

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

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему:

**«Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільни-  
ці цеху»**

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент групи ЕТм-11

С.І. Мельник

Керівник

С.М. Леbedка

Консультант

з економічної частини к.е.н, доцент

О.М. Маценко

Нормоконтроль

М.А. Никифоров

Суми 2022

**Сумський державний університет**

Факультет ЕлІТ Кафедра електроенергетики  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

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

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську роботу**

Мельника Сергія Івановича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розрахунок системи електропостачання зварювальної ділянки цеху»

затверджена наказом по університету №     від    

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 10.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Розміри проєктованого цеху. 2. Електричне обладнання зварювального цеху. 3. Номінальна потужність обладнання. 4. Режим роботи обладнання

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

Вступ

1. Основна частина (електротехнічний розрахунок)

2. Охорона праці

3. Економічна частина

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень: план розташування обладнання принципова схема розподільчих шин, план розташування електричного обладнання та комутаційних приладів

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання ви- дав	Завдання прийн- яв
Економічна частина	Маценко О. М.		

7. Дата видачі завдання 15.09.2022 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ С.М. Лебедка

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ С.І. Мельник

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Вибір схеми цехової силової електричної мережі	20.09 – 25.09
2.	Розрахунок електричних навантажень	26.09 – 01.10
3.	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП	02.10 – 07.10
4.	Вибір перерізу провідників	08.10 – 20.10
5.	Розрахунок струмів короткого замикання	21.10 – 01.11
6.	Вибір електричних апаратів	02.11 – 10.11
7.	Розрахунок заземлення цехової ТП	11.11 – 15.11
8.	Розрахунок економічної частини	16.11 – 30.11
9.	Оформлення ПЗ, креслень, презентації	01.12 – 10.12

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

## РЕФЕРАТ

с. 73, рис. 6, табл. 27, додатків 4, джерел 23.

**Бібліографічний опис:** Мельник С.І. Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільниці цеху [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.І Мельник; наук. керівник С.М. Лебедка. – Суми: СумДУ, 2022. – 73 с.

### **Ключові слова:**

Дільниця зварювального цеху, силова електрична мережа, електричне навантаження, комплектна трансформаторна підстанція, кабель живлення, струм короткого замикання, автоматичний вимикач, силова розподільча шина, шина розподільча автомагістраль, низька напруга

Участок сварочного цеха, силовая электрическая сеть, электрическая нагрузка, комплектная трансформаторная подстанция, кабель питания, ток короткого замыкания, автоматический выключатель, силовая распределительная шина, шина распределительная автомагистраль, низкое напряжение

Welding shop area, power network, electric load, complete transformer substation, power cable, short-circuit current, circuit breaker, power distribution bus, distribution highway bus, low voltage.

### **Короткий огляд:**

В даній роботі вибрано схему цехової силової електричної мережі зварювального цеху та потужність споживачів електричної енергії. Розраховано загальну потужність цеху, на основі коефіцієнту використання приладу та коефіцієнту потужності. Вибрано необхідну кількість та відповідної потужності трансформаторів на трансформаторній підстанції, вибрано переріз провідників, розраховано струми короткого замикання для вибору автоматичних електромагнітних вимикачів, для забезпечення вмикання та вимикання робочого та аварійного режимів вибрано електричні апарати, Розраховано контур заземлення цеху.

У розділі охорона праці проаналізовані основні зовнішні фактори, що діють на персонал підстанції; розраховано мінімальну кількість електричних ламп та їх розміщення відповідно нормативних документів.

У економічному розділі, проведено техніко-економічне обґрунтування модернізації зварювального цеху. Проведено економічний аналіз використання світильних різного типів, економічну вигоду та термін окупності

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕУ – електроустановка

КЗ – коротке замикання

ККУ – комплектні конденсаторні установки

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок

РЗ – релейний захист

РП – розподільний пункт

СЕП – система електропостачання

СРШ – силова розподільна шафа

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція

ШНВ – шафа низьковольтного вводу

ШРА – шино провід розподільний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ОСНОВНА ЧАСТИНА (ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК) .....	8
1.1 Загальна характеристика зварювального цеху.....	8
1.2 Вихідні дані електричних приймачів зварювального цеху .....	10
1.3 Визначення розрахункових електричних навантажень .....	12
1.4 Вибір ТП і компенсуючих установок.....	17
1.4.1 Вибір трансформаторної підстанції .....	17
1.4.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності .....	19
1.5 Вибір перерізу провідників.....	21
1.5.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ.....	21
1.5.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ .....	23
1.5.3 Вибір шинопроводів .....	25
1.6 Вибір ліній живлення системи електропостачання.....	28
1.7 Розрахунок струмів короткого замикання.....	32
1.7.1 Розрахунок параметрів схеми заміщення .....	34
1.8 Вибір комутаційних апаратів.....	37
1.9 Розрахунок заземлення цехової трансформаторної підстанції .....	47
1.10 Висновки до розділу .....	51
2 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	52
2.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки.....	53
2.1.1 Вихідні дані до розрахунку .....	54
2.1.2 Розрахунок освітлювальної системи.....	54

					<b>МР 3.8.141.464 ЕТ.м-11 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розрахунок системи електропостачання зварювальної ділянки цеху	Лит.	Аркуш	Листів
Розроб.	Мельник					5	73	
Перевір.	Лебедка							
Реценз.								
Н. Контр.	Никифоров					СумДУ ЕТ.м-11		
Затверд.	Лебединський							

2.1.3	Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання .....	56
2.2	Висновок по розділу .....	58
3	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	59
3.1	Розрахунок економічного ефекту .....	59
3.2	Висновок .....	64
	ВИСНОВОК.....	66
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	67
	ДОДАТКИ.....	70

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

Зварювальне виробництво, тобто сукупність процесів, що утворює самостійну закінчену технологію виготовлення зварної продукції, - одна з провідних в сучасному машинобудуванні. Тому в складі машинобудівного заводу зазвичай є складально-зварювальні цехи або відділення та спеціалізовані складально-зварювальні ділянки.

Проект системи електропостачання повинен забезпечувати безпеку для життя людини, енергоефективність, естетичність і функціональність електроустановок. Під енергоефективністю розуміють раціональне використання електроенергії. Енергоефективність досягається застосуванням найбільш ефективних джерел світла, побудовою схеми мережі штучного освітлення таким чином, щоб забезпечувалось відключення частини світильників.

Даним проектом передбачено розрахунок зварювального 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

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



# 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА (ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК)

## 1.1 Загальна характеристика зварювального цеху

Зварювальне виробництво - одна з провідних в сучасному машинобудуванні. В складі машинобудівного заводу є складально-зварювальні цехи або відділення та спеціалізовані складально-зварювальні ділянки. Кожний виробничий підрозділ (складально-зварювальний цех, відділення, дільниця) організують в складі заводу для виготовлення певної заданої продукції, що є результатом цілеспрямованого процесу праці [1].

У розробці проектів зварювального виробництва велике значення має визначення найбільш доцільних форм організації виробничих процесів для випуску заданої продукції. Залежно від числа різних заданих видів виробів і повторюваності їх виготовлення, може бути встановлена приналежність проєктованого цеху до певного типу виробництва (одиничне, дрібносерійне, серійне, велико-серійне, масове). Часто в одному цеху суміщають одиничне і дрібносерійне виробництво. Тому в практиці проєктування прийнято розглядати чотири типи виробництва [1]:

1. Одиничне і дрібносерійне.
2. Серійне.
3. Багатосерійне.
4. Масове.

При проєктуванні підприємств, а саме складально-зварювальних цехів машинобудівних заводів, розрізняють одностадійне проєктування, що включає розробку техно-робочого проєкту (ТРП) і двостадійне проєктування, що включає розробку стадії технічний проєкт (ТП), а потім стадії робочі креслення (РК) [1].

					МР 3.8.141.464 ЕТ.м-11 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Мельник			Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільниці цеху	Лит.	Аркуш	Листів
Перевір.		Лебедка					8	73
Реценз.						СумДУ ЕТ.м-11		
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський						

Для будівництва підприємств слід розробляти проекти. Технічний проект цеху виконують з метою детальної розробки технологічних процесів виробництва ще не освоєних видів виробів, що передбачаються до виготовлення із застосуванням нової технології і комплексної механізації та автоматизації їх виробництва.

Технологічна і транспортна частина технічного проекту складально-зварювального цеху повинна містити такі відомості [1]:

- програму виробництва і режим роботи кожного відділення цеху;
- визначення необхідного якісного і кількісного складу всіх основних елементів виробництва;
- нормовані технологічні процеси виробництва;
- плани і розрізи цеху з розташуванням обладнання, робочих місць і транспортних пристроїв.

Робочі креслення представляють собою уточнення і доопрацювання попередньої стадії проекту. По робочих кресленнях здійснюють будівельні та монтажні роботи, включаючи установку обладнання та пристрій комунікацій. При розробці робочих креслень виконують уточнення планування всього обладнання і робочих місць на планах та розрізах цеху з прив'язкою їх розташування до конструктивних елементів будівлі цеху, розрахунок та розробку конструкцій фундаментів устаткування, всіх оригінальних пристосувань, стендів, підйомних та транспортних пристроїв.

При складанні робочих креслень, технологічний процес виробництва звичайно не розробляють, а запозичують його з найбільш відповідного до отриманого завдання типового проекту або приймають за даними наявних економічних проектів аналогічних виробництв і виробничого досвіду існуючих подібних цехів передових заводів з внесенням необхідних змін, які відповідають заданій, програмі випуску виробів у проектованому цеху і новітнім досягненням науки і зварювальної техніки [1–3].

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## 1.2 Вихідні дані електричних приймачів зварювального цеху

В табл. 1.1 наведено необхідні вихідні дані номінальних параметрів електроспоживачів зварювального цеху до проектування.

Таблиця 1.1 - Вихідні дані до проектування

№	Найменування пристрою	P, кВт	ПВ, %
45	Електроталь	4	25
29	Кран-балка	11,6	60
30, 34	Конвеєри стрічкові	3,5	100
3, 9, 13, 16, 41	Вентиляційні установки	10,4	100
17, 21, 44, 46	Кондиціонер	13,9	100
18... 20	Електропечі опору	86,7	100
11, 12, 14, 15	Зварювальні агрегати	9,4	100
40	Зварювальний стенд	10,1	100
42, 43	Зварювальні трансформатори	37	4
5...7	Зварювальні випрямлячі	14,1	100
1, 4	Зварювальні перетворювачі	25,4	100
2	Зварювальні напіваавтомати	20,8	100
31...33, 36	Обдирно-шліфувальні верстати	4,6	100
22...26, 28	Верстати злиткообдирні	7,5	100
27, 35, 37...39	Свердлильні верстати	2,5	100
8, 10	Токарні верстати імпульсного наплавлення	12,1	100

План розташування електрообладнання зварювальної ділянки цеху наведено в додатку А.

Ділянка має механічне, термічне відділення, зварювальні пости, відділення імпульсної плавки. В даних приміщеннях необхідно передбачити встановлення основного обладнання.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Електропостачання забезпечується від цехової ТП 10/0,4 кВ, розташована на відстані 20 м від будівлі дільниці. Трансформаторна підстанція споруджена на території підприємства на деякій відстані від цехових споруд, що зумовлено живлення від однієї ПС кількох цехів. Крім того, ще один чинник який зумовлює зовнішнє розміщення у зв'язку із неможливістю розміщення ПС усередині цехів або біля їх зовнішніх стін з міркувань виробничого характеру[2, 3].

Електроспоживачі, які забезпечують споживання приладів підтримка життєдіяльності людини відносяться до 2 категорії надійності, а інші до 3. Кількість робочих змін – 2.

Ґрунт в області цеху – пісок при температурі +12 °С. Каркас будівлі складається із блоків-секції довжиною 8, 6 та 4 м кожний.

Розмір цеху  $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 8$  м.

При виборі схеми цехової мережі враховують такі фактори [2, 3]:

- Потужність ЕП на території цеху.
- Розміщення ЕП на території цеху.
- Характер технологічного процесу.
- Умови навколишнього середовища.

Цехова силова мережа має відповідати таким вимогам [2, 3]:

- Гарантувати необхідну електробезпеку як для працюючих у цеху, так і для електротехнічного персоналу, що обслуговує мережу;
- Забезпечувати необхідну надійність електропостачання залежно від категорії ЕП;
- Бути зручною та наочною в експлуатації;
- Відповідати характеру навколишнього середовища.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

### 1.3 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 [2, 3].

Для початку розрахунку навантажень необхідно розбити електроприймачі на категорії, тобто об'єднати їх в групи за подібністю режимів роботи і близьким коефіцієнтам використання, які приведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Категорії електроприймачів цеху за подібними режимами роботи

Група приймачів	Приймачі, схожі за режимом роботи
Металорізальні верстати	Обдирно-шліфувальні верстати
	Верстати злиткообдирні
	Свердлильні верстати
	Токарні верстати імпульсного наплавлення
Підйомне устаткування	Електроталь
	Кран-балка
	Конвеєри стрічкові
Зварювальні апарати	Зварювальні агрегати
	Зварювальний стенд
	Зварювальні трансформатори
	Зварювальні випрямлячі
	Зварювальні перетворювачі
	Зварювальні напівавтомати
Вентилятори, насоси, компресори	Вентиляційні установки
	Кондиціонер
Електротермічне устаткування	Електропечі опору

Для прикладу, проведемо подальший розрахунок для металорізальних верстатів.

