

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

**«Розрахунок системи електропостачання механічного цеху
промислового підприємства»**

спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав

студент гр. ЕТ-71 _____ О.Л. Довбиш

Керівник

старший викладач _____ С.М. Лебедка

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

_____ Довбиш Олександр Леонідович _____

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розрахунок системи електропостачання механічного цеху промислового підприємства»

затверджена наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 25.05.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Розміри проектного цеху. 2. Електричне обладнання механічного цеху. 3. Номінальна потужність обладнання. 4. Коефіцієнт потужності електричного обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

1. Вступ. 2. Вихідні дані на проектування та загальна характеристика електроприймачів. 3. Визначення розрахункових електричних навантажень. 4. Вибір ТП і компенсуючих установок. 5. Вибір перерізу провідників. 6. Розрахунок струмів короткого замикання. 7. Вибір комутаційних апаратів. 8. Охорона праці. 9. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема розміщення. 2. План розташування обладнання.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Вибір схеми цехової силової електричної мережі	05.04 – 11.04	
2	Розрахунок електричних навантажень	12.04 – 25.04	
3	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП	26.04 – 02.05	
4	Вибір перерізу провідників	03.05 – 09.05	
5	Розрахунок струмів короткого замикання	10.05 – 13.05	
6	Вибір електричних апаратів	13.05 – 17.05	
7	Оформлення пояснювальної записки	17.05 – 22.05	
8	Оформлення графічного матеріалу	22.05 – 25.05	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 57, рис. 5, табл. 22.

Бібліографічний опис: Довбиш О.Л. Розрахунок системи електропостачання механічного цеху промислового підприємства [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / О.Л. Довбиш; керівник С.М. Лебедка. – Суми: СумДУ, 2021. – 57с.

Ключові слова:

Механічний цех, силова електрична мережа, електричні навантаження, цехова трансформаторна підстанція, переріз провідника, струми короткого замикання, автоматичний вимикач, силова розподільча шина, шина розподільча автомагістраль, низька напруга, кабельна лінія.

Механический цех, силовая электрическая сеть, электрические нагрузки, цеховая подстанция, сечение проводника, токи короткого замыкания, автоматический выключатель, силовая распределительная шина, шина распределительная автомагистраль, низкое напряжение, кабельная линия.

Mechanical shop, electric power network, electric loads, shop transformer substation, conductor cross section, short circuit currents, circuit breaker, power distribution bus, distribution highway bus, low voltage, cable line.

Короткий огляд:

В даному дипломному проєкті розраховано силова електрична мережа для механічного цеху. Відповідно до основної методики, було розраховано основні електричні навантаження, обрано силовий трансформатор для трансформаторної підстанції. Далі було розраховано розподільчі шини, від яких відходять кабельні лінії до електроспоживачів. Для забезпечення вмикання та вимикання робочого та аварійного режимів кожної лінії, встановлено силові електричні автоматичні вимикачі фірми E-NEXT.

					БР 3.6.14.1.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 Вихідні дані на проектування та загальна характеристика електроприймачів.....	7
2 Визначення розрахункових електричних навантажень	8
3 Вибір ТП і компенсуючих установок.....	15
3.1 Вибір трансформаторної підстанції	15
3.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності	17
4 Вибір перерізу провідників	19
4.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ.....	19
4.1.1 Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом.	19
4.1.2 Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом	20
4.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ	21
4.2.1 Вибір перерізу кабелів до шинопроводів і розподільних пристроїв	21
4.2.2 Вибір шинопроводів	23
4.3 Вибір ліній живлення першого рівня системи електропостачання	25
5 Розрахунок струмів короткого замикання.....	30
6 Вибір комутаційних апаратів.....	35
7 Розрахунок заземлення цехової трансформаторної підстанції	43
8 ВИСНОВОК.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	50

					<i>БР 3.6.141.336 ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>	<i>Довдиш</i>				<i>Розрахунок системи електропостачання механічного цеху промислового підприємства</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Лебедака</i>						4			
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ ЕТ-71</i>				
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	<i>Лебединський</i>									

					<i>БР 3.6.141.336 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ВСТУП

Проектування механічного цеху є складною задачею. Вона вимагає від проектувальника обізнаності в багатьох сферах інженерного проектування та знань в різних галузях.

Даним дипломним проектом передбачено розрахунок механічного цеху та вибір основних електричних приладів. Визначення електричних навантажень є одним з основних етапів проектування. За значенням електричних навантажень вибирають електрообладнання та схему системи електропостачання, визначають втрати потужності і електроенергії. Від правильної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні витрати на систему електропостачання, експлуатаційні витрати, надійність роботи електрообладнання.

Вибір числа і потужності силових трансформаторів для цехових трансформаторних підстанцій промислових підприємств повинен бути електрично та економічно обґрунтованим, так як він має істотний вплив на раціональне побудування схем промислового електропостачання. Критерієм при виборі трансформаторів є надійність електропостачання, трансформаторна потужність. При спорудженні цехових трансформаторних підстанцій перевагу слід віддавати, комплектним трансформаторним підстанціям (КТП), повністю виготовленим на заводах. Вибір числа та потужності трансформаторів цехових підстанцій, а також засобів компенсації залежить від числа та категорії надійності електроспоживачів.

Наступним етапом визначають струми КЗ. Дані значення істотно впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньо цехового електропостачання слід виконати достовірні розрахунки КЗ.

						Арк.
						6
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ	

1 ВИХІДНІ ДАНІ НА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ

В таблиці 1.1 наведено вихідні дані до проектування.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до проектування

Номер на плані	Назва обладнання	Потужність, кВт	Кількість одиниць
1-4	Зварювальні автомати	50	4
18	Кран-балка	15	1
20	Мостовий кран	55	1
9,10	Компресори	30	2
5-8	Вентилятори	4,8	4
37,38	Електропечі опору	32	2
	Освітлення	0,5	300
11,12,39,40	Алмазно-розточувальні верстати	2,5	4
13-16	Горизонтально-розточувальні верстати	25	4
17,19	Поздовжньо-стругальні верстати	40	2
21-26	Розточувальні верстати	14	6
27-29	Поперечно-стругальні верстати	10	3
30-33	Радіально-свердлильні	3	4
34-36	Вертикально-свердлильні	4	3
41, 42	Заточувальні верстати	1,5	2
43-50	Токарно-револьверні верстати	4,5	8

План розташування обладнання та план приміщення наведено в додатку.

						Арк.
						7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БР 3.6.141.336 ПЗ

2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Визначення електричних навантажень є одним з основних етапів проектування. За значенням електричних навантажень вибирають електрообладнання та схему системи електропостачання, визначають втрати потужності і електроенергії. Від правильної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні витрати на систему електропостачання, експлуатаційні витрати, надійність роботи електрообладнання [1].

Для початку розрахунку навантажень необхідно розбити електроприймачі на категорії, тобто об'єднати їх в групи за подібністю режимів роботи і близьким коефіцієнтам використання.

Проведемо розрахунок для підйомного устаткування.

- Сумарні номінальні активні і реактивні потужності кожної характерної категорії визначається за формулою (2.1):

$$\begin{aligned} P_{ном} &= \sum_{i=1}^n P_{номі} \\ Q_{ном} &= \sum_{i=1}^n P_{номі} \operatorname{tg} \varphi_i \end{aligned} \quad (2.1)$$

де $P_{номі}$ – активная номінальная потужність електроприймача, кВт;

$P_{ном}$, $Q_{ном}$ – відповідно номінальні активні і реактивні потужності групи електроприймачів, кВт и квар;

$\operatorname{tg} \varphi_i$ - паспортне або довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності електроприймача.

