

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

Робота допущена до захисту

Зав. кафедри електроенергетики

_____ І. Л. Лебединський

" ____ " _____ 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промисло-
вого підприємства»

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Виконала студентка гр. ЕТ.м-01

_____ Я. В. Чала

Керівник, к.т.н, доцент

_____ І. М. Дяговченко

Консультант

з економічної частини, к.е.н., доцент

_____ О. М. Маценко

Нормоконтроль

_____ М. А. Никифоров

Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

_____ І. Л. Лебединський

” ___ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську роботу студента
Чалої Яни Володимирівни

1. Тема дипломної роботи: «Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промислового підприємства»

затверджена наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі студентом завершеної роботи 30.11.2021 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити, основні розділи зі змісту)

Вступ;

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень

2.2 Вибір ТП і компенсуючих установок

2.3 Вибір перерізу провідників

2.4 Вибір ліній живлення першого рівня системи електропостачання

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання

2.6 Вибір комутаційних апаратів

2.7 Розрахунок заземлення цехової трансформаторної підстанції

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу:

план розташування обладнання цеху, електрична схема СРШ, електрична схема електрообладнання

6. Консультанти:

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

7. Дата видачі завдання 13.09.2021 р.

Керівник роботи _____ Дяговченко І.М.

Завдання прийняв до виконання _____ Чала Я.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Вибір схеми цехової силової електричної мережі	13.09 – 24.09
2.	Розрахунок електричних навантажень	25.09 – 14.10
3.	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП	15.10 – 19.10
4.	Вибір перерізу провідників	20.10 – 25.10
5.	Розрахунок струмів короткого замикання	26.10 – 15.11
6.	Вибір електричних апаратів	16.11 – 9.11
7.	Розрахунок контуру заземлення цеху	10.11 – 15.11
8.	Охорона праці	16.11 – 25.11
9.	Економічна частина	26.11 – 29.11
10.	Оформлення креслень та пояснювальної записки	30.11 – 05.12

Студент-дипломник _____ Чала Я.В.

Керівник роботи _____ Дяговченко І.М.

РЕФЕРАТ

с. 79, рис. 4, табл. 26, додатків 5, джерел 25.

Бібліографічний опис: Чала Я.В. Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промислового підприємства [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Я.В. Чала; наук. керівник І.М. Дяговченко. – Суми: СумДУ, 2021. – 79 с.

Ключові слова:

зварювальний цех, силова електрична мережа, електричне навантаження, трансформаторна підстанція, переріз провідника, струм короткого замикання, автоматичний вимикач, силова розподільча шина, шина розподільча автомагістраль, низька напруга, кабельна лінія.

сварочный цех, силовая электрическая сеть, электрическая нагрузка, трансформаторная подстанция, сечение проводника, ток короткого замыкания, автоматический выключатель, силовая распределительная шина, шина распределительная автомагистраль, низкое напряжение, кабельная линия.

welding shop, electric power network, electric load, transformer substation, conductor cross section, short-circuit current, circuit breaker, power distribution bus, highway distribution bus, low voltage, cable line.

Короткий огляд:

В даній магістерській роботі вибрано схеми цехової силової електричної мережі зварювального цеху, розраховано електричне навантаження силового обладнання, вибрано необхідну кількість та відповідної потужності трансформаторів трансформаторної 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, а саме промислові автоматичні електромагнітні апарати фірми E-Next, розраховано контур заземлення цеху.

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

У економічному розділі проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації зварювального цеху. Розраховано необхідну кількість світильників при заміні існуючих на світлодіодні лампи та розраховано економічну вигоду, економію та термін окупності.

Перелік умовних скорочень

ДЖ – джерело живлення

ЕО – електрообладнання

ЕП – електроприймач

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 – шинопровід розподільний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ	8
1.1 Загальна характеристика зварювального цеху.....	8
1.2 Вихідні дані електроприймачів зварювального цеху.....	12
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ	14
2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень	14
2.2 Вибір ТП і компенсуючих установок.....	19
2.2.1 Вибір трансформаторної підстанції	19
2.2.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності	21
2.3 Вибір перерізу провідників	22
2.3.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ.....	22
2.3.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ	24
2.3.3 Вибір шинопроводів	26
2.4 Вибір ліній живлення першого рівня системи електропостачання	29
2.5 Розрахунок струмів короткого замикання.....	33
2.5.1 Розрахунок параметрів схеми заміщення	35
2.6 Вибір комутаційних апаратів	38
2.7 Розрахунок заземлення цехової трансформаторної підстанції	48
2.8 Висновок по розділу	53
3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ	55
3.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки.....	57
3.1.1 Вихідні дані до розрахунку	57

					<i>МР 3.8.141.483 ЕТ.м-01 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промисло- вого підприємства</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Чала</i>					5	79
<i>Перевір.</i>		<i>Дяговченко</i>				<i>СумДУ ЕТ.м-01</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

3.1.2	Розрахунок освітлювальної системи.....	57
3.1.3	Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання	59
3.2	Висновок по розділу	61
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	62
4.1	Розрахунок економічного ефекту при використанні двох різних світильників	62
4.2	Висновок по розділу	68
	ВИСНОВОК.....	69
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	71
	ДОДАТКИ.....	74

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Проектування зварювального цеху є складною задачею. Вона вимагає від проектувальника обізнаності в багатьох сферах інженерного проектування та знань в різних галузях. Зварювальна дільниця призначена для підготовчих робіт із деталями. Дана дільниця являється частиною крупного механічного цеху заводу важкого машинобудування.

Даним проектом передбачено розрахунок зварювальної дільниці 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. Крім того, на вибір числа та потужності трансформаторів цехових підстанцій, а також засобів компенсації залежить від числа та категорії надійності електроспоживачів.

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

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
						7
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

1.1 Загальна характеристика зварювального цеху

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. Кожний виробничий підрозділ (складально-зварювальний цех, відділення, дільниця) організують в складі заводу для виготовлення певної заданої продукції, що є результатом цілеспрямованого процесу праці. У практиці сучасного проектування промислових підприємств застосовують наступний склад основних елементів виробництва, необхідний для забезпечення його раціональної організації та функціонування [1]:

1. Матеріали для виготовлення заданої продукції - основні і допоміжні.
2. Устаткування виробниче, що підрозділяється в цехах зварювального виробництва на наступні групи:
 - обладнання для обробки металу та виготовлення з нього деталей заданих виробів;
 - механічне зварювальне обладнання для складання виготовлених деталей і подальшого зварювання їх у складальні одиниці;
 - механічне складально-зварювальне обладнання, зварювальне обладнання, що використовується безпосередньо для виконання передбачених виробничим процесом зварювальних операцій, що включає також джерела живлення відповідним видом енергії;

					<i>МР 3.8.14.1.483 ЕТ.м-01 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промисло- вого підприємства</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Чала</i>					8	79
<i>Перевір.</i>		<i>Дяговченко</i>				<i>СумДУ ЕТ.м-01</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

– обладнання та апаратура для контролю якості виконуваних виробничих операцій і виготовленої продукції;

– підйомно-транспортне внутрішньо-цехове обладнання, інструменти, пристосування, спеціальні пристрої та інше оснащення.

3. Енергія всіх видів, що підлягає використанню в проектованому виробництві.

4. Склад працюючих, включаючи виробничих і допоміжних робітників, молодший обслуговуючий, лічильно-конторський та адміністративно-технічний персонал.

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 проектованого цеху до певного типу виробництва (одиничне, дрібносерійне, серійне, велико-серійне, масове). Проте нерідко в одному цеху передбачають організацію виробництв різних типів. Особливо часто в одному цеху суміщають одиничне і дрібносерійне виробництво. Тому в практиці проектування прийнято розглядати чотири типи виробництва:

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

У сучасній практиці проектування підприємств, у тому числі складально-зварювальних цехів машинобудівних заводів, розрізняють одностадійне проектування, що включає розробку техно-робочого проекту (ТРП) і двостадійне проектування, що включає розробку стадії технічний проект (ТП), а потім стадії робочі креслення (РК) [1].