- Відповідно [2–4], спочатку визначаємо сумарні номінальні активні та реактивні потужності кожної характерної категорії за формулою (1.1) [2–4]:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі}$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot tg \varphi_i$$

Тє

де  $P_{номі}$  – активна номінальна потужність електроприймача, кВт;

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

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

Для металорізальний верстатів проведемо підстановку даних згідно формули (1.1):

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot n_i = 4,6 \cdot 4 + 7,5 \cdot 6 + 2,5 \cdot 5 + 12,1 \cdot 2 = 100,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot n_i \cdot tg \varphi_i =$$

$$= 4,6 \cdot 4 \cdot 1,73 + 7,5 \cdot 6 \cdot 1,73 + 2,5 \cdot 5 \cdot 1,73 + 12,1 \cdot 2 \cdot 1,73 = 173,4 \text{ кВАр}$$

- Наступним етапом визначається середня потужність навантажень кожної категорії електроприймачів за виразом (1.2):

$$P_{ср} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}$$

$$Q_{ср} = \sum_{i=1}^n Q_{срi} tg \varphi_i$$

Тє

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

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

Знайдемо значення середньої потужності для металорізальних верстатів за формулою (1.2):

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi} = 18,4 \cdot 0,2 + 45 \cdot 0,2 + 12,5 \cdot 0,2 + 24,2 \cdot 0,2 = 20,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{спі} \text{tg} \varphi_i =$$

$$= 18,4 \cdot 0,2 \cdot 1,73 + 45 \cdot 0,2 \cdot 1,73 + 12,5 \cdot 0,2 \cdot 1,73 + 24,2 \cdot 0,2 \cdot 1,73 = 34,7 \text{ кВАр}$$

Середньозважені коефіцієнти використання и потужності розраховуються за формулами (1.3) [1, 2]:

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

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

Тє

де  $k_{Bi}$ ,  $k_{Bcp}$  відповідно коефіцієнти використання і-го електроприймача и середнє зважений коефіцієнт використання;

$\text{tg} \varphi_i$  - середньозважений коефіцієнт реактивної потужності.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{20,0}{100,1} = 0,2$$

$$tg \varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{спі} tg \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{173,4}{100,1} = 1,732$$

- Ефективне число електроприймачів за характерною категорією визначається за формулою (1.4) [1, 2]:

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

Т€

$$n_{ef} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{номі} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номі}^2} = \frac{100,1^2}{3105} = 3,2 \text{ шт.}$$

На основі розрахованих параметрів і табличних даних представленої в [2, 3] визначається розрахунковий коефіцієнт за формулою (1.5):

$$k_p = f(n_{ef}; k_{B.cp})$$

Т€

$$k_p = f(n_{ef}; k_{B.cp}) = f(3,2; 0,2) = 1,66$$

- Визначаємо розрахункову потужність по кожній характерній категорії за формулою (1.6):

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



$$P_p = P_{cpi} k_p$$

$$Q_p = Q_{cpi} k_p$$

Тє

де  $P_p$ ,  $Q_p$  – відповідно розрахункові активна і реактивна потужності, кВт и кВАр.

$$P_p = P_{cpi} k_p = 20,0 \cdot 1,66 = 33,2 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{cpi} k_p = 34,7 \cdot 1,66 = 57,6 \text{ кВАр}$$

- Повне розрахункове навантаження визначається за наступним виразом (1.7):

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

Тє

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{33,2^2 + 57,6^2} = 66,4 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм визначається за виразом (1.8):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Тє

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{66,4}{\sqrt{3} \cdot 380} = 100,9 \text{ А}$$

Аналогічним шляхом визначаємо для інших груп.

Результати розрахунків по даному підрозділі показано в табл. 1.3.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1.3 - Результати розрахунків

Група ЕП	$P_{ном}$ , кВт	$Q_{ном}$ , кВАр	$P_{ср}$ , кВт	$Q_{ср}$ , кВАр	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
Металорізальні вер- стати	100,1	173,4	20,0	34,7	33,2	58	66	101
Підйомне устатку- вання	18,0	22,4	3,6	5,4	9,2	14	16	25
Зварювальні апарати	176,4	327,8	58,4	104,8	67,1	120	138	210
Вентилятори, насо- си, компресори	107,6	146,8	72,5	99,9	87,0	120	148	225
Електротермічне устаткування	260,1	450,5	182,1	315,3	207,6	359	415	631
Освітлення	30,0	30,0	30,0	15,0	135,0	180	225	342
Разом по цеху	692,2	1150,9	366,6	575,1	539,1	851	1007	1531

## 1.4 Вибір ТП і компенсуючих установок

### 1.4.1 Вибір трансформаторної підстанції

Вибір числа і потужності силових трансформаторів для цехових трансформаторних підстанцій промислових підприємств повинен бути хімічн 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

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

потужності трансформаторів цехових підстанцій, а також засобів компенсації здійснюється за такою схемою [2–4]:

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.

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 (1.9) [2, 3]:

$$S_{ном} \geq S_{ном\_т.р} = \frac{P_p}{N \cdot \beta_m} \quad (1.9)$$

де  $S_{ном\_т.р}$  - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

$P_p$  - розрахункове активне навантаження;

$N$  - Кількість трансформаторів;

$\beta_m$  - 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:  $\beta_m = 0,75$ .

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

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

$$P_p = 539 \text{ кВт}$$

Отже, номінальна потужність трансформатора ПС становить:

$$S_{ном} \geq S_{ном_{т.р}} = \frac{\sqrt{(539)^2 + (851,1)^2}}{2 \cdot 0,75} = 1007,5 \text{ кВт}$$

Згідно з розрахунком для ТП вибирається трансформатор типу ТМ-1000-10/0,4. Каталожні дані показано в табл. 1.4 [5–7]. Згідно умови, електроприлади відносяться до 2 та 3 категорії споживачів. Тому, обираємо 2 трансформатора типу ТМ-1000-10/0,4.

Таблиця 1.4 – Каталожні дані трансформатора

Тип трансформатора	S <sub>ном</sub> , кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані			
		U <sub>ном</sub> , кВ		U <sub>к</sub> , %	ΔP <sub>к</sub> , кВт	ΔP <sub>х</sub> , кВт	I <sub>х</sub> , %	R <sub>т</sub> , Ом	X <sub>т</sub> , Ом	ΔQ <sub>х</sub> , кВАр	пт
		ВН	НН								
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	10,6	1,4	1,8	1,22	5,35	26	14,5

#### 1.4.2 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 форму-

лою 3.2 (1.10) [2, 3]:

$$Q_m = \sqrt{(N \cdot \beta_m \cdot S_{ном\_т.р})^2 - P_p^2} \quad (1.10)$$

де  $S_{ном\_т.р}$  - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

$P_p$  - розрахункове активне навантаження;

$N$  - кількість трансформаторів;

$\beta_m$  - 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 (1.11):

$$\begin{aligned} Q_{н.к} &= Q_p - Q_T \\ Q_p &= \sum Q_P \end{aligned} \quad (1.11)$$

Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності комплектної (КУ)  $Q_{н.к.ст}$ , що вибирається з інформаційних джерел. Якщо  $Q_{н.к} \leq 0$  то встановлювати конденсатори не потрібно. Визначаємо орієнтовну потужність компенсуючих пристроїв.

$$Q_m = \sqrt{(2 \cdot 0,75 \cdot 1000)^2 - 539^2} = 1292 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = 851 \text{ кВАр}$$

$$Q_{н.к} = 1292 - 851 = 441 \text{ кВАр}$$

У зв'язку з тим, що трансформатор даної ПС не пропускає всю необхідну реактивну потужність у мережу напругою до 1 кВ, необхідно встанови-

						Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР 3.8.141.464 ПЗ	

ти конденсаторну установку. Вибираємо дві комплектні (КУ), найближча стандартна величина потужності яких становить 440 кВАр.

Вибираємо установку типу УКРМ-0,4-440-20 УЗ з кроком зміни реактивної потужності 20 кВАр [8].

## 1.5 Вибір перерізу провідників

### 1.5.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ

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 (1.12) [2, 3]:

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

$$I_{норм} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ A} \quad (1.12)$$

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 (1.13):

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

$$S_{ек} = \frac{92,4}{2,5} = 23,1 \text{ мм}^2 \quad (1.13)$$

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

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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

Розрахунковий економічно вигідний переріз  $S_{ек}$  округляється до найближчого стандартного перерізу. Обираємо кабель типу АВВГ 4х35.

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 [2, 3], порівнюють зі струмом його форсованого режиму  $I_{ф}$  з урахуванням коефіцієнта резервування  $K_{рез}$  за формулою (1.14):

$$K_{рез} I'_{дон} \geq K_{пер} I_{норм}, A \quad (1.14)$$

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 (1.15) [2, 3]:

$$\begin{aligned} I'_{дон} &= K_{сер} K_{пр} I_{дон}, A \\ I'_{дон} &= 0,94 \cdot 1 \cdot 81 = 76,14 \end{aligned} \quad (1.15)$$

де  $K_{сер}$  - поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної, відповідно ПУЕ дане значення становить +25 для повітря та +15 для землі [9];

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

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

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища  $K_{сер}$  можна також обчислити за формулою (1.16):

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{60 - 25}{60 - 15}} = 0,88 \quad (1.16)$$

Оскільки рівність (1.14) виконується, то переріз кабелю обрано правильно.

### 1.5.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового за формулою (1.17):

$$I'_{доп} \geq I_{норм}, A \quad (1.17)$$

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 стандартних умов при їх довготривалому характері. Визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта  $K_{нопр} = 0,925$ , за формулою (1.18):

$$I'_{доп} = K_{нр} \cdot K_{сер} \cdot K_{нопр} \cdot I_{доп}, A \quad (1.18)$$

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості, поправковий коефіцієнт  $K_{нр} = 1$ , згідно вимог правил та улаштувань електроустановок (ПУЕ) [9].

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

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата. Форсований режим в електромережах напругою до 1 кВ буває досить рідким явищем.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається за формулою (1.19):

$$\Delta U = \frac{P_p R_{кб} + Q_p X_{кб}}{10 \cdot U_{ном}^2} \quad (1.19)$$

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 (1.20)

:

$$\begin{aligned} R_{кб} &= r_0 \cdot l_{кб} \\ X_{кб} &= x_0 \cdot l_{кб} \end{aligned} \quad (1.20)$$

де  $r_0$ ,  $x_0$  - активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км;

$l_{кб}$  - довжина кабелю, км.

Результати розрахунків зводимо в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Результати розрахунку вибору кабелів до шинних РП

Кабель до ПЕ	$S_{ст}$ мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
СРШ1	1×120	184	161	0,168	12	1×АВВГ 4×-120
СРШ2	1×150	244	237	0,337	20	1×АВВГ 4×-150
СРШ3	1×70	129	103	0,023	2	1×АВВГ 4×-70
СРШ4	1×70	129	103	0,081	7	1×АВВГ 4×-70

СРШ5	4×185	994	849	0,027	2	4×АВВГ 4×-185
СРШ6	2×95	313	256	0,279	22	2×АВВГ 4×-95
СРШ7	1×70	129	109	0,185	12	1×АВВГ 4×-70
ШРА	2×50	405	338	0,179	6	2×АВВГ 4×-50

### 1.5.3 Вибір шинопроводів

Шинопроводи до шин підстанцій приєднують кабелем або проводом, який підводиться до ввідної коробки, що встановлюється в місці з'єднання двох секцій шинопроводу. До магістральних шинопроводів, їх, як правило, приєднують через ввідну коробку, що встановлена на розподільчому шинопроводі, і з'єднується з відгалужувальною секцією магістрального шинопроводу кабельною перемичкою. Підключення електроприймачів цеху до шинопроводів показано на рис.1.1.

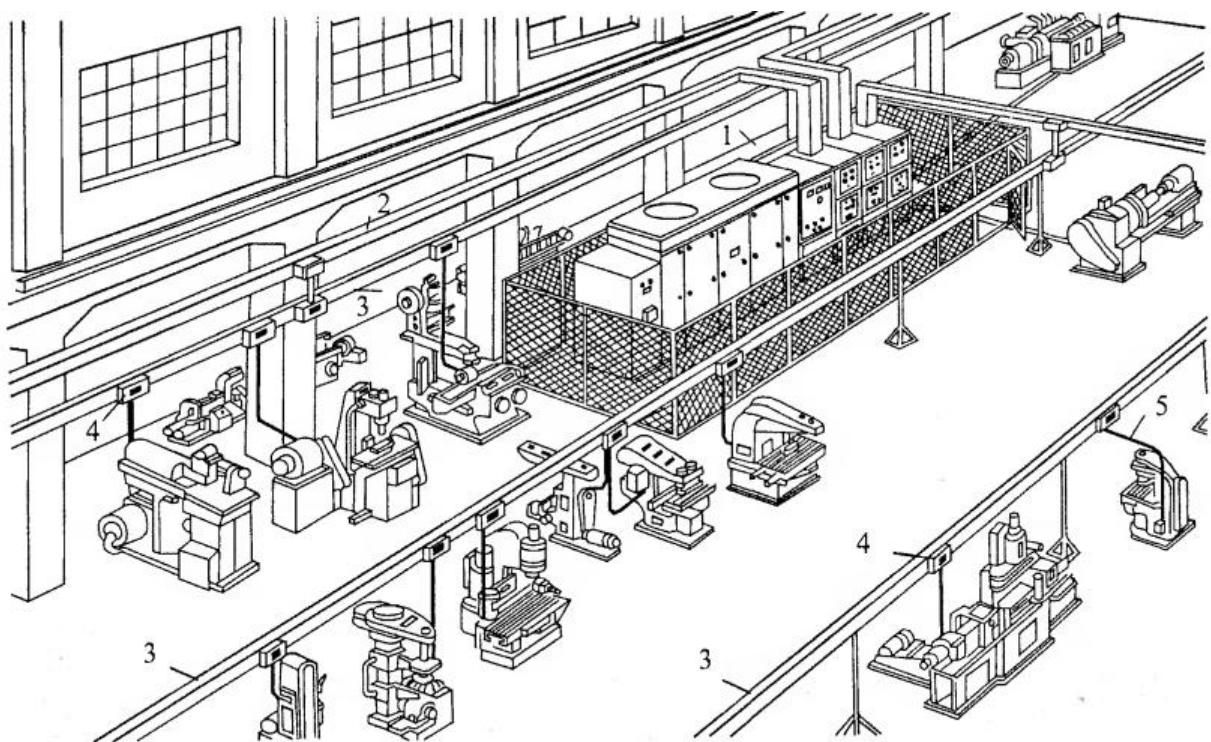


Рисунок 1.1 – Розподілення електроенергії в цеху за допомогою шинопроводів:

- 1 - КТП,
- 2 - магістральний шинопровід,
- 3 - розподільчий

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 3.8.141.464 ПЗ

Арк.

