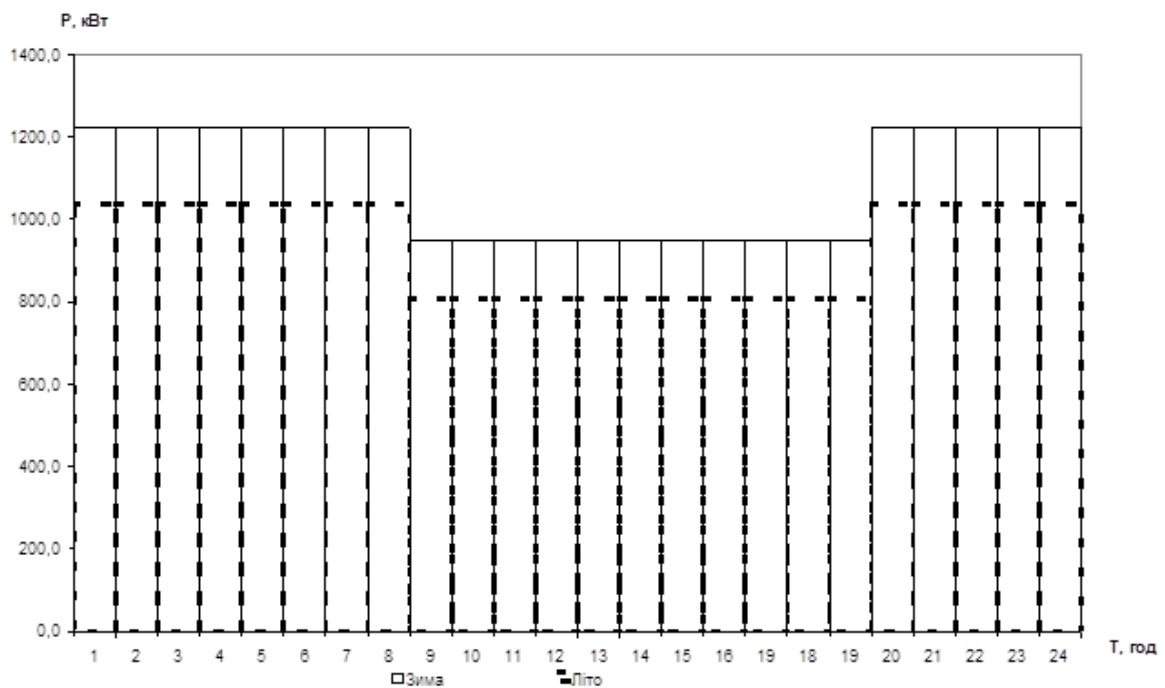


Рисунок 1.2 – Графік споживання активної потужності заводу з виробництва агротехніки у вихідний день

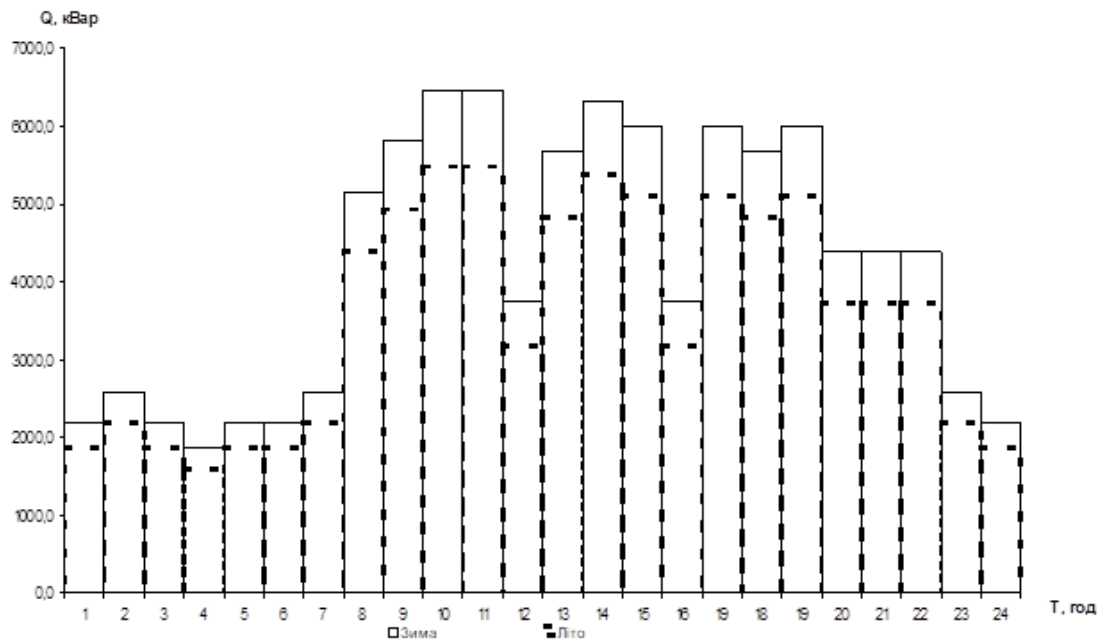


Рисунок 1.3 – Графік споживання реактивної потужності заводу з виробництва агротехніки у робочий день

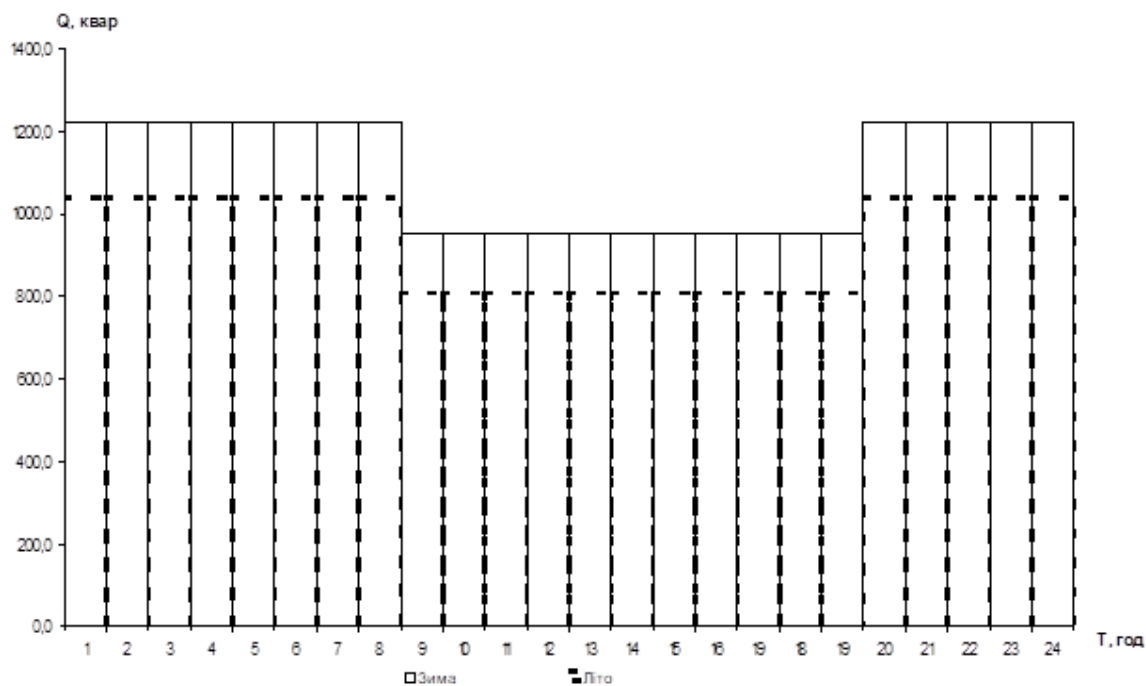


Рисунок 1.4 – Графік споживання реактивної потужності заводу з виробництва агротехніки у вихідний день






Таблиця 1.1 - Розрахунок електричних навантажень електричних навантажень до 1000 В заводу.

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл-сть	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cosφ <sub>0</sub>	tgφ <sub>0</sub>	Середнє навантаження за зміну		Км	Розрахункова потужність			
			Одного	Сумарна					Р <sub>ср</sub>	Q <sub>ср</sub>		P <sub>p</sub>	Q <sub>p</sub>	S <sub>p</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	<u>Завод виробництва агротехніки</u> <u>Цех №15</u>		-												
	Металорізальні станки	131	0,5 - 32	1561,5	64	0,11	0,8	0,75	171,78	128,8					
	Зварювальні апарати	13	27,0 - 38	346,03	1	0,3	0,5	1,732	103,81	179,8					
	Конвеєри	2	7 - 7	14,05	1	0,6	0,7	1,02	8,41	8,6					
	Преси	31	5 - 40	332,62	8	0,35	0,6	1,333	116,42	155,22					
	Печі	7	4 - 7,5	35,04	1	0,7	0,9	0,484	24,52	11,88					
	Шліфовальні станки	32	7 - 24	487,06	3	0,17	0,65	1,169	82,8	96,81					
	Вентилятор	4	1,5 - 3,0	9,02	2	0,7	0,9	0,484	6,31	3,05					
	Крани-балка	4	7 - 22	38,02	3	0,25	0,4	2,291	9,51	21,8					
	Всього по цеху № 15	224	0,5 - 40	2823,63	80	0,19	0,65	1,157	523,52	605,9	141	1,19	622,58	605,9	868,698
2	<u>Склад</u>														
	Тельфери ТВ=40%	4	3,0 - 3,0	12,0	1	0,1	0,5	1,732	1,2	2,08					
	Вентилятори	5	5,0 - 7,5	30,0	1	0,66	0,7	1,02	19,5	19,89					
	Підгрівачі	2	3,0 - 5,0	8,0	1	0,6	1,0	0	4,8	0,00					
	Всього по складу	11	3,0 - 7,5	50,0	2	0,5	0,77	0,86	25,5	21,98	11	1,34	34,21	21,98	40,677
3	<u>Металоскладальний цех</u>														
	Металорізальні станки	274	0,5 - 30	4080	60	0,15	0,5	1,732	612,1	1060,02					
	Зварювальні апарати	38	27,0 - 75	1212	3	0,2	0,5	1,732	242,4	419,85					
	Конвеєри	1	7,0 - 7	7	1	0,35	0,5	1,732	4,2	7,27					
	Шафи для сушки	4	11,0 - 11	44	1	0,6	0,5	1,732	26,4	45,73					
	Вентилятори	6	0,5 - 3	10,5	6	0,6	0,5	1,732	6,3	10,91					
	Всього по металоскладальному	323	0,5 - 75	5353,5	150	0,17	0,5	1,732	891,3	1543,8	143	1,20	1070,3	1543,77	1878,52
4	<u>Музей віртуального перегляду виробництва</u>														
	Комп'ютери	52	0,3 - 0,3	15,6	1	0,8	0,9	0,48	12,48	6,04					
	Кондиціонери	44	1,6 - 1,6	70,4	1	0,7	0,8	0,75	49,28	36,96					
	Вентилятори	19	3,0 - 11,0	93	3	0,6	0,8	0,75	55,80	41,85					
	Всього по музею	115	0,3 - 11	179	36	0,66	0,81	0,72	117,56	84,85	33	1,12	131,2	84,85	156,28