Для будівництва підприємств слід розробляти, як правило, техно-робочі проекти, при цьому для об'єктів, будівництво яких передбачається здійсню-

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

вати за типовими проектами і повторно застосовуваним економічним індивідуальним проектам, а також для технічно нескладних об'єктів, повинні розроблятися тільки техно-робочі проекти. Проектування у дві стадії - технічний проект та робочі креслення - допускається для великих і складних промислових комплексів, а також у випадках застосування нової неосвоєної технології виробництва головних зразків складного технологічного обладнання, складних архітектурно-будівельних рішень і при особливо складних умовах будівництва. 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:

- 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.

Для нових, оригінальних і складних установок і пристроїв дають технічні описи, схеми і ескізи, супроводжувані необхідними розрахунками продуктивності, пропускної здатності, міцності, стійкості. Крім того, в цій частині технічного проекту повинні бути поміщені відомості про річну потребу майбутнього цеху в основних і допоміжних матеріалах і в енергії, дані про виробничий зв'язок (вантажобіг) з іншими цехами і зі складами заводу; зведений кошторис капітальних витрат, зведений кошторис річних експлуатаційних витрат, техніко-економічні показники даного цеху і порівняння їх з показниками аналогічних, економічно запроектованих або побудованих цехів. В основу технічних розрахунків приймають затверджені нормативи і норми зразкових ді-

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ючих підприємств або перевірені дані раніше затверджених економічних проектів. Вартість спорудження цеху та річні експлуатаційні витрати визначають на підставі кошторисів за окремими видами робіт і витрат.

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, підйомно-транспортних пристроїв. По всім зазначеним роботам складають докладні специфікації на необхідне устаткування, оснащення і матеріали. Робочі креслення виконують комплектно - по видам робіт і по чергах будівництва. Техно-робочий проект являє собою поєднання стадій технічний проект та робочі креслення. При його складанні 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 проектуваному цеху і новітнім досягненням науки і зварювальної техніки [1–3].

Потокове виробництво характеризується наступними основними ознаками:

- первинними виробничими ділянками є потокові лінії, кожна з яких представляє собою ряд робочих місць, розташованих в порядку послідовності виконання операцій технологічного процесу;

- за кожною потоковою лінією закріплюється виготовлення одного або декількох різних, але певних виробів;

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2 Вихідні дані електроприймачів зварювального цеху

У цьому розділі наведено необхідні вихідні дані до проектування. Вихідні дані номінальних параметрів електроспоживачів зварювального цеху наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Вихідні дані до проектування

№	Найменування пристрою	P, кВт	ПВ, %
45	Електроталь	4,8	25
29	Кран-балка	18	60
30, 34	Конвесери стрічкові	6	100
3, 9, 13, 16, 41	Вентиляційні установки	10,2	100
17, 21, 44, 46	Кондиціонер	28,8	100
18... 20	Електропечі опору	66	100
11, 12, 14, 15	Зварювальні агрегати	12,48	100
40	Зварювальний стенд	11,76	100
42, 43	Зварювальні трансформатори	26,4	4
5...7	Зварювальні випрямлячі	8,64	100
1, 4	Зварювальні перетворювачі	19,2	100
2	Зварювальні напівавтомати	30	100
31...33, 36	Обдирно-шліфувальні верстати	3,6	100
22...26, 28	Верстати злиткообдирні	6,6	100
27, 35, 37...39	Свердлильні верстати	3	100
8, 10	Токарні верстати імпульсного наплавлення	14,76	100

План розташування обладнання наведено в додатку А.

Дільниця має механічний, термічне відділення, зварювальні пости, відділення імпульсної плавки, де розміщено основне обладнання.

Електропостачання забезпечується від цехової ТП 10/0,4 кВ, розташована на відстані 50 м від будівлі дільниці. В перспективі від даної ТП планується живлення верстатної ділянки додаткового навантаження $P = 800 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,85$, $K_{II} = 0,6$. Трансформаторна підстанція споруджена на території підприємства на деякій відстані від цехових споруд, що зумовлено як живлення від однієї ПС кількох цехів, а прибудовані ПС до одного з цехів або самостійні ПС у кожному з цехів економічно не виправдані. 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 відносяться до 2 категорії надійності, а інші до 3. Кількість робочих змін – 2.

Ґрунт в області цеху – пісок при температурі $+12 \text{ }^\circ\text{C}$. Каркас будівлі складається із блоків-секції довжиною 8,6 та 4 м кожний.

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

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.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ЦЕХУ

2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень

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

Проведемо розрахунок для підйомного устаткування.

- Сумарні номінальні активні і реактивні потужності кожної характерної категорії визначається за формулою (2.1) [2–4]:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \tag{2.1}$$

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

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

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

<i>МР 3.8.141.483 ЕТ.м-01 ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
		<i>Чала</i>		
		<i>Дяговченко</i>		
		<i>Никифоров</i>		
		<i>Лебединський</i>		
<i>Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промислового підприємства</i>				
		<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
			14	79
<i>СумДУ ЕТ.м-01</i>				

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

Для металорізальних верстатів проведемо підстановку даних згідно формули (2.1):

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} = 3,6 \cdot 4 + 6,6 \cdot 6 + 3 \cdot 5 + 14,76 \cdot 2 = 98,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} tg \varphi_i =$$
$$= 3,6 \cdot 4 \cdot 1,73 + 6,6 \cdot 6 \cdot 1,73 + 3 \cdot 5 \cdot 1,73 + 14,76 \cdot 2 \cdot 1,73 = 170,6 \text{ кВАр}$$

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

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}$$
$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{спі} tg \varphi_i$$
(2.2)

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 (2.2):

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi} = 14,4 \cdot 0,2 + 39,6 \cdot 0,2 + 15 \cdot 0,2 + 29,5 \cdot 0,2 = 19,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{спі} tg \varphi_i =$$
$$14,4 \cdot 0,2 \cdot 1,73 + 39,6 \cdot 0,2 \cdot 1,73 + 15 \cdot 0,2 \cdot 1,73 + 29,5 \cdot 0,2 \cdot 1,73 = 34,1 \text{ кВАр}$$

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Середньозважені коефіцієнти використання и потужності розраховуються за формулами (2.3) [1, 2]:

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

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

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

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{19,7}{98,5} = 0,2$$

$$tg\varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{срi} tg\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{170,6}{98,5} = 1,732$$

- Ефективне число електроприймачів за характерною категорією визначається за формулою (2.4) [1, 2]:

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

$$n_{\text{эф}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}^2} = \frac{98,5^2}{2870} = 3,379 \text{ шт.}$$

На основі розрахованих параметрів і табличних даних представленої в [2, 3] визначається розрахунковий коефіцієнт за формулою (2.5):

$$k_p = f(n_{\text{эф}}; k_{B.c.p}) \quad (2.5)$$

$$k_p = f(n_{\text{эф}}; k_{B.c.p}) = f(3,38; 0,2) = 1,66$$

- Визначаємо розрахункову потужність по кожній характерній категорії за формулою (2.6):

$$\begin{aligned} P_p &= P_{\text{ср}i} \cdot k_p \\ Q_p &= Q_{\text{ср}i} \cdot k_p \end{aligned} \quad (2.6)$$

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

$$P_p = P_{\text{ср}i} \cdot k_p = 19,7 \cdot 1,66 = 32,7 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{\text{ср}i} \cdot k_p = 34,1 \cdot 1,66 = 56,6 \text{ кВАр}$$

- Повне розрахункове навантаження визначається за наступним виразом (2.7):

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.7)$$

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{32,7^2 + 56,6^2} = 65,4 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм визначається за виразом (2.8):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (2.8)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{65}{\sqrt{3} \cdot 380} = 99,36 \text{ А}$$

Аналогічним шляхом визначаємо для інших груп.