									Арк.
									8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номi} = 11,6 + 34,8 = 46,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номi} \operatorname{tg} \varphi_i = 11,6 \cdot 1,732 + 40 \cdot 1,732 = 60,3 \text{ кВАр}$$

- Середня потужність навантажень кожної категорії електроприймачів визначається за виразом (2.2):

$$\begin{aligned} P_{cp} &= \sum_{i=1}^n P_{номi} k_{Bi} \\ Q_{cp} &= \sum_{i=1}^n Q_{срi} \operatorname{tg} \varphi_i \end{aligned} \quad (2.2)$$

де P_{cp} , Q_{cp} – відповідно номінальні активні і реактивні потужності групи електроприймачів, кВт и кВАр.

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номi} k_{Bi} = 11,6 \cdot 0,3 + 34,8 \cdot 0,3 = 13,9$$

$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{срi} \operatorname{tg} \varphi_i = 20,1 \cdot 0,3 + 60,3 \cdot 0,3 = 24,1$$

Середньозважені коефіцієнти використання и потужності розраховуються за формулами (2.3):

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} \quad (2.3)$$

$$tg\varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{спі} tg\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}}$$

де k_{Bi} , k_{Bcp} відповідно коефіцієнти використання і-го електроприймача и середнє зважений коефіцієнт використання;
 $tg\varphi_i$ - середнє зважений коефіцієнт реактивної потужності.

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{13,9}{46,4} = 0,3$$

$$tg\varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{спі} tg\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{80,4}{46,4} = 1,732$$

-Ефективне число електроприймачів за характерною категорією визначається за формулою (2.4):

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{номі} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номі}^2} \quad (2.4)$$

					БР 3.6.14.1.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

3 ВИБІР ТП І КОМПЕНСУЮЧИХ УСТАНОВОК

3.1 Вибір трансформаторної підстанції

Вибір числа і потужності силових трансформаторів для цехових трансформаторних підстанцій промислових підприємств повинен бути хімічно і економічно обґрунтованим, так як він має істотний вплив на раціональне побудування схем промислового електропостачання. Критерієм при виборі трансформаторів є надійність електропостачання, витрата кольорового металу і потрібна трансформаторна потужність. При спорудженні цехових трансформаторних підстанцій перевагу слід віддавати, комплектним трансформаторним підстанціям (КТП), повністю виготовленим на заводах. Вибір числа та потужності трансформаторів цехових підстанцій, а також засобів компенсації здійснюється за такою схемою:

При виборі кількості та потужності трансформаторів ПС враховуються такі фактори: категорія надійності електропостачання ЕП, розрахункове навантаження, компенсація реактивних навантажень при напрузі до 1 кВ, навантажувальна спроможність трансформаторів в нормальному та післяаварійному режимах, шкал стандартних номінальних потужностей трансформаторів. Двотрансформаторні ПС застосовують при більшості ЕП 1-ї категорії та наявності ЕП особливої групи, а також для живлення ЕП 2-ї категорії надійності.

Якщо приймати коефіцієнти завантаження трансформаторів $\beta_m = 0,75$, то в цьому випадку з урахуванням допустимого перевантаження трансформаторів вимикають частину ЕП 3-ї категорії надійності. Для таких підстанцій також необхідний складський резерв. На час ремонту пошкодженої ПС та, що залишилася в роботі, має забезпечити електропостачання ЕП 1-ї категорії надійності.

										Арк.
										15
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ПС з кількістю трансформаторів більше двох застосовують лише при належному обґрунтуванні, а також при установленні окремих трансформаторів для живлення силових та освітлювальних навантажень. При трьох і менше трансформаторах їх стандартну номінальну потужність вибирають за формулою 3.1:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{P_p}{N \cdot \beta_m} \quad (3.1)$$

де $S_{ном_т.р}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

P_p - розрахункове активне навантаження;

N - Кількість трансформаторів;

β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора.

Оскільки значну частину навантаження становлять ЕП 2-ї та 3-ї категорії надійності, плануємо двотрансформаторну підстанцію з можливістю резервування на низькій стороні електропостачання. Приймаємо коефіцієнт завантаження трансформатора: $\beta_m = 0,75$

Потужність трансформатора ТП підбираємо з врахуванням сумарної активної розрахункової потужності P_p , що живляться від даної підстанції.

$$P_p = 773,1 \quad \text{кВт}$$

Отже, номінальна потужність трансформатора ПС становить:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{773}{3 \cdot 0,75} = 343$$

									Арк.
									16
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ				

Згідно з розрахунком для ТП вибирається трансформатор типу ТМ-630-10/0,4

Таблиця 3.1 – Каталогні дані трансформатора

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані			
		U _{ном} , кВ		U _к , %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _х , %	R _т , Ом	X _т , Ом	ΔQ _х , кВАр	пТ
		ВН	НН								
ТМ-630/10	630	10	0.7	5.5	8.5	1.68	2.5	2.14	8.73	15.8	14,5

3.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності

Максимальна реактивна потужність, яку доцільно передавати через трансформатор 6(10)/0,4 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта його завантаження $\beta_m = 0,75$, визначається за формулою 3.2:

$$Q_m = \sqrt{(N \cdot \beta_m \cdot S_{ном_т.р})^2 - P_p^2} \quad (3.2)$$

де $S_{ном_т.р}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

P_p - розрахункове активне навантаження;

N - кількість трансформаторів;

β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора

Якщо під квадратним коренем в результаті обчислень отримаємо величину зі знаком “мінус”, то приймаємо $Q_m = 0$.

Потужність конденсаторної установки (КУ) із конденсаторами на розрахункову реактивну потужність напругою 0,4 кВ визначається за 3.3

											Арк.
											17
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.14.1.336 ПЗ						

$$Q_{H.K} = Q_P - Q_T \quad (3.2)$$

$$Q_P = \sum Q_P$$

Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності комплектної (КУ) $Q_{H.K.СТ}$, що вибирається з інформаційних джерел.

Якщо $Q_{H.K} \leq 0$ то встановлювати конденсатори не потрібно.

Визначаємо орієнтовну потужність компенсуючих пристроїв за виразом:

$$Q_m = \sqrt{(3 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 773^2} = 1073 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = 1237 \text{ кВАр}$$

$$Q_{H.K} = 1237 - 1073 = 164 \text{ кВАр}$$

У зв'язку з тим, що трансформатор даної ПС не пропускає всю необхідну реактивну потужність у мережу напругою до 1 кВ, необхідно встановити конденсаторну установку. Вибираємо дві комплектні (КУ), найближча стандартна величина потужності яких становить 200 кВ·Ар.

Вибираємо установку типу УКРП-0,4-180-20 УЗ з кроком зміни реактивної потужності 20 кВ·Ар.

					БР 3.6.14.1.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

4 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

4.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ

4.1.1 Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом.

При виборі перерізу кабелю, який живить ТП з трансформатором 10/0,4 кВ, як струм нормального режиму $I_{норм}$ незалежно від числа трансформаторів ТП приймається номінальний первинний струм трансформатора, який визначається за паспортними даними трансформатора за формулою 4.1:

$$I_{норм} = I_{ном.Т} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.Т}}, \text{ A} \quad (4.1)$$

$$I_{норм} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,7 \text{ A}$$

де $S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{ном.Т}$ - номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

Для кабелів із полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами при $T_{макс} = 3500 \text{ год/рік}$ економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи визначається за формулою 4.2:

$$S_{ек} = \frac{I_{НОРМ}}{J_{ек}}, \text{ мм}^2 \quad (4.2)$$

$$S_{ек} = \frac{36,7}{2,5} = 14,5, \text{ мм}^2$$

де $I_{НОРМ}$ - струм нормального режиму, А.

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
						19
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$J_{ек}$ - нормоване значення економічного вигідної густини струму, $A/мм^2$.

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{ек}$ округляється до найближчого стандартного перерізу. Обираємо кабель типу ВВГ 5х16 довжиною 1,5 км.