продовження таблиці І.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	<u>Компресорна</u>														
	Компресори	10	5,0 - 50	370	10	0,7	0,8	0,75	259,1	194,25					
	Вентилятори	5	3 - 15	45	5	0,7	0,8	0,75	31,5	23,63					
	Живильні насоси	5	22,0 - 22	110	1	0,7	0,8	0,75	71,5	53,63					
	Конденсатні насоси	6	19 - 19	111	1	0,6	0,8	0,75	66,6	49,95					
	Сольові насоси	7	3,2 - 3	22,4	1	0,6	0,8	0,75	13,45	10,08					
	Всього по котельні	33	3,0 - 50	658,4	16	0,67	0,8	0,75	442,1	331,53	26	1,13	497,7	331,54	598,09
6	<u>Склад фарби</u>	-													
	Кран-балка	2	1,0 - 4	8	4	0,3	0,5	1,732	2,1	3,46					
	Вентилятори	4	3,0 - 5	22	1	0,7	0,8	0,75	14,3	10,73					
	Всього по складу	6	1,0 - 5	30	5	0,6	0,8	0,87	16,3	14,2	6	1,34	21,9	15,61	26,894
7	<u>Склад готової продукції</u>														
	Кран мостовий	1	21,0 - 21,0	21	1	0,2	0,6	1,33	4,2	5,61					
	Ел.телефери	2	5,0 - 5,0	10	1	0,16	0,5	1,73	1,6	2,78					
	Всього по складу	3	5,0 - 21	31	4	0,19	0,57	1,45	5,8	8,42	3	2,94	17,1	9,21	19,43
8	<u>Ідальня</u>														
	Електропечі	10	0,1 - 4	39	40	0,6	0,7	1,02	23,40	23,87					
	Тістомішалки	3	0,1 - 3	7,2	25	0,4	0,5	1,73	2,88	4,99					
	Жарочні шкафи	4	5,0 - 18	52	3	0,7	0,95	0,33	36,40	11,96					
	Холодильники	8	2,0 - 10	64	5	0,7	0,8	0,74	44,80	33,61					
	вентилятори	10	0,5 - 5	45	10	0,6	0,8	0,76	27,00	20,3					
	Всього по ідальні	35	0,1 - 18	207	180	0,65	0,82	0,71	134,6	94,9	23	1,15	154,3	94,68	181,03
9	<u>Основний корпус ливарного цеху</u>														
	Наждаки	10	3,0 - 3	30	1	0,3	0,7	1,02	9,05	9,18					
	Прес фрикційний	3	7,5 - 7,5	23	1	0,4	0,65	1,169	9,05	10,52					
	Електропечі	2	71,0 - 75	146	1	0,7	0,9	0,484	102,2	49,50					
	Прес кривошипний	2	4,0 - 5	9	1	0,3	0,6	1,333	2,7	3,60					
	Зварювальні апарати	1	40,0 - 40	40	1	0,4	0,6	1,333	16,5	21,33					
	Станки металообробні	5	7,0 - 7	35	1	0,12	0,8	0,75	4,2	3,15					
	Транспортери	4	2,0 - 3	10	1	0,6	0,7	1,02	6,5	6,12					
	Елеватор	1	3,0 - 3	3	1	0,6	0,7	1,02	1,85	1,84					

продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Бігуни	3	10,0 - 10	30	1	0,8	0,8	0,75	24,00	18,00					
	Сушило вертикальне	1	285 - 285	285	1	0,4	0,7	1,02	114,00	116,30					
	Машини піскоструйні	8	1,0 - 1	8	1	0,6	0,7	1,02	4,80	4,90					
	Кран-балка	3	11,2 - 11,2	34	1	0,4	0,6	1,333	13,44	17,92					
	Всього по цеху	43	1,0 - 285	1260	285	0,45	0,91	0,461	570	262	9	1,45	823,9	288,60	872,94
10	Ливарний цех (обробне від-ня)														
	Роздаточна піч	5	40,0 - 40	200	1	0,6	0,7	1,02	120,5	122,42					
	Кран мостовий	7	5,5 - 34	155	6	0,4	0,65	1,169	61,89	72,35					
	Піднімач	2	22,0 - 22	44	1	0,7	0,9	0,484	30,85	14,92					
	Електровізок	1	1,7 - 1,7	1,7	1	0,3	0,6	1,333	0,52	0,68					
	Конвейери	16	4,5 - 30	186	6	0,6	0,7	1,02	111,65	113,85					
	Бігуни	4	30,0 - 30	120	1	0,7	0,8	0,75	84,05	63,5					
	Сито полігональне	1	7,0 - 7	7	1	0,4	0,6	1,333	2,8	3,73					
	Барaban галтовочний	4	4,5 - 13	30	2	0,3	0,5	1,732	8,8	15,33					
	Кран-балка	7	5,0 - 6	38	1	0,2	0,5	1,732	7,5	13,14					
	Сушильна піч	2	8,0 - 8	16	1	0,7	0,8	0,75	11,2	8,40					
	Елеватор	3	7,0 - 17	31	2	0,7	0,8	0,75	21,7	16,28					
	Установка плазменої різки	1	25,0 - 25	25	1	0,3	0,6	1,333	7,5	10,05					
	Машини для лиття під тиском	3	16,0 - 21	58	1	0,4	0,6	1,333	23,2	30,93					
	Наждак одсторонній	1	3,0 - 3	3	1	0,2	0,8	0,75	0,6	0,45					
	Піч камерна	6	71,0 - 71	426	1	0,6	0,7	1,02	255,6	260,76					
	Всього по цеху	63	1,7 - 71	1340	41	0,6	0,7	1,02	747,82	746,24	38	1,13	844,9	746,24	1127,28
11	Цех сушильний														
	Вентилятори	16	5,0 - 15	180	3	0,6	0,7	1,02	108,4	110,2					
	Сушильні камери	10	30,0 - 100	720	3	0,7	0,9	0,484	504,5	244,13					
	Кран-балка	4	22,0 - 22	88	1	0,25	0,6	1,333	22,7	29,35					
	Всього по цеху	30	5,0 - 100	988	20	0,64	0,86	0,605	634,6	384	20	1,16	737,7	383,61	831,51
	<b>Всього на стороні 0,4 кв</b>	750	0,1 - 75	9333	750	0,23	0,62	1,254	2157	2705	249	1,00	2156,5	2705,3	3459,63

Таблиця 1.2 - Розрахунок освітлювальних навантажень.

№	Найменування	F, м <sup>2</sup>	P <sub>о</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	P <sub>в</sub> , Вт	K <sub>с</sub>	K <sub>1</sub>	tgφ	P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар	S <sub>р</sub> , кВА
1	Цех №15	2400	12	28800	0,85	1,12	1,73	27,44	47,47	54,79
2	Склад	512	6	3072	0,9	1,12	0,48	3,16	1,53	3,43
3	Металоскладальний цех	2800	14	39200	0,9	1,12	0,48	39,57	19,0	43,83
4	Музей віртуального перегляду виробництва	1176	18	21188	0,9	1,12	1,73	21,34	36,93	42,64
5	Компресорна	574	8	4594	0,85	1,12	0	4,48	0	4,37
6	Склад фарби	114	6	684	0,9	1,12	1,73	0,72	1,24	1,38
7	Склад готової продукції	360	6	2160	0,9	1,12	1,73	2,25	3,82	4,35
8	Їдальня	1032	18	18586	0,9	1,12	1,73	18,72	32,46	37,42
9	Основний корпус ливарного цеху	8000	10	80000	0,95	1,2	0,48	91,27	43,83	101,16
10	Ливарний цех(обрубне від-ня)	1584	10	15840	0,85	1,2	0,48	16,29	7,84	17,92
11	Цех сушильний	1296	12	15552	0,85	1,12	1,73	14,84	25,66	29,58
12	Територія заводу	53569	0,2	10714	0,3	1,2	0,48	3,96	1,91	4,28
	<b>Всього</b>							<b>215,8</b>	<b>173,7</b>	<b>277,3</b>

Таблиця 1.3 - Розрахунок силових навантажень в мережі вище 1000 В

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	N	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну			Розрахункова поужність			
			Одного	Сумарна					Рер	Qcp	Км	Рр	Qp	Sp	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<b>ТП№1</b>														
1	<b>Цех №15</b>														
	силова	224	0,5 - 40,0	2823,61	80,0	0,2	0,7	1,2	523,51	605,91	141,0	1,2	622,53	605,92	868,7
	освітлювальна												25,91	44,81	
	<b>Склад фарби</b>														
	силова	6	1,0 - 5,0	30	5,0	0,6	0,8	0,9	16,33	14,25	6,0	1,3	21,93	15,63	26,9
	освітлювальна												0,64	1,05	
	<b>Склад</b>														
	силова	11	3,0 - 7,5	50	2,0	0,5	0,8	0,9	25,54	22,04	11,0	1,3	34,23	22,06	40,7
	освітлювальна												2,64	4,51	
	Всього по ТП№1														
	силова	241	0,5 - 40	2903,61	80	0,2	0,7	1,1	565,35	642,12	145,0	1,2	667,32	642,17	926,0
	освітлювальна												29,16	50,41	
	Всього												696,42	692,46	982,0
	<b>БСК</b>														
	З урахуванням БСК												696,45	692,43	
	Втрати в трансформаторі														
	S <sub>н.гр</sub> =	1											8,42	52,36	
	Всього на шинах 10 кВ												704,74	744,72	1025,3
	<b>ТП№ 2</b>														
	<b>Ливарний цех(основний корпус)</b>														
	силова	43	1,0 - 285,0	1259,9	285,0	0,5	0,9	0,5	569,5	262,4	9,0	1,4	823,91	288,65	872,9
	освітлювальна												68,03	32,66	
	Всього														
	Всього по ТП № 5														
	силова	43	3 - 285	1259,9	114	0,5	0,9	0,5	569,5	262,4	9,0	1,4	823,92	262,42	864,6

Продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	освітлювальна												68,02	32,61	
	Всього														
	БСК														
	З урахуванням БСК												891,96	295,03	
	Втрати в трансформаторі														
	S <sub>н.гр</sub> = 1600	1											3,32	69,92	
	Всього на шинях 10 кВ	ТП№2											895,25	364,93	966,7
	ТП№3	0,6													
	<u>Цех сушильний</u>														
	силова	30	5,0 - 100,0	988	20,0	0,6	0,9	0,6	634,0	383,6	20,0	1,2	737,73	383,62	831,5
	освітлювальна												12,48	21,52	
	<u>Адміністративно-побутовий корпус</u>														
	силова	142	0,3 - 30,0	315	100,0	0,7	0,8	0,7	213,7	140,2	21,0	1,1	243,33	140,22	280,8
	освітлювальна												19,16	33,02	
	<u>Склад головної продукції</u>														
	силова	3	5,0 - 21,0	31	4,0	0,2	0,6	1,4	5,8	8,4	3,0	2,9	17,13	9,23	19,4
	освітлювальна												1,85	3,25	
	<u>Ливарний цех(обрубне відділення)</u>														
	силова	63	1,7 - 71,0	1339	41,0	0,6	0,7	1,0	747,8	746,2	38,0	1,1	844,93	746,23	1127,3
	освітлювальна												14,34	6,82	
	<u>Компресорна</u>														
	силова	33	3,0 - 50,0	658,4	16,0	0,7	0,8	0,8	442,0	331,5	26,0	1,1	497,73	331,53	598,0
	освітлювальна												4,41	0,0	
	Всього по ТП№3														
	силова	271	0,3 - 100	3332,1	333	0,6	0,8	0,8	2043,3	1610,0	67,0	1,1	2228,6	1610	2749,3
	освітлювальна												33,32	57,71	
	Всього												2261,91	1667,61	2810,2
	БСК														
	З урахуванням БСК												2261,91	1667,61	
	Втрати в трансформаторі														
	S <sub>н.гр</sub> = 1600	2											24,62	166,01	
	Всього на шинях 10 кВ	ТП№3											2286,52	1833,62	2930,9