Результати розрахунків по даному підрозділі показано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати розрахунків

Група ЕП	$P_{ном}$, кВт	$Q_{ном}$, кВАр	$P_{ср}$, кВт	$Q_{ср}$, кВА р	P_p , кВт	Q_p , кВА р	S_p , кВА	I_p , А
Металорізальні вер- стати	98,5	170,6	19,7	34,1	32,7	57	65	99
Підйомне устатку- вання	28,3	35,0	5,6	8,3	14,3	21	26	39
Зварювальні апа- рати	167	315,6	52,1	94,4	59,9	109	124	188
Вентилятори, на- соси, компресори	166	205,8	110,6	138,2	132	166	212	323
Електротермічне устаткування	198	342,9	138,6	240,1	158	274	316	480
Освітлення	30	24,0	12,0	9,6	15,6	12,4	19,9	30,3
Разом по цеху	807, 6	1269,9	356	451	562, 6	806	966	1468

2.2 Вибір ТП і компенсуючих установок

2.2.1 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 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. Дво-трансформаторні ПС застосовують при більшості ЕП 1-ї категорії та наявності ЕП особливої групи, а також для живлення ЕП 2-ї категорії надійності.

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

ПС з кількістю трансформаторів більше двох застосовують лише при належному обґрунтуванні, а також при установленні окремих трансформаторів

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

для живлення силових та освітлювальних навантажень. При трьох і менше трансформаторах їх стандартну номінальну потужність вибирають за формулою (2.9) [2, 3]:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{P_p}{N \cdot \beta_m} \quad (2.9)$$

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

P_p - розрахункове активне навантаження;

N - Кількість трансформаторів;

β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора.

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

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

$$P_p = 532 \text{ кВт}$$

Крім того, за умовою задачі додатково планується навантаження

$$P_d = 800 \text{ кВт}$$

Отже, номінальна потужність трансформатора ПС становить:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{\sqrt{(532 + 800)^2 + (805,9 + 0,85 \cdot 800)^2}}{2 \cdot 0,75} = 1330 \text{ кВт}$$

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з розрахунком для ТП вибирається трансформатор типу ТМ-1600-10/0,4. Каталогні дані показано в табл. 2.2 [5–7].

Таблиця 2.2 – Каталогні дані трансформатора

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані			
		U _{ном} , кВ		U _к , %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _х , %	R _т , Ом	X _т , Ом	ΔQ _х , кВАр	пг
		ВН	НН								
ТМ-1600/10	1600	10	0,4	5,5	18	3,3	2,6	0,7	3,27	41,6	14,5

2.2.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності

Максимальна реактивна потужність, яку доцільно передавати через трансформатор 6(10)/0,4 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта його завантаження $\beta_m = 0,75$, визначається за формулою 3.2 (2.10) [2, 3]:

$$Q_m = \sqrt{(N \cdot \beta_m \cdot S_{ном_т.р})^2 - P_p^2} \quad (2.10)$$

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

P_p - розрахункове активне навантаження;

N - кількість трансформаторів;

β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора

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

Потужність конденсаторної установки (КУ) із конденсаторами на розрахункову реактивну потужність напругою 0,4 кВ визначається за (2.11):

$$\begin{aligned} Q_{н.к} &= Q_p - Q_t \\ Q_p &= \sum Q_p \end{aligned} \quad (2.11)$$

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

$$Q_m = \sqrt{(3 \cdot 0,75 \cdot 1600)^2 - 1332^2} = 1800 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = 1485 \text{ кВАр}$$

$$Q_{н.к} = 1800 - 1485 = 314 \text{ кВАр}$$

У зв'язку з тим, що трансформатор даної ПС не пропускає всю необхідну реактивну потужність у мережу напругою до 1 кВ, необхідно встановити конденсаторну установку. Вибираємо дві комплектні (КУ), найближча стандартна величина потужності яких становить 320 кВАр.

Вибираємо установку типу УКРМ-0,4-320-20 УЗ з кроком зміни реактивної потужності 20 кВАр [8–10].

2.3 Вибір перерізу провідників

2.3.1 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 (2.12) [2, 3]:

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

$$I_{норм} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92,4 \text{ А} \quad (2.12)$$

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

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 (2.13):

$$S_{ек} = \frac{I_{НОРМ}}{J_{ек}}, \text{ мм}^2$$
$$S_{ек} = \frac{92,4}{2,5} = 36,9 \text{ мм}^2 \quad (2.13)$$

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

$J_{ек}$ - нормоване значення економічного вигідної густини струму, А/мм².

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{ек}$ округляється до найближчого стандартного перерізу. Обираємо кабель типу ВВГ 5х50.

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 (2.14):

$$K_{рез} I'_{дон} \geq K_{пер} I_{норм}, \text{ А} \quad (2.14)$$

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 (2.15)

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
						23
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[2, 3]:

$$\begin{aligned} I'_{\text{доп}} &= K_{\text{сер}} K_{\text{пр}} I_{\text{доп}}, A \\ I'_{\text{доп}} &= 0,94 \cdot 1 \cdot 75 = 70,5 \end{aligned} \quad (2.15)$$

де $K_{\text{сер}}$ - поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної, відповідно ПУЕ дане значення становить +25 для повітря та +15 для землі [11];

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

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

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{\text{сер}}$ можна також обчислити за формулою (2.16):

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{60 - 25}{60 - 15}} = 0,88 \quad (2.16)$$

Оскільки рівність (2.14) виконується, то переріз кабелю обрано правильно.

2.3.2 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 (2.17):

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{норм}}, A \quad (2.17)$$

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

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$I'_{дон}$ - 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 (2.18):

$$\begin{aligned} I'_{дон} &= K_{пр} \cdot K_{сер} \cdot K_{нопр} \cdot I_{дон}, A \\ I'_{дон} &= K_{пр} \cdot K_{сер} \cdot K_{нопр} \cdot I_{дон} =, A \end{aligned} \quad (2.18)$$

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості, поправковий коефіцієнт $K_{пр} = 1$, згідно вимог правил та улаштувань електроустановок (ПУЕ) [11].

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

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається за формулою (2.19):

$$\Delta U = \frac{P_p R_{кб} + Q_p X_{кб}}{10 \cdot U_{ном}^2} \quad (2.19)$$

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 (2.20):

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$\begin{aligned} R_{кб} &= r_0 \cdot l_{кб} \\ X_{кб} &= x_0 \cdot l_{кб} \end{aligned} \quad (2.20)$$

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

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунку вибору кабелів до шинних РП

Кабель до ПЕ	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
СРШ1	120	184	164	0,16	11,2	1×АВВГ 4х-120
СРШ2	2×120	368	332	0,219	15,4	2×АВВГ 4х-120
СРШ3	70	128	110	0,014	1	1×АВВГ 4х-70
СРШ4	70	128	110	0,07	5	1×АВВГ 4х-70
СРШ5	3×150	731	635	635	0,66	3×АВВГ 4х-150
СРШ6	120	184	168	0,023	2	1×АВВГ 4х-120
СРШ7	2×150	487	372	0,26	18,7	2×АВВГ 4х-150
ШРА	2×120	368	329	0,08	5	2×АВВГ 4х-120

2.3.3 Вибір шинопроводів

Застосування шинопроводів в електричних мережах низької напруги дозволяє створити безпечні в експлуатації, універсальні електричні мережі, форму яких легко змінити при зміні технологічного процесу виробництва. Крім того, використання шинопроводів забезпечує можливість безперешкодного додавання навантажень і відгалужень до струмоприймачів практично в будь-якому місці при порівняно коротких сполучних зв'язках. Це дозволяє виконати магістральні мережі живлення струмоприймачів, які є більш економічними, ніж радіальні мережі [2, 3, 12].

Застосування шинопроводів на вертикальних ділянках дозволяє монтувати їх поповерхово одночасно із спорудженням кожного поверху будівлі, що неможливо виконати при кабельних прокладках. Застосування даного типу

мережі в якості магістралей доцільно також у цехах із зосередженими навантаженнями, коли це допускає характер навколишнього середовища. У цьому випадку застосовуються відкриті шинопроводи - голі шини, що закріплюються за допомогою ізоляторів. Монтаж проводиться разом з шинами на конструкціях, прикріплених до стін або стелям. В якості голих шин застосовується смугова або кругла сталь (як правило, при навантаженнях струму не вище 100 А), плоска або кругла мідь або алюміній [2, 3, 12].

