

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: «Розробка системи електропостачання промислового підприємства»

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав

студент групи ЕТ–61

Ходун С.О.

Керівник

Лебедка С.М.

Суми 2020

Сумський державний університет

Факультет ЕлІТ Кафедра електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри електроенергетики
І.Л. Лебединський
“ ” 20__ р.

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу бакалавра

Ходуна Сергія Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка системи електропостачання промислового підприємства»
затверджена наказом по університету № _____ від _____
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 02.06.2020 р.
3. Вихідні дані до роботи: потужність, коефіцієнт потужності та категорія електроприймачів, план розташування цехів та електроприймачів в одному з цехів, кліматичний район, вид ґрунту.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної:
 1. Вибір схеми цехової електричної мережі;
 2. Розрахунок електричної частини підстанції;
 3. Вибір провідників та струмоведучих частин;
 4. Електробезпека та заземлення.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень:
–схема з'єднання електроприймачів.

Календарний план

№п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розробка та розрахунок цехової електричної мережі	25.04.- 30.04.2020
2	Розрахунок потужності трансформаторної підстанції, вибір перерізу провідників	01.05.- 07.05.2020
3	Вибір автоматичних вимикачів	08.05.- 18.05.2020
4	Розрахунок струмів КЗ	19.05.- 24.05.2020
5	Розрахунок заземлення	25.05.- 30.05.2020
6	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи	31.05.2020

Студентка групи ЕТ – 61 _____ Ходун С.О.

Керівник роботи _____ Лебедка С.М.

Реферат

Обсяг роботи: сторінок - 51, рисунків -9, таблиць -23, джерел -10.

Бібліографічний опис: Ходун С.О. Розробка системи електропостачання промислового підприємства : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.О.Ходун; наук. керівник С.М. Лебедка – Суми: СумДУ, 2020. – 51 с.

Ключові слова: електрична мережа, підстанція, силовий трансформатор, автоматичні вимикачі, , заземлення;

электрическая сеть, подстанция, силовой трансформатор, автоматические выключатели, заземление;

electrical network, substation, power transformer, circuit breakers,, grounding;

Короткий огляд – В роботі виконано розрахунок система електропостачання промислового підприємства. Обрано цехову трансформаторну підстанцію та основну, вибрано провідники для розподілення електроенергії по цеху, вибрано автоматичні вимикачі для захисту ліній електропостачання та життя працівників, розраховано заземлюючий контур для цеху та цехової трансформаторної підстанції.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун

ДЖ – джерело живлення

ЕД – електродвигун

ЕО – електрообладнання

ЕП – електроприймач

ЛЛ – люмінесцентна лампа

НК – низьковольтні конденсатори

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПП – приймальний пункт

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПТЕ – правила технічної експлуатації

СЕР – система електропостачання

СН – середня напруга

СРШ – силова розподільна шафа

ТП – трансформаторна підстанція

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

ШРА – шинопровід магістральний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

ЗМІСТ

4.2.1 Вибір тролейних ліній 29

				БР 3.6.141.416 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ходун С.О.				6	
Перевр.		Лебедка С.М			СумДУ, ЕТ-61		
Рецenz.							
Н. Контр.							
Затверд.		Лебединський І.Л.					

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

6.2.1	Визначення ударних струмів	39
6.2.2	Розрахунок струмів однофазного КЗ	41

Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного

				БР 3.6.141.416 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ходун С.О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Лебедка С.М					
Реценз.					СумДУ, ЕТ-61		
Н.Контр.							
Затверд.		Лебединський І.Л.					
				<i>«Розробка системи електропостачання промислового підприємства»</i>			

ВСТУП

Даним проектом передбачено розробити систему внутрішньоцехового електропостачання цеху промислового підприємства, яка відповідає основним вимогам до СЕП промислових підприємств.

Для розроблення мережі необхідно виконати наступні завдання:

- накреслити план цеху та підприємства;
- визначити розташування цехової ТП;
- визначити схему ЕП цеху;
- вибрати струмоведучі елементи;
- вибрати апарати захисту;
- розрахувати компенсуючі пристрої (якщо, це потрібно);
- виконати розрахунок заземлення;
- розрахувати навантаження підприємства;
- визначити центр електричних навантажень та місце розташування головної ТП.

						Арк
						8
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

ІВХІДНІ ДАНІ

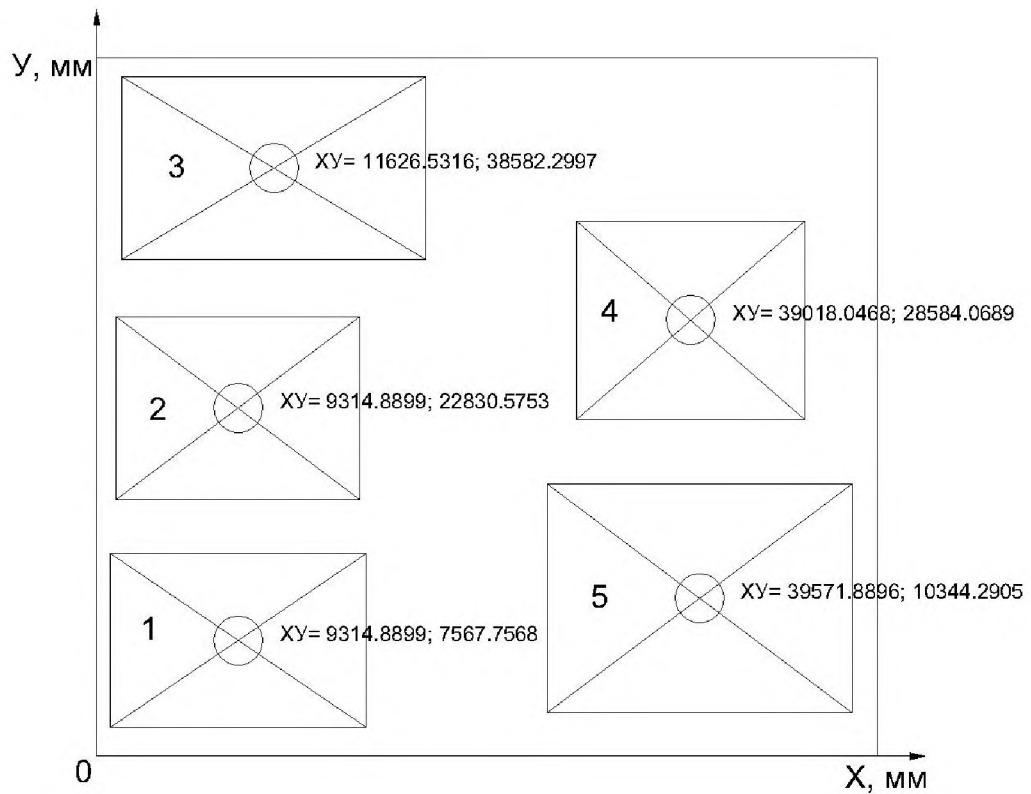


Рисунок 1.1 – план розташування цехів на підприємстві

Таблиця 1.1 – Установлена потужність окремих цехів

Установлена потужність окремих цехів $P_{уст}$, кВт				
1	2	3	4	5
726	800	900	650	756

Таблиця 1.2 – Коефіцієнт попиту $K_{п}$ окремих цехів

Коефіцієнт попиту $K_{п}$ окремих цехів				
1	2	3	4	5
0,15	0,20	0,19	0,16	0,14

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт попиту $K_{п}$ окремих цехів

Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ окремих цехів				
1	2	3	4	5
0,6	0,61	0,64	0,66	0,59

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики ЕП цеху №1 [4]

Найменування ЕП	№ на плані	Кількість	P_n , кВт	$\cos \varphi$	K_B
Вертикально фрезерний верстат	1-3	3	7	0,6	0,16
Фрезерний станок з ЧПК	4-5	2	10	0,6	0,16
Універсально-фрезерний верстат	6-7	2	12	0,6	0,16
Токарно-револьверний верстат	8-10	3	14	0,6	0,16
Настільно-сверлильний верстат	11-16	6	1,5	0,5	0,14
Точильний верстат	17-18	2	3	0,6	0,16
Полірувальний верстат	19-20	2	0,5	0,6	0,16
Тельфер електричний пересувний	–	1	7,5	0,6	0,35

Розрахунок цехової електричної мережі проведемо на прикладі цеху №1.

Вид ґрунту на підприємстві – суглинок.

Номінальна напруга всіх електричних двигунів $U_{ном} = 380$ В.

						Арк
						10
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

2 ВИБІР СХЕМИ ТА КОНСТРУКТИВНОГО ВИКОНАННЯ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Вибір місця розташування цехової трансформаторної підстанції

Місце для цехових трансформаторних та перетворювальних ПС вибирають з урахуванням таких факторів:

- а) для зниження розходу кольорового металу на електричну мережу НН і зменшення втрат електроенергії та напруги в цих мережах цехову ПС слід розмішувати в центрі електричних навантажень (ЦЕН) цеху, але при цьому зростає довжина мереж середньої напруги 10(6) кВ, які живлять ПС;
- б) на місці установлення цехової ПС не повинно бути технологічного устаткування та шляхів переміщення механізмів;
- в) характер середовища має відповідати вимогам, зазначеним заводом – виготовлювачем ПС;
- г) через те, що лише інколи ЦЕН збігається з вільним приміщенням (місцем), розміри й умови якого достатні для розміщення ПС, пошук придатного приміщення (місця) для цехової ПС здійснюють у напрямку від ЦЕН до ДЖ уздовж її живильної лінії СН, перевіряючи послідовно можливість виконання внутрішньоцехової, вбудованої, прибудованої, зовнішньої, окремо розташованої ПС, а також дахової, антресольної, або підземної цехової ПС.

						Арк
						11
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Координати ЦЕН цеху визначаються в умовній системі координат, яка наноситься довільним чином з умовними одиницями виміру. Початок координат встановимо в нижньому лівому кутку площі цеху.

Координати ЦЕН цеху визначаються за такими формулами:

$$X_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}}; \quad Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}}; \quad (2.1)$$

$P_{\text{ном.}i}$ – установлена активна потужність і-го ЕП;

$x_i; y_i$ – координати і-го ЕП;

n – кількість діючих ЕП цеху.