4.1.2 Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{дон}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в таблицях М.2 і М.3 [1], порівнюють зі струмом його форсованого режиму I_{ϕ} з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$ за формулою 4.3:

$$K_{рез} I'_{дон} \geq K_{пер} I_{норм}, A \quad (4.3)$$

$$1,1 \cdot 70,5 = 77,5 \geq 1,4 \cdot 36,7 = 51,4, A$$

де коефіцієнт допустимого перевантаження приймаємо $K_{пер} = 1,4$.

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою 10 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається за формулою 4.4:

$$I'_{дон} = K_{сер} K_{пр} I_{дон}, A \quad (4.4)$$

$$I'_{дон} = 0,94 \cdot 1 \cdot 75 = 70,5$$

									Арк.
									20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ				

де $K_{сер}$ - поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної;

$K_{пр}$ - поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі ;

$I_{доп}$ - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу, А.

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{сер}$ можна також обчислити за формулою 4.5:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 0,94 \quad (4.5)$$

Оскільки рівність 4.3 виконується, то переріз кабелю обрано правильно.

4.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ

4.2.1 Вибір перерізу кабелів до шинопроводів і розподільних пристроїв

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового за формулою 4.6:

$$I'_{доп} \geq I_{норм}, A \quad (4.6)$$

де, $I_{норм}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

$I'_{доп}$ - допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від

									Арк.
									21
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

стандартних умов при їх довготривалому характері. Визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{нопр} = 0,925$, за формулою 4.7:

$$I'_{доп} = K_{пр} \cdot K_{сер} \cdot K_{нопр} \cdot I_{доп}, A \quad (4.7)$$

$$I'_{доп} = K_{пр} \cdot K_{сер} \cdot K_{нопр} \cdot I_{доп} =, A$$

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості поправковий коефіцієнт $K_{пр} = 1$.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата. Форсований режим в електромережах напругою до 1 кВ буває досить рідко.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається за формулою 4.8:

$$\Delta U = \frac{P_p R_{кб} + Q_p X_{кб}}{10 \cdot U_{ном}^2} \quad (4.8)$$

де P_p та Q_p - максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і кВАр;

$R_{кб}$, $X_{кб}$ - активний і реактивний опори кабелю відповідно, Ом;

$U_{ном}$ - номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами 4.9:

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$R_{кб} = r_0 \cdot l_{кб} \quad (4.9)$$

$$X_{кб} = x_0 \cdot l_{кб}$$

де r_0, x_0 - активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км;
 $l_{кб}$ - довжина кабелю, км.

Результати розрахунків зводимо в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку вибору кабелів по ШРА 1

Кабель до ПЕ	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
ШРА1	630	762	656	1,131	25	4 х ПВВ 1х630-380
СРШ1	50	250	160	0,487	16	4 х ПВВ 1х50-380
СРШ2	500	697	632	0,399	23	4 х ПВВ 1х500-380
СРШ3	500	697	569	1,04	28	4 х ПВВ 1х500-380
СРШ4	150	416	365	1,04	25	4 х ПВВ 1х150-380

4.2.2 Вибір шинопроводів

Для головних магістралей випускають комплектні шинопроводи типу ШМА з номінальними струмами 1250, 1600, 2500, 3200 та 4000 А; для розподільних магістралей - комплектні шинопроводи типу ШРА з номінальними струмами 100, 250, 400 та 630 А.

										Арк.
										23
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ					

4.13:

$$I_{ном.ШРА} \geq I_p \quad (4.13)$$

Площа перерізу та втрата напруги в ШРА визначається так як і для ШМА. Отримані дані заносимо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахункових шинопроводів по шинних розподільних пунктах

РП	$I_{дон}$	I_p	Тип шинопроводу
ШРА1	1250	656	ШМА4-1250-НУЗ
СРШ1	250	119	ШРА73-250-УЗ
СРШ2	1250	632	ШМА4-1250-НУЗ
СРШ3	630	569	ШРА73-630-УЗ
СРШ4	250	365	ШРА73-250-УЗ

4.3 Вибір ліній живлення першого рівня системи електропостачання

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою 4.14:

$$I'_{дон} \geq I_p \quad (4.14)$$

де I_p - розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання (номінальний струм електроприймача (ЕП)).

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Для остаточного вибору перерізу проводу слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимою втратою напруги та за умови відповідності захисному апарату. За умовою механічної міцності мінімальний переріз алюмінієвих проводів - 2,5 мм², мідних - 1,5 мм.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку проводів по ШРА 1

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,237	6	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,237	6	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,237	6	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,079	2	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,079	2	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,079	2	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,079	2	ПВС 4x2,5-380
Токарно-револьверні верстати (43...50)	2,5	19	13,67 4	0,079	2	ПВС 4x2,5-380
Електропечі опору(37,38)1 фаза	50	135	97,23 8	0,024	1,5	ПВС 2x50-380
Електропечі опору(37,38)1 фаза	50	135	97,23 8	0,024	1,5	ПВС 2x50-380
Алмазно-розточувальні верстати (39,40)	2,5	19	7,597	0,033	1,5	ПВС 4x2,5-380
Алмазно-розточувальні верстат (39,40)	2,5	19	7,597	0,033	1,5	ПВС 4x2,5-380
Алмазно-розточувальні верстат (27...29)	10	42	30,38 7	0,225	10	ПВС 4x10-380
Поздовжньо-стругальні верстати (27...29)	10	42	30,38 7	0,225	10	ПВС 4x10-380
Поздовжньо-стругальні верстати (27...29)	10	42	30,38 7	0,225	10	ПВС 4x10-380
Вертикально- свердлильні (34...36) 1 фаза	2,5	21	12,15 5	0,281	8	ПВС 4x2,5-380

БР 3.6.141.336 ПЗ

Арк.

26

Змін. Арк. № докум. Підпис Дата

Вертикально-свердлильні (34...36) 1 фаза	2,5	21	12,15 5	0,281	8	ПВС 4x2,5-380
Вертикально-свердлильні (34...36) 1 фаза	2,5	21	12,15 5	0,281	8	ПВС 4x2,5-380
Розточувальні верстати (41, 42)	2,5	21	4,558	0,020	1,5	ПВС 4x2,5-380
Розточувальні верстати (41, 42)	2,5	21	4,558	0,020	1,5	ПВС 4x2,5-380
Розточувальні верстати (21...26)	10	60	42,54 2	0,378	12	ПВС 4x10-380
Розточувальні верстати (21...26)	10	60	42,54 2	0,378	12	ПВС 4x10-380
Розточувальні верстати (21...26)	10	60	42,54 2	0,378	12	ПВС 4x10-380
Розточувальні верстати (21...26)	10	60	42,54 2	0,378	12	ПВС 4x10-380
Розточувальні верстати (21...26)	10	60	42,54 2	0,378	12	ПВС 4x10-380
Розточувальні верстати (21...26)	10	60	42,54 2	0,378	12	ПВС 4x10-380
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	2,5	21	9,116	0,211	8	ПВС 4x2,5-380
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	2,5	21	9,116	0,211	8	ПВС 4x2,5-380
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	2,5	21	9,116	0,211	8	ПВС 2x2,5-380
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	2,5	21	9,116	0,211	8	ПВС 2x2,5-380

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ1

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Алмазно-розточувальні верстат (11,12)	2,5	19	7,597	0,033	1,5	ПВС 4x2,5-380
Алмазно-розточувальні верстат (11,12)	2,5	19	7,597	0,110	5	ПВС 4x2,5-380
Мостовий кран(20)	25	75	66,85	0,520	10	ПВС 4x25-380

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ2

					БР 3.6.141.336 ПЗ		Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			27

Таблиця 4.7 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ4

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм ²	$I_{доп}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Поперечно-стругальні верстати (17,19)	35	140	11,5	0,223	8	ПВС 4х35-380
Поперечно-стругальні верстати (17,19)	35	140	122	0,139	5	ПВС 4х35-380
Компресори(9,10)	25,0	75	65,1	0,192	7	ПВС 4х25-380
Компресори(9,10)	25,0	75	65,1	0,192	7	ПВС 4х25-380
Кран-балка(18)	10,0	42	35,3	0,337	10	ПВС 4х10-380

З урахуванням умов надійності і механічної міцності для живлення світильників і розеток обираємо кабель ВВГ 3х1,5 та ВВГ 3х2,5 відповідно.