Установка магістральних і розподільних шинопроводів. Застосування шинопроводів створює універсальні електричні мережі, які дозволяють швидко і з мінімальними витратами підключати цехове обладнання при змінах технологічного процесу виробництва та пов'язаних з цим перестановкою і заміною машин і верстатів, а також звільняє від необхідності прокладки громіздких і дорогих кабельних і трубних електромереж. Застосування такого типу мережі звільняє від прокладки громіздких і дорогих кабельних мереж і різко знижує трудомісткість монтажних робіт. Шинопровід ШМАД-1600 має підвищений ступінь захисту, що дозволяє розширювати область застосування шинопроводів, наприклад, в системах з автоматичним пожежогасінням [2, 3, 11, 12].

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

Комплектні шинопроводи типу ШМА вибирають за струмом форсованого режиму силового трансформатора, до якого вони приєднані, за формулою (2.21) [2, 3]:

$$I_{\text{ном.ШМА}} \geq I_{\Phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} \quad (2.21)$$

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

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 (2.22) [2, 3]:

$$I_{ном.т} = \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.т}} \quad (2.22)$$

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 (2.23):

$$U_{ШМА} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot 100}{U_{ном}} \cdot (r_n \cos \varphi + x_n \sin \varphi) \quad (2.23)$$

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.
									28
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP 3.8.14.1.483 ПЗ				

Номинальний струм комплектних шинопроводів типу ШРА $I_{ном.ШРА}$ і вибирають за розрахунковим струмом рівня електропостачання за формулою (2.24):

$$I_{ном.ШРА} \geq I_p \quad (2.24)$$

Площа перерізу та втрата напруги в ШРА визначається так як і для ШМА. Отримані дані заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахункових шинопроводів по шинних розподільних пунктах

РП	$I_{дон}, A$	I_p, A	$\Delta U, \%$	Тип шинопроводу
ШРА1	630	329	0,08	ШРА73-630-УЗ
СРШ1	250	164	0,16	ШРА73-250-УЗ
СРШ2	630	332	0,22	ШРА73-630-УЗ
СРШ3	250	110	0,01	ШРА73-250-УЗ
СРШ4	250	110	0,07	ШРА73-250-УЗ
СРШ5	1250	635	0,66	ШМА4-1250-НУЗ
СРШ6	250	168	0,023	ШРА73-250-УЗ
СРШ7	630	372	0,263	ШРА73-630-УЗ

2.4 Вибір ліній живлення першого рівня системи електропостачання

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою (2.25):

$$I'_{дон} \geq I_p \quad (2.25)$$

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. 2.5-2.12.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку проводів по СРШ 1

Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{дон}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні перетворювачі (1)	4	25	18,23	0,74	6,94	1×АВВГ 4х-4
Зварювальні перетворювачі (2)	35	83	75,97	0,01	0,60	1×АВВГ 4х-35
Зварювальні перетворювачі (3)	10	39	30,99	0,09	4,13	1×АВВГ 4х-10

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку проводів по СРШ 2

Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{дон}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні перетворювачі (4)	4	25	18,2	0,74	6,9	1×АВВГ 4х-4
Зварювальні випрямлячі (5)	25	69	58,3	0,14	7,8	1×АВВГ 4х-25
Зварювальні випрямлячі (6)	6	32	26,3	0,08	2,4	1×АВВГ 4х-6
Зварювальні випрямлячі (7)	6	32	26,2	0,05	1,6	1×АВВГ 4х-6
Вентиляційні установки (9)	6	32	26,2	0,16	4,8	1×АВВГ 4х-6

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку проводів по СРШ 3

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні агрегати (11)	16	55	47,4	0,026	1,4	1×АВВГ 4х-16
Зварювальні агрегати (12)	16	55	47,4	0,052	2,9	1×АВВГ 4х-16
Вентиляційні устано- вки (13)	10	39	30,9	0,170	7,4	1×АВВГ 4х-10

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ4

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальні агрегати (14)	16	55	47,4	0,026	1,4	1×АВВГ 4х-16
Зварювальні агрегати (14)	16	55	47,4	0,052	2,9	1×АВВГ 4х-16
Вентиляційні устано- вки (16)	10	39	30,9	0,17	7,3	1×АВВГ 4х-10

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ5

Назва ЕП	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Кондиціонер (17)	25	69	62,5	0,119	4,5	1×АВВГ 4х-25
Електропечі опору (18)	150	243	200	0,058	4,1	1×АВВГ 4х-150
Електропечі опору (19)	150	243	200	0,028	2,0	1×АВВГ 4х-150
Електропечі опору (20)	150	243	200	0,135	9,5	1×АВВГ 4х-150
Кондиціонер (21)	25	69	62,5	0,421	16,0	1×АВВГ 4х-25

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.14.1.483 ПЗ

Арк.

31

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ6

Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Вентиляційні установки (41)	10	39	31,0	0,008	0,350	1×АВВГ 4х-10
Зварювальні трансфор- матори (42)	35	83	80,2	0,178	9,678	1×АВВГ 4х-35
Зварювальні трансфор- матори (43)	35	83	80,2	0,040	2,189	1×АВВГ 4х-35

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку параметрів проводів по ШРА

1	2	3	4	5	6	7
Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{дон}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Верстати злиткообди- рні (22)	4	25	20,0	0,10	2,63	1×АВВГ 4х-4
Верстати злиткообди- рні (23)	4	25	20,0	0,06	1,68	1×АВВГ 4х-4
Верстати злиткообди- рні (24)	4	25	20,0	0,06	1,68	1×АВВГ 4х-4
Верстати злиткообди- рні (25)	4	25	20,0	0,06	1,68	1×АВВГ 4х-4
Верстати злиткообди- рні (26)	4	25	20,0	0,06	1,68	1×АВВГ 4х-4
Свердлильні верстати (27)	4	25	9,12	0,03	1,68	1×АВВГ 4х-4
Верстати злиткообди- рні (28)	4	25	20,0	0,06	1,68	1×АВВГ 4х-4
Кран-балка (29)	16	55	54,7	0,23	8,80	1×АВВГ 4х-16
Конвеєри стрічкові (30)	4	25	11,4	0,17	5,10	1×АВВГ 4х-4
Обдирно-шліфувальні верстати (31)	4	25	10,9	0,14	7,06	1×АВВГ 4х-4
Обдирно-шліфувальні верстати (32)	4	25	10,9 4	0,14	7,06	1×АВВГ 4х-4
Обдирно-шліфувальні верстати (33)	4	25	10,9	0,14	7,07	1×АВВГ 4х-4

Продовження табл.2.11

1	2	3	4	5	6	7
Конвесери стрічкові (34)	4	25	11,4	0,18	5,62	1×АВВГ 4х-4
Свердлильні верстати (35)	4	25	9,12	0,12	7,03	1×АВВГ 4х-4
Обдирно-шліфувальні верстати (36)	4	25	10,9 4	0,15	7,76	1×АВВГ 4х-4
Свердлильні верстати (37)	4	25	9,12	0,21	12,76	1×АВВГ 4х-4
Свердлильні верстати (38)	4	25	9,12	0,19	11,72	1×АВВГ 4х-4
Свердлильні верстати (39)	4	25	9,12	0,19	11,57	1×АВВГ 4х-4
Токарні верстати імпульсного наплавлення (8)	16	55	44,8 5	0,10	4,91	1×АВВГ 4х-16
Токарні верстати імпульсного наплавлення (10)	16	55	44,8 5	0,06	2,84	1×АВВГ 4х-16

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ7

Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{доп}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
Зварювальний стенд (40)	16	55	51,0	0,18	10,46	1×АВВГ 4х-16
Кондиціонер (44)	25	69	62,5	0,25	9,35	1×АВВГ 4х-25
Кондиціонер (46)	25	69	62,5	0,23	8,77	1×АВВГ 4х-25
Електроталь (45)	4	25	9,3	0,09	3,28	1×АВВГ 4х-4

З урахуванням умов надійності і механічної міцності для живлення світильників і розеток обираємо кабель ВВГ 4х1,5.