продовження таблиці 1.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Всього по заводу														
	силова	750	0,1 - 75,0	9332	750,0	0,2	0,6	1,3	2156,51	2705,31	249	1	2156,51	2705,32	3459,62
	освітлювальна												215,91	173,73	
	Всього												2372,42	2879,01	3730,64
	Компенсуючі пристрої														
	Всього з врахуванням КП-0,4												2372,41	2879,01	3730,61
	Втрати в трансформаторах	4											36,31	288,22	
	Всього по заводу												2408,71	3167,21	3979,0
	Компенсуючі пристрої 10 кВ														
	Високовольтне навантаження														
	ТПЧ-800	3	800,0 - 800	2400	1	0,45	0,80	0,75	1080,00	810,00			1080	810	1350
	ДЧМ-10	2	2250,0 - 2250	4500	1	0,6	0,80	0,75	2700,00	2025,00			2700	2025	3375
	ДСН-1,5	1	1000,0 - 1000	1000	1	0,6	0,80	0,75	600,00	450,00			600	450	750
	Всього на шинах 10 кВ												6788	6452	9365,76
													$\text{tg}\varphi_{\text{чис}} =$	0,15	
													$\text{tg}\varphi_{\text{расч}} =$	0,95	

## РОЗДІЛ 2

### ПОБУДОВА КАРТОГРАМ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗАВОДУ З ВИРОБНИЦТВА МАШИН ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

За відомими методиками обґрунтуємо розміщення центральних електропідстанцій (ЦЕН) та цехових трансформаторних підстанцій (ТП) на генеральному плані підприємства виконується побудова картограми електричних навантажень. Розрахунок за методикою зведемо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок координат центру електричних навантажень заводу

№	Найменування	$P_{розр\ сль}$ , кВт	$P_{розр\ осв}$ , кВт	$P_{заг}$ , кВт	m	R, мм	$\alpha, ^\circ$	x, м	y, м	$P_x$ , кВт	$P_y$ , кВт
1	Цех №15	623	27	649,9	0,2	33	15,5	100,0	80	64989	51991
2	Склад	34	4	37,35	0,2	7,73	29,7	100,0	260	3731	9701,8
3	Металоскладальний цех	1071	40,1	1109,	0,2	42,4	12,9	80,0	240	88785	266355
4	Музей віртуального перегляду виробництва	132	21,3	152,6	0,2	15,8	50,35	120,0	320	18309	48824
5	Компресорна	498	4,39	502,3	0,2	28,4	3,4	60,0	340	30126	170719
6	Склад фарби	22	0,7	22,4	0,2	6,02	11,2	40,0	280	903	6322
7	Склад готової продукції	17	2,14	19,2	0,2	5,57	40,75	280,0	360	5391	6931
8	Їдальня	155	18,77	174	0,2	16,6	39,3	50,0	140	8649	24217
9	Основний корпус ливарного цеху	824	91,22	915	0,2	38,4	35,6	220,0	380	201311	347719
10	Ливарний цех(обрубне від-ня)	846	16,3	864	0,2	37,2	6,7	220,0	430	189436	370262
11	Цех сушильний	738	14,8	752	0,2	34,7	7,08	160,0	260	120406	195660
	Всього по заводу			5365						813663	1506188

Розміщення ЦЕН у зазначених координатах є неможливим у зв'язку з наявністю під'їзних шляхів, що унеможливають будівництво. У зв'язку з цим передбачено зміщення центру енергоживлення до точки з координатами (120;280), з орієнтацією у напрямку джерела живлення заводу.

**РОЗДІЛ 3**  
**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ**  
**ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**  
**ЗАВОДУ З ВИРОБНИЦТВА МАШИН ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО**  
**КОМПЛЕКСУ**

**3.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення**

У межах даної роботи розгляну два можливі варіанти організації зовнішнього електроживлення заводу з виробництва агромашин. Перший варіант буде передбачати підключення споживачів заводу до електричної мережі через підстанцію енергосистеми за допомогою двох кабельних ліній напругою 10 кВ, кожна з яких має довжину 7,5 км. У цьому випадку для забезпечення живлення проектується розподільчий пункт РП-10 кВ. Другий варіант передбачає електропостачання споживачів двома кабельними лініями напругою 35 кВ тієї ж самої довжини (7,5 км). Можливий варіант електропостачання повітряною лінією є недоцільним у зв'язку з проходженням траси в умовах щільної міської забудови. То ж для реалізації II варіанту має будівництво головної понижувальної підстанції (ГПП) 35/10 кВ. Схематичне зображення зовнішніх мереж обох варіантів наведено на рисунку 3.1 (а і б відповідно).

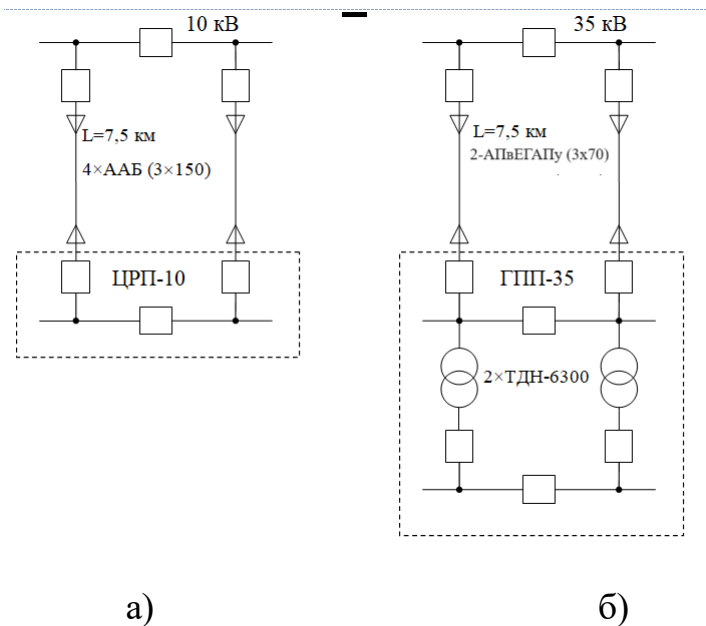


Рисунок 3.1 - Варіанти схем зовнішнього електропостачання заводу

Варіант 1. Живлення здійснюємо напругою 10 кВ (рис. 3,а).

Тоді матимемо розрахунковий струм в лінії:

$$I = \frac{9366}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 388 \text{ А}$$

За економічною густиною струму визначаю необхідну площу перерізу кабельної лінії, маємо:

$$F_{\text{ек}} = \frac{388}{1,1} = 315,6 \text{ мм}^2.$$

То ж можемо прийняти до прокладання дві кабельні лінії площею перерізу 150 мм<sup>2</sup> марки ААБ (3×150) з  $I_{\text{д}} = 210\text{А}$  з втратами потужності на 1 км  $\Delta P_{\text{1км}} = 54\text{кВт}$  вартістю 1 км  $K_0 = 1,46\text{тис.грн.}$  визначемо завантаження кабелю в нормальному режимі заводу:

$$K_{\text{завантаж}} = \frac{388}{2 \cdot 210} = 0,46$$

За умови виходу із ладу однієї лінії заводу та лінія має працювати з перевантаженням і забезпечувати живлення заводу навантаженням

$$I = 1,3 I_{\text{д}} \cdot K_{\text{АП}} \cdot K_{\text{пр}} = 210 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 2 = 491,4 \text{ А}$$

Розрахунок показує нам, що за умови аварійного режиму живлення заводу не порушується. Втрати маємо потужності та енергії в лінії відповідно:

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{1км}} I_{\Sigma} K_3^2 = 54 \cdot 30 \cdot 0,45^2 = 544,98\text{кВт},$$

$$\Delta E = \Delta P_{\text{лінії}} \cdot \tau = 544,98 \cdot 2386 = 1300,25 \text{ МВт год.}$$

Отже, вартість втрат енергії:

$$C_{\text{втрат}} = \Delta E \cdot C_0 = 1300,25 \cdot 7,55758 = 9826,75 \text{ тис.грн}$$

Варіант №2 виконаємо живлення заводу з виробництва агротехніки напругою 35 кВ (рис 3,б) і виконаємо відповідні розрахунки:

$$I = \frac{9366}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 111 \text{ А}$$

Площа перерізу проводів кабельної лінії, що обирається за економічною густиною струму:

$$F_{\text{ек}} = \frac{111}{1,1} = 100,9 \text{ мм}^2$$

Прийmemo для прокладання 2 кабельних ліній площею перерізу 70 мм<sup>2</sup> АПвЕгаПу (3×70) Південькабель для прокладання в землі з тривалим допустимим струмовим навантаженням  $I_{\text{дон}} = 161 \text{ А}$ , втратами потужності на 1 км  $\Delta P_{\text{1км}} = 42 \text{ кВт}$  вартістю 1 км 2,4 тис.грн. Завантаження кабелю в нормальному режимі:

$$k_{\text{забКЛ35}} = \frac{I_p}{2I_d} = \frac{111}{2 \cdot 158} = 0,35$$

При виході із ладу однієї лінії живлення підприємства не буде порушуватись.

$$I = I_{\text{допуст}} \cdot K_{\text{АП}} \cdot K_{\text{пр}} = 158 \cdot 1,3 \cdot 1 = 205,43 \text{ А.}$$

На ГЗП ми передбачаємо встановлення 2 трансформаторів (ТДН-6300,  $S_H = 6300 \text{ кВА}$ , 35/10 кВ), тоді завантаження обраних трансформаторів при нормальному режимі роботи визначається:

$$k_3 = \frac{S_p}{2S_{\text{ТМН-6300}}} = \frac{9366}{2 \cdot 6300} = 0,743$$

Тоді допустимим аварійним перевантаженням можна забезпечити живлення:

$$S_{\text{авар перевант}} = 1,4S_H = 1,4 \cdot 6300 = 8820 \text{ кВА}$$

Визначимо втрати енергії в лінії 35 кВ:

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{км35кВ}} L_{\Sigma} K_{\text{заб}}^2 = 42 \cdot 15 \cdot 0,35^2 = 56,45 \text{ кВт}$$

$$\Delta E_{\text{КЛ35кВ}} = \Delta P_{\text{км35кВ}} \tau = 56,45 \cdot 2507 = 141520 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Втрати енергії в трансформаторі

$$\Delta E_{\text{ТМ-6300}} = 2 \cdot (\Delta P_X \cdot t_{\text{емик}} + \Delta P_K K_3^2 \cdot \tau) = 2(9,4 \cdot 8760 + 46,5 \cdot 2507 \cdot 0,743^2) = 61706$$

Сумарні втрати тоді матимуть:

$$\Delta E = \Delta E_{\text{КЛ35}} + \Delta E_{\text{ТМ-6300}} = 141520 + 61706 = 203226,15 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість втрат, тис. грн:

$$C = \Delta E \cdot c = 203226,15 \cdot 9,13666 = 1856,808$$

Розрахунок витрат за варіантами наведено в таблицях 3.1.- 3.3.