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

5 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньо цехового електропостачання слід виконати достовірні розрахунки КЗ.

Проведені дослідження струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ свідчать, що фактичні струми КЗ значно нижчі за розрахункові.

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, у цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗК при цьому враховують усі перехідні опори контактів і опір дуги в місці пошкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до y кВ допускається:

- 1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;
- 2) максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела та ЕДЮ які безпосередньо приєднані до місця КЗ;
- 3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів, що дорівнюють відношенню середніх номінальних напруг (37; 20; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,4; 0,23 кВ) тих ступенів мережі, які зв'язують трансформатори;
- 4) не враховувати СД, АД або комплексне навантаження, якщо їх сумарний номінальний струм не перевищує 1,0% від початкового діючого значення періодичної складової струму трифазного ЕЗ без урахування підживлення від ЕЖ або комплексного навантаження.

									Арк.
									30
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 3.6.141.336 ПЗ

До особливостей розрахунку струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ можна віднести таке:

Розрахунки доцільно проводити в іменованих одиницях;

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ можна вважати незмінним;

Активні опори елементів ланцюга КЗ мають суттєве значення і можуть навіть перевершувати реактивні.

Вихідна схема наведена на рис. 5.1.

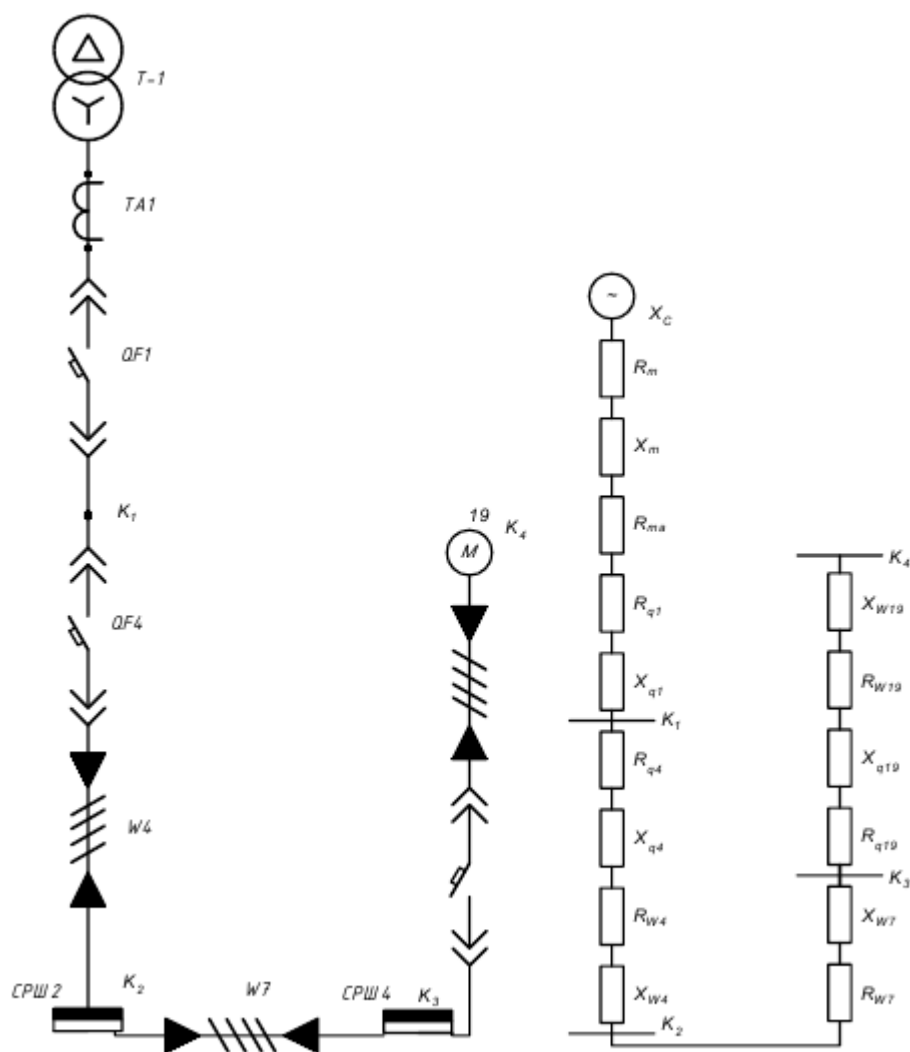


Рисунок 5.1 - Схема заміщення для визначення СКЗ в точках

										Арк.
										31
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ					

Розраховуємо параметри схеми заміщення.

Для початку розрахуємо параметри елементів схеми заміщення за наступними виразами.

Опори трансформатора визначаємо за формулами 5.1, 5.2:

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}^2} 10^6 \quad (5.1)$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.т}} \right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}} 10^4 \quad (5.2)$$

де $P_{к.ном}$ - номінальні втрати КЗ у трансформаторі, кВт

$U_{ном.НН}^2$ - номінальна напруги обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Опори автоматичного вимикача та трансформатора струму визначаються із додатків таблиць Н.2 джерела [1];

Другим етапом визначається діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент у різних точках схеми.

Для цього знаходять сумарні активні та реактивні опори.

Далі знаходять повний опір точки КЗ за формулою 5.3.

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (5.3)$$

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} = \sqrt{3,36^2 + 15,24^2} = 15,6 \text{ кОм}$$

Далі знаходять початкове діюче значення періодичної трифазного струму при металевому КЗ за формулою 5.4:

					БР 3.6.14.1.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} \quad (5.4)$$

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15,6} = 31,4 \text{ кА}$$

Наступним пунктом визначається ударний струм у точці КЗ за формулою 5.5:

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} \quad (5.5)$$

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,8 = 31,4 \text{ кА}$$

Наступним етапом визначається струм однофазного короткого замикання

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції та появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес становить мінімально можлива величина струму однофазного ЕЗ, яка буде наприкінці ділянки, що захищається, тому що цей струму має бути достатнім для спрацювання захисту, якщо захист у ланцюзі 0,38 кВ нечутливий.

Якщо потужність живильної енергосистеми значна, початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ рекомендують визначати за формулою 5.6:

					БР 3.6.14.1.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

6 ВИБІР КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ

Для виконання захисних функцій в автоматах застосовуються такі види роз'єднувачів: тільки теплові або тільки електромагнітні, комбіновані, напівпровідникові, мікропроцесорні. Теплові роз'єднувачі здійснюють захист від струмів перевантаження, електромагнітні - від струмів коротких замикань (КЗ). Напівпровідниковий роз'єднувач має канал захисту в зоні струмів перевантаження, який видає команду на вимкнення автомату з витримкою часу, а канал захисту в зоні КЗ спрацьовує з витримкою часу, яка не залежить від струму, і вихідний сигнал діє на котушку незалежного роз'єднувача, що викликає спрацювання автомата. Комутаційні апарати слід обирати з урахуванням таких критеріїв:

- номінальна напруга автомата $U_{ном.а}$ - вказана в паспорті напруга, яка відповідає напрузі електричної мережі, де цей автомат може працювати;
- номінальний струм автомата $I_{ном.а}$ - найбільший струм, при протіканні якого автомат працює протягом тривалого часу без ушкоджень;
- номінальний струм роз'єднувача автомата $I_{ном.р}$ - це струм, який зазначений у паспорті, при протіканні якого протягом тривалого часу не відбувається спрацювання роз'єднувача. Струм уставки роз'єднувача - це найменший струм, при протіканні якого роз'єднувач спрацьовує. Вибір автоматів здійснюється як описано нижче. Номінальна напруга цих автоматів вибирається так за формулою 6.1

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} \quad (6.1)$$

де $U_{ном.м}$ - напруга електромережі.