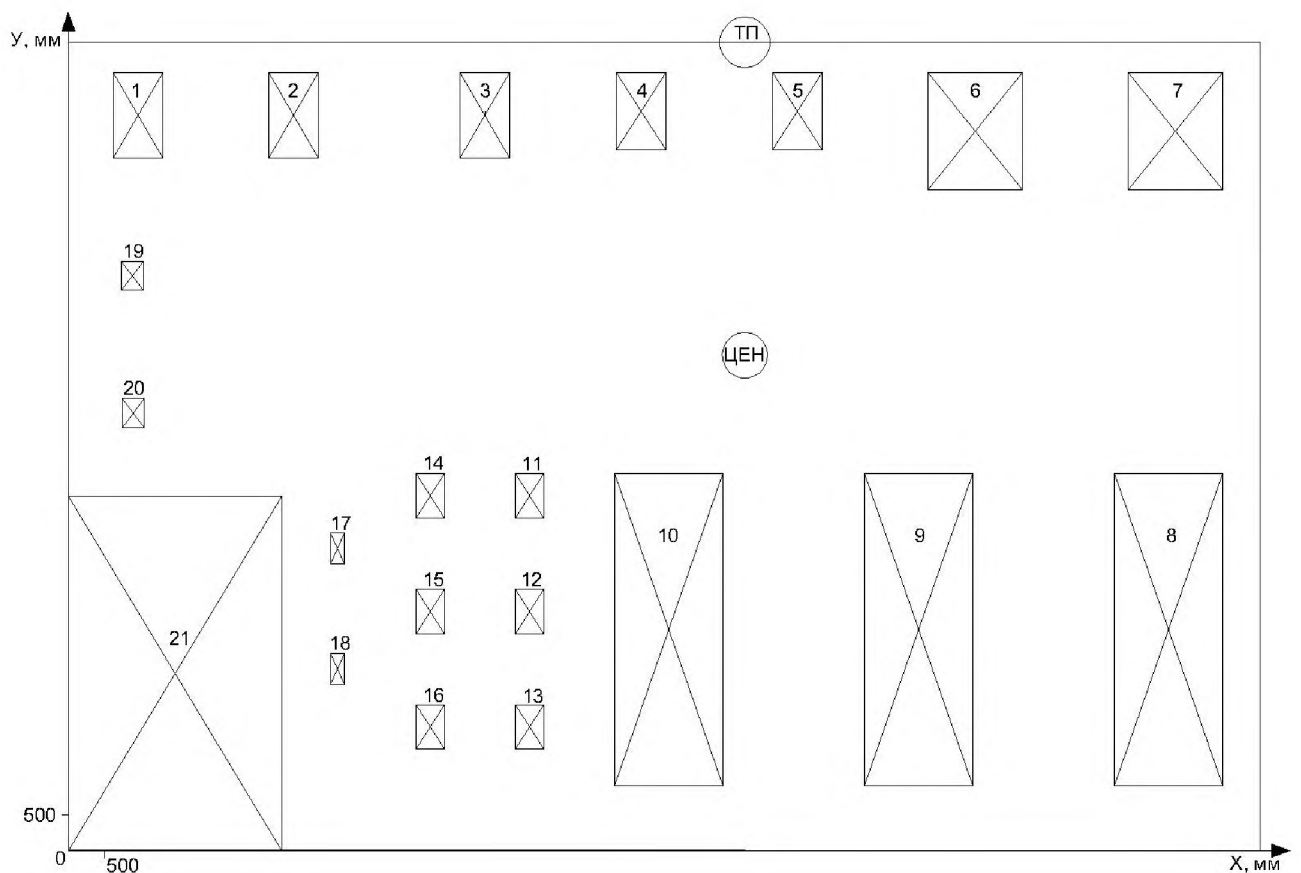


Рис. 2.1 – план розташування ЕП в цеху №1.

Таблиця 2.1 – координати центрів ЕП та їх потужності

№ на плані	$P_{\text{НОМ.}}, \text{кВт}$	X, мм	Y, мм
1	7	973,3223	10368,772
2	7	3173,1539	10368,772
3	7	5873,1539	10368,772
4	10	8073,1539	10423,772
5	10	10273,1539	10423,772
6	12	12785,6539	10146,272
7	12	15610,6539	10146,272
8	14	15510,6539	3118,772
9	14	11985,6539	3118,772
10	14	8460,6539	3118,772
11	1,5	6498,1539	5003,772
12	1,5	6498,1539	3373,772
13	1,5	6498,1539	1743,772
14	1,5	5098,1539	5003,772
15	1,5	5098,1539	3373,772
16	1,5	5098,1539	1743,772
17	3	3754,488	4260,239
18	3	3754,488	2560,7358
19	0,5	900,6365	8102,1517
20	0,5	910,0796	6165,9546
21	0,045	1500	2500

$$X_{\text{ц.в.н}} = \frac{7 \cdot (973,3223 + 3173,1539 + 5873,1539) + 10 \cdot (8073,1539 + 10273,1539)}{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 0,5 + 0,045} +$$

$$+ \frac{12 \cdot (12782,6539 + 15610,6539) + 14 \cdot (15510,6539 + 15510,6539 + 11985,6539)}{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 0,5 + 0,045} +$$

$$+ \frac{1,5 \cdot (3 \cdot 6498,1539 + 3 \cdot 5098,1539) + 3 \cdot (3754,488 + 3754,488) + 0,5 \cdot (900,6365 + 910,0796) + 0,045 \cdot 1500}{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 0,5 + 0,045} = 9536,648$$

$$Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{7 \cdot 3 \cdot 10368,772 + 10 \cdot 2 \cdot 10423,772 + 12 \cdot 2 \cdot 10146,272}{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 0,5 + 0,045} +$$

$$+ \frac{14 \cdot 3 \cdot 3118,772 + 1,5 \cdot 2 \cdot 5003,772 + 1,5 \cdot 2 \cdot 3373,772 + 0,5 \cdot 8102,1517}{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 0,5 + 0,045} +$$

$$+ \frac{1,5 \cdot 2 \cdot 1743,772 + 3 \cdot 4260,239 + 3 \cdot 2560,7358 + 0,045 \cdot 1500 + 0,5 \cdot 6165,9546}{3 \cdot 7 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 0,5 + 0,045} = 6979,496$$

Так, як в ЦЕН неможливо встановити ТП, бо це буде заважати технологічним процесам. ТП буде прибудована зовні цеху (Рис. 2.1) і матиме координати X=9536,648; Y=11390.

2.2 Вибір схеми цехової силової електромережі

До цехових силових електричних мереж належать:

- мережі силових ЕП;
- мережі пересувних ЕП.

2.2.1 Вимоги до вибору схеми

При виборі схеми цехової силової мережі враховують такі фактори:

- потужність окремих ЕП;
- розміщення ЕП на території цеху;
- потрібна надійність живлення;
- умови середовища.

Цехова силова мережа повинна має відповідати таким вимогам:

- гарантувати необхідну електробезпеку, як для працюючих, так і для електротехнічного персоналу, що обслуговує мережу;
- забезпечувати необхідну надійність електропостачання;
- бути зручною та наочною в експлуатації;
- відповідати характеру навколишнього середовища;

						Арк
						14
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

- допускати застосування індустріальних і швидкісних методів монтажу;
- забезпечувати селективність роботи захисту.