Таблиця 3.1 - Розрахунок капітальних вкладень за варіантами зовнішнього елетропостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу

№ варіанта	Назва елемента схеми	Одиниця	К-ть	Вартість тис. грн.	Всього тис. грн.
<b>I</b>	Шафи КРП серії КУ-10	шт	2	185	370
	Кабель ААБ (3×150)	км	30	1,46	43,8
	Траншея	км	30	45	1350
Всього					1737,8
<b>II</b>	Вимикачі 35 кВ	шт	5	185	925
	АПвЭгаПу (3×70)	км	15	2,4	36
	Трансформатори ТДН-6300/35	шт	2	2 000	4000
Всього					4961

Таблиця 3.2 - Розрахунок поточних витрат заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу

№ варіанта	Назва елемента схеми	$K_j$ тис. грн.	$P_{aj}$ %	$C_{aj}$ тис. грн.	$P_{эj}$ %	$C_{эj}$ тис. грн.	$C_j$ тис. грн.
<b>I</b>	Кабельна лінія	67,8	5	3,39	5	3,39	6,78
	Шафи КРУ з вимикачами	320	15	48	5	16	64
	траншея	1350	5	67,5	5	67,5	135
	Всього						205,78
<b>II</b>	Вимикачі	1615	15	242,25	5	80,75	323
	Кабельна лінія	36	5	1,8	5	1,8	3,6
	Трансформатори	8000	15	1200	5	400	1600
	Всього						1926,6

Таблиця 3.3 - Техніко – економічні показники варіантів, тис. грн.

Показники	Варіанти	
	I	II
Капітальні вкладення	1737,8	4961
Поточні витрати	205,78	1926,6
Вартість втрат електроенергії	9826,75	1856,808
Зведені витрати	11770,33	8744,408

Отже, на основі порівняльного аналізу встановлено, що варіант II є економічно доцільнішим, а тому саме його обрано для реалізації системи зовнішнього електропостачання.

### 3.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання

Враховуючи виробниче планування заводу та певні особливості технологічного процесу, категорію електроспоживачів та умови виробничого середовища, намічаємо схему силової мережі з робочою напругою 0,4 кВ. Передбачаємо виконання мережі за допомогою комплектних шинопроводів, що відповідає вимогам надійності та технологічності монтажу. У межах роботи проведимо розрахунок електричних навантажень для металообробної ділянки.

Врахуємо, що для комплектних ШМА розрахунковий струм має прийматися рівним номінальному струму цехового трансформатора. Розрахунок зведемо до таблиці 3.4.

При виборі комплектних шинопроводів ШМА для головних магістралей металоскладального цеху вибираємо по розрахунковому струму того трансформатора, до котрого підключена магістраль,  $I_{н\ ШМА} = 509,5 \text{ А}$

Вибираємо магістральні шинопроводи ШМА73У3 з номінальним струмом  $I_n = 1600 \text{ А}$ , тоді матимемо  $I_{y\delta} = 70 \text{ кА}$ , опори активний і реактивний відповідно  $r_o = 0,031 \text{ мОм/м}$ ,  $x_o = 0,022 \text{ мОм/м}$ .

При вибір розподільчих шинопроводів ШРА  $I_p = 55,8$  А, можна вибрати ШРА73 з номінальний струмом  $I_n = 250$  А. Аналогічний вибір шинопроводів приведені в таблиці 3.5. Допустимі втрати напруги вибираємо і зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.5 - Опір ділянок ШМА та ШРА

Тип обладнання	Sp, кВА	Ip, А	Марка шинопроводу	Параметри шинопроводу			Довжи на L, км	Розрахункові дані, Ом		
				In	Ro	Xo		R <sub>Σ</sub>	X <sub>Σ</sub>	Z <sub>Σ</sub>
ШМА1	337,1	509,5	ШМА-73У3	1600	0,031	0,017	0,022	0,001	0,0004	0,0008
ШРА1	38,59	55,8	ШРА-73-250	250	0,210	0,100	0,082	0,017	0,0082	0,0191
ШРА2	284,8	411,5	ШРА-73-630	630	0,100	0,130	0,088	0,009	0,0114	0,0144

Таблиця 3.6 - Втрата напруги в розподільчих шинопроводах

Тип обладнання	Pp, кВА	Qp, кВА	Марка шинопроводу	L, км	ΔU, %
ШМА	309,6	133,34	ШМА-73У3	0,022	3,16
ШРА1	33,34	19,42	ШРА-73-250	0,082	3,07
ШРА2	261,04	113,92	ШРА-73-630	0,088	3,02

З таблиці 3.6 - допустима втрата напруги менше 5%, тому обрані шинопроводи проходять до подальшого встановлення. Вибір живлючих кабелів до станків робимо по допустимому струму нагріву і зводимо вибір до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Вибір перерізу розподільчих кабелів до станків металоскладального цеху заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу

Потужність споживача	$I_p, A$	$F_{розр}, мм^2$	$F_{ст2}, мм^2$	$n$	$I_{доп}, A$	$K_3 \cdot I_3$	$K_{пр} \cdot I_{доп}$	$F_{мін3}, мм^2$	$\Delta U_i, \%$
<b>ШРА-1</b>									
11	15,06	12,54	16	1	95	44	114	4	0,03
7,5	10,27	8,57	10	10	60	27,5	72	4	0,06
16,3	22,32	18,60	25	2	105	44	126	4	0,05
2,8	3,83	3,2	4	5	29	27,5	34,8	4	0,07
4,5	6,16	5,13	6	1	35	27,5	42	4	0,06
11	15,06	12,56	16	1	95	44	114	4	0,04
9,93	13,59	11,34	16	1	95	27,5	114	4	0,05
<b>ШРА-2</b>									
4,5	6,16	5,13	6	2	35	27,5	42	4	0,06
7,5	10,27	8,57	10	6	60	27,5	72	4	0,07
16,3	22,32	18,61	25	1	105	44	126	4	0,05
0,9	1,23	1,13	2,5	1	22	27,5	26,4	4	0,02
9,9	13,55	11,4	16	3	95	27,5	114	4	0,04
4,5	6,16	5,2	6	1	35	27,5	42	4	0,06
37,87	51,85	43,21	50	1	155	82,5	186	10	0,04
3	4,11	3,43	4	3	29	27,5	34,8	4	0,07
0,6	0,82	0,66	2,5	3	22	27,5	26,4	4	0,01
11	15,06	12,57	16	7	95	44	114	4	0,06
11	15,06	12,57	16	9	95	44	114	4	0,03
2,8	3,83	3,19	4	1	29	27,5	34,8	4	0,07
4,5	6,16	5,13	6	1	35	27,5	42	4	0,06
1	1,37	1,14	2,5	1	22	27,5	26,4	4	0,03
1,5	2,05	1,71	2,5	1	22	27,5	26,4	4	0,05
40	54,76	45,63	50	1	155	82,5	186	10	0,08

Таблиця 3.4 - Розрахунок силових навантажень в цеховій мережі металоскладального цеху заводу 3 виробництва машин для агропромислового комплексу

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну,		Км	Розрахункова потужність,			
			Одного	Сумарна					Рср	Qср		Рр	Qр	Sp	
	<b>ШРА-1</b>														
	Токарно-гвинтонарізний	2	11,0 - 11	22,3		0,17	0,65	1,17	3,75	4,38					
	Свердильний (вертикальний)	8	2,8 - 5	29,4		0,11	0,95	0,34	3,22	1,07					
	Фрезерний з ЧПУ	2	7,5 - 8	15,2		0,14	0,65	1,17	2,12	2,44					
	Фрезерний (вертикальний)	5	7,5 - 8	37,6		0,12	0,8	0,76	4,54	3,39					
	Спец-агрегат	2	16,3 - 16	32,8		0,11	0,45	1,987	3,56	7,14					
	Різбонарізний (вертикальний)	1	4,5 - 5	4,6		0,12	0,8	0,76	0,52	0,43					
	Різбонакатний	1	9,9 - 10	9,94		0,12	0,88	0,57	1,17	0,66					
	Разом	21	2,8 - 16	150,76	6	0,125	0,476	1,028	18,9	19,45	18	1,77	33,35	19,42	38,59
	<b>ШРА-2</b>														
	Свердильний (вертикальний)	6	2,8 - 5	20,84		0,3	0,85	0,62	6,24	3,87					
	Токарно-гвинтонарізний	16	11,0 - 11	176,5		0,7	0,95	0,33	123,20	40,49					
	Фрезерний (вертикальний)	5	7,5 - 8	37,6		0,35	0,85	0,64	13,13	8,13					
	Фрезерний з ЧПК (вертик.)	3	7,5 - 8	40,5		0,17	0,85	0,64	6,80	4,21					
	Різбонарізний	2	10,0 - 10	20		0,65	0,8	0,77	13,00	9,75					
	Горизонтально-протяжний	1	37,8 - 38	40,4		0,17	0,78	0,83	6,80	5,46					
	Свердильний	4	0,6 - 1	2,8		0,17	0,8	0,76	0,41	0,31					
	Зварювальний напівавтомат	1	1,5 - 2	40		0,3	0,45	1,97	12,00	23,81					
	Зварювальний випрямляч	1	40,0 - 40	40		0,6	0,9	0,49	24,00	11,62					
	Спец-агрегат	2	9,9 - 16	26,4		0,12	0,45	1,99	3,14	6,24					
	Разом	41	0,6 - 40	442,9	67	0,471	0,707	0,56	208,72	113,90	22	1,25	261,12	113,94	284,87
	Всього по ШМА	164	0,6 - 40	593,65	67	0,383	0,695	0,586	227,6	133,32	17	1,36	309,54	133,33	337,09

## РОЗДІЛ 4

### КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗАВОДУ З ВИРОБНИЦТВА МАШИН ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Раціональний розподіл потужності між комутаційними пристроями високої та низької напруги повинен враховувати витрати на встановлення додаткового комутаційного обладнання, необхідність до встановлення трансформаторних підстанцій, а також економічні втрати, що пов'язані з передачею електроенергії.

Під час проектування систем електропостачання оберемо найбільш ефективний варіант з економічної точки зору. Основним критерієм оптимальності при цьому стане мінімізація приведених витрат.