									Арк.
									35
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Номинальний струм автоматів і номінальні струми роз'єднувачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму, формула 6.2:

$$I_{ном.а} \geq I_{\phi} \quad (6.2)$$

$$I_{ном.р} \geq I_{\phi}$$

Найбільше значення номінального струму роз'єднувача дорівнює номінальному струму автомата, формула 6.3:

$$I_{ном.а} \geq I_{ном.р} \quad (6.3)$$

Струм форсованого режиму визначається за формулою 6.4:

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p \quad (6.4)$$

де $K_{рез}$ - коефіцієнт резервування;

I_p - розрахунковий струм.

Струм форсованого режиму I_{ϕ} для автомата вводу дво трансформаторної ПС при резервуванні кабельною перемичкою між найближчими сусідніми ПС рівний $1,3 \cdot I_{ном}$; для лінійного автомата - розрахунковому струму 2-го рівня електропостачання $I_{р2}$; для автомата до окремого ЕП - розрахунковому струму 1-го рівня електропостачання I_p (його номінальному струму $I_{ном}$ ЕП при $k_3 = 1$).

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{с.н}$ вибирається за умови 6.5:

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq K \cdot I_p \quad (6.5)$$

де K - коефіцієнт, який приймається рівним 1,1 для автомата вводу і для автомата другого рівня, 1,25 - для автомата 3-го рівня системи електропостачання, або 1,0 на лініях до силових ЕП, які не мають у своєму складі ЕД.

У лініях з лампами ДРЛ (ДРІ) уставка струму спрацювання вибирається за формулою 6.6:

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq 1,3 \cdot I_{p.o} \quad (6.6)$$

Для автомата вводу уставка спрацювання відсічки роз'єднувача миттєвої дії $I_{c.в}$ визначається за формулою 6.7:

$$I_{c.в} \geq (6...10) \cdot I_{ном.т} \quad (6.7)$$

де $I_{ном.т}$ - номінальний струм трансформатора на стороні НН.

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП і від пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі уставки струму спрацювання відсічки роз'єднувача миттєвої дії $I_{c.в}$ за формулою 6.8:

$$I_{c.в} = I_{y.c.p} \geq 1,25 \cdot I_{пик} \quad (6.8)$$

$$I_{c.в} = I_{y.c.p} \geq 1,25 \cdot I_{пуск}$$

де $I_{пик}$ та $I_{пуск}$ - піковий і пусковий струм ЕП чи групи ЕП.

Пусковий струм ЕП обчислюється згідно формули 6.9:

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном.ЕП}} \quad (6.9)$$

де $k_{\text{пуск}}$ - коефіцієнт пуску;

$I_{\text{ном.ЕП}}$ - номінальний струм ЕП.

Коефіцієнти пуску $k_{\text{пуск}}$ приймають:

- п'ятикратним для асинхронних та синхронних двигунів;

- трикратним для зварювальних і пічних трансформаторів, машин

контактного зварювання.

Піковий струм групи з 2-5 ЕП визначається за формулою 6.10:

$$I_{\text{пік}} = I_{\text{пуск.макс}} + \sum_1^{n-1} I_{\text{ном}} \quad (6.10)$$

де $I_{\text{пуск.макс}}$ - найбільший з пускових струмів одного з ЕП у групі;

$\sum_1^{n-1} I_{\text{ном}}$ - сумарний номінальний струм групи ЕП без урахування

номінального струму найбільшого за потужністю.

Для групи більше 5 ЕП визначається за формулою 6.11:

$$I_{\text{пік}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_p - k_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном.макс}}) \quad (6.11)$$

Де I_p - розрахунковий струм усіх ЕП групи;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання ЕП з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$ - номінальний струм ЕП з найбільшим пусковим струмом.

В системах електропостачання з комплектними конденсаторними установками (ККУ) струм спрацьовування відсічки визначається з виразу

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
						38
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.12:

$$I_{c.в} = I_{y.e.p} \geq 1,3 \cdot I_{KKV} \quad (6.11)$$

де I_{KKV} - номінальний струм ККУ.

Таблиця 6.1 - Обрані комутаційні апарати ЕП для ШРА 1

Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{y.c.p}$	Назва приладу
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Токарно-револьверні верстати (43...50)	13,67	16	85,46	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Електропечі опору(37,38)1 фаза	97,24	100	364,64	3	1000	e.industrial.ukm.100S.100
Електропечі опору(37,38)1 фаза	97,24	100	364,64	3	1000	e.industrial.ukm.100S.100
Алмазно-розточувальні верстат (39,40)	7,60	10	47,48	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Алмазно-розточувальні верстат (39,40)	7,60	10	47,48	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Поперечно-стругальні верстати (27...29)	30,39	32	189,92	5	320	e.industrial.ukm.60S.32
Поперечно-стругальні верстати (27...29)	30,39	32	189,92	5	320	e.industrial.ukm.60S.32
Поперечно-стругальні верстати (27...29)	30,39	32	189,92	5	320	e.industrial.ukm.60S.32
Вертикально-свердлильні(34...36) 1	12,15	16	75,97	5	160	e.industrial.ukm.60S.16

										Арк.
										39
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ					

фаза						
Вертикально-свердлильні (34...36) 1 фаза	12,15	16	75,97	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Вертикально-свердлильні (34...36) 1 фаза	12,15	16	75,97	5	160	e.industrial.ukm.60S.16
Заточувальні верстати (41, 42)	4,56	5	28,49	5	50	e.mcb.stand.45.1.C5
Заточувальні верстати (41, 42)	4,56	5	28,49	5	50	e.mcb.stand.45.1.C5
Розточувальні верстати (21...26)	42,54	50	265,88	5	500	e.industrial.ukm.60S.50
Розточувальні верстати (21...26)	42,54	50	265,88	5	500	e.industrial.ukm.60S.50
Розточувальні верстати (21...26)	42,54	50	265,88	5	500	e.industrial.ukm.60S.50
Розточувальні верстати (21...26)	42,54	50	265,88	5	500	e.industrial.ukm.60S.50
Розточувальні верстати (21...26)	42,54	50	265,88	5	500	e.industrial.ukm.60S.50
Розточувальні верстати (21...26)	42,54	50	265,88	5	500	e.industrial.ukm.60S.50
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	9,12	10	56,98	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	9,12	10	56,98	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	9,12	10	56,98	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Радіально-свердлильні (30...33) 1 фаза	9,12	10	56,98	5	100	e.industrial.ukm.60S.10

Таблиця 6.2 - Обрані комутаційні апарати ЕП для СРІІ

Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Алмазно-розточувальні верстат (11,12)	7,60	10	47,48	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Алмазно-розточувальні верстат (11,12)	7,60	10	47,48	5	100	e.industrial.ukm.60S.10
Мостовий кран(20)	66,8	80	417,8	5	800	e.industrial.ukm.100S.80

						Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ	

7 РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЕННЯ ЦЕХОВОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

При розрахунку ПЗ визначають тип заземлювачів, їх кількість та місце розміщення, а також переріз заземлюючих проводів. Розрахунок ПЗ являє собою визначення опору розтікання струму штучних заземлювачів, який не перевищить нормованого значення і залежить від провідності ґрунту, конструкції заземлювача та глибини його закладання.