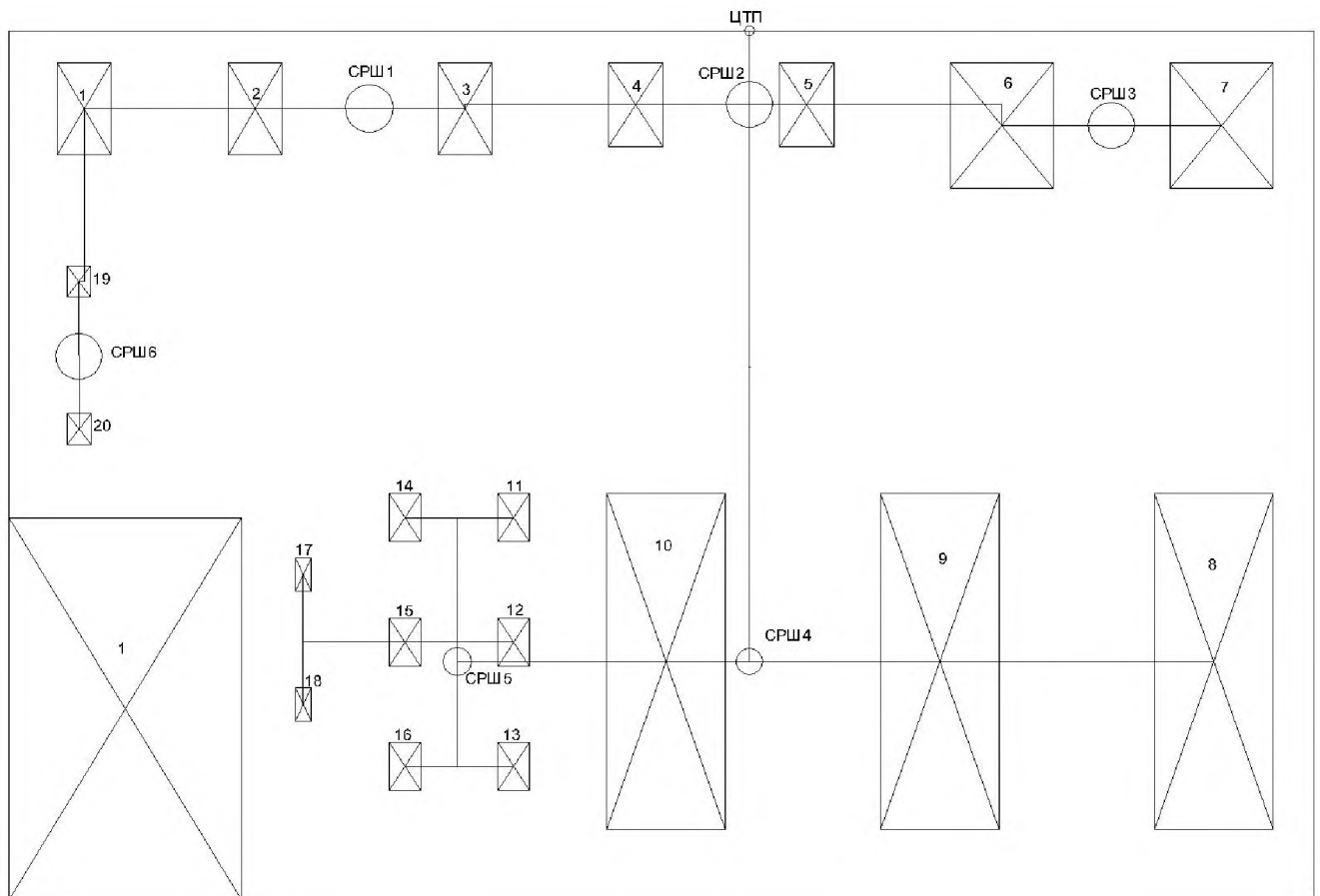


Рисунок 2.2.1 – Шляхи з'єднання ЦТП та ЕП

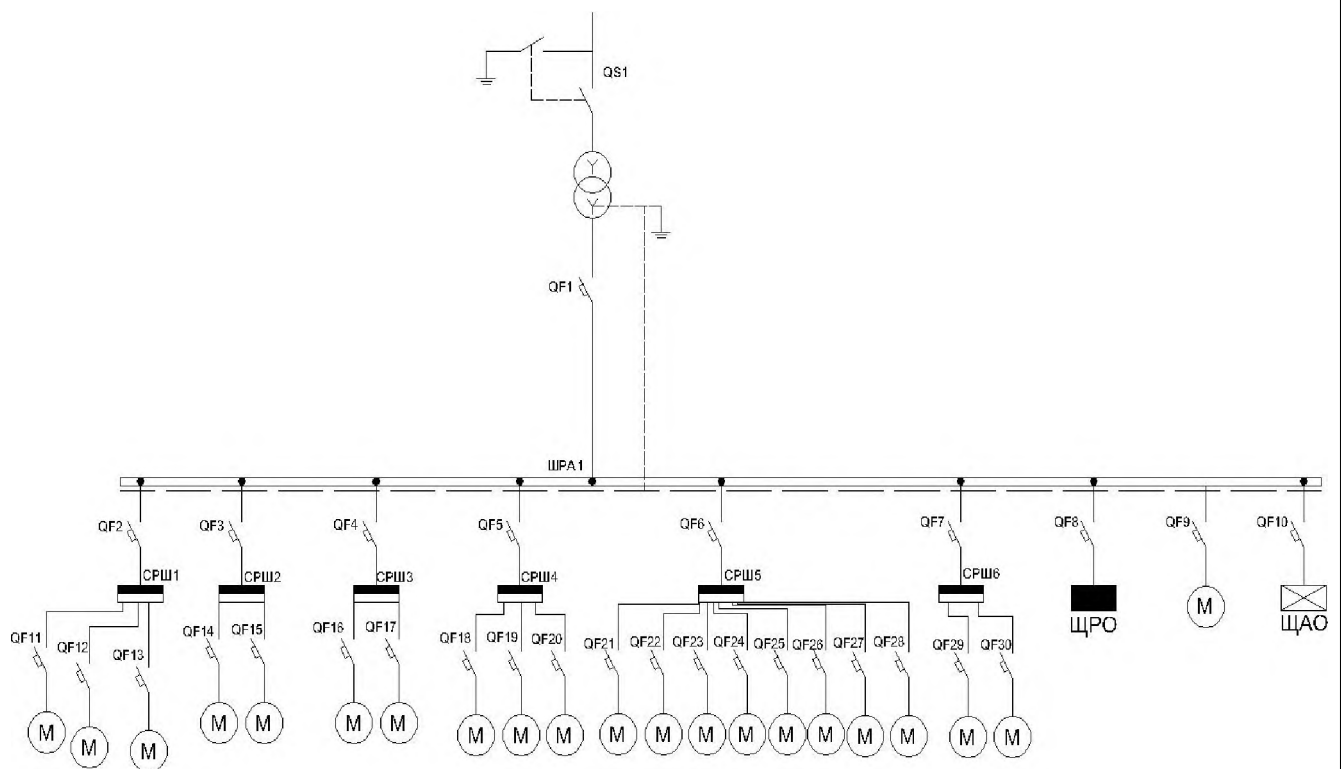


Рисунок 2.2.2 – Схема для вибору ЕА та струмоведучих частин

Проектована СЕП (рис 2.2) поєднує у собі принципи роботи магістральних та радіальних схем.

Магістральна схема – це така мережа, уздовж якої в кожній точці можуть бути приєднані споживачі електроенергії.

Радіальна схема – це схема з таким розподілом електроенергії, при якому окремий ЕП або зосереджена група ЕП живляться окремою лінією від того чи іншого ПРЕ.

Таке з'єднання ЕП дає можливість зменшити відстань від ТП до ЕП, але не втрачаючи надійності електропостачання, а також при спрацюванні засобів захисту не всі ЕП будуть відключені в мережі. При розрахунках навантажень виділяють три рівні навантажень: перший, другий, третій.

Перший рівень – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують окремі ЕП до СРШ.

Другий рівень – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують СРШ, силові пункти та збірки до шин НН ЦТП.

Третій рівень – це збірні шини НН цехової ТП.

					Арк
					16
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

На першому рівні електропостачання навантаження на лінію (провід, кабель) створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому коефіцієнті завантаження k_3 ЕП активні та реактивні навантаження першого рівня електропостачання визначаються за формулами:

$$P_{p.1} = k_3 \cdot P_{ном}; \quad (2.2)$$

$$Q_{p.1} = P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.3)$$

$$S_{p.1} = \sqrt{P_{p.1}^2 + Q_{p.1}^2}; \quad (2.4)$$

$$I_{ном.ЕД} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном}}; \quad (2.5)$$

$\operatorname{tg} \varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi$;

$U_{ном}$ – номінальна напруга ЕП.

Так, як фактичне значення коефіцієнта завантаження k_3 ЕП невідоме, то при проектуванні приймаємо $k_3=1$.

Також необхідно розрахувати пускові струми АД ($I_{пуск}$):

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном.ЕД} \quad (2.6)$$

$k_{пуск}=5$ – для асинхронних двигунів.[5]

Таблиця 2.3.1 – Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

№ ЕП за планом	Найменування ЕП	$P_{ном},$ кВт	Розрахункові дані				
			$P_{p.1},$ кВт	$Q_{p.1},$ кВАр	$S_{p.1},$ кВА	$I_{p.1},$ А	$I_{пуск},$ А
1-3	Вертикально фрезерний верстат	7	7	9,33	11,67	17,73	88,628
4-5	Фрезерний верстат з ЧПК	10	10	13,33	16,67	25,32	126,61

6-7	Універсально-фрезерний верстат	12	12	16	20	30,39	151,93
8-10	Токарно-револьверний верстат	14	14	18,67	23,33	35,45	177,26
11-16	Настільно-свердлильний верстат	1,5	1,5	2,59	3	4,56	22,79
17-18	Точильний верстат	3	3	4	5	7,59	37,98
19-20	Полірувальний верстат	0,5	0,5	0,67	0,83	1,27	6,33
–	Тельфер електричний пересувний	7,5	7,5	10	12,5	18,92	94,96

2.4 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЄ. Оскільки одночасно з максимальним навантаження усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей. Активне та реактивне навантаження на другому рівні визначається за формулами:

$$P_{p.2} = K_{p.a} \sum_{i=1}^n P_{cm.i}; \quad (2.7)$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p} \sum_{i=1}^n Q_{cm.i}; \quad (2.8)$$

$Q_{cm.i}$, $P_{cm.i}$ – середні активна та реактивна потужності і-го ЕП;

$K_{p,p}$ – коефіцієнт реактивних навантажень, при числі ефективних ЕП $n_e \leq 10$ приймається $K_{p,p}=1,1$, а при $n_e \leq 10$ $K_{p,p}=1$. [5]

$K_{p,a}=1,86$ – коефіцієнт активних навантажень.[5]

$$P_{см.i} = k_{в.i} \cdot P_{ном.i}; \quad (2.9)$$

$$Q_{см.i} = k_{в.i} \cdot Q_{ном.i}; \quad (2.10)$$

$k_{в.i}$ – коефіцієнт використання і-го ЕП;

Якщо до вузла приєднано до 3-х ЕП включно, то їх розрахункове навантаження на другому рівні електропостачання дорівнює сумі їх номінальних потужностей.

$$P_{p.2} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i}; \quad (2.11)$$

$$Q_{p.2} = \sum_{i=1}^n Q_{ном.i}; \quad (2.12)$$

Розрахункове силове навантаження на другому рівні електропостачання визначається так:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2}; \quad (2.13)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (2.14)$$

Таблиця 2.4.1 – Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії на другому рівні електропостачання

№ ЕП за планом	$P_{p.2}$, кВт	$Q_{p.2}$, кВАр	$S_{p.2}$, кВА	$I_{p.2}$, А
1-3	21	28	35	53,18
4-5	20	26,67	33,3	50,65
6-7	24	32	40	60,77
8-10	28	37,33	46,67	70,90
11-18	4,13	3,81	5,62	5,54
19-20	1	1,33	1,67	2,53

2.5 Визначення розрахункового навантаження на третьому рівні електропостачання

На третьому рівні електропостачання кількість ЕП ще більша, ніж на другому рівні електропостачання. Результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей. На цьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункового активного навантаження $k_{p.a}$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , приймають $k_{p.a} = k_{p.p}$. Числові значення коефіцієнта розрахункового навантаження наводяться у довідковій літературі [5].

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^m P_{p.2.i}}{P_{p.2.макс}} = \frac{2(P_{p.2.1} + P_{p.2.2} + P_{p.2.3} + P_{p.2.4} + P_{p.2.5} + P_{p.2.6} + P_{p.2.7})}{P_{p.2.4}} = 7,545 \quad (2.15)$$

$P_{p.2.i}$ – розрахункова потужність i -групи електроприймачів на 2-му рівні електропостачання;

$P_{p.2.макс}$ – максимальна розрахункова потужність групи ЕП на 2-му рівні електропостачання;

Число ефективно працюючих ЕП округлюється до меншого цілого числа, приймаємо $n_e=7$. Приймаємо $k_{p.a} = k_{p.p}=1$ [5].

$$P_{p.3} = k'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^m P_{p.2.i} = 105,629 \text{ (кВт)}; \quad (2.16)$$

$$Q_{p.3} = k'_{p.p} \cdot \sum_{i=1}^m Q_{p.2.i} = 63,378 \text{ (кВАр)}; \quad (2.17)$$

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2} = 123,184 \text{ (кВА)}; \quad (2.18)$$

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 187,158 \text{ (А)}. \quad (2.19)$$

2.6 Розрахунок навантаження загального освітлення

Електричне освітлення виробничих приміщень є загальним рівномірним освітленням і виконується світильниками, які розподіляються рівномірно між

					Арк
					20
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

окремими фазами трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження. Для освітлення цехового приміщення будемо використовувати ЛЛ низького тиску. Установлене навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою:

$$P_{p.ycm} = k \cdot p_{n.o.} \cdot F \cdot 10^{-3} = 2,988 \text{ (кВт)}; \quad (2.20)$$

k – коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла (для ЛЛ низького тиску стартерних $k=1,2$);[5]

$p_{p.o.}$ – питома установлена потужність загального освітлення цеху ($p_{p.o.}=13$ Вт/м²);[5]

F – площа цеху, яка підлягає освітленню, м².