#### 4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку компенсації заводу

Високовольтне навантаження	$P_V = 4380$ кВт	$Q_V = 3285$ кВар
Навантаження в мережі заводу до 1000 В (цехові ТП):	$P_H = 2372$ кВт	$Q_H = 2879$ кВар
Сумарне споживання по заводу:	$P_p = P_V + P_H + \Delta P_{тр} = 4380 + 2372 + 36,3 = 6788$ кВт	$Q_p = Q_V + Q_H + \Delta Q_{тр} = 3285 + 2879 + 28,2 = 6192,2$ кВар

Економічно доцільна потужність, що може бути передана від системи:

$$Q_{екон\ еф} = P_p \cdot \tan \phi_3 = 6788 \cdot 0,15 = 1018,2 \text{ кВар}$$

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

$$Q_{КП} = Q_p - Q_{екон\ еф} = 6192 - 1018 = 5174 \text{ кВар}$$

Отримаємо мін. кількість трансформаторів:

$$N_0 = P_H / (K_3 \cdot S_{н\ тр}) = 2372 / (0,7 \cdot 1000) = 3,4 \text{ шт.}$$

Прийmemo  $N_0 = 4$ .



$$\Delta P_{кн} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{кн} = 0,003 \cdot 1400 = 4,2 \text{ кВт}$$

Вартість низьковольтних конденсаторних батарей:

$$K_{кн} = N \cdot C_{бк}^{0,4} + N \cdot C_{ку}^{0,4} = 4 \cdot 29,7 + 4 \cdot 8,54 = 153,2 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей:

$$K_{кв} = N \cdot C_{бк}^{10} + N \cdot C_{ку}^{10} = 2 \cdot 15,3 = 30,68 \text{ тис. грн.}$$

Вартість високовольтних конденсаторних батарей, що встановлені для печей:

$$K_{кв} = N \cdot C_{бк}^{10} + N \cdot C_{ку}^{10} = 2 \cdot 15,3 + 1 \cdot 6,36 = 37,04 \text{ тис. грн}$$

Врахуємо вартість комплектних відповідно одно- та дво- трансформаторних підстанцій:

$$K_{кп} = N_{тп(1)} \cdot K_{тп(1)} + N_{тп(2)} \cdot K_{тп(2)} = 2 \cdot 67,5 + 2,0 \cdot 127 = 262 \text{ тис. грн.}$$

Так:

$$Z_1 = E_H \cdot (K_{кн} + K_{кв} + K_{кп}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{кв} + \Delta P_{тп}) \cdot C_0 \cdot \tau = 0,12 \cdot (153,12 + 16,88 + 5 + (4,2 + 67,711 + 262)) \cdot 1,82 \cdot 3572 = 1154 \text{ тис. грн.}$$

Варіант II, тобто коли  $N = N_0 + 1 = 5$  розглянемо і зведемо до таблиці для порівняння і прийняття подальшого варіанту.

Таблиця 4.2 - Баланс реактивної потужності

Показники	Варіант I	Варіант II
Потужність КП в мережі 0,4 кВ	1400	300
Потужність КП в мережі 10 кВ	3750	4950
Споживання реактивної потужності	1018	1018
Всього за умовою балансу	6168	6268
Затрати на компенсацію	1154	1488

З огляду на наведені витрати перший варіант є економічно доцільнішим, тому саме його обрано для подальшого проектування системи електропостачання.



Таблиця 4.3 - Розрахункові навантаження заводу з урахуванням розміщення компенсуючі пристроїв

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл-сть	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos $\phi$	tg $\phi$	Середнє навантаження за зміну		п <sub>с</sub>	Км	Розрахункова потужність		
			Одного	Сумарна					Р <sub>ср</sub>	Q <sub>ср</sub>			Р <sub>р</sub>	Q <sub>р</sub>	S <sub>р</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	ТП1														
	Цех №15		-												
	силова	224	0,5 - 40	2823,63	80	0,19	0,65	1,157	523,52	605,9	141	1,19	622,58	605,9	868,698
	освітлювальна												25,92	44,83	
	<u>Склад фарби</u>														
	силова	6	1,0 - 5	30	5	0,6	0,8	0,87	16,3	14,2	6	1,34	21,9	15,61	26,894
	освітлювальна												0,62	1,0	
	Склад	11	3,0 - 7,5	50	2	0,5	0,77	0,86	25,5	21,98	11	1,34	34,21	21,98	40,677
	силова												2,62	4,55	
	освітлювальна														
	по ТП1														
	силова	241	0,5 - 40	2903,63	80	0,2	0,7	1,1	565,32	642,11	145	1,2	667,32	642,12	926,34
	освітлювальна												29,1	50,42	
	Разом												696,42	692,54	982,4
	БСК													-400	
	З уварюванням компенсації												692,42	292,54	
	Втрати в трансформаторі: 1000	1											8,4	52,3	
	<b>Всього на шинях 10 кВ ТП1</b>												704,82	344,84	784,56
2	ТП2														
	Металоскладальний цех														
	силова	323	0,5 - 75	5353,5	150	0,17	0,5	1,732	891,3	1543,8	143	1,20	1070,3	1543,77	1878,52
	освітлювальна												39,5	19,3	
	Разом												1109,8	1562,8	1917,8
	БСК													-300	
	З уварюванням компенсації												1109,8	1262,8	
	Втрати в трансформаторі: 1600	2											10,9	102,56	
	<b>Всього на шинях 10 кВ ТП2</b>												1120,7	1365,44	1766,4

Продовження таблиці 4.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	<b>ТП 3</b>														
	Основний корпус ливарного цеху	43	1	285	1260	285	0,45	0,91	0,461	570	262	1,45	823,9	288,60	872,94
	БСК												68	32,6	
	З урахуванням компенсації													-300	
	Втрати в трансформаторі: 1600	1											3,3	69,9	
	<b>Всього по ТП 3</b>												895,2	64,5	897,52
4	<b>ТП 4</b>														
	Цех сушильний														
	силова	30	5,0 - 100	988	20	0,64	0,86	0,605	634,6	384	20	1,16	737,7	383,61	831,51
	освітлювальна												12,43	21,55	
	<u>Склад готової продукції</u>														
	силова	3	5,0 - 21	31	4	0,19	0,57	1,45	5,8	8,42	3	2,94	17,1	9,21	19,43
	освітлювальна												1,81	3,23	
	<u>Ливарний цех (обробне від-ня</u>														
	силова	63	1,7 - 71	1340	41	0,6	0,7	1,02	747,82	746,24	38	1,13	844,9	746,24	1127,28
	освітлювальна												14,32	6,82	
5	<u>Компресорна</u>														
	силова	33	3,0 - 50	658,4	16	0,67	0,8	0,75	442,1	331,53	26	1,13	497,7	331,54	598,09
	освітлювальна												4,41	0,4	
	<u>Разом по ТП 4</u>														
	силова	271	3,0 - 100	3332,4	333	0,6	0,8	0,7	2043,3	1610,1	67,3	1,1	2228,65	1610,5	2749,32
	освітлювальна												33,34	57,71	
	БСК													-700	
	З урахуванням компенсації												2261,32	967,6	
	Втрати в трансформаторі: 1600	2											24,63	166,1	
	<b>Всього по ТП 4</b>												2286,53	1133,7	2552,24
	<b>Разом по заводу</b>														
	силова	750	0,1 - 75	9333	750	0,23	0,62	1,254	2157	2705	249	1,00	2156,5	2705,3	3459,63
	освітлювальна												215,93	273,72	
	Разом												2373,43	2879,02	3730,6
	Компенсуючі присторі													-1400	

Продовження таблиці 4.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Разом з врахуванням КП-04												2373,43	1479,02	2795,72
	Втрати в трансформаторах	6											36,6	288,2	
	Всього по заводу												2408,83	1767,2	2987,72
	Високовольтне навантаження													-3750	
	ТПЧ-800	3	800,0 - 800	2400	1	0,45	0,80	0,75	1080,00	810,00			1080	810	1350
	ДЧМ-10	2	2250,0 - 2250	4500	1	0,6	0,80	0,75	2700,00	2025,00			2700	2025	3375
	ДСН-1,5	1	1000,0 - 1000	1000	1	0,6	0,80	0,75	600,00	450,00			600	450	750
													6788,83	1302,02	6912,44
													tg φ =	0,19	

## РОЗДІЛ 5

### ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

#### 5.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових ТП

Вибір трансформаторів на проектуємому заводі

$$S_{cm} = \frac{0,85 \cdot 9365,76}{1,4 \cdot 1} = 5686,35 \text{ кВА.}$$

Прийmemo до встановлення 2 трансформатори ТДН-6300/35/10 з паспортними параметрами  $\Delta P_k=46,5$  кВт,  $\Delta P_{xx}=9,4$  кВт,  $U_k=7,5$  %,  $I_{xx}=0,8$  %. Тоді, коефіцієнт завантаження в н.р. з урахуванням компенсації:

$$S_{cm} = \frac{6912,44}{2 \cdot 6300} = 0,52$$

А коефіцієнт завантаження трансформатора в аварійному режимі буде:

$$k = \frac{6912,44}{6300} = 1,09.$$

#### 5.2 Компоновка та місце розташування цехових ТП

Розрахунок потужності трансформаторів для ТП-1 наступний:

$$S_{ТП-1} = \frac{784,56}{1} = 784,82 \text{ кВА,} \quad k_3 = \frac{784,56}{1000} = 0,77$$

Маемо прийняти до встановлення на ТП-1 трансформатор типу ТМ-1000/10. Приймаемо комплектні трансформаторні підстанції (КТП) Хмельницького заводу трансформаторних підстанцій. Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

Аналогічний вибір кількості та потужності трансформаторів інших ТП виконаємо у вигляді таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вибір кількості та потужності трансформаторів

Номер ТП	Тип ТП	$S_p$	$K_3$	$K_3^{ab}$
1	КТП-1x1000 (вбудована)	784,56	0,77	–
2	КТП-2x1600 (вбудована)	1766,4	0,6	1,1
3	КТП-1x1600 (вбудована)	897,52	0,62	–
4	КТП-2x1600 (вбудована)	2552,24	0,81	1,58

## РОЗДІЛ 6

# РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ТА СИЛОВИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

### 6.1. Розрахунок струмів КЗ заводу

Для визначення струмів КЗ заводу складаємо однолінійна розрахункова схема, що включає всі джерела живлення та елементи системи електропостачання, розташовані між ними й місцем короткого замикання. На основі схеми формуємо схему заміщення, де елементи замінюємо опорами і спрощуємо до еквівалентної.

Розрахункову схему зображено на рис. 6.1 та схема заміщення на рис. 6.2.