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів,

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньо цехового електропостачання слід виконати достовірні розрахунки КЗ.

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

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

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

1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;

2) максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела 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;

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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

Вихідна схема наведена на рис. 2.1.

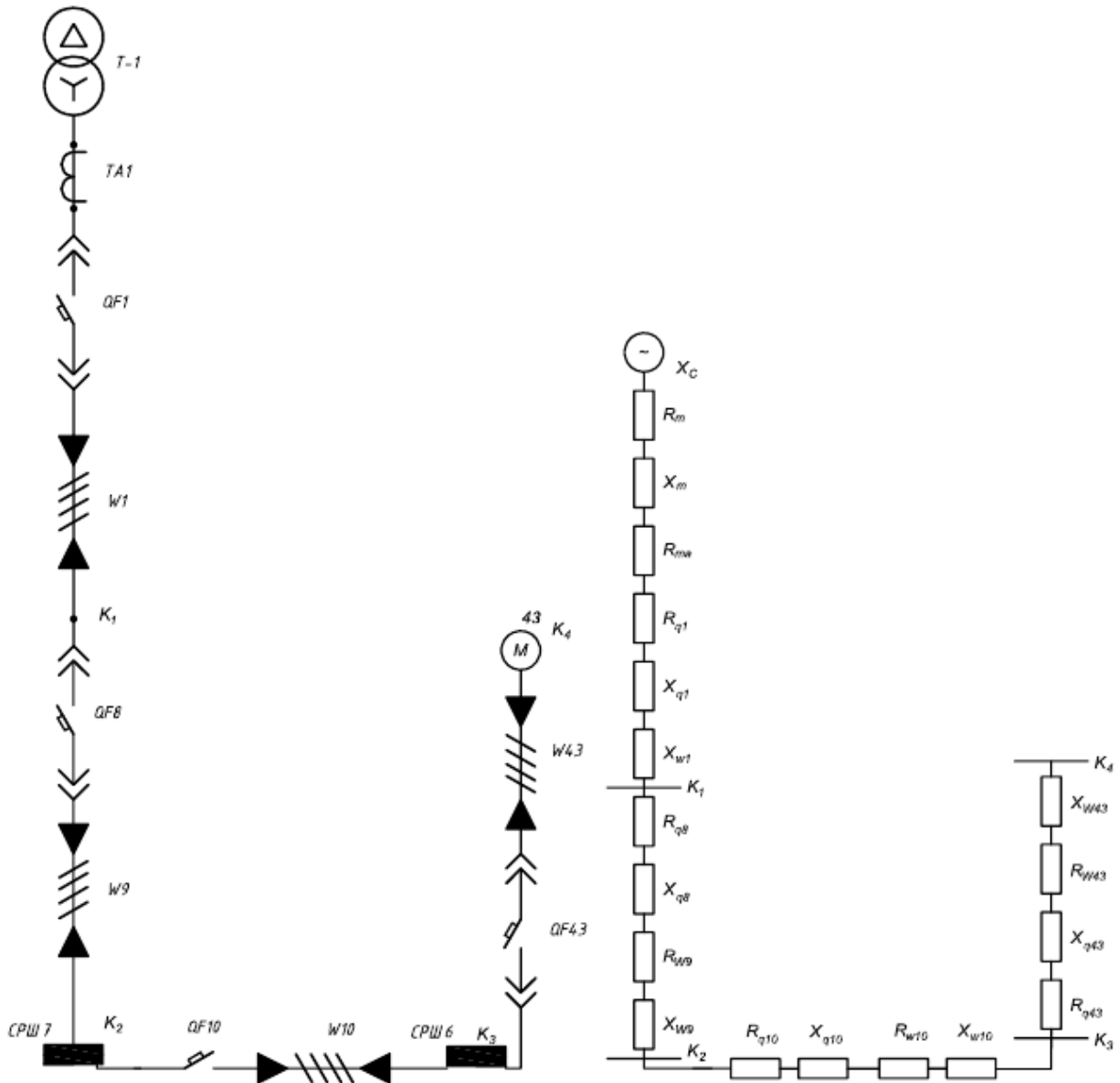


Рисунок 2.1 - Схема заміщення для визначення СКЗ в точках

2.5.1 Розрахунок параметрів схеми заміщення

Для початку розрахуємо параметри елементів схеми заміщення за наступними виразами.

Опори трансформатора визначаємо за формулами (2.26), (2.27):

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}^2} 10^6 \quad (2.26)$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.т}} \right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}} 10^4 \quad (2.27)$$

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.

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

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

Для цього знаходять сумарні активні та реактивні опори.

Далі знаходять повний опір точки КЗ за формулою (2.28).

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (2.28)$$

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

Далі знаходять початкове діюче значення періодичної трифазного струму при металевому КЗ за формулою (2.29):

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} \quad (2.29)$$

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

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
						36
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним пунктом визначається ударний струм у точці КЗ за формулою (2.30) :

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} \quad (2.30)$$

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

Наступним етапом визначається струм однофазного короткого замикання

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції та появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес становить мінімально можлива величина струму однофазного ЕЗ, яка буде наприкінці ділянки, що захищається, тому що цей струм 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 (2.31):

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{nm}} \quad (2.31)$$

де U_ϕ - фазна напруга мережі, В;

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

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
						37
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{nm}} = \frac{220}{\frac{42}{3}} = 15,72 \text{ кА}$$

Розрахунки приведені в табл. 2.13:

Таблиця 2.13 - Результати розрахунку струмів трифазного та однофазного короткого замикання

Точка КЗ	$r_{кз}$	$x_{кз}$	$z_{кз}$	$I_{по}^{(3)}$	$I_y^{(3)}$	$I^{(1)}$
К1	3,39	37,34	37,49	6,16	13,07	15,71
К2	4,09	37,51	37,74	6,12	12,98	6,90
К3	4,10	37,52	37,74	6,12	12,98	6,11
К4	5,40	38,22	38,60	5,98	12,69	4,89

2.6 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 автомата 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 (2.32):

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} \quad (2.32)$$

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

Номінальний струм автоматів і номінальні струми роз'єднувачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму, формула (2.33):

$$\begin{aligned} I_{ном.а} &\geq I_{\phi} \\ I_{ном.р} &\geq I_{\phi} \end{aligned} \quad (2.33)$$

Найбільше значення номінального струму роз'єднувача дорівнює номінальному струму автомата, формула (2.34):

$$I_{ном.а} \geq I_{ном.р} \quad (2.34)$$

Струм форсованого режиму визначається за формулою (2.35):

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p \quad (2.35)$$

де $K_{рез}$ - коефіцієнт резервування;

I_p - розрахунковий струм.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струм форсованого режиму I_ϕ для автомата вводу дво трансформаторної ПС при резервуванні кабельною перемичкою між найближчими сусідніми ПС рівний $1,3 \cdot I_{ном}$; для лінійного автомата - розрахунковому струму 2-го рівня електропостачання I_{p2} ; для автомата до окремого ЕП - розрахунковому струму 1-го рівня електропостачання I_p (його номінальному струму $I_{ном}$ ЕП при $k_3 = 1$).

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{c.n}$ вибирається за умови (2.36):

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq K \cdot I_p \quad (2.36)$$

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 (2.37):

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq 1,3 \cdot I_{p.o} \quad (2.37)$$

Для автомата вводу уставка спрацювання відсічки роз'єднувача миттєвої дії $I_{c.в}$ визначається за формулою (2.38):

$$I_{c.в} \geq (6...10) \cdot I_{ном.т} \quad (2.38)$$

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

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП і від пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі уставки струму спрацювання відсічки

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роз'єднувача миттєвої дії $I_{c.в}$ за формулою (2.39):

$$\begin{aligned} I_{c.в} &= I_{y.c.p} \geq 1,25 \cdot I_{нік} \\ I_{c.в} &= I_{y.c.p} \geq 1,25 \cdot I_{пуск} \end{aligned} \quad (2.39)$$

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

Пусковий струм ЕП обчислюється згідно формули (2.40):

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном.ЕП} \quad (2.40)$$

де $k_{пуск}$ - коефіцієнт пуску;

$I_{ном.ЕП}$ - номінальний струм ЕП.