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху визначається як:

$$P_{p.o} = K_{n.o.} \cdot P_{p.ycm} = 2,988 \text{ (кВт)}; \quad (2.21)$$

$$Q_{p.o} = \operatorname{tg} \varphi_o \cdot P_{p.ycm} = 0,982 \text{ (кВАр)}; \quad (2.22)$$

$K_{n.o.}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення (для невеликих виробничих будівель $K_{n.o.}=1$);[5]

$\operatorname{tg} \varphi_o$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_o$ (для ЛЛ низького тиску $\cos \varphi_o=0,95$);

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = 3,145 \text{ (кВА)}; \quad (2.23)$$

При цьому струм визначається як:

$$I_{p.o} = \frac{S_{p.o}}{\sqrt{3}U_{ном}} = 4,778 \text{ (А)}. \quad (2.24)$$

2.7 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою:

						Арк
						21
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$P_{p.ЦТП} = P_{p.з} + P_{p.а.о} + P_{p.о} = 108,916 \text{ (кВт)}; \quad (2.25)$$

$P_{p.а.о}$ – розрахункова активна потужність аварійного освітлення (складає 10% від $P_{p.о}$);[4]

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою:

$$Q_{p.ЦТП} = Q_{p.з} + Q_{p.а.о} + Q_{p.о} = 64,458 \text{ (кВА)}; \quad (2.26)$$

$Q_{p.а.о}$ – розрахункова реактивна потужність аварійного освітлення;

Загальне розрахункове навантаження ЦТП визначається:

$$S_{p.ЦТП} = \sqrt{P_{p.ЦТП}^2 + Q_{p.ЦТП}^2} = 126,56 \text{ (кВА)}; \quad (2.27)$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p.ЦТП} = \frac{S_{p.ЦТП}}{\sqrt{3}U_{ном}} = 192,288 \text{ (А)}. \quad (2.28)$$

2.8 Розрахунок пікових струмів

Розрахунковий піковий струм для групи ЕП, яка складається з однакових двигунів визначається , як суми їх номінальних струмів [5]:

$$I_{пik.1-3} = I_{ном1} + I_{ном2} + I_{ном3} = 53,177 \text{ (А)}; \quad (2.29)$$

$$I_{пik.4-5} = I_{ном4} + I_{ном5} = 50,645 \text{ (А)}; \quad (2.30)$$

$$I_{пik.6-7} = I_{ном6} + I_{ном7} = 60,774 \text{ (А)}; \quad (2.31)$$

$$I_{пik.8-10} = I_{ном8} + I_{ном9} + I_{ном10} = 45,303 \text{ (А)}; \quad (2.32)$$

$$I_{пik.19-20} = I_{ном19} + I_{ном20} = 2,532 \text{ (А)}; \quad (2.33)$$

Для групи ЕП яка складається з різних двигунів розрахунковий піковий струм визначається за формулою:

$$I_{пik.11-18} = I_{пуск17} + (I_{p.2.11-18} - kI_{ном17}) = 45,303 \text{ (А)}; \quad (2.34)$$

$I_{пуск17}$ – пусковий струм найпотужнішого ЕП групи;

$I_{p.2.11-18}$ – розрахунковий струм другого рівня для ЕД №11–18;

k – коефіцієнт використання ЕП.

									Арк
									22
Зм.	Арк	№ Документу	Гідпис	Дата					

3 ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВОЇ ПІДСТАНЦІ І КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Вибір кількості трансформаторів цехової підстанції

Кількість трансформаторів для ЦТП визначається:

- заданим рівнем надійності ЕП;
- потужністю ЕП;

Так, як всі ЕП 3-ї категорії надійності, то для нашого цеху вибираємо один трансформатор, а коефіцієнт завантаження має бути $\beta_T=0,9-0,95$ [5].

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження β_T емпіричною формулою:

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{P_{р.ЦТП}}{N \cdot \beta_m} = 121,017 \text{ (кВА)}; \quad (3.1)$$

N – кількість трансформаторів ТП;

Вибираємо bliщу більшу потужність трансформатора $S_{ном.т}=160$ кВА.

ТМ–160/10/0,4 Δ/Y_n [10].

Таблиця 3.1 – Технічні дані трансформатора ТМ–160/10/0,4

Тип тра-а	$S_{ном.т}$, кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані		
		$U_{ном.т}$, кВ		$u_{к\%}$	$\Delta P_{к\%}$	$\Delta P_{х\%}$	$I_{х\%}$	r_T	x_T	ΔQ
		ВН	НН							
ТМ–160/10	160	10	0,4	4,5	2,65	0,46	2,4	4,35	10,2	3,8

3.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ

Оскільки $S_{ном.т} > S_{ном.т.р}$, то через вибраний трансформатор доцільно передавати реактивну потужність від її джерел 6-10 кВ у мережу напругою

до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта завантаження. Ця реактивна потужність визначається, як:

$$Q_m = \sqrt{(\beta_m S_{ном.м})^2 - P_{р.цтп}^2} = 94,199 \text{ (кВАр)}; \quad (3.2)$$

Потужність НК з номінальною напругою 0,4 кВ визначається так:

$$Q_{н.к} = Q_{р.цтп} - Q_m = -29,741 \text{ (кВАр)}; \quad (3.3)$$

Так, як $Q_{н.к} < 0$, встановлювати конденсатори для компенсації реактивної потужності не потрібно.

4 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку може призвести до пожежі.

4.1 Вибір перерізу кабелів.

Підключення ЕП до енергосистеми буде здійснюватися кабельними лініями, що будуть прокладені в лотках у підлозі цеху.

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового.

$$I'_{дон} \geq I_{р.2}; \quad (4.1)$$

$I_{р.2}$ – розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

Допустимий тривалий струм для кабелів з урахування умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при

						Арк
						24
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{попр}}$ так:

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{нопр}} \cdot I_{\text{дон}}; \quad (4.2)$$

$K_{\text{попр}}=0,92$ – поправковий коефіцієнт для чотирижильних провідників;[5]

$K_{\text{пр}}=1$ – поправковий коефіцієнт для кабелів прокладених в середині або поза цехом;[5]

$K_{\text{сер}}$ – поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища;[5]

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}} = \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 0,94; \quad (4.3)$$

$T_{\text{ж.н}}=70$ °С – нормована температура жили для кабелю марки АВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією;[5]

$T_{\text{сер}}=30$ °С – температура середовища;

$T_{\text{сер.н}}=25$ °С – нормована температура середовища;

Вибір перерізу кабелю лише за умовою допустимого нагрівання приводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Тому для остаточного вибору необхідно ще перевірити провідники за вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарату. Втрати напруги не повинні перевищувати 5%.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_{\text{р.2}} \cdot R_{\text{кб}} + Q_{\text{р.2}} \cdot X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}; \quad (4.4)$$

$R_{\text{кб}}$ та $X_{\text{кб}}$ – активний та реактивний опори кабелю;

Активний та реактивний опори кабелю обчислюються за формулами:

$$R_{\text{кб}} = r_n I_{\text{кб}}; \quad (4.5)$$

$$X_{\text{кб}} = x_n I_{\text{кб}}; \quad (4.6)$$

r_n і x_n – активний та реактивний опори кабелю;

$I_{\text{кб}}$ –добжина кабелю.

					Арк
					25
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

Таблиця 4.1.1 – Вибір перерізу провідників від шин НН до СРШ.

Кабель до ПРЕ	$S_{ст},$ мм ²	$I'_{доп},$ А	$I_{р,2},$ А	$\Delta U_{кб},$ %	$R_{кб},$ Ом	$X_{кб},$ Ом	Тип кабелю
До СРШ1	10	60,717	53,177	0,451	0,03	$9,434 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×10+1×6
До СРШ2	10	60,717	50,645	0,143	$9,875 \cdot 10^{-3}$	$3,133 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×10+1×6
До СРШ3	10	60,717	60,774	0,395	0,023	$7,242 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×10+1×6
До СРШ4	16	78,065	70,903	0,617	0,048	$1,517 \cdot 10^{-3}$	АВВГ 3×16+1×10
До СРШ5	2,5	25,154	8,535	0,81	0,07	$2,226 \cdot 10^{-3}$	АВВГ 4×2,5
До СРШ6	2,5	25,154	2,532	0,12	0,043	$1,36 \cdot 10^{-3}$	АВВГ 4×2,5

Таблиця 4.1.2 – Вибір перерізу провідників від СРШ до ЕП.

Кабель до ЕП	$S_{ст},$ мм ²	$I'_{доп},$ А	$I_p,$ А	$\Delta U_{кб},$ %	$R_{кб},$ Ом	$X_{кб},$ Ом	Тип кабелю
1	2,5	25,154	17,726	0,225	0,046	$4,25 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 4×2,5
2	2,5	25,154	17,726	0,09	0,018	$1,698 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 4×2,5
3	2,5	25,154	17,726	0,076	0,015	$1,433 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 4×2,5
4	4	32,961	25,322	0,08	0,011	$1,489 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×4+1×2,5

5	4	32,961	25,322	0,041	5,764 · 10 ⁻³	7,528 · 10 ⁻⁵	АВВГ 3×4+1×2,5
6	4	32,961	30,387	0,093	0,011	1,438 · 10 ⁻⁴	АВВГ 3×4+1×2,5
7	4	32,961	30,387	0,093	0,011	1,438 · 10 ⁻⁴	АВВГ 3×4+1×2,5
8	6	39,9	35,451	0,309	0,031	5,974 · 10 ⁻⁴	АВВГ 3×6+1×4
9	6	39,9	35,451	0,127	0,013	2,449 · 10 ⁻⁴	АВВГ 3×6+1×4
10	6	39,9	35,451	0,056	5,601 · 10 ⁻³	1,075 · 10 ⁻⁴	АВВГ 3×6+1×4
11	2,5	25,154	4,558	0,034	0,033	3,026 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
12	2,5	25,154	4,558	0,013	0,012	1,137 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
13	2,5	25,154	4,558	0,028	0,026	2,433 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
14	2,5	25,154	4,558	0,034	0,032	2,97 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
15	2,5	25,154	4,558	0,012	0,012	1,081 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
16	2,5	25,154	4,558	0,027	0,026	2,377 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
17	2,5	25,154	7,597	0,041	0,039	3,623 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
18	2,5	25,154	7,597	0,04	0,038	3,539 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5

19	2,5	25,154	1,266	4,312 · 10 ⁻³	0,012	1,141 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
20	2,5	25,154	1,266	4,171 · 10 ⁻³	0,012	1,104 · 10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5

4.2 Вибір шинопроводів

Шинопровід вибирається за таких умов:

Номінальний струм шинопроводів типу ШРА $I_{ном.ШРА}$ вибирається за розрахунковим струмом:

$$I_{ном.ШРА} \geq I_{p3}; \quad (4.7)$$

Для ШРА з рівномірним навантаження і розташуванням секції вводу всередині шинопроводу втрата напруги у відсотках:

$$\Delta U_{ШРА} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot I_{p3} \cdot l \cdot 100}{U_{ном}} (r_n \cdot \cos \varphi + x_n \cdot \sin \varphi); \quad (4.8)$$

l – довжина ШРА, км;

r_n, x_n – питомий активний та реактивний опори ШРА;

Перевірка комплектних шинопроводів на електродинамічну стійкість виконується за умови:

$$i_{y.дон} \geq i_{y.p}; \quad (4.9)$$

Перевірку на електродинамічну стійкість всіх струмоведучих частин, та пристроїв захисту буде проведено після розрахунку струмів КЗ.