25

шинопровід,  
4 - відгалужувальна коробка,  
5 – підключення окремого електроприймача до розподільчого шинопроводу.

Розподілений шинопровід серії ШРА застосовується всередині приміщень в розподільчих електричних мережах трифазного струму частотою 50 і 60 Гц напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Шинопроводи ШРА4-250-32-1УЗ та ШРА4-630-32-1УЗ застосовують у приміщеннях з нормальним навколишнім середовищем.

Шинопроводи типу ШРПУЗ призначені для використання в приміщеннях з пильним середовищем, а також у пожежонебезпечних приміщеннях П-11 та П-11а). Це захищені від пилу шинопроводи виконання IP54.

Електроприймачі підключаються до розподільчого шинопроводу спеціальними відгалужувальними коробками на 100 А, автоматичними вимикачами та роз'єднувачами на різні струми [10].

За вимогами техніки безпеки, при відкриванні кришки відгалужувальної коробки електроприймач вимикається. Якщо відгалуження до електроприймача не потребує захисту, тоді на кришці коробки встановлюють ножі, які при закритій кришці входять в губки патроноприймача. Керування установочним апаратом, змонтованим всередині відгалужувальної коробки, виконується рукояткою, що закріплена на стінці коробки.

Шинопроводи встановлюють на спеціальних стояках, на стінах, на кронштейнах, на колонах будівель та ін.Комплектні шинопроводи типу ШМА вибирають за струмом форсованого режиму силового трансформатора, до якого вони приєднані, за формулою (1.21) [2, 3]:

$$I_{ном.ШМА} \geq I_{\Phi} = K_{рез} \cdot I_{ном.т} \quad (1.21)$$

					МП 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

де  $K_{рез}$  - коефіцієнт резервування, який враховує тривале перевантаження трансформатора залежно від кількості трансформаторів на ПС і умов резервування на стороні НН.

Номінальний вторинний струм трансформатора визначається за формулою (1.22) [2, 3]:

$$I_{ном.т} = \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.т}} \quad (1.22)$$

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

$U_{ном.т}$  - номінальна вторинна напруга трансформатора, кВ.

Розрахунок номінального вторинного струму наведений нижче

$$I_{ном.т} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2430 \text{ A}$$

Втрату напруги в ШМА обчислюємо за формулою (1.23):

$$U_{ШМА} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot 100}{U_{ном}} \cdot (r_n \cos \varphi + x_n \sin \varphi) \quad (1.23)$$

де  $r_n$ ,  $x_n$  - питомі активний та індуктивний опори ШМА, відповідно;

$I_p$  - розрахунковий струм ШМА, А;

$l$  - довжина ШМА, км;

Приклад розрахунку втрати напруги у проводі наведено нижче

$$U_{сршл} = \frac{\sqrt{3} \cdot (18,2 + 76,0 + 30,9) \cdot 11,2 \cdot 100}{0,38} \cdot (0,0292 + 0,00674) = 0,162 \%$$

						Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР 3.8.141.464 ПЗ	

Номинальний струм комплектних шинопроводів типу ШРА  $I_{ном.ШРА}$  і вибирають за розрахунковим струмом рівня електропостачання за формулою (1.24):

$$I_{ном.ШРА} \geq I_p \quad (1.24)$$

Площа перерізу та втрата напруги в ШРА визначається так як і для ШМА. Отримані дані заносимо в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати розрахункових шинопроводів по шинних розподільних пунктах

РП	$I_{дон}, A$	$I_p, A$	$\Delta U, \%$	Тип шинопроводу
ШРА1	250	161	0,168	ШРА73-250-У3
СРШ1	250	237	0,337	ШРА73-250-У3
СРШ2	250	103	0,023	ШРА73-250-У3
СРШ3	250	103	0,081	ШРА73-250-У3
СРШ4	1250	849	0,027	ШМА4-1250-У3
СРШ5	630	256	0,279	ШРА73-630-У3
СРШ6	250	109	0,185	ШРА73-250-У3
СРШ7	630	338	0,179	ШРА73-630-У3

## 1.6 Вибір ліній живлення системи електропостачання

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою (1.25):

$$I'_{дон} \geq I_p \quad (1.25)$$

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

Обрані провідники типу АВВГ та параметри за якими перевірено правильність вибору показано в табл. 1.7-1.14.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку проводів по СРШ 1

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні перетворювачі (1)	1×35	83	77	0,123	6,94	1×АВВГ 4×-35
Зварювальні перетворювачі (2)	1×25	69	53	0,012	0,60	1×АВВГ 4×-25
Зварювальні перетворювачі (3)	1×16	55	32	0,061	4,13	1×АВВГ 4×-16

Таблиця 1.8 – Результати розрахунку проводів по СРШ 2

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні перетворювачі (4)	1×35	83	77	0,145	8,20	1×АВВГ 4×-35
Зварювальні випрямлячі (5)	1×16	55	43	0,188	9,30	1×АВВГ 4×-16
Зварювальні випрямлячі (6)	1×16	55	43	0,188	9,30	1×АВВГ 4×-16
Зварювальні випрямлячі (7)	1×16	55	43	0,222	11,00	1×АВВГ 4×-16
Вентиляційні установки (9)	1×10	39	32	0,281	12,00	1×АВВГ 4×-10

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку проводів по СРШ 3

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні агрегати (11)	1×10	39	36	0,036	1,70	1×АВВГ 4×-10

Зварювальні агрегати (12)	1×10	39	36	0,068	3,20	1×АВВГ 4×-10
Вентиляційні установки (13)	1×10	39	32	0,199	8,50	1×АВВГ 4×-10

Таблиця 1.10 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ4

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні агрегати (14)	1×10	39	36	0,039	1,80	1×АВВГ 4×-10
Зварювальні агрегати (14)	1×10	39	36	0,075	3,50	1×АВВГ 4×-10
Вентиляційні установки (16)	1×10	39	32	0,192	8,20	1×АВВГ 4×-10

Таблиця 1.11 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ5

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Кондиціонер (17)	1×1 0	39	30	0,055	1,80	1×АВВГ 4×-10
Електропечі опору (18)	1×1 20	184	263	0,061	2,80	1×АВВГ 4×-120
Електропечі опору (19)	1×1 20	184	263	0,083	3,80	1×АВВГ 4×-120
Електропечі опору (20)	1×1 20	184	263	0,105	4,80	1×АВВГ 4×-120
Кондиціонер (21)	1×1 0	39	30	0,178	5,80	1×АВВГ 4×-10

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ6

					МР 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм2	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Вентиляційні установки (41)	1×10	39	32	0,042	1,80	1×АВВГ 4×-10
Зварювальні трансформатори (42)	1×50	101	112	0,053	2,80	1×АВВГ 4×-50
Зварювальні трансформатори (43)	1×50	101	112	0,071	3,80	1×АВВГ 4×-50

Таблиця 1.13 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ7

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм2	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальний стенд (40)	1×16	55	44	0,161	10,80	1×АВВГ 4×-16
Кондиціонер (44)	1×10	39	30	0,307	10,00	1×АВВГ 4×-10
Кондиціонер (46)	1×10	39	30	0,277	9,00	1×АВВГ 4×-10
Електроталь (45)	1×4	25	8	0,087	4,00	1×АВВГ 4×-4

Таблиця 1.14 – Результати розрахунку параметрів проводів по ШРА

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм2	$I_{доп}$ , А	$I_p$ , А	$\Delta U$ , %	L, м	Тип кабелю
1	2	3	4	5	6	7
Верстати злиткообдирні (22)	1×4	25	23	0,109	2,63	1×АВВГ 4×-4
Верстати злиткообдирні (23)	1×4	25	23	0,070	1,68	1×АВВГ 4×-4
Верстати злиткообдирні (24)	1×4	25	23	0,070	1,68	1×АВВГ 4×-4
Верстати злиткообдирні (25)	1×4	25	23	0,070	1,68	1×АВВГ 4×-4
Верстати злиткообдирні (26)	1×4	25	23	0,070	1,68	1×АВВГ 4×-4
Свердлильні верстати (27)	1×4	25	8	0,023	1,68	1×АВВГ 4×-4
Верстати злиткообдирні (28)	1×4	25	23	0,070	1,68	1×АВВГ 4×-4
Кран-балка (29)	1×4	25	23	0,558	8,80	1×АВВГ 4×-4



Конвеєри стрічкові (30)	1×4	25	7	0,097	5,10	1×АВВГ 4×-4
Обдирно-шліфувальні верстати (31)	1×4	25	14	0,179	7,06	1×АВВГ 4×-4
Обдирно-шліфувальні верстати (32)	1×4	25	14	0,179	7,06	1×АВВГ 4×-4
Обдирно-шліфувальні верстати (33)	1×4	25	14	0,180	7,07	1×АВВГ 4×-4
Конвеєри стрічкові (34)	1×4	25	7	0,107	5,62	1×АВВГ 4×-4
Свердлильні верстати (35)	1×4	25	8	0,097	7,03	1×АВВГ 4×-4

Продовження табл. 1.14

1	2	3	4	5	6	7
Обдирно-шліфувальні верстати (36)	1×4	25	14	0,197	7,76	1×АВВГ 4×-4
Свердлильні верстати (37)	1×4	25	8	0,176	12,76	1×АВВГ 4×-4
Свердлильні верстати (38)	1×4	25	8	0,162	11,72	1×АВВГ 4×-4
Свердлильні верстати (39)	1×4	25	8	0,160	11,57	1×АВВГ 4×-4
Токарні верстати імпульсного наплавлення (8)	1×10	39	37	0,134	4,91	1×АВВГ 4×-10
Токарні верстати імпульсного наплавлення (10)	1×10	39	37	0,077	2,84	1×АВВГ 4×-10

## 1.7 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 пе-

										Арк.
										32
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР 3.8.141.464 ПЗ					

рехідні 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 й 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 які безпосередньо приєднані до місця КЗ;

3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів, що дорівнюють відношенню середніх номінальних напруги класу (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.

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. 1.2.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

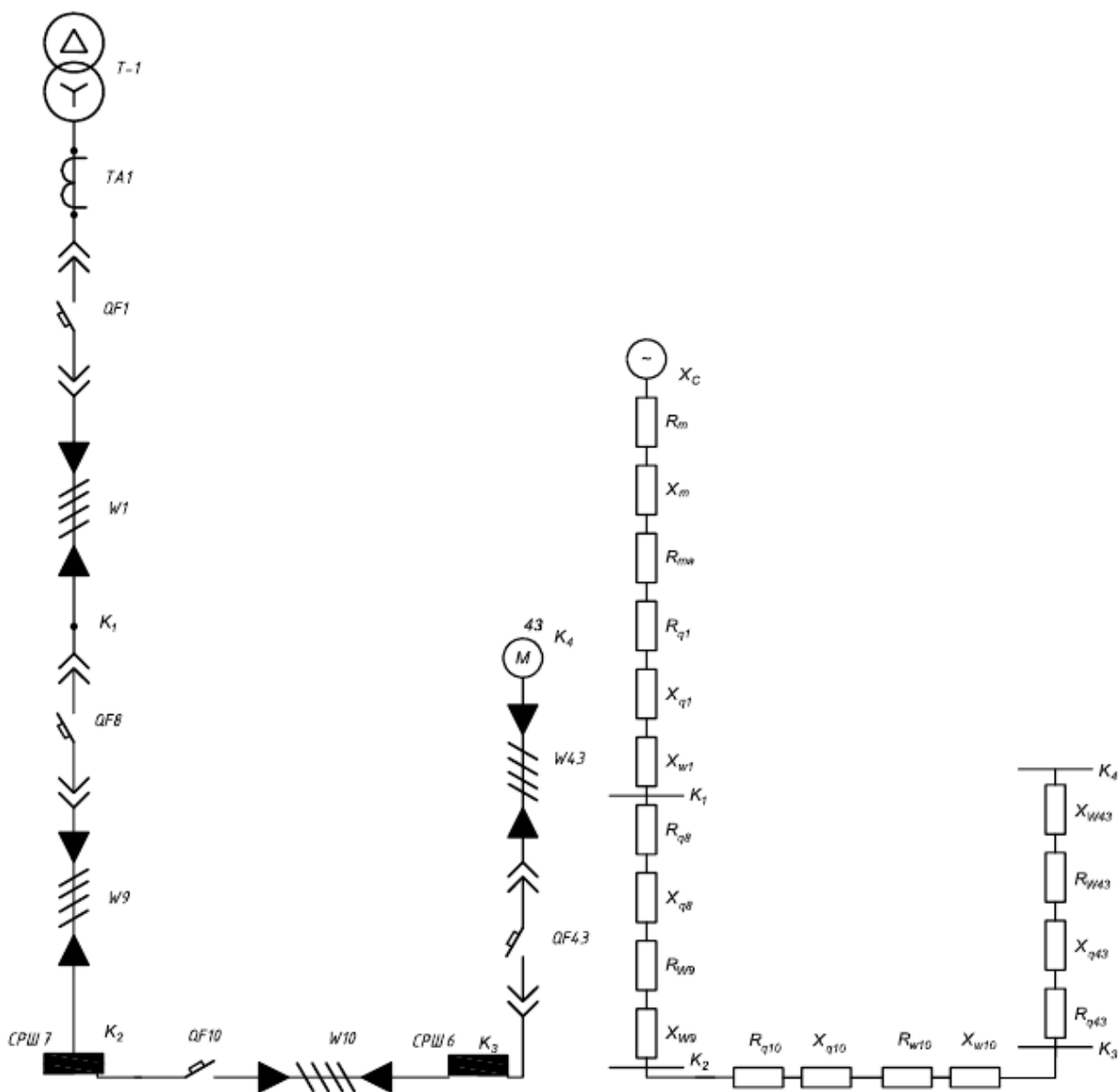


Рисунок 1.2 – Схема заміщення визначення КЗ

### 1.7.1 Розрахунок параметрів схеми заміщення

Для початку розрахуємо параметри елементів схеми заміщення за наступними виразами.