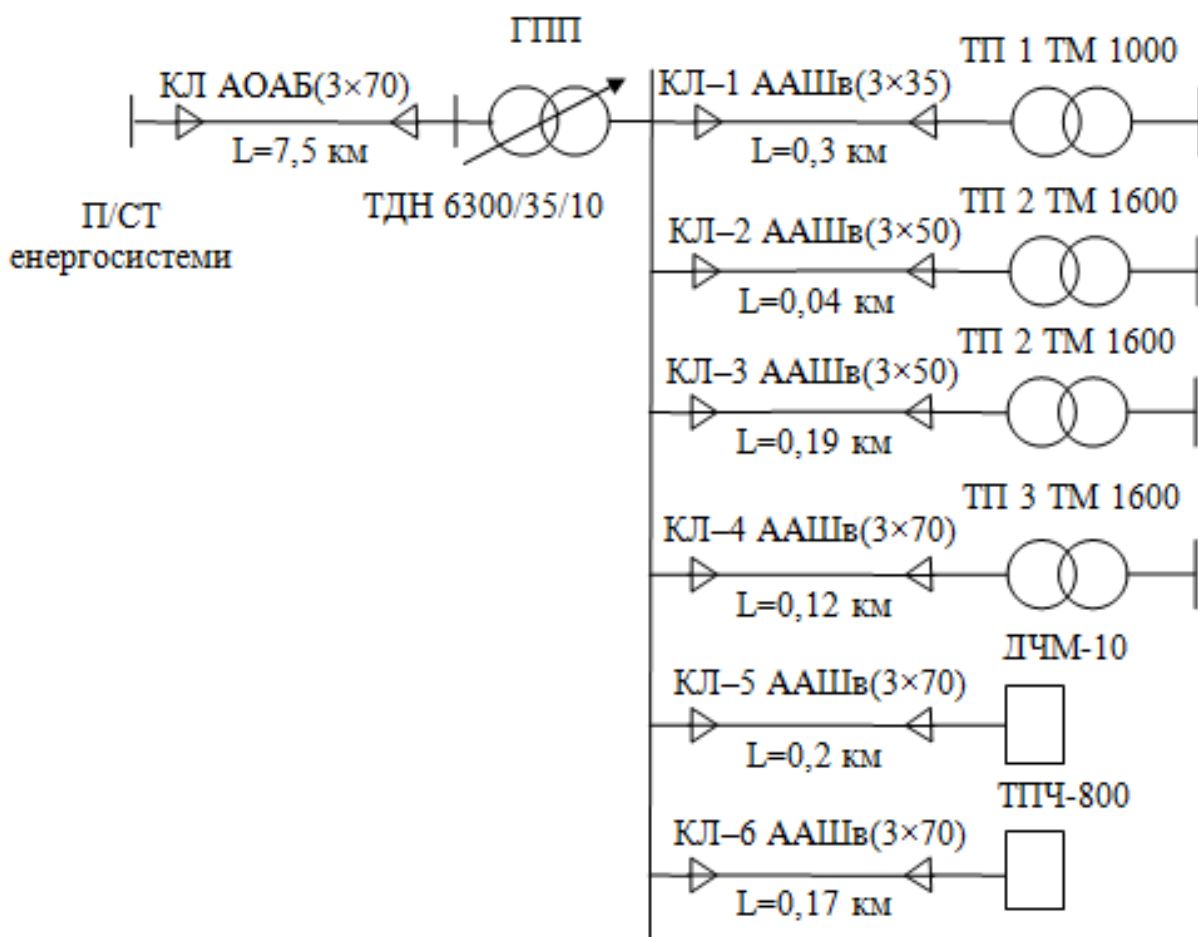


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема для струмів КЗ заводу

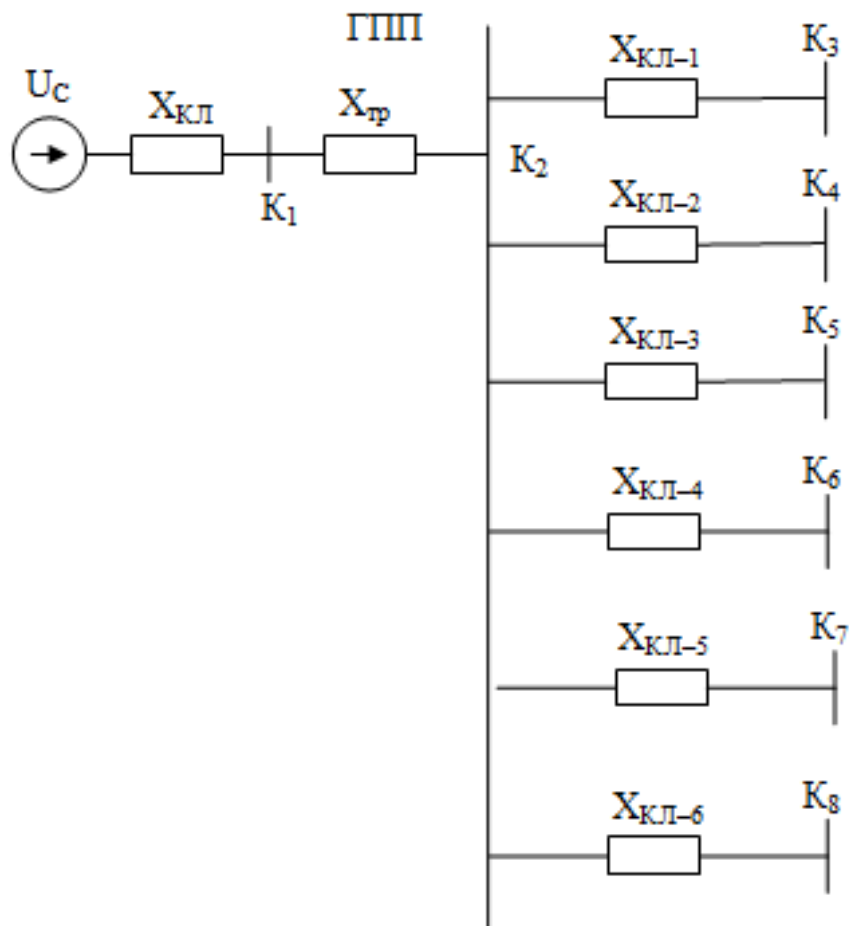


Рисунок 6.2 – Схема заміщення для розрахунку струмів к. з.

Покажемо розрахунок опорів елементів схеми заміщення:

– так, опір енергосистеми розраховується наступним чином:

$$X_c = \frac{U_{сн}^2}{S_{кз}} = \frac{35^2}{125} = 1,23 \text{ Ом}$$

– опір для трансформатора ТМН 6300/35/10 з паспортними параметрами  $U_{вн}=35 \text{ кВ}$ ,  $U_{нн}=11 \text{ кВ}$ ,  $\Delta P_{кз}=46,5 \text{ кВт}$ ,  $U_{к1-2}=7,5 \%$ :

$$X = \frac{U_{\%} \cdot U_{\%}}{100 \cdot S} = \frac{7,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 6300} = 14,57$$

– опір КЛ від підстанції енергосистеми до ГПП

$$X = x_l = 0,443 \cdot 7,5 = 3,32 \text{ Ом}$$



Таблиця 6.1 - Розрахунок струмів короткого замкнення заводу

№ т. к. з.	$X_C, \text{ Ом}$	$X_{\text{КЛ}}, \text{ Ом}$	$X_{\text{тр}}, \text{ Ом}$	$X_{\text{КЛ-10}}, \text{ Ом}$	$I'', \text{ кА}$	$K_y$	$i_y, \text{ кА}$
1	1,23	3,32	-	-	5,03	1,45	7,19
2	1,23	2,35	14,6	-	4,65	1,45	9,62
3	1,23	3,32	14,58	0,02	4,53	1,45	9,46
4	1,23	3,32	14,58	0,01	4,54	1,45	9,5
5	1,23	3,32	14,58	0,02	4,63	1,45	9,56
6	1,23	3,32		0,02	4,53	1,45	9,46
7	1,23	3,32		0,0124	4,53	1,45	9,46
8	1,23	3,32		0,0124	4,54	1,45	9,5

### 6.2 Вибір струмопроводів пристроїв силових мереж

Вибір кабелів напругою 10 кВ для високовольтної мережі. На прикладі лінії від ГПП до ТП №1 (назвемо, КЛ1). Площа поперечного перерізу має бути :

$$F_e = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}} = \frac{45,34}{1,4} = 32,36 \qquad I_p = \frac{784}{\sqrt{3 \cdot 10}} = 45,34$$

Приймаємо кабель ААШв (3×35) мм<sup>2</sup>, що має допустимий струм  $I_{\text{доп}} = 80 \text{ А}$ . Виконаємо перевірку обраного кабелю за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \qquad 45,3 \leq 80 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп}} = K_{\text{П}} I_{\text{доп}}' \qquad I_{\text{доп}} = 1 \cdot 80 = 80 \text{ А}$$

Визначимо мінімальну площу перерізу кабелю за умовою термічної стійкості, попередньо розрахувавши  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$

$$B_{\text{л}} = I_n^2 (t_{\text{відмик}} + T_a) = 4,65^2 \cdot (0,506 + 0,013) = 11,2$$

$$F_{\text{min}} = \frac{1}{C} \sqrt{B_{\text{к}}} = \frac{1}{92} \sqrt{11,2 \cdot 10^6} = 35,2 \text{ мм}^2$$

Інші кабельні лінії системи електропостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу обираються аналогічно, розрахунки зводяться до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Вибір кабельних ліній 10 кВ для заводської мережі

КЛ	п, шт	S <sub>p</sub> , МВА	I <sub>p</sub> , А	I <sub>p,ав.</sub> , А	F <sub>екз</sub> , мм <sup>2</sup>	B <sub>к</sub> , кА <sup>2</sup> ·с	F <sub>мін</sub> , мм <sup>2</sup>	Марка кабелю	I <sub>доп</sub> , А	K <sub>п</sub>	K <sub>п</sub> ·I <sub>доп</sub> , А	K <sub>ап</sub>	K <sub>п</sub> '	K <sub>ап</sub> ·K <sub>п</sub> '·I <sub>доп</sub> , А
1	1	784,5	45,3	-	32,4	11,2	35,2	ААШв-1х(3х35)	80	1	80	-	-	-
2	1	897,5	52	-	37	11,2	35,2	ААШв-1х(3х35)	80	1	80	-	-	-
3	2	2552	74	147,4	52,5	11,2	35,2	ААШв-1х(3х70)	130	0,92	119	1,25	1	162
4	1	1687,2	97,2	-	69,6	11,2	35,2	ААШв-1х(3х50)	105	1	105	-	-	-
5	1	750	43,3	-	30,9	11,2	35,2	ААШв-1х(3х35)	80	1	80	-	-	-
6	1	450	25,9	-	18,5	11,2	35,2	ААШв-1х(3х35)	80	1	80	-	-	-
7	2	1847,6	53,4	106	38,1	11,2	35,2	ААШв-1х(3х50)	105	0,92	96,6	1,25	1	131
3-2	1	1385,7	80	-	57,1	11,2	35,2	ААШв-1х(3х35)	80	1	80	-	-	-
4	2	922,02	26,7	53	19,1	11,2	35,2	ААШв-1х(3х35)	80	0,92	74	1,25	1	100

### 6.3. Вибір електричного обладнання

#### Вибір вимикачів.

На вводах 35 кВ встановлюємо вакуумні вимикачі типу ВБЗЕ-35, при цьому розрахунки вибору та умови перевірки вимикача приведемо в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Вибір вимикачів 35 кВ.