Провідність ґрунті характеризується питомим опором, який залежить від складу ґрунту, його вологості, температури та інших показників і може змінюватися в широкому діапазоні.

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенціальна небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Тому всі потенційно небезпечні частини мають бути заземлені або зануленні. В даному проекті використовується чотири провідна 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 Ц111 буде використовуватися заземлення. Заземлювати слід усі частини ЕО, які в звичайному стані не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею вразі пошкодження ізоляції.

Електропостачання цеху використаємо мережу за системою TN—С.

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
						43
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

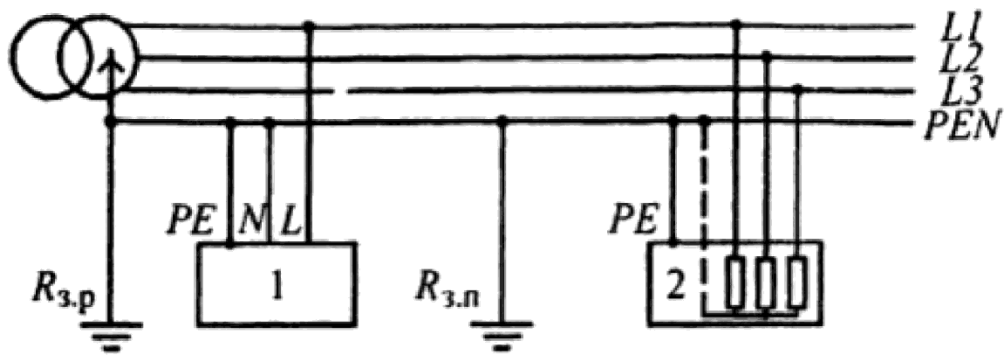


Рисунок 7.1 – Схема мережі за системою TN—C

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

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 пошкодженому обладнанні, але й на всіх елементах конструкцій, які з'єднані з цим обладнанням, і на віддалених від заземлювача або зануленні 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.

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 (НІС).

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

										Арк.
										44
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ					

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.

Розрахунок цехової трансформаторної підстанції

мережа 10 кВ працює з ізолюваною нейтраллю;

на стороні напругою 0,38/0,22 кВ нейтраль є глухо заземленою;

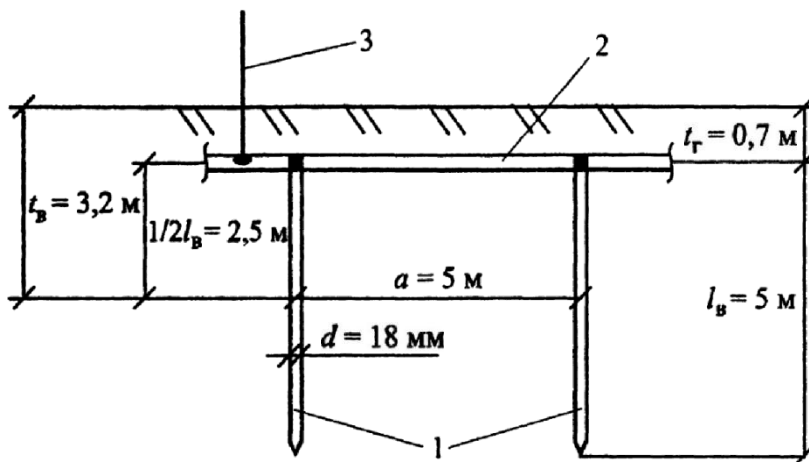


Рисунок 7.2 Конструкція пристрою заземлення:

1 вертикальний заземлювач; 2 — горизонтальний заземлювач; 3 — заземлюючий провідник

При виконанні ПЗ одночасно для заземлення ЕО до і понад 1 кВ приймається опір ПЗ цієї установки, де він є мінімальним. Зі сторони 0,38/0,22 кВ $R < 4$ Ом. Остаточо приймаємо R_3 норм 4 Ом. [1]

Величина питомого опору ґрунту у місці спорудження ПЗ для суглинку $\rho = 100$ Ом м [2]. Коефіцієнти вертикальної прокладки K_v і горизонтальної

									Арк.
									45
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ				

прокладки K_p приймаються рівними ($K_B' 1,3$; $K_p=2,5$; для 3-го кліматичного району).

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

$$\begin{aligned} \rho_{p.B} &= K_B \cdot \rho = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м} \\ \rho_{p.Г} &= K_{Г} \cdot \rho = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (7.1)$$

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

$$\begin{aligned} R_{e.B} &= \frac{0,366 \rho_{p.B}}{l_e} \left(\lg \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_B + l_B}{4t_B - l_B} \right) = \\ &= \frac{0,366 \cdot 130}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 27,83 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (7.2)$$

Наближена кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_{e.B}}{K_{B.B.E} \cdot R_{e.норм}} = \frac{27,84}{0,47 \cdot 4} = 14,9 \text{ шт} \quad (7.3)$$

$K_{B.B.E} = 0,47$ - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування

Приймаємо найбільшу цілу кількість вертикальних заземлювачів $n=15$

шт.

									Арк.
									46
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ				

]

Остаточно приймається 12 вертикальних електродів. Розташування контуру заземлення цехової КТП показано на рис. 7.3

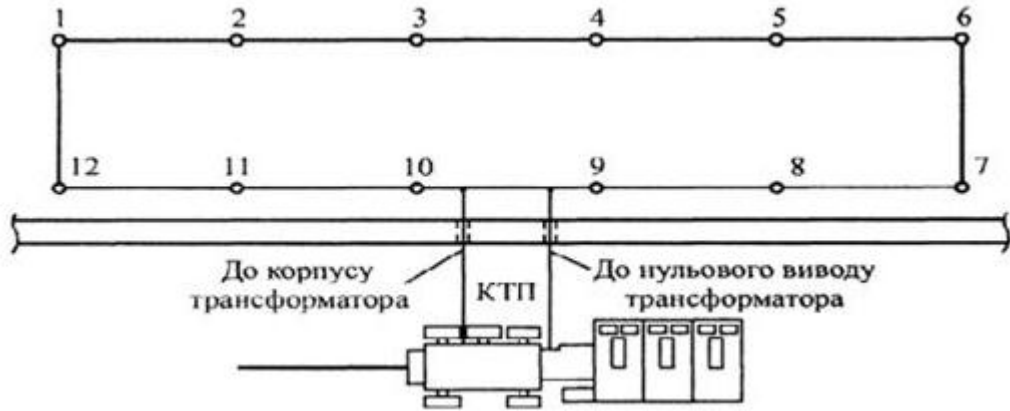


Рисунок 7.3 – Розташування контуру заземлення цехової комплектної трансформаторної підстанції

											Арк.
											48
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.336 ПЗ						

8 ВИСНОВОК

У даній бакалаврській роботі зроблено розрахунок електропостачання ділянки механічного цеху, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення та безперебійної роботи цеху.

У ході виконання курсового проекту проведено розрахунок електричних навантажень, за значенням електричних навантажень обрано електрообладнання та схему системи електропостачання, визначено втрати потужності і електроенергії. Обрано необхідну кількість і потужність трансформаторів з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії споживання електроприймачів. Розраховано та обрано найбільш вибагливий перетин проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. Проведено розрахунок струмів короткого замикання. Визначено потужність компенсуючих пристроїв. При спорудженні цехових трансформаторних підстанцій перевагу віддавано, комплектним трансформаторним підстанціям (КТП), повністю виготовленим на заводах.

Проведено аналіз майбутньої роботи механічного цеху та вимоги до охорони праці. Дані вимоги розповсюджуються на освітлення робочого приміщення, вентиляції та опалення простору. Окремим пунктом піднімаються вимоги до забезпечення працівників питною водою та санітарними вузлами. Важливим питання все рівно залишається електро-технологічна безпека приміщення та вимоги до правильних та безпечних дій працівників під-час нормального та аварійного режимів.