Опори трансформатора визначаємо за формулами (1.26), (1.27):

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}^2} 10^6 \quad (1.26)$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left( \frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.т}} \right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}} 10^4 \quad (1.27)$$

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.

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 (1.28).

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (1.28)$$

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} = \sqrt{3,35^2 + 15,23^2} = 15,4 \text{ кОм}$$

Далі знаходять початкове діюче значення періодичної трифазного струму при металевому КЗ за формулою (1.29):

$$I_{K(0)} = \frac{U_\delta}{\sqrt{3} \cdot z_k} \quad (1.29)$$

$$I_{K(0)} = \frac{U_\delta}{\sqrt{3} \cdot z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15,6} = 31,2 \text{ кА}$$

Наступним пунктом визначається ударний струм у точці КЗ за формулою (1.30) :

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
						35
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} \quad (1.30)$$

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,7 = 31,2 \text{ кА}$$

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 (1.31):

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{nm}} \quad (1.31)$$

де  $U_\phi$  - фазна напруга мережі, В;

$Z_{nm}$  - повний опір петлі «фаза – нуль» від трансформатора до точки КЗ, обмірюваний при іспитах або знайдений із розрахунків, мОм;

$Z_m^{(1)}$  - повний опір понижувального трансформатора струмами однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності та схемами з'єднання трансформаторів.

					МР 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
						36
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{nm}} = \frac{220}{\frac{42}{3}} = 15,71 \text{ кА}$$

Розрахунки приведені в табл. 1.15:

Таблиця 1.15 - Результати розрахунку струмів короткого замикання

Точка КЗ	$r_{кз}$	$x_{кз}$	$z_{кз}$	$I_{ПО}^{(3)}$	$I_Y^{(3)}$	$I^{(1)}$
К1	3,35	37,31	37,44	6,13	13,05	15,71
К2	4,05	37,52	37,64	6,15	12,97	6,91
К3	4,11	37,51	37,64	6,15	12,97	6,12
К4	5,41	38,21	38,65	5,95	12,67	4,88

## 1.8 Вибір комутаційних апаратів

Для виконання захисних функцій в автоматах застосовуються теплові, електромагнітні, комбіновані, напівпровідникові, мікропроцесорні роз'єднувачі. 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 [2–4]:

- 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 спрацює. Вибір автоматів здійснюється як описано нижче. Номінальна напруга цих автоматів вибирається так за формулою (1.32):

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} \quad (1.32)$$

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

Номінальний струм автоматів і номінальні струми роз'єднувачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму, формула (1.33):

$$\begin{aligned} I_{ном.а} &\geq I_{\phi} \\ I_{ном.р} &\geq I_{\phi} \end{aligned} \quad (1.33)$$

Найбільше значення номінального струму роз'єднувача дорівнює номінальному струму автомата, формула (1.34):

$$I_{ном.а} \geq I_{ном.р} \quad (1.34)$$

Струм форсованого режиму визначається за формулою (1.35):

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p \quad (1.35)$$

де  $K_{рез}$  - коефіцієнт резервування;

$I_p$  - розрахунковий струм.

					МР 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Струм форсованого режиму  $I_\phi$  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  $I_{p2}$ ; для автомата до окремого ЕП - розрахунковому струму 1-го рівня електропостачання  $I_p$  (його номінальному струму Іном ЕП при  $k_z = 1$ ).

Уставка струму спрацювання від перевантаження  $I_{c.n}$  вибирається за умови (1.36):

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq K \cdot I_p \quad (1.36)$$

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 (1.37):

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq 1,3 \cdot I_{p.o} \quad (1.37)$$

Для автомата вводу уставка спрацювання відсічки роз'єднувача миттєвої дії  $I_{c.B}$  визначається за формулою (1.38):

$$I_{c.B} \geq (6 \dots 10) \cdot I_{ном.t} \quad (1.38)$$

де  $I_{ном.t}$  - 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

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



роз'єднувача миттєвої дії  $I_{c.в}$  за формулою (1.39):

$$\begin{aligned} I_{c.в} &= I_{y.c.p} \geq 1,25 \cdot I_{пik} \\ I_{c.в} &= I_{y.c.p} \geq 1,25 \cdot I_{пyск} \end{aligned} \quad (1.39)$$

де  $I_{пik}$  та  $I_{пyск}$  - піковий і пусковий струм ЕП чи групи ЕП.

Пусковий струм ЕП обчислюється згідно формули (1.40):

$$I_{пyск} = k_{пyск} \cdot I_{ном.ЕП} \quad (1.40)$$

де  $k_{пyск}$  - коефіцієнт пуску;

$I_{ном.ЕП}$  - номінальний струм ЕП.

Коефіцієнти пуску  $k_{пyск}$  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 (1.41):

$$I_{пik} = I_{пyск.макс} + \sum_1^{n-1} I_{ном} \quad (1.41)$$

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

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

нального струму найбільшого за потужністю.

Для групи більше 5 ЕП визначається за формулою (1.42):

$$I_{пik} = I_{пyск.макс} + (I_p - k_в \cdot I_{ном.макс}) \quad (1.42)$$

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де  $I_p$  - розрахунковий струм усіх ЕП групи;

$k_g$  – коефіцієнт використання ЕП з найбільшим пусковим струмом;

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

В системах електропостачання з комплектними конденсаторними установками (ККУ) струм спрацьовування відсічки визначається з виразу (1.43)

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} \geq 1,3 \cdot I_{ККУ} \quad (1.43)$$

де  $I_{ККУ}$  - номінальний струм ККУ.

Для розподілу електричної енергії на низькій напрузі використовуються шафи Prisma P та Prisma G рис.1.3 [10].

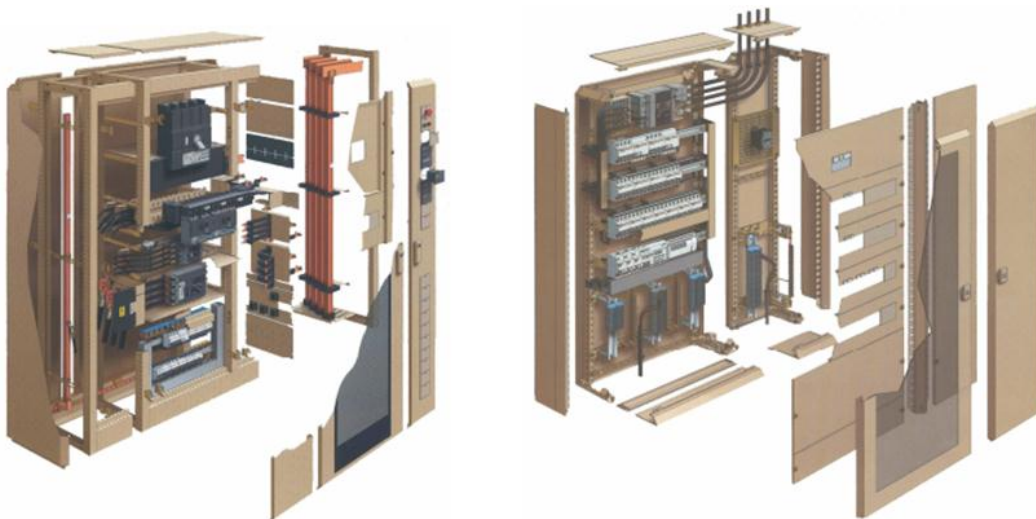


Рисунок 1.3 – Конструкції шаф для розподілу електроенергії на низькій напрузі Prisma P, Prisma G

Для комутації електричного навантаження використовуються промислові вимикачі шафові автоматичні вимикачі UKM серії S INDUSTRIAL фірми E-NEXT [13, 14]. В асортименті фірми E-NEXT представлені автоматичні вимикачі e.industrial.ukm серій S, SL і Re. Всі вони мають литий корпус із термостійкого негорючого матеріалу – скло наповненого поліаміди. При необхідності силові автоматичні вимикачі цієї серії (до 800 А) доукомплекто-

										Арк.
										41
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

вуються додатковими аксесуарами, що дозволяють розширити їх функціональні можливості таким чином [12]:

1. Комбінація з розчіпувачем мінімальної напруги забезпечує захист силового автоматичного вимикача від негативної дії напруги відключенням при його падінні нижче допустимого значення. При включенні силового автоматичного вимикача в мережу з неприпустимо низьким рівнем напруги розчіпувач мінімального відключення не допустить увімкнення до тих пір, поки мережева напруга не нормалізується.

2. Сигнальний (аварійний) контакт сигналізує про спрацювання силового автоматичного вимикача через аварію.

3. Додатковий контакт сигналізує про стан силового автоматичного вимикача - включений він або вимкнений - незалежно від причини, що спричинила цей стан (ручне включення, дистанційне включення-вимкнення в штатному режимі, автоматичне спрацювання та відключення з причини аварії). Інформація про поточний стан вимикача відобразиться у всіх режимах.

4. Незалежний розчеплювача забезпечує дистанційне відключення силового автоматичного вимикача за командою управління диспетчером або від захисного реле.

5. Мотор-привід дозволяє реалізувати дистанційне увімкнення та вимкнення силового автоматичного вимикача.

6. Поворотна (виносна) ручка дозволяє керувати силовим автоматичним вимикачем без необхідності відкриття дверей щита.

7. Функцію захисту в силових автоматичних вимикачах габариту 60S виконує магнітно-гідравлічний розчеплювача, що є циліндричною трубкою, розміщеною всередині котушки електромагніту і заповненою кремнійорганічною рідиною. У трубці знаходиться плунжер з пружиною, при виникненні пікових значень струму, що починає рухатися і впливає на механізм вільного розчеплення вимикача.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Переваги вимикачів із таким розділювачем [14, 15]:

1. Стабільність частотних характеристик та їх незалежність від температури навколишнього середовища.
2. Можливість швидкого повторного включення після спрацювання по аварії (немає біметалічної пластини, не потрібен час на охолодження).
3. Стійкість до вібрацій.

Тепловий розчеплювача - це біметалічна пластина з металів із різними коефіцієнтами температурного розширення. При проходженні по пластині струму перевантаження вона нагрівається і згинається, впливаючи на механізм вільного розчеплення та виконуючи тим самим вимкнення [14, 15].

Електромагнітний розчеплювача електродинамічного типу спрацьовує так [12,13]: при проходженні струму короткого замикання металева пластина, що є в ньому, притягується до рамки розчеплювача, впливаючи на механізм вільного розчеплювача і тим самим відключаючи вимикач.

Серед переваг електронного розчеплювача [14, 15]:

1. Широкий набір налаштувань.
2. Незалежність час струмових характеристик від температури навколишнього середовища (тепловий захист електронного розчеплювача спрацьовує при температурі близько 100 ° C).

Результати розрахунків та вибір належного вимикача наведено в табл. 1.16 – 1.22.