Коефіцієнти пуску $k_{пуск}$ приймають:

- п'ятикратним для асинхронних та синхронних двигунів;
- трикратним для зварювальних і пічних трансформаторів, машин кон-

тактного зварювання.

Піковий струм групи з 2-5 ЕП визначається за формулою (2.41):

$$I_{нік} = I_{пуск.макс} + \sum_1^{n-1} I_{ном} \quad (2.41)$$

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

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

льного струму найбільшого за потужністю.

Для групи більше 5 ЕП визначається за формулою (2.42):

$$I_{нік} = I_{пуск.макс} + (I_p - k_v \cdot I_{ном.макс}) \quad (2.42)$$

					<i>MP 3.8.141.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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 спрацювання відсічки визначається з виразу (2.43)

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} \geq 1,3 \cdot I_{ККУ} \quad (2.43)$$

де $I_{ККУ}$ - номінальний струм ККУ.

В даній роботі обрано 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 – склонаповненого поліаміду. При необхідності силові автоматичні вимикачі цієї серії (до 800 А) доукомплектовуються додатковими аксесуарами, що дозволяють розширити їх функціональні можливості таким чином [14]:

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 спри-

чини́ла цей стан (ручне включення, дистанційне включення-вимкнення в штатному режимі, автоматичне спрацьовування та відключення з причини аварії). Інформація про поточний стан вимикача відображатиметься у всіх режимах.

4. Незалежний розчіплювач 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-гідролічний розчіплювач, 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.

Переваги вимикачів із таким розчіплювачем [14, 15]:

1. Стабільність частотних характеристик та їх незалежність від температури навколишнього середовища.

2. Можливість швидкого повторного включення після спрацьовування по аварії (немає біметалічної пластини, не потрібен час на охолодження).

3. Стійкість до вібрацій.

Захисні функції в силових автоматичних вимикачах великих габаритів 100S ... 800S виконує комбінований розчіплювач – тепловий та електромагнітний.

Тепловий розчіплювач - 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].

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Електромагнітний розчіплювач електродинамічного типу спрацьовує так [14,15]: при проходженні струму короткого замикання металева пластина, що є в ньому, притягується до рамки розчіплювача, впливаючи на механізм вільного розчіплювача і тим самим відключаючи вимикач.

Серед переваг електронного розчіплювача [14, 15]:

1. Широкий набір налаштувань.
2. Незалежність часструмових характеристик від температури навколишнього середовища (тепловий захист електронного розчіплювача спрацьовує при температурі близько 100 ° С).

Результати розрахунків та вибір належного вимикача наведено в табл. 2.14 – 2.21.

Таблиця 2.14 – 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)	18,2	20	113,9	5	120	60S.20
Зварювальні перетворювачі (2)	75,9	80	474,8	5	480	100S.80
Зварювальні перетворювачі (3)	30,9	40	193,7	5	240	60S.32

Таблиця 2.15 – Результати розрахунку проводів по СРШ 2

1	2	3	4	5	6	7
Назва ЕП	I_p , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$, А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні перетворювачі (4)	58,3	63	364,64	5	630	100S.63
Зварювальні випрямлячі (5)	26,2	32	164,09	5	320	60S.32
Зварювальні випрямлячі (6)	26,2	32	164,09	5	320	60S.32

Продовження табл. 2.15

1	2	3	4	5	6	7
Зварювальні випрямлячі (7)	26,2	32	164,09	5	320	60S.32
Вентиляційні установки (9)	30,9	32	193,72	5	320	60S.32

Таблиця 2.16 - Результати розрахунку проводів по СРШ 3

Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні агрегати (11)	47,4035	50	296,27	5	500	60S.50
Зварювальні агрегати (12)	47,4035	50	296,27	5	500	60S.50
Вентиляційні установки (13)	30,99459	32	193,72	5	320	60S.32

Таблиця 2.17 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ4

Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а} A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальні агрегати (14)	47	50	296	5	500	60S.50
Зварювальні агрегати (14)	47	50	296	5	500	60S.50
Вентиляційні установки (16)	31	32	194	5	320	60S.32

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.14.1.483 ПЗ

Арк.

45

Продовження табл. 2.20

1	2	3	4	5	6	7
Верстати злиткообдирні (25)	498	25	125	5	150	60S.25
Верстати злиткообдирні (26)	498	25	125	5	150	60S.25
Свердлильні верстати (27)	498	10	57	5	60	60S.10
Верстати злиткообдирні (28)	498	25	125	5	150	60S.25
Кран-балка (29)	366	63	342	5	378	60S.63
Конвеєри стрічкові (30)	104	16	71	5	96	60S.16
Обдирно-шліфувальні верстати (31)	118	16	68	5	96	60S.16
Обдирно-шліфувальні верстати (32)	118	16	68	5	96	60S.16
Обдирно-шліфувальні верстати (33)	118	16	68	5	96	60S.16
Конвеєри стрічкові (34)	94	16	71	5	96	60S.16
Свердлильні верстати (35)	119	10	57	5	60	60S.10
Обдирно-шліфувальні верстати (36)	108	16	68	5	96	60S.10
Свердлильні верстати (37)	66	10	57	5	60	60S.10
Свердлильні верстати (38)	71	10	57	5	60	60S.10
Свердлильні верстати (39)	72	10	57	5	60	60S.10
Токарні верстати імпульсного наплавлення (8)	657	50	280	5	300	60S.50
Токарні верстати імпульсного наплавлення (10)	1137	50	280	5	300	60S.50

Таблиця 2.21 – Результати розрахунку параметрів проводів по СРШ7

1	2	3	4	5	6	7
Назва ЕП	$I_{p, A}$	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск, A}$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
Зварювальний стенд (40)	51	63	319	5	630	60S.63

Арк.

MP 3.8.14.1.483 ПЗ

47

Змін. Арк. № докум. Підпис Дата

1	2	3	4	5	6	7
Кондиціонер (44)	63	63	391	5	630	60S.63
Кондиціонер (46)	63	63	391	5	630	60S.63
Електроталь (45)	9	10	58	5	100	60S.10

2.7 Розрахунок заземлення цехової трансформаторної підстанції

При розрахунку ПЗ визначають тип заземлювачів, їх кількість та місце розміщення, а також переріз заземлюючих проводів. Розрахунок ПЗ являє собою визначення опору розтікання струму штучних заземлювачів, який не перевищить нормованого значення і залежить від провідності ґрунту, конструкції заземлювача та глибини його закладання [11, 16, 17].

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенціально небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Тому всі потенційно небезпечні частини мають бути заземлені або занулені. В даному проекті використовується чотири провідна система електропостачання цеху. Тому доцільно використовувати занулення для захисту працівників від ураження електричним струмом. Робота такої системи заключається в тому, що при попаданні струмоведучих частин на корпус ЕП виника однофазне КЗ, що спричиняє миттєве відключення. Для безпечного обслуговування 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 [15], яка показана на рис. 2.2 [18].