Вибираємо комплектний розподільний шинопровід типу ШРА73-250-32-1У3.

Таблиця 4.2.1 – Технічні та розрахункові дані для ШРА73-250-32-1У3

Тип шинопровода	l , м	I_{p3} , А	$I_{ном.ШРА}$, А	r_n , Ом	x_n , Ом	ΔU , %
ШРА73-250-32-1У3	1	187,158	250	0,21 · 10 ⁻³	0,21 · 10 ⁻³	0.012

						Арк
						28
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

4.2.1 Вибір тролейних ліній

Розрахунок тролейних ліній з кутової сталі або шинопроводів типу ШТМ полягає у виборі розмірів кутової сталі або серії ШТМ за нагріванням тривалим струмом навантаження й перевіряється на втрату напруги.

При виборі за нагріванням розрахунковий струм приймається рівним струму тридцятихвилинного навантаження:

$$I_{30} = \frac{\sqrt{(P_{ном} K_{30})^2 + (P_{30} tg \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{4,5 + 6}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 11,395 \text{ (A)}; \quad (4.10)$$

$P_{ном}$ – споживана активна потужність, кВт;

$K_{30}=0,6$ – коефіцієнт попиту активної потужності, який визначається з спеціальних кривих залежно від режиму роботи та кількості ефективного числа ЕП [5];

P_{30} – розрахункова активна потужність, кВт;

$$I_{ном.тел} = \frac{P_{тел}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{тел}} = 18,992 \text{ (A)}; \quad (4.11)$$

$I_{ном.тел}$ – номінальний струм тельфера;

$$I_{пуск.тел} = 5 \cdot I_{ном.тел} = 94,959 \text{ (A)}; \quad (4.12)$$

$I_{пуск.тел}$ – пусковий струм тельфера;

Виходячи з розрахункових даних вибираємо для виконання тролейної лінії кутову сталь з розмірами $40 \times 40 \times 5$, для якої $I_{доп}=120$ А [5], що більше $I_{30}=11,395$ А.

Втрата напруги у тролєях визначається за формулою:

$$\Delta U_{трол} = \frac{\Delta e \cdot I_{пуск} \cdot l}{10000} = 1,102 \text{ (В)}; \quad (4.13)$$

$\Delta e=8,7$ В/(А·м) – втрата напруги на 100 А пікового струму та 100 м довжини тролєю, В/(А·м) [5]

$I_{пуск}$ – пусковий (піковий) струм ЕП тролейної лінії, А;

l – відстань від точки приєднання живильної лінії до найбільш віддаленого кінця тролейної лінії, м.

					Арк
					29
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

Втрата напруги у відсотках буде рівна:

$$\Delta U'_{\text{тр.ох}} = \frac{\Delta U_{\text{тр.ох}} \cdot 100}{U_{\text{ном}}} = 0,29 \% ; \quad (4.14)$$

5 ВИБІР АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ ТА РОЗ'ЄДНУВАЧІВ

5.1 Критерії вибору автоматичних вимикачів

Автоматичний вимикач (автомат) – це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантаженнях) та нечастих вмиканнях і розмиканнях у нормальних режимах роботи.

Для виконання захисних функцій в автоматах застосовуються такі види розчеплювачів: тільки теплові або тільки електромагнітні, комбіновані (тепловий та електромагнітний), напівпровідникові, мікропроцесорні. Для виконання захисту розподільних мереж в даній роботі будемо застосовувати автоматичні вимикачі з комбінованими розчеплювачами.

Вибір автоматичних вимикачів полягає в дотриманні таких умов:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}} ; \quad (5.1)$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ф}} ; \quad I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{ф}} ; \quad (5.2)$$

Де струм форсованого режиму визначається за формулою :

$$I_{\text{ф}} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{р}} ; \quad (5.3)$$

$K_{\text{рез}}$ – коефіцієнт резервування ($K_{\text{рез}}=1$, для однострансформаторної ПС без резервування на стороні НН і за відсутності даних систематичного перевантаження) [5];

Уставка для спрацювання від перевантаження $I_{\text{с.п}}$ (уставка струму теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$):

						Арк
						30
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq KI_p; \quad (5.4)$$

K – коефіцієнт, який приймається 1,1 для автомата вводу QF1, для всіх інших автоматів K=1, окрім QF8 та QF10.

Для ЛЛ низького тиску уставка струму спрацювання від перевантаження визначається як:

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq I_{p.o}; \quad (5.5)$$

Автоматичні вимикачі не повинні вимикати ділянки, які захищають, при коротких перевантаженнях (пускові струми, пікові струми та ін.) для автомата вводу QF1 спрацювання відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{c.в}$ визначається за формулою:

$$I_{c.в} \geq (6 - 10)I_{ном.т} = (6 - 10) \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (5.6)$$

У формулі (5.6) приймаємо більшу кратність (10), так як трансформатор має малу потужність ($S_{ном.т} \leq 360$ кВА).[5]

Умова перевірки від пікових струмів для груп ЕП та пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі струму спрацювання відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{c.в}$ (уставки струму електромагнітного розчеплювача) більше цих струмів відповідно не менш ніж на 25%, тому що похибка від розкиду характеристик може досягати до 15%.[5]

$$I_{c.в} = I_{y.e.p} \geq 1,25 \cdot I_{пик}; \quad (5.7)$$

$$I_{c.в} = I_{y.e.p} \geq 1,25 \cdot I_{пуск}; \quad (5.8)$$

Для перевірки чутливості та здатності вимикання автоматів, необхідно розрахувати струмі КЗ. Зараз робимо попередній вибір автоматичних вимикачів для подальшого розрахунку струмів КЗ.

Таблиця 5.1.1 – Вибір ввідного автоматичного вимикача QF1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
--------------	----------------	-------------------

За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.м} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_p$	$I_{ном.а} = 250 \text{ А}$	$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_{ном.т} =$ $= 1 \cdot 243,095 = 243,095 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 250 \text{ А}$	$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_{ном.т} =$ $= 1 \cdot 243,095 = 243,095 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.п} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$I_{с.п} = 1,25 \cdot I_{ном.р} =$ $= 1,25 \cdot 250 = 312,5 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 243,095 =$ $= 267,405 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq 10 \cdot I_{\phi}$	$I_{с.в} = 12 \cdot I_{ном.р} =$ $= 12 \cdot 250 = 3000 \text{ А}$	$I_{с.в} = 10 \cdot I_{ном.т} =$ $= 10 \cdot 243,095 = 2430,95 \text{ А}$

Обираємо ввідний QF1 автомат вибираємо ВА51-35.

Таблиця 5.1.2 – Вибір автомата QF2 для захисту лінії до СРШ1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.м} = 380 \text{ В}$

За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_p$	$I_{ном.а} = 63 \text{ А}$	$I_{p.2} = 53,177 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_\phi$	$I_{ном.р} = 63 \text{ А}$	$I_{p.2} = 53,177 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.п} \geq 1,1 \cdot I_\phi$	$I_{с.п} = 1,25 \cdot I_{ном.р} =$ $= 1,25 \cdot 250 = 78,75 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_\phi = 1,1 \cdot 53,177 =$ $= 58,495 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq 10 \cdot I_\phi$	$I_{с.в} = 12 \cdot I_{ном.р} =$ $= 12 \cdot 63 = 765 \text{ А}$	$I_{с.в} = I_{пуск.1} + I_{пуск.2} + I_{пуск.3} =$ $= 265,885 \text{ А}$

Для захисту лінії до СРШ1 вибираємо автоматичний вимикач АЕ2046.

Таблиця 5.1.3 – Результати вибору автоматів QF2–QF9 [7]

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}, \text{ В}$	$I_{ном.а}, \text{ А}$	$I_{ном.р}, \text{ А}$	$I_{с.п}, \text{ А}$	$I_{с.в}, \text{ А}$
До СРШ1	АЕ2046	660	63	63	78,75	765
До СРШ2	АЕ2046	660	63	63	78,75	765
До СРШ3	АЕ2046	660	63	63	78,75	765
До СРШ4	ВА-2004N/125	380	80	80	100	960
До СРШ5	ВА 47-29	380	10	10	12,5	100
До СРШ6	ВА 47-29М	380	4	4	5	40
До ЦРО	ВА 47-60	380	6	6	7,5	60

До тельфера	ВА 47-29	380	20	20	25	200
-------------	----------	-----	----	----	----	-----

Таблиця 5.1.4 – Результати вибору автоматів QF11–QF30

Живильна лінія до ЕП №	Тип автомата	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{с.п}, А$	$I_{с.в}, А$
1-3	ВА47-29	380	20	20	25	200
4-5	ВА47-29	380	25	25	31,25	250
6-7	ВА 63	380	32	32	40	320
8-10	ВА-47-60	380	40	40	50	400
11-16	ВА 47-60	380	6	6	7,5	60
17-18	ВА 47-29М	380	8	8	2,5	20
19-20	ВА 47-29	380	2	2	7,5	60

5.2 Вибір роз'єднувача Q1

Роз'єднувач – електричний апарат, призначений для комутації під напругою, але без навантаження.

Роз'єднувачі призначені для:

- для створення видимого зазору під час обслуговування електротехнічного обладнання;
- комутації під напругою і без навантаження мереж;
- заземлення відключених ділянок;

Попередньо вибираємо високовольтний роз'єднувач РЛНДз–10/400 У1 з такими технічними характеристиками:

Таблиця 5.2.1 – Основні технічні характеристики роз'єднувача РЛНДз–10/400 У1

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна напруга, кВ	10

Номінальна робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	400
Номінальний струм електродинамічної стійкості, кА	51
Струм термічної стійкості протягом 1с, кА	20

6 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КЗ

6.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Розрахунок струмів КЗ розглянемо на частині схеми, розрахунок буде аналогічним для всієї схеми.