Таблиця 1.16 – Результати розрахунку проводів по СРШ 1

Назва ЕП	$I_p$ , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$ , А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні перетворювачі (1)	77,181	125	482,38	5	750	e.is.pro.3.125
Зварювальні перетворювачі (2)	52,662	125	329,14	5	750	e.is.pro.3.125
Зварювальні перетворювачі (3)	31,602	50	197,51	5	300	e.is.pro.3.50

Таблиця 1.17 – Результати розрахунку проводів по СРІІ 2

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні перетворювачі (4)	77,181	125	482,38	5	750	e.is.pro.3.125
Зварювальні випрямлячі (5)	42,845	50	267,78	5	300	e.is.pro.3.50
Зварювальні випрямлячі (6)	42,845	50	267,78	5	300	e.is.pro.3.50
Зварювальні випрямлячі (7)	42,845	50	267,78	5	300	e.is.pro.3.50
Вентиляційні установки (9)	31,602	50	197,51	5	300	e.is.pro.3.50

Таблиця 1.18 - Результати розрахунку проводів по СРІІ 3

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні агрегати (11)	35,701	50	223,13	5	300	e.is.pro.3.50
Зварювальні агрегати (12)	35,701	50	267,76	6	300	e.is.pro.3.50
Вентиляційні установки (13)	31,602	50	276,51	7	300	e.is.pro.3.50

Таблиця 1.19 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРІІ 4

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні агрегати (14)	35,701	50	223,13	5	300	e.is.pro.3.50

Зварювальні агрегати (14)	35,70 1	50	267,76	6	300	e.is.pro.3.50
Вентиляційні установки (16)	31,60 2	50	276,51	7	300	e.is.pro.3.50

Таблиця 1.20 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ5

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Кондиціонер (17)	30,167	50	188,54	5	300	e.is.pro.3.50
Електропечі опору (18)	263,448	300	1975,86	6	1800	400S.300
Електропечі опору (19)	263,448	300	2305,17	7	1800	400S.300
Електропечі опору (20)	263,448	300	2634,48	8	1800	400S.300
Кондиціонер (21)	30,167	50	339,38	9	300	e.is.pro.3.50

Таблиця 1.21 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ6

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Вентиляційні установки (41)	31,602	50	197,51	5	300	e.is.pro.3.50
Зварювальні трансформатори (42)	112,429	125	843,22	6	750	e.is.pro.3.125
Зварювальні трансформатори (43)	112,429	125	983,75	7	750	e.is.pro.3.125

Таблиця 1.22 – Результати розрахунку параметрів проводів по ШРА

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Верстати злиткообдирні (22)	22,790	50	142,44	5	300	e.is.pro.3.50
Верстати злиткообдирні (23)	22,790	50	170,92	6	300	e.is.pro.3.50
Верстати злиткообдирні (24)	22,790	50	199,41	7	300	e.is.pro.3.50
Верстати злиткообдирні (25)	22,790	50	227,90	8	300	e.is.pro.3.50

Верстати злиткообдирні (26)	22,790	50	256,38	9	300	e.is.pro.3.50
Свердлильні верстати (27)	7,597	50	94,96	10	300	e.is.pro.3.50

Продовження табл. 1.22

1	2	3	4	5	6	7
Верстати злиткообдирні (28)	22,790	50	313,36	11	300	e.is.pro.3.50
Кран-балка (29)	22,592	50	338,88	12	300	e.is.pro.3.50
Конвеєри стрічкові (30)	6,647	50	108,02	13	300	e.is.pro.3.50
Обдирно-шліфувальні верстати (31)	13,978	50	244,61	14	300	e.is.pro.3.50
Обдирно-шліфувальні верстати (32)	13,978	50	262,08	15	300	e.is.pro.3.50
Обдирно-шліфувальні верстати (33)	13,978	50	279,55	16	300	e.is.pro.3.50
Конвеєри стрічкові (34)	6,647	50	141,25	17	300	e.is.pro.3.50
Свердлильні верстати (35)	7,597	50	170,92	18	300	e.is.pro.3.50
Обдирно-шліфувальні верстати (36)	13,978	50	331,97	19	300	e.is.pro.3.50
Свердлильні верстати (37)	7,597	50	189,91	20	300	e.is.pro.3.50
Свердлильні верстати (38)	7,597	50	199,41	21	300	e.is.pro.3.50
Свердлильні верстати (39)	7,597	50	208,91	22	300	e.is.pro.3.50
Токарні верстати імпульсного наплавлення (8)	36,767	50	1057,06	23	300	e.is.pro.3.50
Токарні верстати імпульсного наплавлення (10)	36,767	50	1103,02	24	300	e.is.pro.3.50

Таблиця 1.23 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ7

Назва ЕП	$I_p, A$	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальний стенд (40)	43,838	50	273,99	5	300	e.is.pro.3.50
Кондиціонер (44)	30,167	50	226,25	6	300	e.is.pro.3.50
Кондиціонер (46)	30,167	50	263,96	7	300	e.is.pro.3.50
Електроталь (45)	7,790	50	77,90	8	300	e.is.pro.3.50

## 1.9 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 [11, 16, 17].

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенціально небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Доцільно використовувати занулення для захисту працівників від ураження електричним струмом. Робота такої системи закладається в тому, що при попаданні струмоведучих частин на корпус ЕП виникає однофазне КЗ, що спричиняє миттєве відключення. Для безпечного обслуговування 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, яка показана на рис. 1.4 [16] [13].

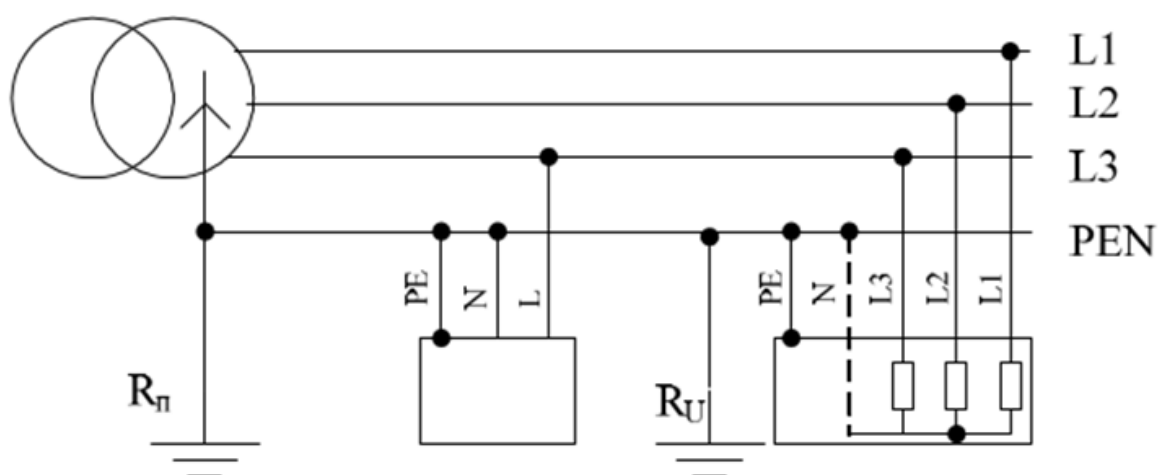


Рисунок 1.4 - Схема мережі за системою TN-C

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



Вимір опору петлі «фаза-нуль» здійснюють за допомогою схем на змінному струмі [19, 20]. 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 ізольованою нейтраллю; на стороні напругою 0,38/0,22 кВ нейтраль є глухо заземленою.

Зі сторони 0,38/0,22 кВ  $R < 4 \text{ Ом}$ . Остаточню приймаємо  $R_{з,норм.} = 4 \text{ Ом}$ . Величина питомого опору ґрунту у місці спорудження ПЗ для піску  $\rho = 50 \text{ Ом}$  м. Коефіцієнти вертикальної прокладки  $K_v$  і горизонтальної прокладки  $K_p$  приймаються рівними ( $K_v = 1,3$ ;  $K_p = 2,5$ ; для 2-го кліматичного району).

Питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних електродів визначаються за формулами (1.44):

$$\begin{aligned} \rho_{p.B} &= K_B \cdot \rho = 1,3 \cdot 50 = 65 \text{ Ом} \cdot \text{м} \\ \rho_{p.Г} &= K_G \cdot \rho = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ Ом} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (1.44)$$

Визначаємо опір розтікання одного вертикального електрода діаметром  $d = 18 \text{ мм}$  і довжиною  $5 \text{ м}$  при зануренні на глибину  $f = 0,7$  (рис.1.5) визначаємо за формулою (1.45):

$$\begin{aligned} R_{e.B} &= \frac{0,366 \rho_{p.B}}{l_e} \left( \lg \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_B + l_B}{4t_B - l_B} \right) = \\ &= \frac{0,366 \cdot 65}{5} \left( \lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 14,1 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (1.45)$$

Наближена кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою (1.46):

$$n = \frac{R_{e.B}}{K_{B.B.E} \cdot R_{e.норм}} = \frac{14,2}{0,47 \cdot 4} = 7,58 \text{ шт} \quad (1.46)$$

										Арк.
										48
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

де,  $K_{B.B.E} = 0,47$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування [9].

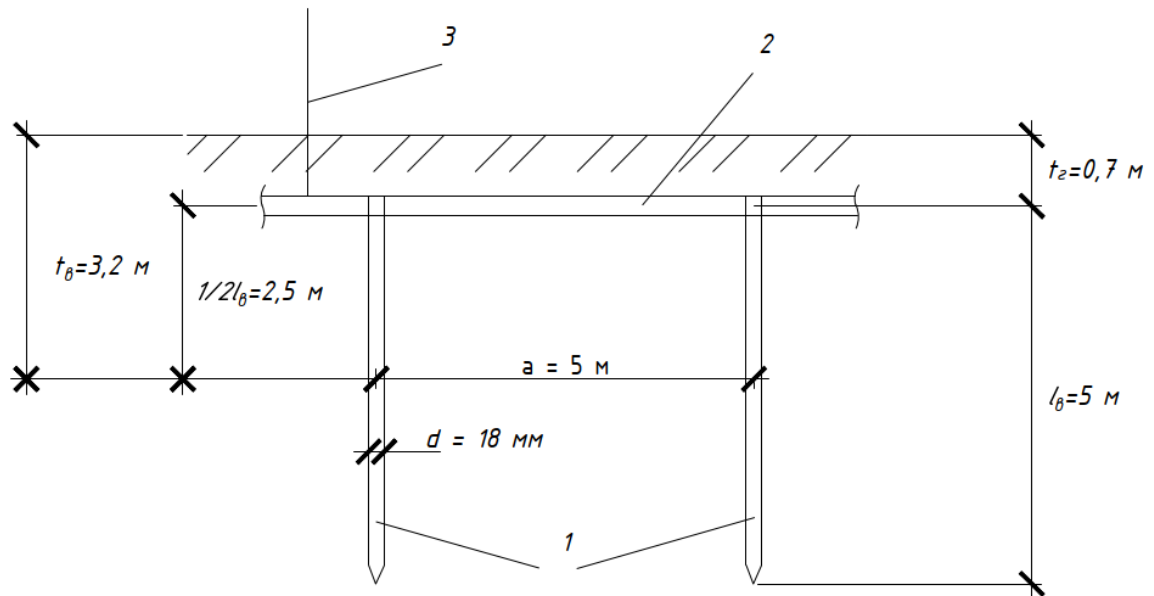


Рисунок 1.5 – Конструкція пристрою заземлення: 1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач; 3 – заземлюючий провідник

Приймаємо найбільшу цілу кількість вертикальних заземлювачів  $n = 8$  шт.

Опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталеві смуги шириною  $b=40$  мм і висотою  $h=4$  мм визначаємо за формулою (1.47):

$$R_{e.B} = \frac{0,366 \rho_{p.\Gamma}}{l_{\Gamma}} \left( \lg \frac{2 \cdot l_{\Gamma}^2}{b t_{\Gamma}} \right) = \frac{0,366 \cdot 240}{5 \cdot 15} \left( \lg \frac{2 \cdot (5 \cdot 13)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} \right) = 27,4 \text{ } \Omega \quad (1.47)$$

При кількості вертикальних зварювачів у контурі  $n=27$  шт і при визначеному відношенні  $a/l_{\delta} = 1$  вибір коефіцієнту використовуються горизонтальні смуги  $K_{B.\Gamma.E} = 0,3$  (середня величина). Тоді опір розтікання горизонтального заземлення з урахуванням екранування визначається за виразом (1.48):

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

$$R_{з.Г.Е} = \frac{R_{з.Г}}{K_{В.Г.Е}} = \frac{14,2}{0,3} = 47,2 \text{ Ом} \quad (1.48)$$

Визначається уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтального струму (1.49)

$$R_{з.В.Е} = \frac{R_{з.Г.Е} \cdot R_{е.норм}}{R_{з.Г.Е} - R_{е.норм}} = \frac{47,3 \cdot 4}{47,3 - 4} = 3,68 \text{ Ом} \quad (1.49)$$

Уточнена кількість вертикальних електродів (1.50):

$$n_y = \frac{R_{е.В}}{K_{В.В.Е} \cdot R_{з.В.Е}} = \frac{26,5}{0,5 \cdot 3,68} = 14 \text{ шт} \quad (1.50)$$

]

Остаточно приймається 15 вертикальних електродів. Розташування контуру заземлення цехової КТП показано на рис. 1.6.

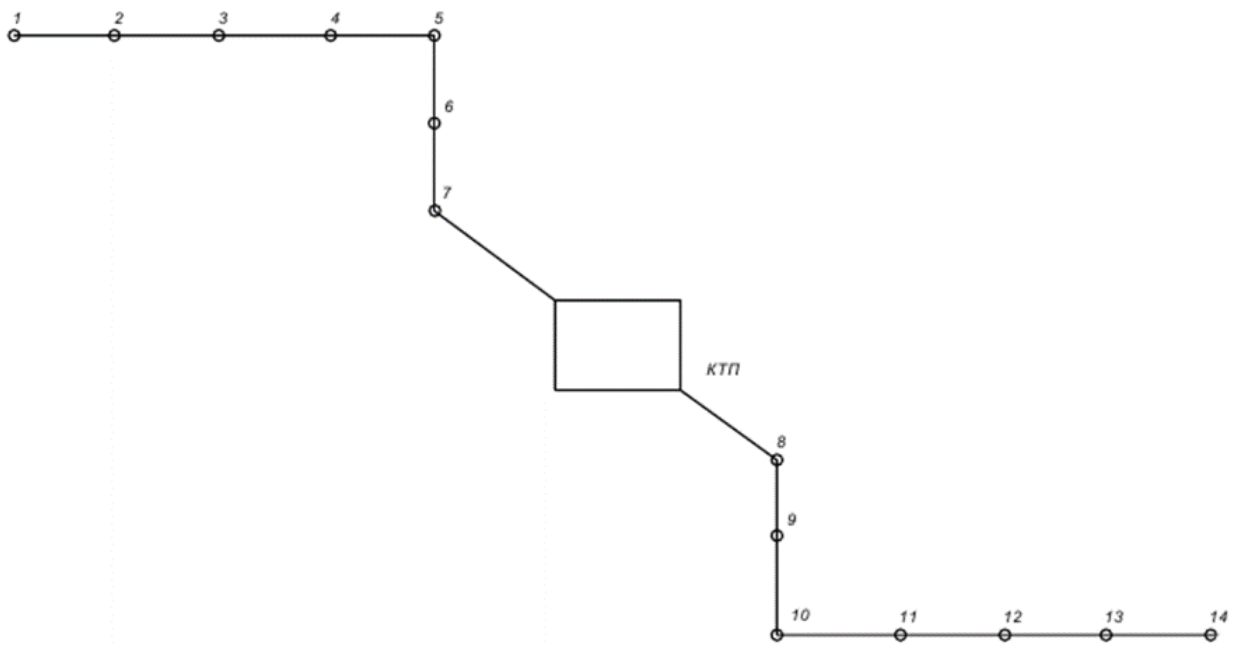


Рисунок 1.6 – Контур заземлення цехової КТП

					МР 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## 1.10 Висновки до розділу

Проведено розрахунок електропостачання ділянки зварювального цеху. Досягнуто мети, яка закладалась у виборі найбільш оптимального варіанту схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення та безперебійної роботи цеху.