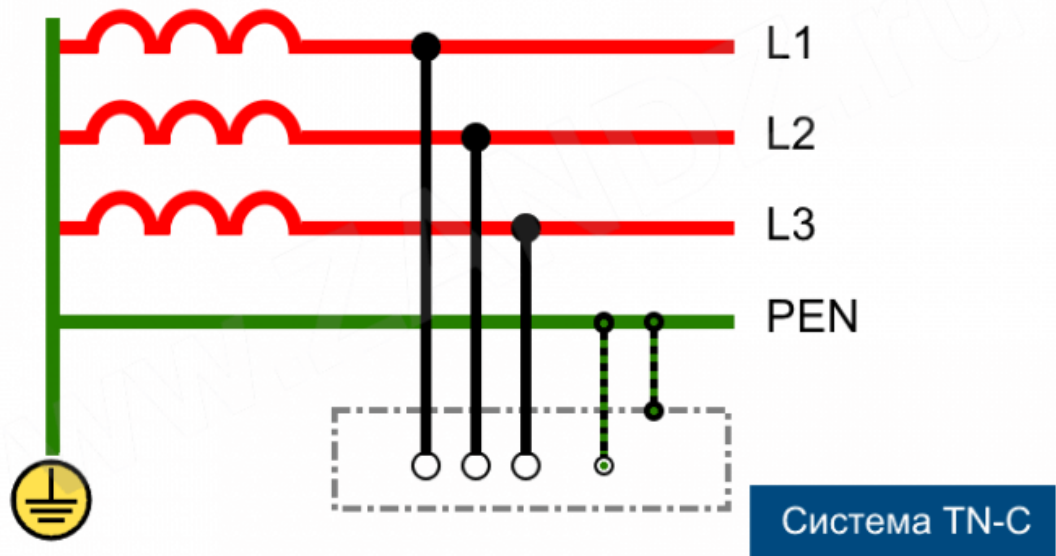


Рисунок 2.2 - Схема мережі за системою TN-C

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

Таким чином, надійна робота пристроїв заземлення та занулення забезпечується не лише правильним виконання їх відповідно до вимог [11], але й правильною експлуатацією з дотриманням усіх норм правил технічної експлуатації.

Крім того, в установках захисного занулення при прийманні їх в експлуатацію періодично під час експлуатації та після капітальних ремонтів або реконструкції мережі проводиться вимір повного опору петлі «фаза-нуль». Цей

смуги $K_{B,Г,Е} = 0,3$ (середня величина). Тоді опір розтікання горизонтального заземлення з урахуванням екранування визначається за виразом (2.48):

$$R_{з.Г.Е} = \frac{R_{з.Г}}{K_{B,Г,Е}} = \frac{14,2}{0,3} = 47,3 \text{ Ом} \quad (2.48)$$

Визначається уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтального струму (2.49)

$$R_{з.В.Е} = \frac{R_{з.Г.Е} \cdot R_{e.норм}}{R_{з.Г.Е} - R_{e.норм}} = \frac{47,3 \cdot 4}{47,3 - 4} = 3,69 \text{ Ом} \quad (2.49)$$

Уточнена кількість вертикальних електродів (2.50):

$$n_y = \frac{R_{e.В}}{K_{B,В,Е} \cdot R_{з.В.Е}} = \frac{27,6}{0,5 \cdot 3,69} = 15 \text{ шт} \quad (2.50)$$

]

Остаточню кількість приймається 15 вертикальних електродів. Розташування контуру заземлення цехової КТП показано на рис. 2.4.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

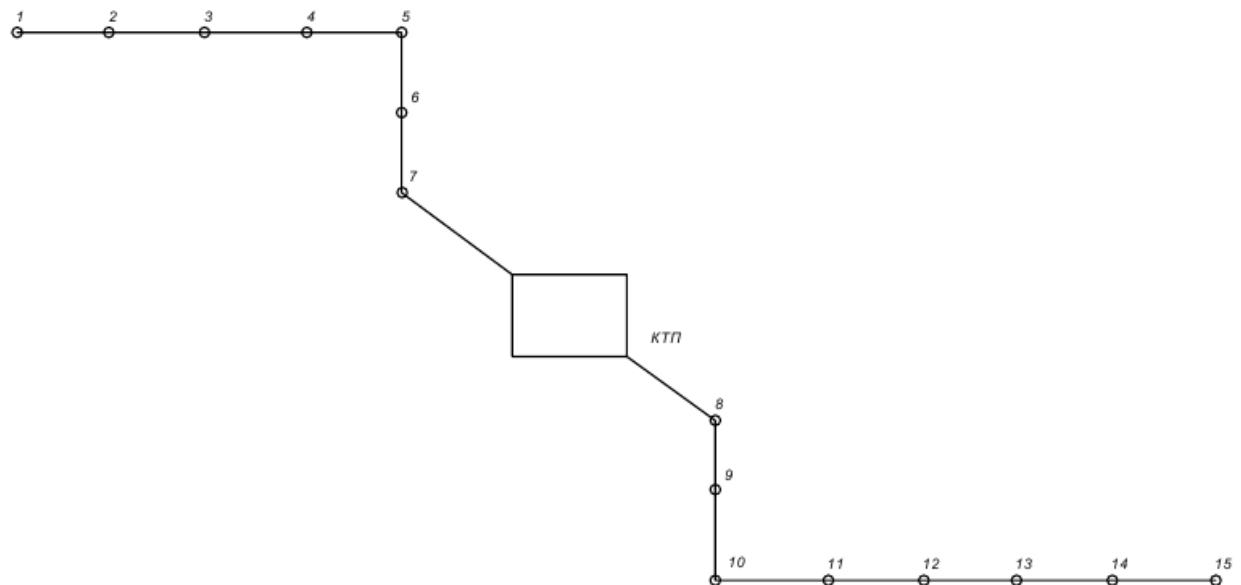


Рисунок 2.4 – Розташування контуру заземлення цехової комплектної трансформаторної підстанції

2.8 Висновок по розділу

У даному розділі проведено розрахунок електропостачання ділянки зварювального цеху, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта 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. Розміщення КТП зовнішнє. При визначенні потужності трансформаторів враховано перспективне збільшення навантаження для живлення окремого цеху. Для КТП розраховано заземлення трансформаторної

					МР 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

підстанції. В результаті розрахунків для забезпечення надійного захисту достатньо всього лише 15 вертикальних електродів, які з'єднані горизонтальною шиною між собою.

Окремим етапом 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 найближчий перетин проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. В якості проводів було обрано силовий кабель з мідними жилами типу АВВГ. Даний кабель має полівінілхлоридну ізоляцією і оболонку, що підходить для використання в сухих та вологих виробничих приміщеннях. Обрано шинопроводи для підключення електричних споживачів. Даний вибір зумовлений відповідною дешевизною та швидким реагуванням на підключення або відключення обслуговуючим персоналом електричного навантаження. Проведено розрахунок струмів короткого замикання та обрано відповідне комутаційне обладнання. Для надійної роботи та зручності в обслуговуванні було обрано автоматичні вимикачі сучасного зразку виробництва E-NEXT UKM Industrial. Даний тип вимикачів застосовуються на промислових підприємствах і має гарні показники надійності в процесі експлуатації і великий ресурс комутаційних операцій включення та виключення.

За результатами проведених розрахунків обрано найбільш оптимальний і раціональний варіант електропостачання ділянки зварювального цеху.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Освітленням називають використання світлової енергії сонця і штучних джерел світла для забезпечення зорового сприйняття довкілля. Освітлення дає сприятливий психофізіологічний ефект, впливає на працездатність людини і на безпеку праці. Раціональне освітлення в цехах промислових підприємств є показником естетики виробництва й високого рівня культури праці. Освітлення є важливим стимулятором організму людини, і тому недостатній рівень його підвищує втому зорового аналізатора у процесі виконання роботи, чим сприяє травматизму [21].

В умовах виробництва застосовують природне, штучне і комбіноване.

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 [21].

					<i>MP 3.8.14.1.483 ET.M-01 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промисло- вого підприємства</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Чала</i>					55	79
<i>Перевір.</i>		<i>Дяговченко</i>				<i>СумДУ ET.M-01</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

Світильники повинні розташовуватися так, щоб їх елементи, які сві-
тяться, не влучали в поле зору працюючих на освітленому робочому місці і на
інших робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допуска-
ється з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захво-
рювань.

Норми освітлення залежать від параметрів, які передбачено роботою. Ві-
дстань від очей до предмета праці повинна бути визначена в кожному окре-
мому випадку. Що менше відношення діаметра деталі до відстані від очей, то
інтенсивнішим повинно бути освітлення. При цьому необхідно ураховувати й
здатність поверхні відбивати світло.

Поліпшення умов штучного і природного освітлення має великий вплив
на підвищення продуктивності праці та якості продукції, сприяє зниженню
бракованої продукції, зниженню рівня травматизму.

Варто пам'ятати, що значна частина робочого часу на виробничих підп-
приємствах 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 впро-
довж світлового дня без додатково увімкненого електричного освітлення [24].