						Арк
						35
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

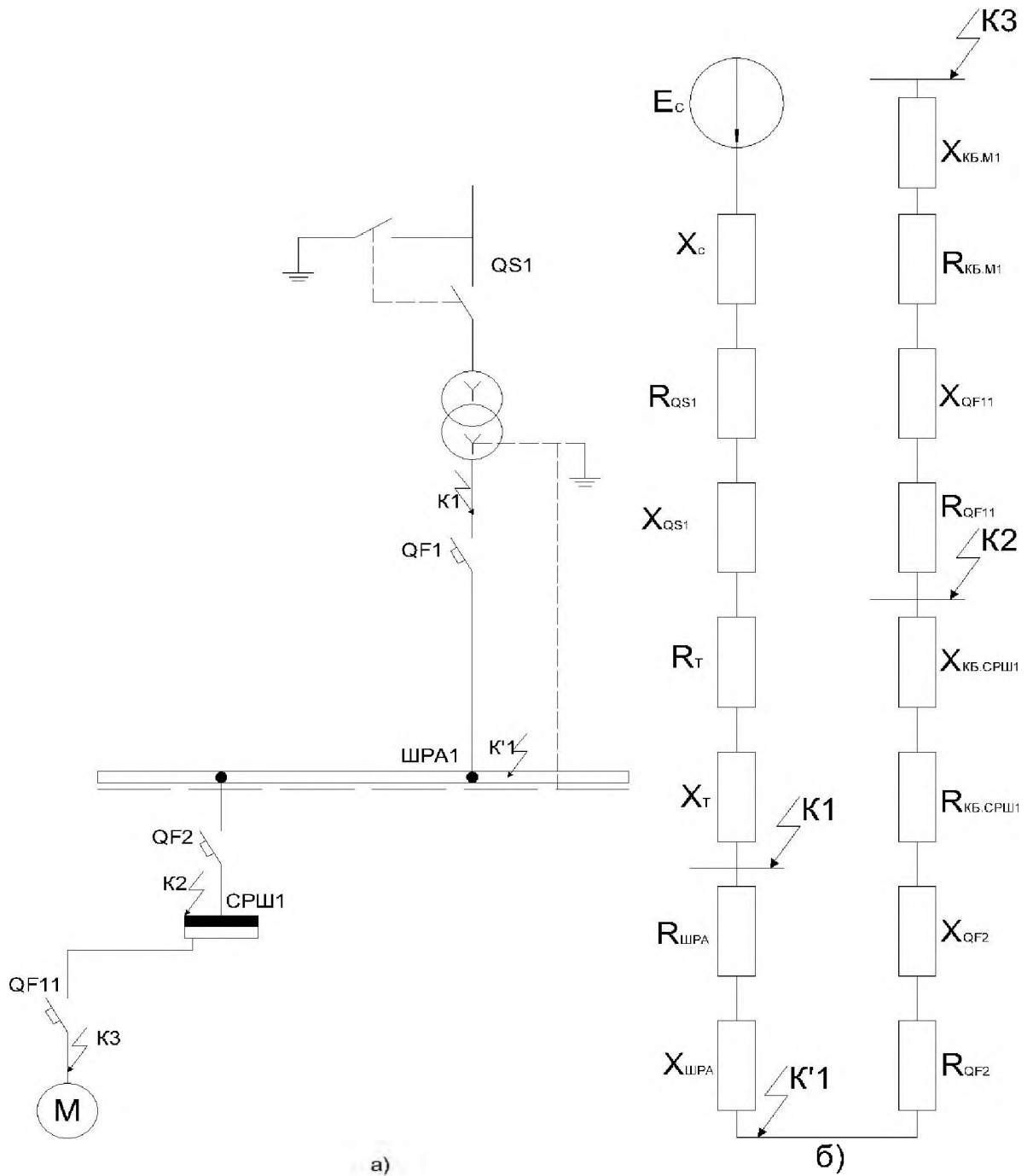


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку трифазного КЗ

Базисна напруга в мережі до 1 кВ визначається:

$$U_0 = 1,05 \cdot U_{ном.НН} = 1,05 \cdot 380 = 400 \text{ В} \quad (6.1)$$

Індуктивний опір системи, який приведений до НН, визначається за формулою:

$$X_c = \frac{U_{ном.сер.НН}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{ном. QS1} \cdot U_{ном.сер.ВН}} = \frac{0,4^2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10,5} = 0,022 \text{ Ом} \quad (6.2)$$

Розрахунок приведення активного та реактивного опору кабельних ліній до ступеня НН, значення опорів зазначені в таблицях 4.1.1 та 4.1.2

$$R_{кб} = r_n \cdot l_{кб} \cdot \frac{U_{ном.сер.НН}}{U_{ном.сер.ВН}}; \quad (6.3)$$

$$X_{кб} = x_n \cdot l_{кб} \cdot \frac{U_{ном.сер.НН}}{U_{ном.сер.ВН}}; \quad (6.4)$$

Таблиця 6.1.1 – Опір кабельних ліній приведенний до ступеня напруги НН

Кабель до ПРЕ	R _{кб} , Ом	X _{кб} , Ом
До СРШ1	1,143 · 10 ⁻³	3,594 · 10 ⁻⁵
До СРШ2	3,762 · 10 ⁻⁴	1,194 · 10 ⁻⁵
До СРШ3	8,762 · 10 ⁻⁴	2,759 · 10 ⁻⁵
До СРШ4	1,829 · 10 ⁻³	5,779 · 10 ⁻⁵
До СРШ5	2,667 · 10 ⁻³	8,48 · 10 ⁻⁵
До СРШ6	1,638 · 10 ⁻³	5,181 · 10 ⁻⁵

Таблиця 6.1.2 – Опір кабельних ліній приведенний до ступеня напруги НН

Кабель до ЕП	R _{кб} , Ом	X _{кб} , Ом
1	1,752 · 10 ⁻³	1,619 · 10 ⁻⁵
2	6,857 · 10 ⁻⁴	6,469 · 10 ⁻⁶
3	5,714 · 10 ⁻⁴	5,459 · 10 ⁻⁶
4	4,19 · 10 ⁻⁴	5,672 · 10 ⁻⁶
5	2,196 · 10 ⁻⁴	2,868 · 10 ⁻⁶
6	4,19 · 10 ⁻⁴	4,095 · 10 ⁻⁶
7	4,19 · 10 ⁻⁴	4,095 · 10 ⁻⁶
8	1,181 · 10 ⁻³	2,276 · 10 ⁻⁵

9	$4,952 \cdot 10^{-4}$	$9,33 \cdot 10^{-6}$
10	$2,134 \cdot 10^{-4}$	$4,095 \cdot 10^{-6}$
11	$1,257 \cdot 10^{-3}$	$1,153 \cdot 10^{-5}$
12	$4,571 \cdot 10^{-4}$	$4,331 \cdot 10^{-6}$
13	$9,905 \cdot 10^{-4}$	$9,269 \cdot 10^{-6}$
14	$1,219 \cdot 10^{-3}$	$1,131 \cdot 10^{-5}$
15	$4,571 \cdot 10^{-4}$	$4,118 \cdot 10^{-6}$
16	$9,905 \cdot 10^{-4}$	$9,055 \cdot 10^{-6}$
17	$1,486 \cdot 10^{-3}$	$1,38 \cdot 10^{-5}$
18	$1,448 \cdot 10^{-3}$	$1,348 \cdot 10^{-5}$
19	$4,571 \cdot 10^{-4}$	$4,347 \cdot 10^{-6}$
20	$4,571 \cdot 10^{-4}$	$4,206 \cdot 10^{-6}$

Активний та реактивний опори прямої послідовності трансформатора приведені до ступеня напруги НН, визначаються за формулами (технічні дані трансформатора наведені в табл.3.1):

$$R_m = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_{\text{ном.НН}}^2 \cdot 10^3}{S_{\text{ном.т}}^2} = \frac{2,65 \cdot 0,38^2 \cdot 10^3}{160^2} = 0,015 \text{ Ом}; \quad (6.5)$$

$$X_m = \sqrt{u_{\kappa}^2 - \left(\frac{100 \cdot \Delta P_{\kappa}}{S_{\text{ном.т}}} \right) \cdot \frac{U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.т}}} \cdot 10} = 0,039 \text{ Ом}; \quad (6.6)$$

4) Активний та реактивний опір ШРА

$$R_{\text{ШРА}} = r_{\text{н.ШРА}} \cdot \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{U_{\text{ном.сер.ВН}}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}; \quad X_{\text{ШРА}} = x_{\text{н.ШРА}} \cdot \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{U_{\text{ном.сер.ВН}}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}; \quad (6.7)$$

6.2 Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент.

1) Визначення струму трифазного КЗ в точці К1. Сумарні опори для точки К1 визначаються так:

$$R_{K1} = R_{QS1} + R_m = 0,175 \cdot 10^{-3} + 0,015 = 0,015 \text{ Ом}; \quad (6.8)$$

$$X_{K1} = X_c + X_m = 0,022 + 0,039 = 0,061 \text{ Ом}; \quad (6.9)$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,015^2 + 0,061^2} = 0,063 \text{ Ом}; \quad (6.10)$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при КЗ точці К1 визначається за формулою:

$$I_{K1(0)}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,063} = 3666 \text{ A}; \quad (6.11)$$

2) Визначення трифазного струму КЗ в точці К1':

$$R_{K1'} = R_{K1} + R_{ШПА} = 0,015 + 8 \cdot 10^{-3} = 0,023 \text{ Ом}; \quad (6.12)$$

$$X_{K1'} = X_{K1} + X_{ШПА} = 0,061 + 8 \cdot 10^{-3} = 0,069 \text{ Ом}; \quad (6.13)$$

$$Z_{K1'} = \sqrt{R_{K1'}^2 + X_{K1'}^2} = \sqrt{0,023^2 + 0,069^2} = 0,073 \text{ Ом}; \quad (6.14)$$

$$I_{K1'(0)}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{K1'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,073} = 3175 \text{ A}; \quad (6.15)$$

3) Визначення трифазного струму КЗ в точці К2:

$$R_{K2} = R_{K1'} + R_{QF2} + R_{кб.СРШ1} = 0,023 + 3,5 \cdot 10^{-3} + 1,143 \cdot 10^{-3} = 0,028 \text{ Ом}; \quad (6.16)$$

$$X_{K2} = X_{K1'} + X_{QF2} + X_{кб.СРШ1} = 0,069 + 2 \cdot 10^{-3} + 3,594 \cdot 10^{-5} = 0,071 \text{ Ом}; \quad (6.17)$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,028^2 + 0,071^2} = 0,076 \text{ Ом}; \quad (6.18)$$

$$I_{K2(0)}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,065} = 3030 \text{ A}; \quad (6.19)$$

4) Визначення трифазного струму КЗ в точці К3:

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{QF11} + R_{кб.М1} = 0,028 + 7 \cdot 10^{-3} + 1,752 \cdot 10^{-3} = 0,037 \text{ Ом}; \quad (6.20)$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{QF11} + X_{кб.М1} = 0,071 + 4,5 \cdot 10^{-3} + 1,619 \cdot 10^{-5} = 0,076 \text{ Ом}; \quad (6.21)$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,028^2 + 0,071^2} = 0,084 \text{ Ом}; \quad (6.22)$$

$$I_{K3(0)}^{(3)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,084} = 2750 \text{ A}; \quad (6.23)$$

Аналогічно пораховані всі струми КЗ в системі електропостачання. Точки КЗ були проставлені перед СРШ та ЕД.