Параметри мережі ділянки заводу	Розрахункові формули та умови вибору	Параметри вимикача ВБЗЕ-35
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном} \square$	35 кВ
114 А	$I_{роб.форс} \leq I_{ном} \square$	630 А
5,3 кА	$I_K \leq I_{дин.с} \square$	52 кА
7,3 кА	$i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.с} \square$	132 кА
5,02 кА	$I_{пт} \leq I_{номвідкл} \square$	20 кА
0,25 кА	$\sqrt{2}I_{ном} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{нвідкл} (1 + \beta_n) \square$	$\sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,5) = 42,426 \text{ кА}$
$B_k = 26,06 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер} \square$	$I_{тер}^2 t_{тер} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \text{ с}$

$$i_{ат} = \sqrt{2}I'' e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 5,03 e^{-\frac{0,01}{0,025}} = 0,25 \text{ кА}$$

На вводі 10 кВ встановлюємо вакуумні вимикачі типу ВР-1-10-20/630. Розрахунки по вибору та перевірці вимикача приведемо в таблиці 6.4 нижче.

Таблиця 6.4 - Вибір вимикачів 10 кВ на вводах.

Параметри мережі ділянки заводу	Розрахункові формули та умови вибору	Параметри вимикача ВР-1-10-20/630
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном} \square$	10 кВ
399А	$I_{роб.форс} \leq I_{ном} \square$	630 А
4,66 кА	$I_K \leq I_{динс} \square$	20 кА
9,63 кА	$i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{динс} \square$	132 кА
4,65 кА	$I_{нт} \leq I_{номвідкл} \square$	20 кА
8,53 кА	$\sqrt{2}I_{ном} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{нвідкл} (1 + \beta_n) \square$	$\sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,5) = 42,426кА$
$B_k = 22,3кА^2с$	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер} \square$	$I_{тер}^2 t_{тер} = 20^2 \cdot 3 = 1200кА^2с$

Секційний вимикач обираємо типу ВР-1-20/630, розрахунки по вибору та перевірці вимикача приведемо в таблиці 6.5. На лініях, від ГПП до ТП встановлюємо вимикачі такі ж самі.

Таблиця 6.5 - Секційний вимикач 10 кВ.

Параметри мережі	Розрахункові формули	Параметри вимикача
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном} \square$	10 кВ
193,8А	$I_{роб.форс} \leq I_{ном} \square$	630 А
4,66 кА	$I_K \leq I_{динс} \square$	20 кА
9,63 кА	$i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{динс} \square$	132 кА
4,66 кА	$I_{нт} \leq I_{номвідкл} \square$	20 кА
8,53 кА	$\sqrt{2}I_{ном} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{нвідкл} (1 + \beta_n) \square$	$\sqrt{2} \cdot 20 \cdot (1 + 0,5) = 42,426кА$
$B_k = 22,3кА^2с$	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер} \square$	$I_{тер}^2 t_{тер} = 20^2 \cdot 3 = 1200кА^2с$

*Вибір розрядників .*

Одним з ключових заходів захисту електроустановок від впливу перенапруг є встановлення розрядників. Їх основне призначення - обмеження амплітуди імпульсної напруги, яка виникає внаслідок ударів блискавки (атмосферні перенапруги) **або** перемикань в електричних колах (внутрішні перенапруги). Без належного захисту подібні явища можуть призвести до пошкодження ізоляції обладнання, виходу з ладу трансформаторів, ліній і електронних пристроїв

керування. Захист від атмосферних і внутрішніх перенапруг здійснюється встановленням розрядників. Приймаємо до установки розрядники: ОПН-35 для напруги 35 кВ; ОПН-10 для напруги 10 кВ. Розрядники встановлюються на вводах підстанцій, у розподільчих пристроях, а також на опорах повітряних ліній - з метою локалізації перенапруг і запобігання їх поширенню по системі.

*Вибір трансформаторів власних потреб.* Потужність трансформаторів власних потреб обирається за навантаженням власних потреб з урахуванням коефіцієнтів завантаження та одночасності. Навантаження власних потреб є орієнтовним, то ж розрахункове навантаження наведемо у таблиці 6.6 нижче.

Обираємо трансформатор ТМ – 25/10 , тоді коефіцієнт завантаження:

$$k_z = \frac{20}{25} = 0,8$$

Таблиця 6.6 - Навантаження власних потреб для вибору ТВП.

№ п/п	Споживач	Р, кВт
1	Обігрів комірок КРП 10 кВ.	12
2	Освітлення і вентиляція приміщення КПП	5
3	Навантаження яке споживають оперативні кола	3
<i>Всього</i>		20

*Вибір трансформаторів струму.*

На стороні 35 кВ встановлюємо трансформатори струму типу ТФЗМ – 35А – У1 на клас точності 0,5 з наступними параметрами паспортними параметрами:  $U_H = 35$  кВ,  $I_{ном.1} = 400$  А,  $I_{ном.2} = 5$  А,  $Z_{2H} = 2,0$  Ом,  $I_{тер} = 22$  кА,  $i_{дин} = 127$ кА,  $t_{тер} = 3$  с.

Таблиця 6.7 - Вибір трансформатора струму на 35 кВ.

Параметри мережі	Розрахункова формула	Параметри трансформатора
35 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	35 кВ
120,66 А	$I_{max} \leq I_{1-ном}$	400 А
6,77 кА	$i_y \leq i_{ед-дин}$	127 кА
20,8 кА <sup>2</sup> · с	$B_k \leq I^2_{терм} t_{терм}$	$22^2 \cdot 3 = 1452$ кА <sup>2</sup> · с

На стороні 10 кВ на вводах від силових трансформаторів обиратимемо вимірювальні трансформатори струму ТПЛ –10 – 1 УЗ,  $K_T = 600/5$ . В таблиці 6.8 зазначимо умови і розрахункові параметри умов вибору ТС 10 кВ. Для перевірки ТС по вторинному навантаженню, маємо скористатись схемою підключення та каталожними даними приладів, для цього визначаємо навантаження по фазах у вигляді таблиці 6.9.

Таблиця 6.8 - Вибір ТС на вводах за трансформаторами 10 кВ.

Параметри мережі ділянки заводу	Розрахункова формула та умови вибору	Параметри трансформатора струму
10 кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	10 кВ
422,1 А	$I_{max} \leq I_{1-ном}$	600 А
19,5 кА	$i_y \leq i_{ед-дин}$	128 кА
$173,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq I^2_{терм} t_{терм}$	$40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця 6.9 - Розрахунок вторинного навантаження ТС

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник АСЕ	0,2	0,1	0,1	0,1
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Всього		0,6	0,1	0,1

З таблиці 6.9 видно, що маємо найбільше завантажений ТС у фазі А. Загальний опір приладів:

$$Z_{прил} = S_{прил} / I_2^2 = 0,6 / 5^2 = 0,024 \text{ Ом.}$$

Опір з'єднувальних проводів складе:

$$\Gamma_{пр} = \rho l_{розрах} / q = 0,0175 \cdot 6,93 / 2,5 = 0,049 \text{ Ом.}$$

Врахуємо питомий опір  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$  для мідних проводів; та розрахункову довжину (схема включення ТС в неповну зірку)

$$l_{розрах} = \sqrt{3} \cdot l_{довж} = \sqrt{3} \cdot 4 = 6,9 \text{ м}$$

та переріз з'єднувальних проводів  $2,5 \text{ мм}^2$ . Маємо контактних з'єднань  $0,05 \text{ Ом}$ , отже вторинний опір ТС – наступна сума опорів:

$$Z_2 = Z_{прил} + \Gamma_k + \Gamma_{пр} = 0,024 + 0,05 + 0,049 = 0,114 \text{ Ом.}$$

Умова  $z_2 \leq z_{2\text{ ном}}$  виконується  $0,114 < 0,4$ .

На лініях, що відходять до ТП встановлюємо трансформатори струму ТЛК-10-1 У3 ( $K_T = 200/5$ ). Перевіряємо трансформатори струму по вторинному навантаженню, розрахунки зведено до таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 - Розрахунок вторинного навантаження ТС

Прилад	Клас точності	Навантаження фази, ВА		
		А	В	С
Лічильник активної та реактивної енергії	0,5	0,1	-	0,1
Амперметр Е335	1,0	0,5	-	-
Ватметр Д335	1,5	0,5	-	0,5
Варметр Д335	1,5	0,5	-	0,5
Всього		1,6	-	1,1

З таблиці 6.10 видно, що найбільш завантажений ТС фази А. Загальний опір приладів:

$$z_{\text{прил}} = S_{\text{прил}} / I_2^2 = 1,6 / 5^2 = 0,064 \text{ Ом.}$$

Знайдемо опір з'єднувальних проводів:

$$r_{\text{пр}} = \rho l_{\text{розрах}} / q = 0,0175 \cdot 6,9 / 2,5 = 0,049 \text{ Ом.}$$

Прийmemo опір контактних з'єднань  $r_k = 0,1 \text{ Ом}$ .

Тоді визначимо вторинний опір трансформатора струму:

$$z_2 = z_{\text{прил}} + r_k + r_{\text{пр}} = 0,064 + 0,1 + 0,049 = 0,213 \text{ Ом.}$$

Всі перелічені прилади, що бути підключені до обраного трансформатору струму мають задовольняти умові наступній  $z_2 \leq z_{2\text{ ном}}$ , у нашому випадку умова виконується:  $0,213 < 0,4 \text{ Ом}$ .

### **Вибір трансформаторів напруги.**

На шинах 10 кВ ГЗП приймаємо до встановлення трансформатори напруги типу НАМИ – 10. Розглянемо їх вибір в класі точності 0,5. Розрахунок вторинного навантаження покажемо у таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 - Розрахунок вторинного навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	Кіл-ть	S, В·А	Загальна потужність	
				Σ P, Вт	ΣQ, вар
Вольтметр шини 10кВ	Е335	1	2	2	-
Лічильник вводу	АСЕ 6000	1	7,5	0,5	7,48
Лічильник на фідерах	АСЕ 6000	4	7,5	2	29,8
Всього:				4,5	37,36

Перевіряємо обрані трансформатори напруги по вторинному навантаженню.

Вторинне навантаження трансформатора напруги:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\Sigma P^2 + \Sigma Q^2)} = \sqrt{(4,5 + 37,38^2)} = 37,65 \text{ В}\cdot\text{А}.$$

Оскільки номінальна потужність ТН в класі точності 0,5

$S_{2 \text{ ном}} = 120 \text{ ВА} > 37,65 \text{ ВА}$ , то обраний до встановлення ТН задовольняє умовам вибору.



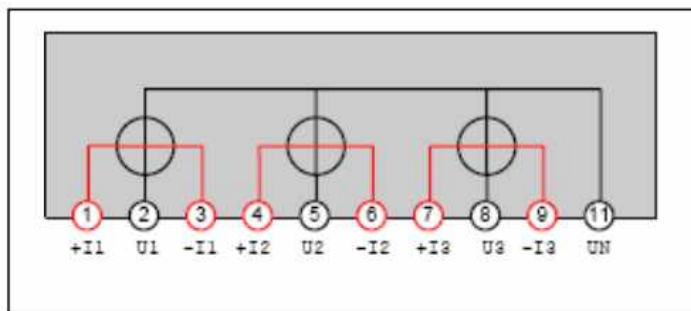




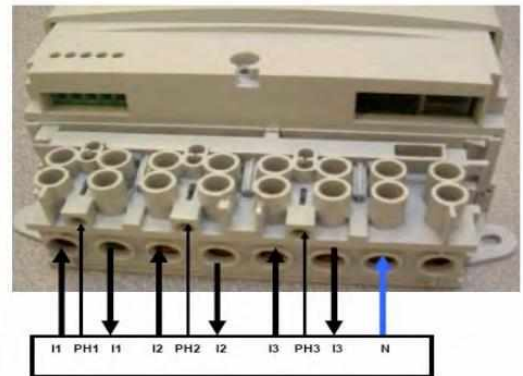




систем АСКОЕ для подальшого. Схема підключення обраного лічильника показана на рис.7.2, 7.3. Для цього необхідно досвідченому персоналу перед початком монтажних робіт впевнитися у відсутності напруги у вторинних колах трансформаторів струму (ТТ) та напруги (ТН). Після цього слід відкрутити два гвинти, які фіксують кришку клемної колодки, і здійснити підключення проводів струмових та напругових ланцюгів згідно зі схемами, поданими нижче.