Обрано необхідну кількість і потужність трансформаторів для трансформаторної підстанції цеху з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії електроприймачів. Визначено потужність компенсуючих пристроїв. При спорудженні цехових трансформаторних підстанцій перевагу віддавано, комплектним трансформаторним підстанціям (КТП), повністю виготовленим на заводах. При визначенні потужності трансформаторів враховано перспективне збільшення навантаження для живлення окремого цеху. Для КТП розраховано заземлення трансформаторної підстанції.

Проведено розрахунок потужності електричного навантажень та обладнання для його живлення та надійної експлуатації. Згідно вихідних даних проведено розрахунок електричного навантаження та обрано кабельні лінії, шинопроводи та пристрої захисту. Розраховано та обрано економічно вигідний перетин проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. В якості проводів перевагу надано силовому кабель з алюмінієвими жилами типу АВВГ. Даний кабель має полівінілхлоридну ізоляцією і оболонку, що підходить для використання в сухих та вологих виробничих приміщеннях. Проведено розрахунок струмів короткого замикання та обрано відповідне комутаційне обладнання.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## 2 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

В умовах виробництва застосовують природне, штучне або комбіноване освітлення. Природне освітлення зумовлюють прямі сонячні промені й дифузне світло небосхилу. Природне освітлення поділяється на: бокове (одно – або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє – через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення).

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах з високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний в процесі роботи напрямок світла. Для місцевого освітлення робочих місць слід використовувати світильники з непросвічуючими відбивачами [19].

Світильники повинні розташовуватися так, щоб їх елементи, які свіяться, не влучали в поле зору працюючих на освітленому робочому місці і на інших робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Норми освітлення залежать від параметрів, які передбачено роботою. Відстань від очей до предмета праці повинна бути визначена в кожному окремому випадку. Що менше відношення діаметра деталі до відстані від очей, то інтенсивнішим повинно бути освітлення

					MP 3.8.141.464 ET.m-11 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Мельник			Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільниці цеху	Лит.	Аркуш	Листів
Перевір.		Лебедка					52	73
Реценз.						СумДУ ET.m-11		
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський						

Варто пам'ятати, що значна частина робочого часу на виробничих підприємствах припадає на темний час доби, коли робота повинна проводитися при штучному освітленні, а також будівель, які позбавлені повністю природного освітлення, або його наявність виявляється недостатньою для роботи впродовж світлового дня без додатково увімкненого електричного освітлення [20].

Нормативні величини освітленості робочих місць для різних видів робіт та відповідних зорових навантажень визначаються за [21,22]. Для роз'яснення зазначимо, що робоча поверхня – головний об'єкт при встановленні регламентованих норм освітлення. Під робочою поверхнею, як об'єкта для нормування рівнів освітленості, розуміють поверхню робочого столу, верстака, частини обладнання, або інструмента, на якій проводиться робота та для якої нормується або на якій вимірюється освітленість.

Із загального обсягу інформації, через зоровий канал людина одержує 80%. Якість інформації, що надходить, залежить від освітлення. Незадовільна кількість або якість не тільки втомлює зір, але й викликає втому організму в цілому. Часте пристосування очей, різкі тіні, освітлення надто яскравим світлом втомлює очі, знижують його захисну реакцію, око втрачає контрастну чутливість і гостроту зору. Збереження зору людини, стан її центральної нервової системи і безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення. Природне і штучне освітлення, в основу нормування виробничого освітлення покладена характеристика здорової роботи, що дозволить забезпечити високу продуктивність праці.

## 2.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

У виробничому приміщенні з розмірами  $A \times B = 40 \times 23,8$  (м) і висотою  $H = 8$  (м) робоча поверхня перебуває на висоті  $h_p = 0,8$ (м) стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить  $h_c = 0,2$ (м). Розрахувати освітлення цеху методом коефіцієнта використання та

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

точковим методом, що створює на робочій поверхні нормовану освітленість Е. Порівняти отримані результати.

### 2.1.1 Вихідні дані до розрахунку

1. Тип використовуваних світильників ГСП17В із металогалогеновою лампою [20];
2. Коефіцієнт запасу  $k = 1,5$ ;
3. Інші параметри зазначені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для проведення розрахунку

$A \times B, м^2$	$H, м$	$E_{\min}, лк$	$\rho_{cm}, \rho_c, \rho_p, \%$
40×23,8	8	400	70,50,30

### 2.1.2 Розрахунок освітлювальної системи

Для визначення розміщення світильників необхідно визначити наступні параметри:

$A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$H$  – висота приміщення, м;

$h_p$  – висота розрахункової поверхні над підлогою, м (якщо невідомо, приймається висота умовної робочої поверхні 0,8 м);

$h_c$  – відстань від світильника до перекриття, м (приймається в діапазоні 0 – 1,5 м);

$h$  – розрахункова висота від умовної робочої поверхні до світильника, м визначається за формулою (2.1):

$$h = H - h_c - h_p \quad (2.1)$$

де,  $L$  – відстань між сусідніми світильниками в ряді або рядами світильників, м;

$l$  – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни, м (приймається (0,3–0,5)  $L$  залежно від наявності поблизу стін робочих місць);  
Визначаємо відстань між світильниками в елементарному полі за формулою (2.2):

$$L = \lambda_c \cdot h \quad (2.2)$$

Задаємо значенням  $\lambda$ , обчислюємо відстань  $L$ .

Оскільки, за умовою використаний світильник ГСП17В, тому за технічними параметрами тип світильника  $M$  як показано в додатку, тому  $\lambda_c = 2,2$ .

Число рядів світильників  $N_B$  та число світильників у ряді  $N_A$  визначаємо за наступною формулою (2.3):

$$N_A = \frac{A-2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3}, \quad N_B = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3}, \quad (2.3)$$

Після цього перераховуємо реальні відстані між рядами світильників та між ними самими за виразами (2.4):

$$L_B = \frac{B-2l_B}{N_B-1} = \frac{B}{N_B-\frac{1}{3}}, \quad L_A = \frac{A-2l_A}{N_A-1} = \frac{A}{N_A-\frac{1}{3}}, \quad (2.4)$$

$$l_B = L_B/3; \quad l_A = L_A/3.$$

Результати наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Проміжні результати розрахунку

Параметри	Значення
$h$ , м	7
$\lambda_c$	2,2



$L, \text{ м}$	4
$N_A, \text{ шт}$	3

Продовження табл. 2.2

$N_B, \text{ шт}$	12
$N, \text{ шт}$	10,91
$L_A, \text{ м}$	3,64
$l_a, \text{ м}$	8,96
$L_B, \text{ м}$	2,99
$l_b, \text{ м}$	7

### 2.1.3 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання

Цей метод використовується тільки при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь у закритих приміщеннях і враховує освітленість, створену на робочій поверхні прямим і відбитим світловими потоками.

Мета розрахунку: визначення потужності лампи за розрахунковим світловим потоком.

Світловий потік ламп визначається за формулою (2.5):

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (2.5)$$

де  $\Phi$  – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

$E$  – нормована освітленість робочої поверхні, лк;

$k$  – коефіцієнт запасу;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної по освітлюваній площині) – для світильників прямого світла приймається рівним 1,15, для інших – 1,1;

$N$  – кількість світильників, шт.;  $\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі  $\rho_c$ , стін  $\rho_{ст}$ , робочої поверхні  $\rho_p$ . та індексу приміщення  $i$  та визначається з таблиці додатку . Визначається індекс приміщення (2.6):

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (2.6)$$

де  $S$  – площа приміщення  $m_2$ ;

$h$  – розрахункова висота підвісу світильника, м;

$A$  і  $B$  – довжина і ширина приміщення, що розраховується, м.

За розрахованим потоком із відповідної таблиці додатку вибирають джерело світла, світловий потік якого найближче відповідає розрахунковому. Маємо такі результати розрахунку у вигляді табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Кінцеві результати розрахунку методом коефіцієнта використання

Величина	Розраховане значення
$i$	2,14
$i_1$	1,25
$i_2$	2
$\eta_{n1}$	0,83
$\eta_{n2}$	0,95
$\eta_n$	0,973
$\eta$	0,69

$\Phi_p$ , лм	80845
---------------	-------

Обираємо тип лампи ДРІ700 із світловим потоком  $\Phi_L=90000$  лм. Відхилення світлового потоку обраної лампи (2.7):

$$\delta = \frac{\Phi_L - \Phi_P}{\Phi_P} \cdot 100\% = \frac{90000 - 80845}{80845} \cdot 100 = 11,3\%. \quad (2.7)$$

Відхилення знаходиться у межах -10 %...+20 %, це свідчить про правильний вибір кількості та типу світильників.

Загальна потужність освітлювальної установки (2.8):

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_L = 12 \cdot 1000 = 12000 \text{ Вт}. \quad (2.8)$$

## 2.2 Висновок по розділу

В даному розділі проведено розрахунок кількості світильників для головного промислового приміщення зварювального цеху. Відповідно розрахунку необхідно встановити 12 світильників із лампами типу ДРІ потужністю 700 Вт. При цьому загальна потужність становитиме 12,0 кВт.

Проведено аналіз майбутньої роботи зварювального цеху та вимоги до охорони праці. Дані вимоги розповсюджуються на освітлення робочого приміщення, вентиляції та опалення простору. Важливим питання 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 зварювального цеху.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк. 58
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок економічного ефекту

Розрахунок економічного ефекту проводиться з використанням світильників різного типу. Для розрахунку даного ефекту необхідно знайти обсяг витрат при впровадженні даних заходів. В даному дослідженні обрано світильники наступних типів: HL метало галогенною лампою ДРІ700 та ST із світлодіодною лампою потужністю 100-200 Вт. У табл. 3.1 приведені технічні характеристики світильників.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика світильників HL і ST

Найменування	Тип світильника	
	HL	ST
Тип лампи	ДРІ	LED
Потужність, Вт	700	100-200
Світловий потік, лм	90000	50000
Термін служби, год	12000	50000

Джерела, що перетворюють енергію електричного розряду в газах, парах металу або їхніх сумішах в оптичне випромінювання, називають газорозрядними джерелами. Як газ використовують аргон, пари металів (ртуть, натрій). Газорозрядні джерела класифікують за тиском, за принципом генерування ОВ, за видом розряду. Залежно від тиску суміші аргону із ртуттю в трубці лампи джерела поділяють на:

- лампи низького тиску;
- лампи високого тиску;

					МР 3.8.141.464 ЕТ.м-11 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільниці цеху	Лит.	Аркуш	Листів
Розроб.		Мельник					59	73
Перевір.		Маценко						
Реценз.								
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський				СумДУ ЕТ.м-11		

- лампи надвисокого тиску.

Тиск впливає на спектр випромінювання ртуті. При низьких тисках спектр наближається до монохроматичного (80 % випромінювання припадає на довжину хвилі 254 нм). У ламп високого тиску спектр випромінювання лінійчатий, у ламп СВД – наближається до суцільного [20].

За принципом генерування оптичного випромінювання джерела ділять на: електролюмінісцентні; фотолюмінісцентні. Електролюмінесценція – випромінювання, що випускається атомами, молекулами, іонами речовини в результаті збудження їх електричною енергією.

Фотолюмінесценція – випромінювання речовини під впливом енергії оптичного випромінювання, що поглинається ним (при цьому довжина хвилі випромінювання завжди більша довжини оптичного випромінювання, що поглинається). За видом електричного розряду джерела бувають [20]:

- дугового розряду;
- тліючого розряду;
- імпульсного розряду.

Метало галогенні лампи стали випускатися приблизно 40 років тому, будучи спосіб піти від застосування звичайних ламп з вольфрамової ниткою, які були вкрай недовговічні. Почасти, виробникам це вдалося, адже метало галогенні прилади зараз застосовуються в багатьох сферах життя і для освітлення безлічі об'єктів і споруд.

Основні сфери застосування:

1. Для освітлення великих промислових об'єктів, автозаправних станцій тощо;
2. В освітленні вуличних проспектів і скверів;
3. В точкової підсвічуванні різних адміністративних, культурних і архітектурних споруд;
4. В освітленні акваріумів, парників тощо;
5. В освітленні великих спортивних об'єктів, футбольних і хокейних стадіонів тощо;

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. В освітленні торгових центрів і залів, різних вітрин і рекламних вивісок;

7. У висвітленні різних земельних робіт, котлованів і геологічних розкопок;

8. В кінематографічному середовищі і на телевізійній роботі.

У складі метало галогенних ламп присутні пари ртуті і газу. Між парами ртуті і елементами галогенів відбувається електричний розряд, і лампочка світиться. Світло утворюється і контролюється палаючої дугою, утвореної між парами електродів. В результаті роботи, з'єднання цих елементів розпадаються під дією електричної дуги, утворюючи якусь світлову емісію. [20,23].

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники в якості джерела світла використовують світлодіоди. Світлодіод або світловипромінювальних діод – напівпровідниковий прилад з електронно-дірковий переходом або контактом метал-напівпровідник, що створює оптичне випромінювання при пропусненні через нього електричного струму. При пропусненні електричного струму через р-п перехід в прямому напрямку, носії заряду - електрони і дірки - рекомбінують з випромінюванням фотонів (через перехід електронів з одного енергетичного рівня на інший). Випромінюване світло лежить у вузькому діапазоні спектра, його спектральні характеристики залежать у тому числі від хімічного складу використаних в ньому напівпровідників [20,23].