6.2.1 Визначення ударних струмів

Значення ударного струму КЗ визначається за формулою:

$$i_y = k_y \sqrt{2} I_{K(0)}; \quad (6.24)$$

k_y – ударний коефіцієнт ($k_y=1,3$ – для трансформаторів з номінальною потужністю 160-25 кВА та їх розподільчих пристроїв, $k_y=1$ для всіх інших випадків)[5]

$I_{K(0)}$ – струм трифазного КЗ;

Струми КЗ від АД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ короткими відгалуженнями (3-5 м), ураховують лише при визначенні ударного струму КЗ і визначають як:

$$i_{y.\partial} = \sqrt{2} k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном.}\partial.\Sigma} ; \quad (6.25)$$

$I_{\text{ном.}\partial.\Sigma}$ – сума номінальних струмів АД, безпосередньо приєднаних до місця КЗ;

$k_{\text{пуск}}$ – коефіцієнт пуску;

Результуюче значення ударного струму визначають як суму ударного струму від енергосистеми і від ЕД за формулою:

$$i_y = i_{y.c.} + i_{y.\partial} ; \quad (6.26)$$

1)Визначення ударного струму в точці К1.

$$i_{yK1} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 3666 = 7777 \text{ A}; \quad (6.27)$$

2)Визначення ударного струму в точці К1'.

$$i_{yK1'} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 3175 = 6735 \text{ A}; \quad (6.28)$$

3)Визначення ударного струму в точці К2.

$$i_{y1} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 3030 = 4490 \text{ A}; \quad (6.29)$$

4)Визначення ударного струму в точці К3.

$$i_{y.c.K3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2750 = 3889 \text{ A}; \quad (6.30)$$

$$i_{y.\partial.K3} = \sqrt{2} \cdot 5 \cdot 3 \cdot 17,726 = 376,017 \text{ A}; \quad (6.31)$$

$$i_{y.K3} = i_{y.c.K3} + i_{y.\partial.K3} = 3889 + 376,017 = 4265 \text{ A}; \quad (6.32)$$

					Арк
					40
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

6.2.2 Розрахунок струмів однофазного КЗ

Розрахунок струмів однофазного КЗ виконується для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції ті появи на корпусі ЕП потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому найважливішим є розрахунок однофазного КЗ, яке буде наприкінці ділянки, що захищається, тому що, цей струм має бути достатнім для спрацювання захисту.

Струм однофазного КЗ можна визначити за формулою:

$$I_{К}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{ПТ}}; \quad (6.33)$$

U_{ϕ} – фазна напруга мережі ($U_{\phi}=220\text{В}$);

$Z_{ПТ}$ – повний опір петлі «фаза-нуль» від трансформатора до точки КЗ;

$$Z_{ПТ} = z_{n.ПТ} \cdot l_{ПТ}; \quad (6.34)$$

$z_{n.ПТ}$ – питомий опір петлі «фаза-нуль» [2];

$l_{ПТ}$ – довжина петлі «фаза-нуль» ;

$$\begin{aligned} Z_m^{(1)} &= \sqrt{(R_{1m} + R_{2m} + R_{0m})^2 + (X_{1m} + X_{2m} + X_{0m})^2} = \\ &= \sqrt{(3 \cdot 16,6 \cdot 10^{-3})^2 + (3 \cdot 41,7 \cdot 10^{-3})^2} = 0,135 \text{ Ом}; \quad (6.35) \end{aligned}$$

R_{1m}, R_{2m}, R_{0m} та X_{1m}, X_{2m}, X_{0m} – активний та реактивний опори трансформатора прямої, зворотної та нульової послідовностей.

Так, як опори шинопроводів та автоматичних вимикачів можна не враховувати, тому струми однофазного КЗ будемо розраховувати для точок К1', К2 та К3.

1) Струм однофазного КЗ для точки К1':

$$I_{К1'}^{(1)} = \frac{220}{\frac{0,135}{3}} = 4889 \text{ А}; \quad (6.36)$$

					Арк
					41
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

2) Струм однофазного КЗ для точки К2:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{0,135}{3} + 4,9 \cdot 12,34 \cdot 10^{-3}} = 2086 \text{ A}; \quad (6.37)$$

3) Струм однофазного КЗ для точки К3:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{0,135}{3} + 4,9 \cdot 12,34 \cdot 10^{-3} + 3,7 \cdot 29,64 \cdot 10^{-3}} = 877,536 \text{ A}; \quad (6.38)$$

6.3 Остаточна перевірка правильності вибору автоматичних вимикачів та рубильника [7],[10]

Таблиця 6.3.1 – Перевірка правильності вибору автоматичного вимикач QF1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_K^{(3)}$	18000 А	3175 А
За умовою чутливості $I_K^{(1)} \geq 1,25 I_{с.в}$	1,25·3000=3750 А	4889 А

Таблиця 6.3.2 – Перевірка правильності вибору автоматичного вимикач QF2

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_K^{(3)}$	6000 А	3030 А
За умовою чутливості $I_K^{(1)} \geq 1,25 I_{с.в}$	1,4·765=1071 А	2086 А

Таблиця 6.3.3 – Перевірка правильності вибору автоматичного вимикач QF11

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
--------------	----------------	-------------------

За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_K^{(3)}$	4500 А	2750 А
За умовою чутливості $I_K^{(1)} \geq 1,25 I_{с.в}$	1,4 · 200 = 280 А	877,536 А

Таблиця 6.3.4 – Перевірка правильності вибору роз'єднувача QS1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальним струмом електродинамічної стійкості $i_{дин} \geq i_y$	51000 А	7777 А
За струмом термічної стійкості протягом 1 с $I_T^2 t_T \geq I_K^{(3)2} t$	20000 А	12960А

Аналогічну перевірку пройшли всі автоматичні вимикачі. Попередній вибір був зроблений вірно, всі електричні апарати відповідають вимогам і їх не потрібно замінити.

7 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ТА ЗАЗЕМЛЕННЯ

7.1 Заходи щодо забезпечення електробезпеки

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенціально небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Тому всі потенціально небезпечні частини мають бути заземлені або занулені. В даному проекті використовується

						Арк
						43
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

чотирипровідна система електропостачання цеху. Тому доцільно використовувати занулення для захисту працівників від ураження електричним струмом. Робота такої системи заключається в тому, що при попаданні струмоведучих частин на корпус ЕП виника однофазне КЗ, що спричиняє миттєве відключення. Для безпечного обслуговування ЦТП буде використовуватися заземлення. Заземлювати слід усі частини ЕО, які в звичайному стані не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею в разі пошкодження ізоляції.

Електропостачання цеху використаємо мережу за системою TN–С.

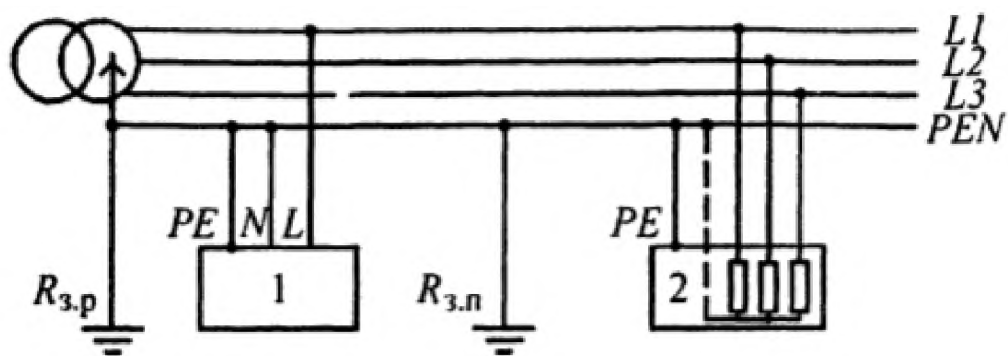


Рисунок 7.1 – Схема мережі за системою TN–С

1 – однофазний ЕП; 2 – трифазний ЕП; $R_{з.р}$ – опір пристрою робочого заземлення; $R_{з.п}$ – опір повторних заземлювачів.

7.2 Нагляд і перевірка мережі заземлення

У багатьох випадках причиною ураження людей електричним струмом буває порушення мережі заземлення: обриви проводів, ослаблення болтових з'єднань, порушення контактів та ін. такі порушення пристроїв заземлення та занулення можуть стати джерелом підвищеної небезпеки. При порушення ізоляції небезпечна напруга дотику виникне не лише на пошкодженному обладнанні, але й на всіх елементах конструкцій, які з'єднані з цим обладнанням, і на віддалених від заземлювача або зануленої нейтралі джерела місцях обриву магістралі занулення або нульового провідника. Щоб не уможливити таку небезпеку, слід здійснювати ретельний нагляд за станом елементів ПЗ і їх періодичну перевірку.

					Арк
					44
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

Таким чином, надійна робота пристроїв заземлення та занулення забезпечується не лише правильним виконання їх відповідно до вимог ПУЕ, але й правильною експлуатацією з дотриманням усіх норм правил технічної експлуатації (ПТЕ).

Крім того, в установках захисного занулення при прийманні їх в експлуатацію періодично під час експлуатації та після капітальних ремонтів або реконструкції мережі проводиться вимір повного опору петлі «фаза-нуль». Цей вимір виконується для визначення струму однофазного КЗ, який має бути достатнім для спрацювання захисту.

Вимір опору петлі «фаза-нуль» здійснюють за допомогою схем на змінному струмі. Існують схеми, які дозволяють виміряти повний опір петлі «фаза-нуль» без вимикання обладнання. Однак цей вимір, як правило, виконують у вихідні дні, коли можливе відключення всієї мережі, яка живиться від одного трансформатора.