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що обраний найбільш оптимальний і раціональний варіант електропостачання ділянки механічного цеху.

										Арк.
										49
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2007. – 280 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2006. – 163 с.
3. Василега П.О. Електропостачання: підручник. – Суми : СумДУ, 2019. – 521 с.
4. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/Освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»/ укладачі: І.Л. Лебединський, І.І. Борзенков – Суми: СумДУ, 2019. – 40 с.
5. Правила улаштування електроустановок. НПЦР ОЕС України, 2017.
6. 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.
7. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем ^лектроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. — М.: ФОРУМ: ИНФРА— М, 2005. — 214 с.
8. 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.
9. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103

									Арк.
									50
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 3.6.141.336 ПЗ

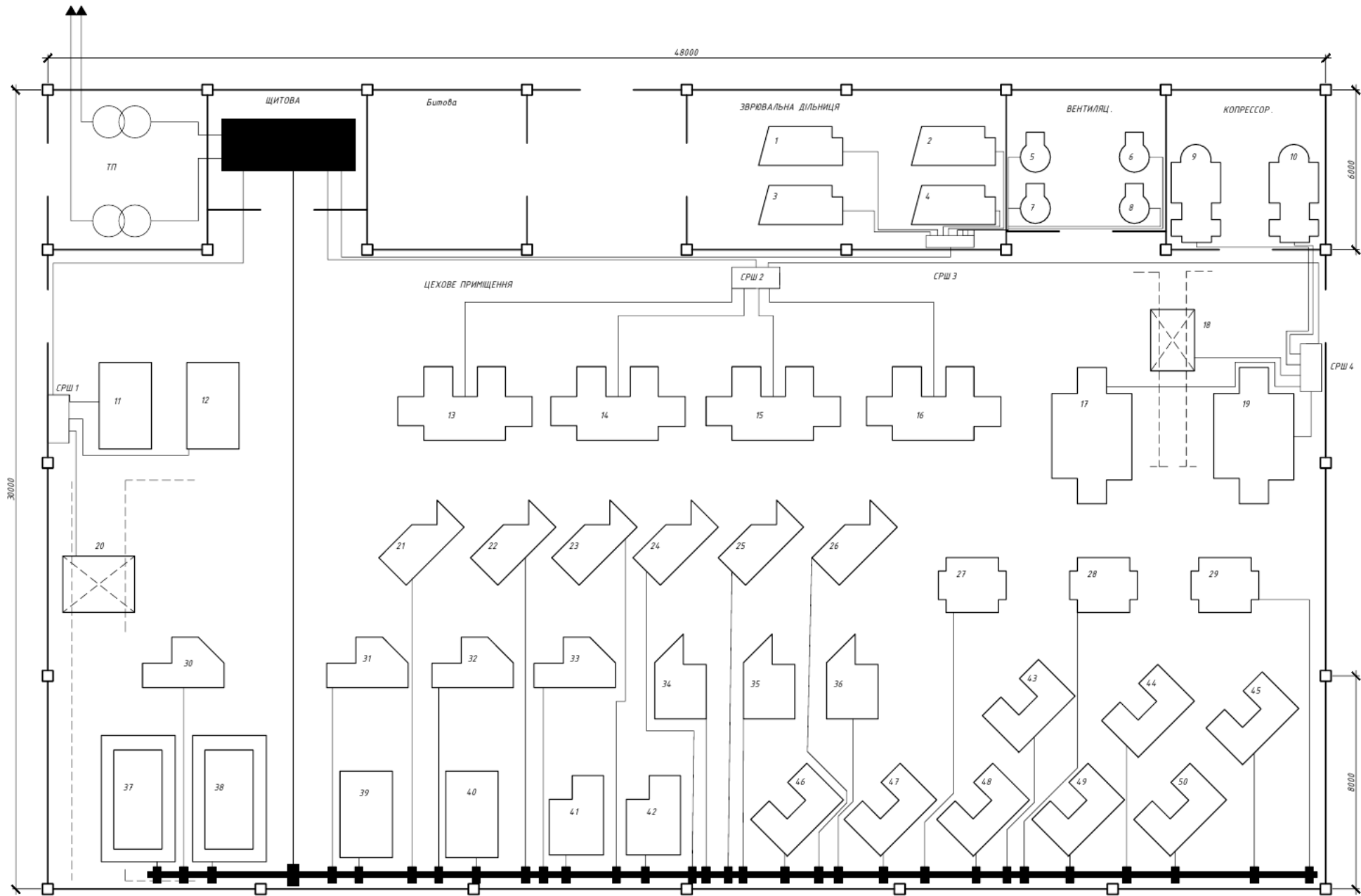
«Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання /
Укладачі: Д.В. Муріков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М.
Лебедка. - Суми: Вид-во СумДУ, 2017. - 34 с.

10.Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. - Нац. гірн.ун-т. - Д.:
НГУ, 2015.-540 с.