Вартість всіх світильників, які необхідно встановити, визначається за формулою (3.1):

$$C_{св} = (C_c + C_l \cdot N) \cdot n, грн \quad (3.1)$$

де  $C_c$  – ціна одного світильника, грн.;

$C_l$  – ціна однієї лампи, грн.;

$N$  – кількість ламп в світильнику, штук;

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$n$  – кількість світильників, штук.

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників HL з металгалогеною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 12 штук ціна яких 1050 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 640 грн., складає:

$$C_{ce1} = (1050 + 640) \cdot 12 = 20280 \text{ (грн)}$$

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників ST з світлодіодною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 22 штуки ціна яких 350 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 890 грн., складає:

$$C_{ce2} = (350 + 890) \cdot 22 = 27280 \text{ (грн)}$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік (3.2):

$$K = k \cdot N_l \cdot n \cdot N, \text{кВт} / \text{год} \quad (3.2)$$

де  $k$  – час напрацювання лампи, год.;

$N_l$  – потужність лампи, кВт.

Для ламп час роботи складає 2200 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні світильників HL складає:

$$K_1 = 2200 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 1 = 18480 \text{ (кВт} / \text{год)}$$

При використанні світильників ST:

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$K_2 = 2200 \cdot 0,1 \cdot 22 \cdot 1 = 4840 (\text{кВт} / \text{год})$$

Вартість споживаної електричної енергії за рік (3.3):

$$C_{\text{ЕЛ}} = K \cdot C_{\text{ел}}, \text{грн} \quad (3.4)$$

де  $C_{\text{ел}} = 4,8$  грн/кВт – ціна на електричну енергію.

Для світильників НЛ вона складає:

$$C_{\text{ЕЛ1}} = 18480 \cdot 4,8 = 88704 (\text{грн})$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників ST:

$$C_{\text{ЕЛ2}} = 2200 \cdot 4,8 = 10560 (\text{грн})$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників ST (3.5):

$$E_{\text{ел}} = C_{\text{ЕЛ2}} - C_{\text{ЕЛ1}} = 88704 - 10560 = 78144 (\text{грн}) \quad (3.5)$$

Річні витрати по експлуатації світильників (3.6):

$$C_{\text{експл}} = G \cdot C_{\text{л}} + C_{\text{ЕЛ}}, \text{грн} \quad (3.6)$$

де  $G$  – витрата ламп, штук.

Для НЛ – 12 штук, для ST – 22 штук. Витрати згідно формули (3.6):

- для ламп НЛ:

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
						63
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$C_{експл1} = 20280 + 88704 = 108984 \text{ (грн)}$$

- для світильників ST:

$$C_{експл2} = 10560 + 27280 = 37840 \text{ (грн)}$$

Річна економія по експлуатації світильників ST ніж при використанні HL (3.7):

$$E_{експл} = C_{експл2} - C_{експл1} = 111420 - 49560 = 61860 \text{ (грн)} \quad (3.7)$$

Економія при установці освітлювальних приладів (3.8):

$$E_{уст} = C_{уст2} \cdot n_2 - C_{уст1} \cdot n_1 = 122 \cdot 12 - 75 \cdot 22 = 1464 - 1650 = -186 \text{ (грн)} \quad (3.8)$$

де  $C_{уст}$  – ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу HL становить 122 гривні, а ST – 75 гривні.

Загальна економія підприємства (3.9):

$$E = E_{експл} + E_{уст} = 61860 + (-186) = 61674 \text{ (грн)} \quad (3.9)$$

### 3.2 Висновок

Питання ефективності освітленості приміщень, а також мінімізація витрат на обслуговування та терміну окупності є актуальною темою на сьогоднішній день. Згідно розрахунків економія підприємства від використання світильників ST в порівнянні зі світильниками HL становить 61674 гривні. Для точності розрахунків, необхідно врахувати значну економію, пов'язану зі терміном роботи світлодіодної лампи. Для повноти оцінки витрат, необхідно

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

враховувати затрати пов'язані з більшою частою заміною як ламп ДРЛ, що перегоріли, так і дроселів або ПРА, що вийшли з ладу.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## ВИСНОВОК

У даній роботі на здобуття ступеня магістра, зроблено розрахунок електропостачання ділянки зварювального цеху метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити високу надійність електроживлення та безперебійної роботи цеху.

У ході розрахункових вишукувань, 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. Розміщення КТП – зовнішнє. Для КТП розраховано заземлення трансформаторної підстанції.

В розділі охорони праці було розраховано мінімальну кількість світильників для головного промислового приміщення зварювального цеху методом коефіцієнта використання.

В економічній частині розраховано вартість освітлювальної мережі із використання металгалогених ламп ДРІ та заміна існуючих ламп на світлодіодні лампи. Оцінено екологічність використання ламп різних типів та вплив роботи ламп на робочий персонал зварювального цеху, а саме мерехтіння з помітною для людського ока частотою, яке притаманне люмінесцентним лампам та відсутнє в світлодіодних. Ця перевага дозволяє використовувати світлодіодні лампи для освітлення обертальних механізмів та інших місць, де застосування в якості освітлення люмінесцентних ламп викликає швидке стомлення очей.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування зварювальних цехів» для студентів спеціальності 7.05050401 - «Технології та устаткування зварювання» / Укладачі В.В. Перемітько, Б.О. Усенко – Дніпродзержинськ: ДДТУ 2013. – 163 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2006. – 163 с.
3. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2007. – 280 с.
4. 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.
5. Трансформаторы силовые типа ТМ, описание, характеристики, купить, продажа, заказать (Киев, Украина) [Electronic resource]. URL: [//cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori\\_silovie\\_tipa\\_tm.html](http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html) (accessed: 28.11.2021).
6. Трансформатори силові масляні типу ТМ [Electronic resource] // Трансформатор сервис. URL: <http://transf.com.ua/ua/russkij-produktsiya/russkij-transformatory-silovye-maslyanye/transformatori-silovi-maslyani-tipu-tm/> (accessed: 28.11.2021).
7. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с. – Бібліогр. : с. 450-452.
8. Комплектна конденсаторна установка АКУ, КРМ, УКМ 58 0.4 (0.38) кВ. Виробництво і продаж з цінами в Харкові і Україні [Electronic resource]. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04> (accessed: 28.11.2021).

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

9. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
10. Конспект лекцій з дисципліни “Електропостачання промислових підприємств” для студентів напряму 6.050701 – електротехніка і електро-технології, 6.050702 - електромеханіка / Укладачі Є.Д.Хмельницький, О.О.Крупник — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2015, 125 с.(Частина 1).
11. Електротехніка та світлотехніка, електротехніка | E.NEXT [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/> (accessed: 02.12.2021).
12. Шкафные автоматические выключатели УKM серии S INDUSTRIAL. Купить в Украине | [www.enext.ua](http://www.enext.ua) [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/catalog/vyklyuchateli-serii-e-industrial-ukm-s/> (accessed: 02.12.2021).
13. Василега, П.О. Электропостачання [Текст]: підручник / П.О. Василега. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
14. Гуменюк О.Л. Методичні вказівки до проведення розрахунків з розділу ОП в ДП для студентів ОКР бакалавр спеціаліст магістр галузей знань інформатика та обчислювальна техніка менеджмент і адміністрування - Розрахунок захисного заземлення [Electronic resource]. URL: [https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah\\_rozd\\_OP\\_DP\\_bak\\_spec\\_mag/90.html](https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag/90.html) (accessed: 23.11.2021).
15. Практична робота №4. Розрахунок захисного заземлення [Electronic resource]. URL: [http://ohorona-praci.ucoz.ua/OPVG/Prakt/praktichna\\_robota-4.pdf](http://ohorona-praci.ucoz.ua/OPVG/Prakt/praktichna_robota-4.pdf) (accessed: 25.11.2021).
16. Система заземления TN-C: схема, описание, недостатки [Electronic resource]. URL: <https://samelectrik.ru/sistema-zazemleniya-tn-c.html> (accessed: 02.12.2021).
17. Вимірювання опору петлі фаза нуль - Електролабораторія [Electronic resource]. URL: <https://lab.uis.zp.ua/product/vimiryuvannya-petli-faza-nul/> (accessed: 02.12.2021).

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

18. ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ПЕТЛІ «ФАЗА-НУЛЬ» [Electronic resource]. URL: <https://eko.if.ua/uk/content/12-vimiryuvannya-oporu-petli-faza-nul> (accessed: 02.12.2021).

19. Про освітлення виробничих приміщень [Electronic resource] // Охорона праці і пожежна безпека. 2016. URL: <https://oppb.com.ua/news/pro-osvitlennya-vyrobnychyh-prymishchen> (accessed: 20.12.2021).

20. Василега, П.О. Електротехнологічні установки [Текст] : навч. посіб. / П.О. Василега. - Суми : СумДУ, 2010. - 548 с. + Гриф МОН.

21. Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 30 с.

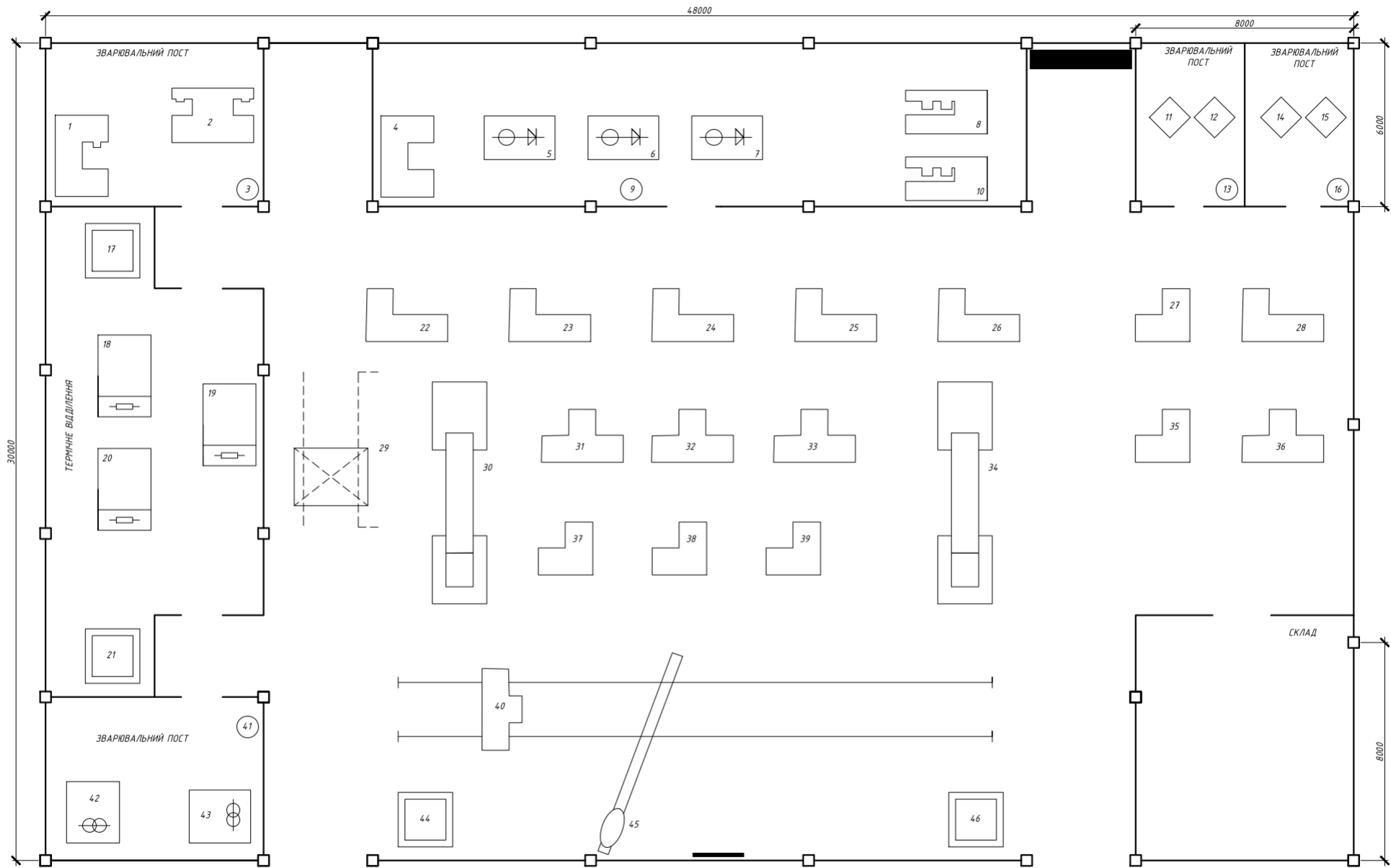
22. Салтиков В. О. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок: конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В. О. Салтиков, В. М. Поліщук, О. Ю. Коляда ; Харків. нац. унів. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 95 с.

23. Петровський М.В. Електроосвітлення: конспект лекцій для студ. спец. 7.050701 “Електротехнічні системи електроспоживання” всіх форм навчання / М.В. Петровський. - Суми: СумДУ, 2012. - 227 с.