7.3 Розрахунок цехової трансформаторної підстанції

- 1) мережа 10 кВ працює з ізольованою нейтраллю;
- 2) на стороні напругою 038/0,22 кВ нейтраль є глухозаземленою;

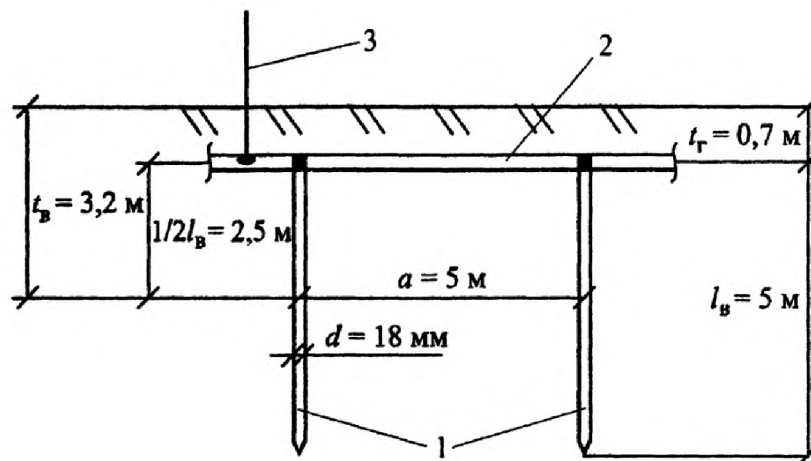


Рисунок 7.3 – Конструкція пристрою заземлення:

1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач; 3 – заземлюючий провідник.

					Арк
					45
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

3) При виконанні ПЗ одночасно для заземлення ЕО до і понад 1 кВ приймається опір ПЗ тієї установки, де він є мінімальним. Зі сторони 0,38/0,22 кВ $R_{з} \leq 4$ Ом. Остаточо приймаємо $R_{з,норм} \leq 4$ Ом. [1]

4) Величина питомого опору ґрунту у місці спорудження ПЗ для суглинку $\rho = 100$ Ом·м [2]. Коефіцієнти вертикальної прокладки K_B і горизонтальної прокладки K_G приймаються рівними ($K_B = 1,3$; $K_G = 2,5$; для 3-го кліматичного району) [5].

Питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних електродів визначаються за формулами:

$$\rho_{p.B} = K_B \cdot \rho = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (7.1)$$

$$\rho_{p.G} = K_G \cdot \rho = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (7.2)$$

5) Визначаємо опір розтікання одного вертикального електрода діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_B = 5$ м при зануренні на глибину $t_G = 0,7$ м визначаємо за формулою:

$$R_{з.B} = \frac{0,366 \rho_{p.B}}{l_B} \left(\lg \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_B + l_B}{4t_B - l_B} \right) =$$

$$= \frac{0,366 \cdot 130}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 27,82 \text{ Ом}; \quad (7.3)$$

6) Наближена кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_{з.B}}{K_{B.B.E} \cdot R_{з,норм}} = \frac{27,82}{0,47 \cdot 4} = 14,8 \text{ шт}; \quad (7.4)$$

$K_{B.B.E} = 0,47$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування [5].

Приймаємо найбільшу цілу кількість вертикальних заземлювачів $n = 15$ шт.

7) Опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталеві смуги шириною $b = 40$ мм і висотою $h = 4$ мм визначаємо за формулою:

$$R_{з.G} = \frac{0,366 \rho_{p.G}}{l_G} \left(\lg \frac{2 \cdot l_G^2}{b t_G} \right) = \frac{0,366 \cdot 250}{5 \cdot 15} \left(\lg \frac{2 \cdot (5 \cdot 15)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} \right) = 6,84 \text{ Ом}; \quad (7.5)$$

					Арк
					46
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	

8) Згідно з таблиці (Р.5 [5]) при кількості вертикальних заземлювачів у контурі $n=15$ шт і при визначеному відношенні $a/l_B=1$ вибирається коефіцієнт вертикальної смуги $K_{B.Г.E}=0,3$.

$$R_{з.Г.E} = \frac{R_{з.Г}}{K_{B.Г.E}} = \frac{6,84}{0,3} = 22,8 \text{ Ом}; \quad (7.6)$$

9) Визначемо уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтальної смуги:

$$R_{з.В.E} = \frac{R_{з.Г.E} \cdot R_{з.норм}}{R_{з.Г.E} - R_{з.норм}} = \frac{22,8 \cdot 4}{22,8 - 4} = 4,85 \text{ Ом}; \quad (7.7)$$

10) Визначемо уточнену кількість вертикальних електродів:

$$n_y = \frac{R_{з.В}}{K_{B.В.E} R_{з.В.E}} = \frac{27,82}{0,5 \cdot 4,85} = 11,5 \text{ шт}; \quad (7.8)$$

Остаточню приймаємо 12 вертикальних електродів.

						Арк
						47
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

8 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХІВ І ПІДПРИЄМСТВА

Розрахункове силове активне навантаження окремого цеху можна визначити за формулою:

$$P_{p.c.i} = K_{П.i} P_{уст.i}; \quad (8.1)$$

$K_{П.i}$ – коефіцієнт попиту і-го цеху (табл. ?);

$P_{уст.i}$ – установлена активна потужність і-го цеху (табл ?);

Розрахункове силове реактивне навантаження окремого цеху можна визначити за формулою:

$$Q_{p.c.i} = P_{p.c.i} \operatorname{tg} \varphi_i; \quad (8.2)$$

$\operatorname{tg} \varphi_i$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_i$ і-го цеху;

Розрахункове силове реактивне навантаження окремого цеху можна визначити за формулою:

$$S_{p.c.i} = \sqrt{P_{p.c.i}^2 + Q_{p.c.i}^2} \quad (8.3)$$

Таблиця 8.1 – Визначення розрахункового силового навантаження цехів

№ цеху	$P_{уст}$, кВт	$K_{П}$	$\cos \varphi /$ $\operatorname{tg} \varphi$	Результати розрахунків		
				$P_{p.c.}$, кВт	$Q_{p.c.}$, кВАр	$S_{p.c.}$, кВА
1	726	0,15	0,6/	108,916	64,458	126,56
2	800	0,20	0,61/1,3	160	207,843	262,295
3	900	0,19	0,64/1,2	171	205,3	267,187
4	650	0,16	0,66/1,14	104	118,381	157,576
5	756	0,14	0,59/1,4	105,84	144,84	179,39
Усього				649,756	740,822	993,008

9 ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА І МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ПОНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Центр електричного навантаження підприємства визначається за формулами :

$$X_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{НОМ.і}} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n S_{\text{НОМ.і}}}; \quad Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{НОМ.і}} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n S_{\text{НОМ.і}}}; \quad (9.1)$$

$$X_{\text{ЦЕН}} = \frac{126,56 \cdot 9314,889 + 262,3 \cdot 9314,889 + 267,19 \cdot 11626,532}{126,56 + 262,3 + 267,19 + 157,58 + 179,39} +$$

$$+ \frac{157,58 \cdot 39018,047 + 179,39 \cdot 39571,89}{126,56 + 262,3 + 267,19 + 157,58 + 179,39} = 20116,362;$$

$$Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{126,56 \cdot 7567,7568 + 262,3 \cdot 22830,575 + 267,19 \cdot 38582,3}{126,56 + 262,3 + 267,19 + 157,58 + 179,39} +$$

$$+ \frac{157,58 \cdot 28584,069 + 179,39 \cdot 10344,291}{126,56 + 262,3 + 267,19 + 157,58 + 179,39} = 23780,91161;$$

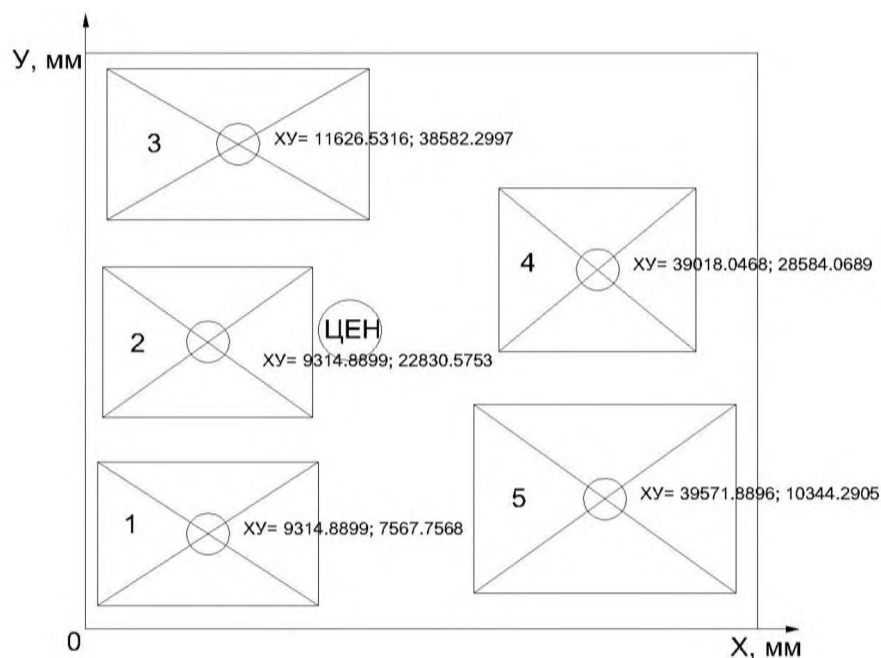


Рисунок 9.1 – План розташування цехів на території підприємства з центром електричного навантаження підприємства

ВИСНОВКИ

Отже, у даній бакалаврській роботі було виконано розрахунок цехової електричної мережі, вибрано трансформатор для живлення цеху промислового підприємства. Розраховано та вибрано пристрої для захисту електричної мережі та працівників підприємства.

Для визначення енергетичних центрів підприємства та цеху було визначено розрахункові потужності споживачів. Це дало можливість визначити потужність та місце встановлення ТП.

Розрахунок струмів короткого замикання був виконаний для вибору провідників цехової електричної мережі та вибору пристроїв захисту (автоматів). Також даний розрахунок показав, що використані автоматичні вимикачі забезпечують безпечне використання верстатів працівниками.

						Арк
						50
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок. НПЦР ОЕС України, 2017.
2. Методичні вказівки та завдання для виконання розрахунково – графічної роботи з курсу «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» для студентів напряму підготовки 6.141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» усіх форм навчання / Укладачі: М.В. Петровський, С.С. Жемаєв – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 58 с.
3. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. — М.: ФОРУМ: ИНФРА— М, 2005. — 214 с.
4. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 153 с.
5. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга». 2007. – 280 с.
6. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грінчаненко та ін. – К.: Аграрна освіта, 2014. –506 с.
7. Каталог электрической продукции. 2009. – 84 с. – Режим доступа к каталогу: e-mail: www.iek.com.ua
8. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муріков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебеда. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.
9. Василега П.О. Електропостачання : підручник – П.О. Василега – Суми:СумДУ, 2019. – 521 с.
10. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. – Нац. гірн.ун-т. – Д.: НГУ, 2015.–540 с.

						Арк
						51
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		