					<i>БР 3.6.141.336 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>51</i>

ДОДАТКИ

					БР 3.6.141.336 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



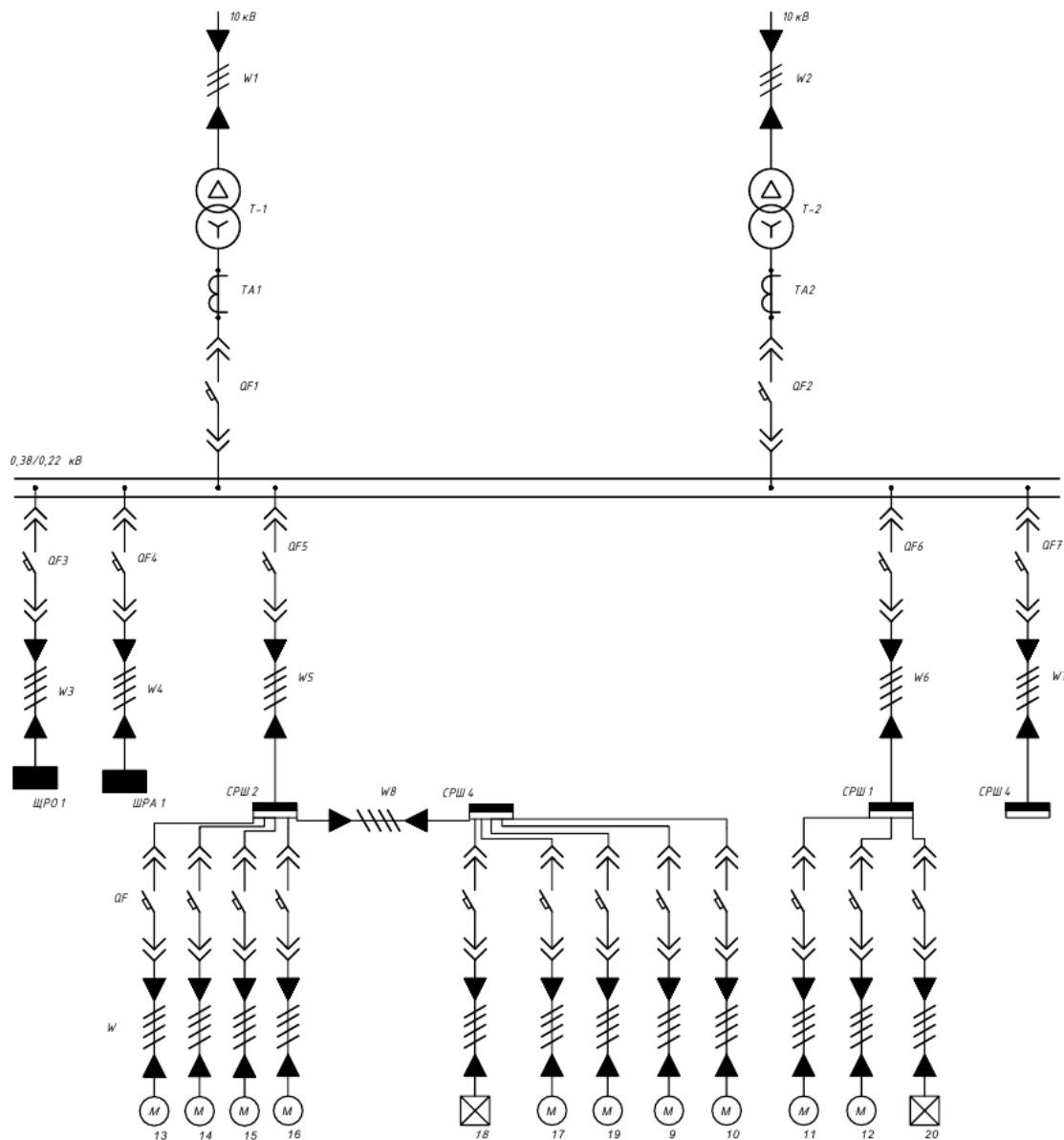
Погоджено

Зам. №в. N

Підпис. дата

№в. N. оп.

						БР 3.6.141.336 ПЗ	
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	План розташування обладнання механічного цеху	
Розробив	Добилив						Масштаб
Переб.	Лебедка						1:100
							СумДУ ЕТ-71



Перелік апаратів та обладнання

W	Кабельна лінія
T	Трансформатор
TA	Трансформатор струму
QF	Автоматичний вимикач
13-16	Горизонтально-розточувальні верстати
18	Кран-балка
17, 19	Поздовжньо-стругальні верстати
9, 10	Компресори
11, 12	Алмазно-розточувальні верстати
20	Мостовий кран

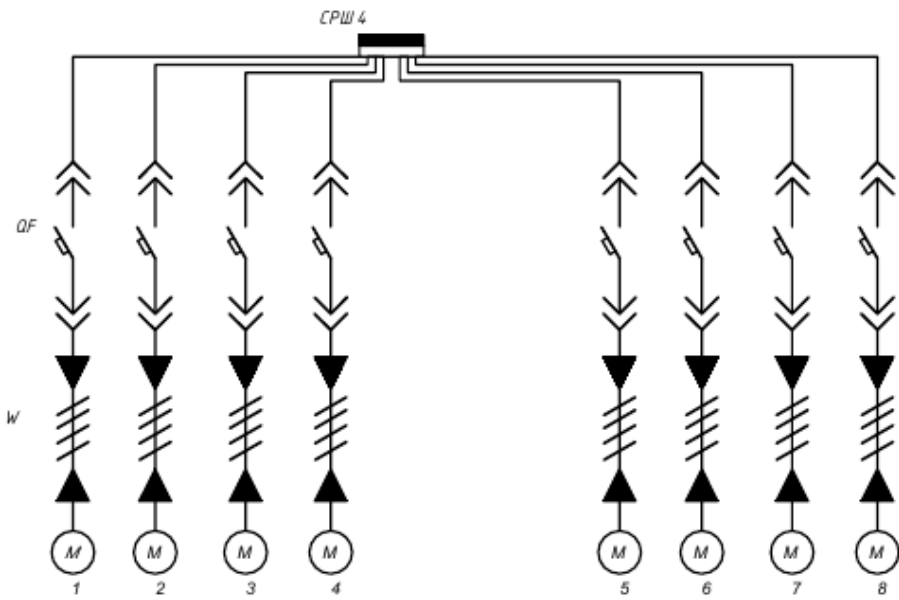
Позначено

Зам. №, ар. №, дата

БР 3.6.141.336 ПЗ					
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата
Разробив	Доббш				
Перев.	Лебедка				
Схема заміщення					
СумДУ ЕТ-71					

Погоджено

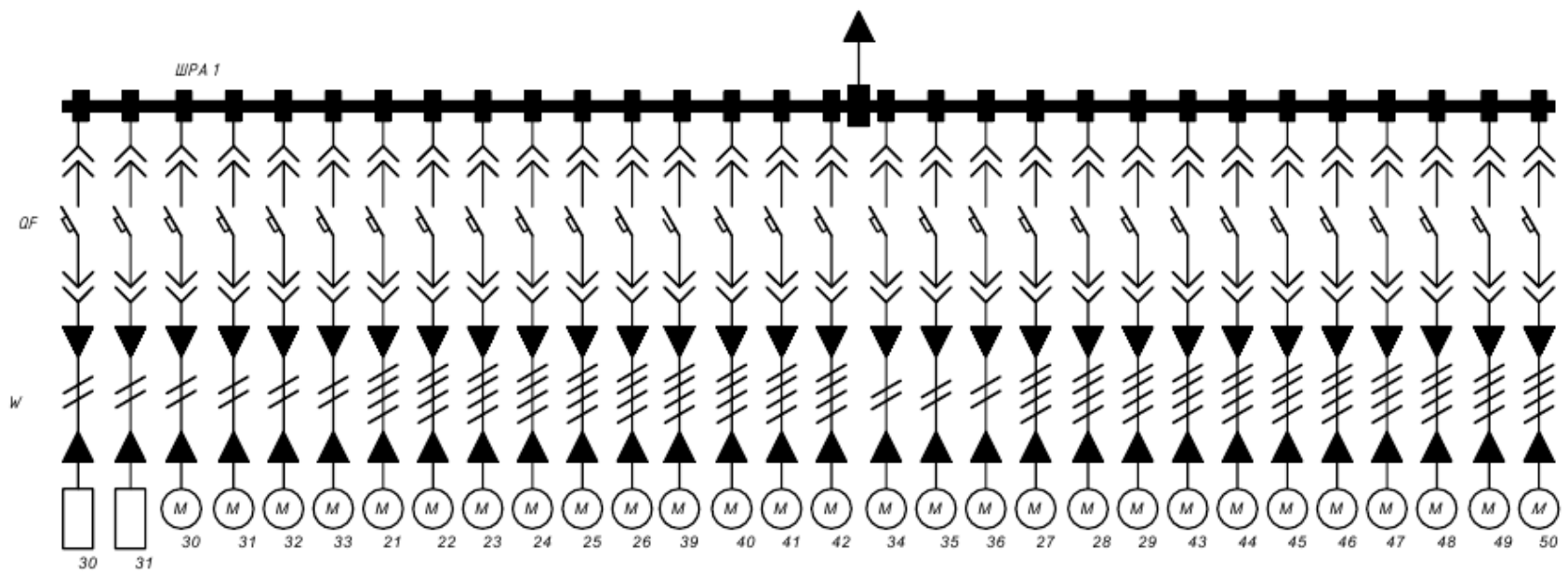
Інв. N ор.	Підпис і дата	Зам. інв. N



Перелік апаратів та обладнання

W	Кабельна лінія
QF	Автоматичний вимикач
5-8	Вентилятори
1-4	Зварювальні автомати

БР 3.6.141.336 ПЗ					
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата
Схема заміщення SRШ 4					
Розробив: Доббих Переб.: Лебедка				СумДУ ЕТ-71	



Перелік апаратів та обладнання

W	Кабельна лінія
QF	Автоматичний вимикач
39,40	Алмазно -розточувальні верстати
21-26	Розточувальні верстати
27-29	Поперечно -стругальні верстати
30-36	Вертикально -свердлильні верстати
41,42	Заточувальні верстати
43-50	Токарно -револьверні верстати
37,38	Електропечі опору

						БР 3.6.141.336 ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підпис	Дата			
						Схема заміщення ШРА 1		
Розробив		Доббш						
Переб.		Лебедка						
						СумДУ ЕТ-71		