					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

## ДОДАТКИ

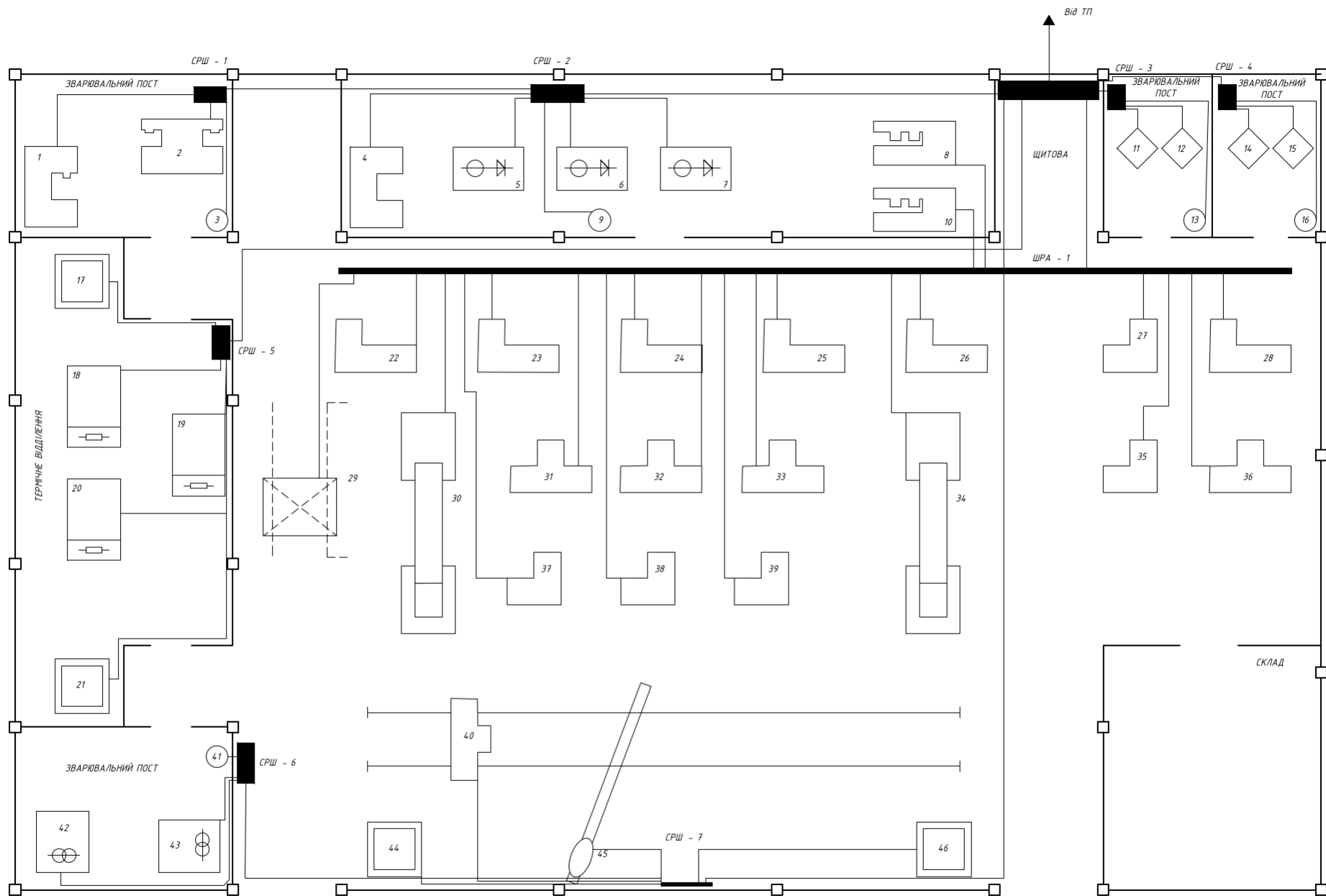
					MP 3.8.141.464 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



Логоважено  
 Зокр. Інв. М.  
 Підпис. Г. Балага  
 Інв. М. ор.

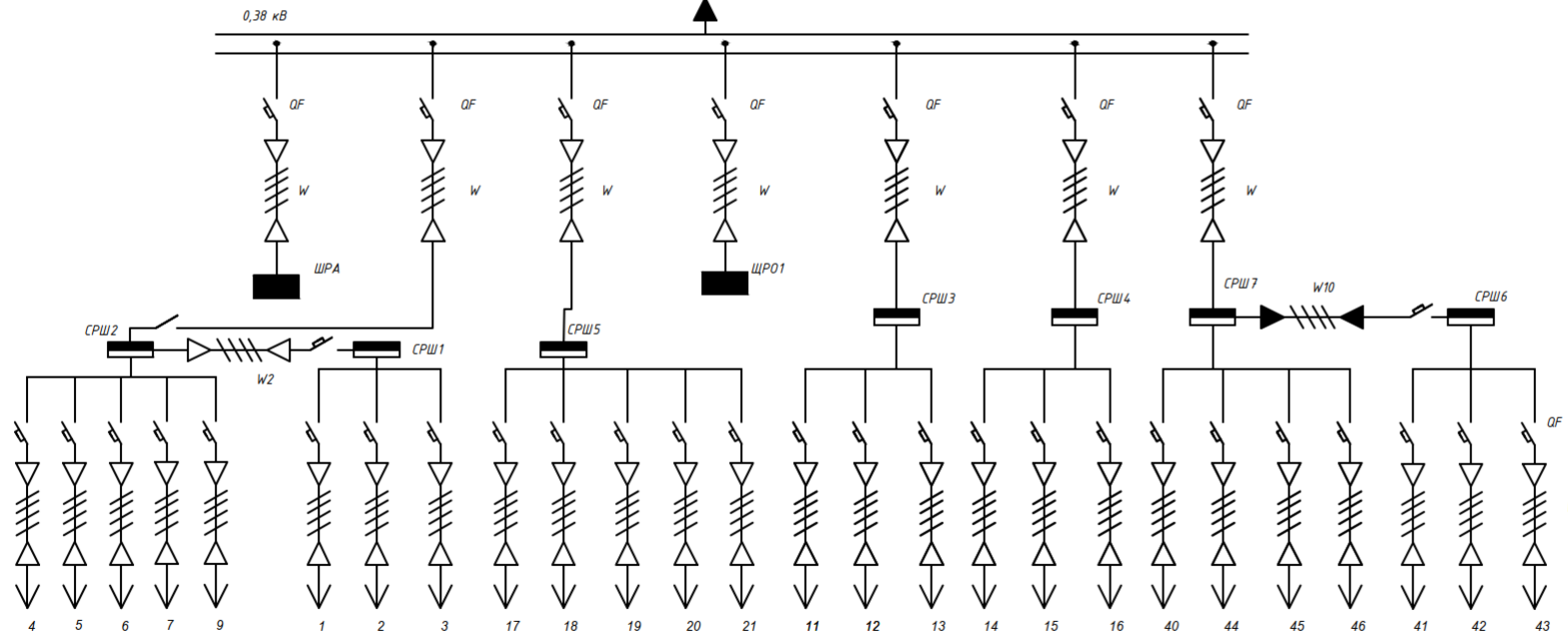
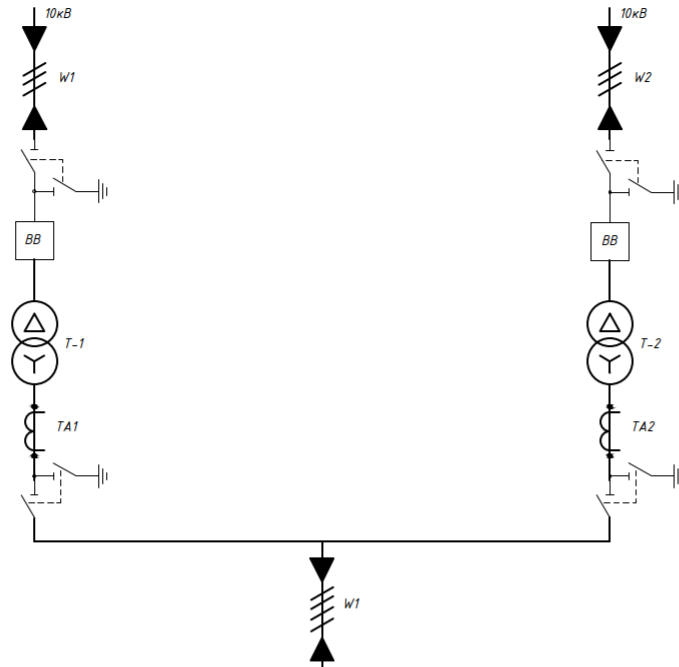
						МР 3.8.14.1464.ЕТ.м-11 ПЗ	
						Розрахунок системи електропостачання зварювальної ділянки цеху	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		
Розробив	Мельник					План зварювальної ділянки цеху	
Перев.	Лебедева						
							1:100
Н.Контр.	Никифаров					План розташування електрообладнання зварювальної ділянки цеху	
Затверд.	Лебединський						





Лист № 1  
 Зам. № 11  
 Лист № 1  
 Лист № 1  
 Лист № 1

МР 3.8.141.464.ЕТ.м-11 ПЗ					
Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільниці цеху					
Зн.	Кільк.	Арк.	№ вих.	Підпис	Дата
Розробив	Мельник				
Перев.	Лебедева				
Н.Контр.	Ничифоров				
Затверд.	Лебединський				
План зварювальної дільниці цеху				Масштаб 1:100	
План електророзподілу електрообладнання зварювальної дільниці цеху				СумДУ ЕТ.м-11	

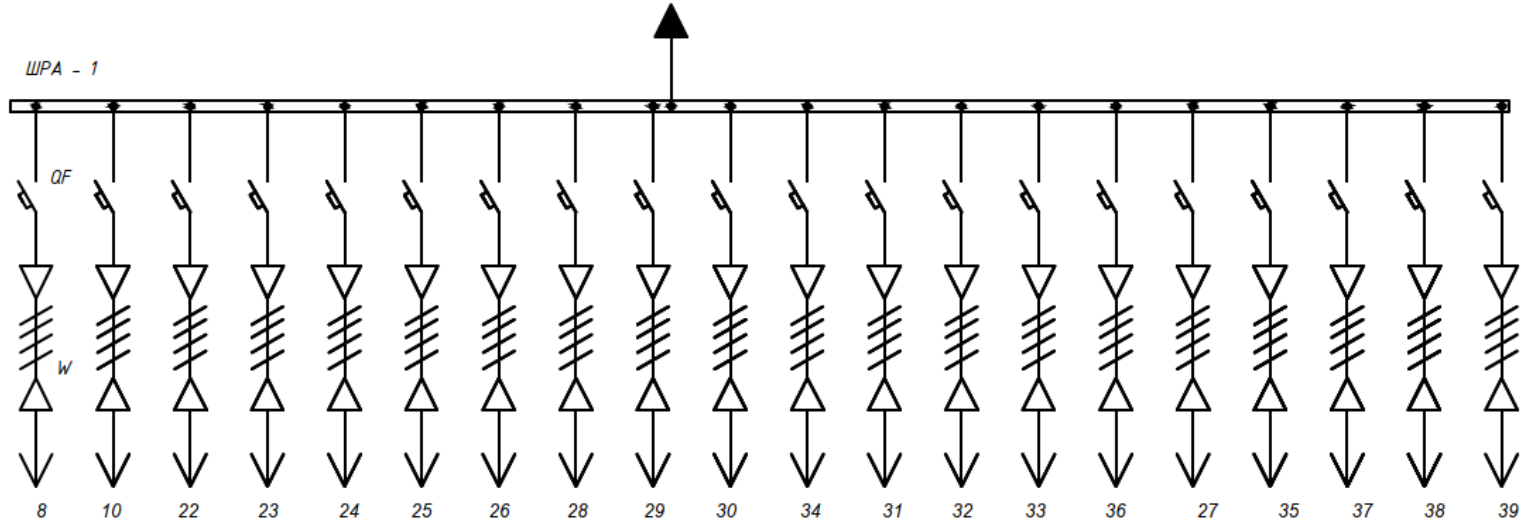


Перелік апаратів та обладнання

W	Кабельна лінія
T	Трансформатор
TA	Трансформатор струму
QF	Автоматичний вимикач
3,9,13,16,41	Вентиляційні установки
17, 21,44,46	Кондиціонер
18 - 20	Електропечі опору
11,12,14,15	Зварювальні агрегати
42, 43	Зварювальні трансформатори
5 - 7	Зварювальні випрямлячі
1, 4	Зварювальні перетворювачі
2	Зварювальні напівавтомати

						МР 3.8.141.464.ЕТ.м-11 ПЗ	
						Розрахунок системи електропостачання зварювальної дільниці цеху	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Мережа електропостачання 10/0,4 кВ	
Розробив	Мельник					Масштаб 1:100	
Перев.	Лебеда					Схема принципова однолінійна мережі електропостачання 10/0,4 кВ	
Н.Контр.	Ничифоров					СумДУ ЕТ.м-11	
Затверд.	Лебединський						

ШРА - 1



8	10	22	23	24	25	26	28	29	30	34	31	32	33	36	27	35	37	38	39
Токарні верстати імпульсного напрямлення	Верстати злиткообдирні							Кран-балка	Конвеєри стрічкові	Обдирно-шліфувальні верстати				Свердлильні верстати					
e.is.pro.3 I <sub>ном</sub> = 40 А	e.is.pro.3 I <sub>ном</sub> = 25 А							e.is.pro.3 I <sub>ном</sub> = 25 А	e.is.pro.3 I <sub>ном</sub> = 25 А	e.is.pro.3 I <sub>ном</sub> = 25 А				e.is.pro.3 I <sub>ном</sub> = 25 А					
ABBГ 4x10	ABBГ 4x4							ABBГ 4x4	ABBГ 4x4	ABBГ 4x4				ABBГ 4x4					

Львівська

Зам. інв. N  
Підпис і дата  
Інв. N оп.

						MP 3.8.141.464.ET.m-11 ПЗ		
						Розрахунок системи електропостачання зварювальної ділянки цеху		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			
Розробив	Мельник					Мережа електропостачання 10/0,4 кВ		
Перев.	Лебедева							
Н.Контр.	Никифоров					Схема принципова однолінійна мережі електропостачання 10,4 кВ по ШРА-1		
Затверд.	Лебединський							