а)



б)

Рисунок 7.2 – Схема підключення лічильника(а), лічильник ТС/ТН вмикання (б)

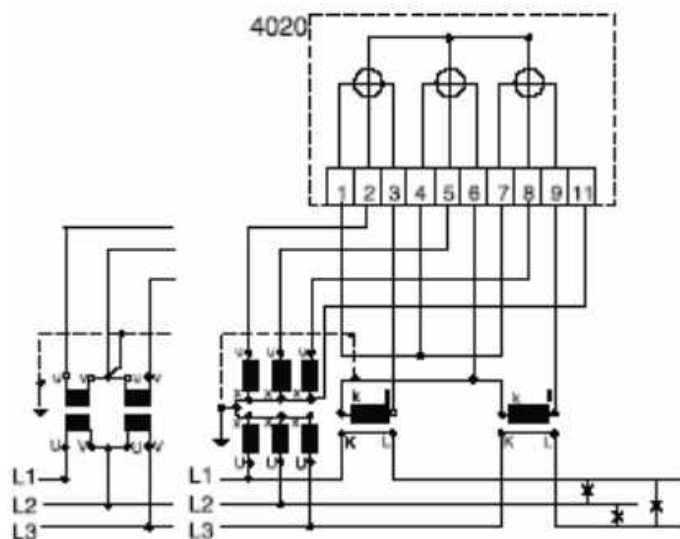


Рисунок 7.3 - 3-Елементний лічильник ТС/ТН вмикання, 3-х провідна мережа

Ще одним бонусом є, що цей лічильник є одним із оптимальних рішень для систем із застосуванням "зеленого тарифу", зокрема в умовах розподіленої



Робочий діапазон напруги ACE 6000	3 × 240/415 В, можливий облік електроенергії по кожній фазі
Робочий діапазон струму ACE 6000	до 100 А, пряме включення
Тип підключення	3- або 4-дротове включення, спосіб включення програмується
Клас точності ACE 6000	1,0
Частота	50 Гц
Період інтеграції потужності (графік потужності / навантаження)	Програмований: 1,2,3,5,10,12,15,20,30,60 хвилин
Графіки навантаження	Однчасне записування до 16 (2x8) незалежних каналів
Глибина зберігання інформації	залежно від кількості каналів, що записуються, і періоду інтеграції
Дисплей ACE 6000	Багатосегментний РКІ, програмована послідовність повідомлень
Комунікаційні інтерфейси ACE 6000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 виходи керування або 4 імпульсні телеметричні виходи;</li> <li>• Інтерфейс RS-485;</li> <li>• Оптичний інтерфейс;</li> </ul>
Тарифні параметри	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 тарифних ставок;</li> <li>• 16 моментів перемикавання на добу;</li> <li>• 24 добових графіки;</li> <li>• 12 сезонів;</li> <li>• 100 окремо програмованих дат винятку;</li> <li>• Автоматичний перехід на літній/зимовий час</li> </ul>
Вимірювані параметри	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Активна, реактивна та повна енергія й потужність в одному або двох напрямках;</li> <li>• Миттєві, мінімальні, максимальні, середньоквадратичні значення частоти, фазових напруги і струму;</li> <li>• Максимальна кількість каналів вимірювань: 10 для енергії та 10 для потужності;</li> <li>• Моніторинг вторинних ланцюгів і параметрів якості напруги.</li> </ul>
Власне споживання в ланцюгах струму	менш ніж 0,1 VA
Власне споживання в ланцюгах напруги	менш ніж 1,9 VA і 0,7 Вт
Діапазон робочих температур	-40°C...+60°C
Відповідність стандартам	MEK 62052-11, 62053-21-22-23-31-61, 62056-21 (вбудований годинник), EN 61358, нормативам СЕ
Стандарти комунікаційного обміну	MEK 62056-21, RS-485, DLMS-Cosem, MEK 62056
Вага	Не більше 1,9 кг
Габарити	283×174×68 мм

Лічильник ACE 6000 зареєстрований у Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки № У1113-06

### Рисунок 7.5 - Технічні характеристики

Функціональність ACE-6000 (ACE 661) і можливість у подальшому застосувати вбудований модем SPARKLET дозволяє легко і швидко організувати систему АСКУЕ (АСКЕ). У поєднанні з програмним забезпеченням AISM\_Pro

запропонований пристрій може виконувати автоматичну корекцію похибок вимірювальних трансформаторів струму (ТТ) та напруги (ТН), а також підтримує додаткові інженерні функції, які розширюють можливості його застосування.

Розглянемо основні компоненти системи AISM\_Pro (Dino+).

### 1. Інтелектуальні лічильники ACE 6000

Так, лічильники ACE 6000 виробництва Itron (Франція) призначені для багатотарифного обліку активної та реактивної енергії в одному або двох напрямках. Вони підтримують вимірювання: струму, напруги, коефіцієнта потужності ( $\cos \phi$ ), частоти та ін. параметрів електричної мережі. Маючи високу точність вимірювань (клас точності 0,5s для трансформаторного підключення) та стабільності, ці прилади ідеально підходять для комерційного обліку. Лічильники оснащені декількома комунікаційними портами (RS-485, RS-232) та підтримують протокол DLMS/COSEM для інтеграції в АСКОЕ (Рисунок 7.6).

### 2. Комунікаційне обладнання

Для забезпечення надійного збору та передачі даних використовуються модеми та концентратори, такий як модем SPARKLET, які підтримують GSM/GPRS зв'язок. Це дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг та управління лічильниками, що особливо актуально для об'єктів з розгалуженою інфраструктурою або віддалених підрозділів.

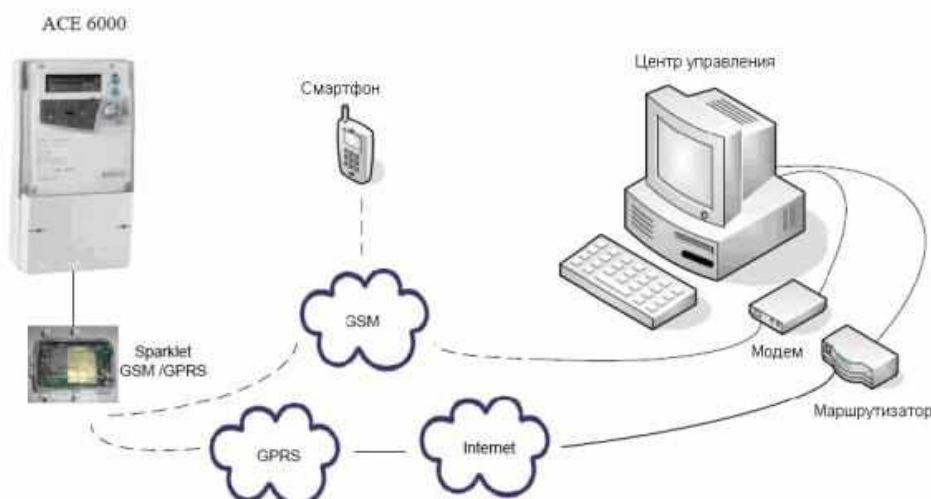


Рисунок 7.6 - Зв'язок з групою лічильників через провідне з'єднання



первинної інформації як зі сторони енергопостачальника, так і споживача, що значно підвищує прозорість обліку.

Усі вимірювані параметри в системі АСКОЕ мають точну часову прив'язку, що забезпечує коректність обліку і подальшого аналізу даних. Служба синхронізації часу здійснює прив'язку до сигналів "точного часу", завдяки чому відбувається уніфікована координація внутрішніх годинників усіх приладів обліку, включаючи багатофункціональні лічильники. Крім того, дана функція дозволяє керувати навантаженням на об'єктах енергоспоживання відповідно до графіків, встановлених користувачем.

GSM/GPRS-модем SPARKLET (рисунок 7.7), розроблений українською компанією «Astel-Com Ltd», призначений для віддаленої передачі даних від облікових пристроїв виробництва Itron (ACTARIS) через мобільні мережі стандарту GSM/GPRS. Модем підтримує інтерфейс RS-485 для підключення до лічильників та може працювати від джерела живлення 220 В або 12 В, що забезпечує його універсальність у різних умовах експлуатації.



Рисунок 7.7 – Зовнішній вигляд GSM/GPRS-модем SPARKLET

Зазначимо основні переваги наведеного та функціональні можливості GSM/GPRS-модема Sparklet модему виробництва Itron, що використовується в системі АСКУЕ заводу:

- Працює в мережах стандарту GSM/GPRS з різними частотами 850 / 900 / 1800 / 1900 МГц;





## ВИСНОВКИ

Дана робота присвячена проектуванню системи електропостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу. Відмічено, що завод сільськогосподарського машинобудування спеціалізується на розробці та виробництві техніки для аграрного сектора.

Ефективне проектування системи електропостачання враховує характеристики технологічного процесу, графіки навантажень і специфіку роботи всього обладнання розглядає могозаводу.

В роботі виконані всі необхідні розділи. Перший присвячений розрахунку електричного навантаження 0,4 кВ і зведенню навантаження в мережі до 10 кВ заводу. Побудовані графіки електричних навантажень.

Другий розділ присвячений картограмі електричних навантажень заводу, визначено ЦЕН. Зазначмо, що розміщення ЦЕН у зазначених розрахунковим шляхом координатах є неможливим у зв'язку з наявністю під'їзних шляхів, що унеможливають саме будівництво і подальшу експлуатацію. У зв'язку з цим передбачили зміщення центру енергоживлення до точки з координатами (120;280), з орієнтацією у напрямку джерела живлення заводу.

Третій розділ присвячений техніко-економічним обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання заводу з виробництва машин для агропромислового комплексу. Було запропоновано декілька варіантів зовнішнього електропостачання заводу з подальшим їх детальним розглядом. Перший варіант передбачав підключення споживачів заводу до електричної мережі через підстанцію енергосистеми двома кабельними лініями напругою 10 кВ довжиною 7,5 км. У такому має проектуватися розподільчий пункт РП-10 кВ. Другий варіант передбачав електропостачання споживачів двома кабельними лініями напругою 35 кВ тієї ж самої довжини (7,5 км). Запропонований варіант електропостачання повітряною лінією в даній роботі є недоцільним у зв'язку з можливим майбутнім проходженням траси електропередачі в умовах щільної міської забудови. Тому, детально прораховані перші два варіанти схем зовнішнього електротропостачання заводу і на основі порівняльного аналізу