Нормативні величини освітленості робочих місць для різних видів робіт
та відповідних зорових навантажень визначаються за [22, 23]. Для роз'яснення
зазначимо, що робоча поверхня – головний об'єкт при встановленні регламе-
нтованих норм освітлення. Під робочою поверхнею, як об'єкта для норму-
вання рівнів освітленості, розуміють поверхню робочого столу, верстака, час-
тини обладнання, або інструмента, на якій проводиться робота та для якої но-
рмується 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

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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.

3.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

У виробничому приміщенні з розмірами $A \times B = 40 \times 23,9$ (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 точковим методом, що створює на робочій поверхні нормовану освітленість E . Порівняти отримані результати.

3.1.1 Вихідні дані до розрахунку

1. Тип використовуваних світильників ГСП17В із металогалогенною лампою [24];
2. Коефіцієнт запасу $k = 1,5$;
3. Інші параметри зазначені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані до світлотехнічної частини

$A \times B, \text{м}^2$	$H, \text{м}$	$E_{\min}, \text{лк}$	$\rho_{ст}, \rho_c, \rho_p, \%$
40×23,9	8	400	70,50,30

3.1.2 Розрахунок освітлювальної системи

Для початку визначимо розміщення світильників. Повинні бути відомі наступні розміри:

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 (3.1):

$$h = H - h_c - h_p \quad (3.1)$$

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 (3.2):

$$L = \lambda_c \cdot h \quad (3.2)$$

Задаємо значенням λ , обчислюємо відстань L .

Оскільки, за умовою використаний світильник ГСП17В, тому за технічними параметрами тип світильника М 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 (3.3):

$$N_A = \frac{A-2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3}, \quad N_B = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3}, \quad (3.3)$$

Після цього перераховуємо реальні відстані між рядами світильників та між ними самими за виразами (3.4):

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$L_B = \frac{B - 2l_B}{N_B - 1} = \frac{B}{N_B - \frac{1}{3}}, \quad L_A = \frac{A - 2l_A}{N_A - 1} = \frac{A}{N_A - \frac{1}{3}}, \quad (3.4)$$

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

Результати показано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Проміжні результати розрахунку

Параметр	Значення
h , м	7
λ_c	2,2
L , м	4
N_A , шт	3
N_B , шт	12
N , шт	10,91
L_A , м	3,64
l_a , м	8,96
L_B , м	2,99
l_b , м	7

3.1.3 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 (3.5):

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (3.5)$$

де Φ – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

E – нормована освітленість робочої поверхні, лк;

k – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м²;

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.; η – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі ρ_c , стін $\rho_{ст}$, робочої поверхні ρ_p та індексу приміщення i та визначається з таблиці додатку. Визначається індекс приміщення (3.6):

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (3.6)$$

де S – площа приміщення м²;

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. 3.3.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Кінцеві результати розрахунку методом коефіцієнта використання

Величина	Розраховане значення
i	2,14
i_1	1,25
i_2	2
η_{n1}	0,83
η_{n2}	0,95
η_n	0,972
η	0,68
$\Phi_p, \text{ лм}$	80838

Обираємо тип лампи ДРІ700 із світловим потоком $\Phi_{\eta}=90000$ лм. Відхилення світлового потоку обраної лампи (3.7):

$$\delta = \frac{\Phi_{\eta} - \Phi_p}{\Phi_p} \cdot 100\% = \frac{90000 - 80838}{80838} \cdot 100 = 11,3\%. \quad (3.7)$$

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

Загальна потужність освітлювальної установки (3.8):

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_{\text{л}} = 12 \cdot 1000 = 12000 \text{ Вт}. \quad (3.8)$$

3.2 Висновок по розділу

В даному розділі розраховано кількість 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 кВт.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок економічного ефекту при використанні двох різних світильників

Для розрахунку економічного ефекту при використанні двох різних світильників необхідно знайти обсяг витрат при впровадженні даних заходів. Для проектування системи освітлення в будівлі зварювального цеху було вибрано два типу світильників: HELIOS металогалогенною лампою ДРІ700 та SPARTA із світлодіодною лампою потужністю 100-200 Вт. У табл. 4.1 приведені технічні характеристики світильників.

Таблиця 4.1 - Технічна характеристика світильників HELIOS і SPARTA

Найменування	Тип світильника	
	HELIOS	SPARTA
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:

					<i>МР 3.8.14.1.483 ЕТ.м-01 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи електропостачання електрозварювального цеху промисло- вого підприємства</i>	<i>Лист.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Чала</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Мельник</i>					62	79
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ ЕТ.м-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

- лампи низького тиску;
- лампи високого тиску;
- 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.

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 [24]:

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

Металогалогенні лампи стали випускатися приблизно 40 років тому, будучи способом піти від застосування звичайних ламп з вольфрамової ниткою, які були вкрай недовговічні. Почасти, виробникам це вдалося, адже металогалогенні 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;

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

5. В освітленні великих спортивних об'єктів, футбольних і хокейних стадіонів тощо;

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 металогалогенних ламп присутні пари ртуті і газу. Між парами ртуті і елементами галогенів відбувається електричний розряд, і лампочка світиться. Світло утворюється і контролюється палаючою дугою, утвореної між парами електродів. В результаті роботи, з'єднання цих елементів розпадаються під дією електричної дуги, утворюючи якусь світлову емісію. [24, 25].

Світлодіодна лампа - освітлювальний прилад, який встановлюється в існуючий світильник, спочатку призначений для установки стандартних ламп (люмінесцентних, розжарювання, галогенних), можливо з деякою доробкою. В даний час випускаються світлодіодні лампи практично під всі існуючі типи цоколів.

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 пропущенні через нього електричного струму. При пропущенні 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 [24, 25].

Вартість всіх світильників, які необхідно встановити, визначається за формулою (4.1):

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$C_{св} = (C_c + C_l \cdot N) \cdot n, \text{грн} \quad (4.1)$$

де C_c – ціна одного світильника, грн.;

C_l – ціна однієї лампи, грн.;

N – кількість ламп в світильнику, штук;

n – кількість світильників, штук.

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників HELIOS з металгалогеною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 12 штук ціна яких 825 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 550 грн., складає:

$$C_{св1} = (825 + 550) \cdot 12 = 16500 \text{ (грн)}$$

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників SPARTA з світлодіодною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 24 штуки ціна яких 167 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 768 грн., складає:

$$C_{св2} = (167 + 768) \cdot 24 = 22440 \text{ (грн)}$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік (4.2):

$$K = k \cdot N_l \cdot n \cdot N, \text{кВт} / \text{год} \quad (4.2)$$

де k – час напрацювання лампи, год.;

N_l – потужність лампи, кВт.

Для ламп час роботи складає 2500 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні світильників HELIOS складає:

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
						65
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_1 = 2500 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 1 = 21000 \text{ (кВт / год)}$$

При використанні світильників SPARTA:

$$K_2 = 2500 \cdot 0,1 \cdot 24 \cdot 1 = 6000 \text{ (кВт / год)}$$

Вартість споживаної електричної енергії за рік (4.3):

$$C_{\text{ЕЛ}} = K \cdot C_{\text{ел}}, \text{грн} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{ел}} = 4,52$ грн/кВт – ціна на електричну енергію.

Для світильників HELIOS вона складає:

$$C_{\text{ЕЛ1}} = 21000 \cdot 4,52 = 94920 \text{ (грн)}$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників SPARTA:

$$C_{\text{ЕЛ2}} = 6000 \cdot 4,52 = 27120 \text{ (грн)}$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників SPARTA (4.5):

$$E_{\text{ел}} = C_{\text{ЕЛ2}} - C_{\text{ЕЛ1}} = 94920 - 27120 = 67800 \text{ (грн)} \quad (4.5)$$

Річні витрати по експлуатації світильників (4.6):

$$C_{\text{експл}} = G \cdot C_{\text{л}} + C_{\text{ЕЛ}}, \text{грн} \quad (4.6)$$

					MP 3.8.14.1.483 ПЗ	Арк.
						66
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G – витрата ламп, штук.

Для HELIOS – 12 штук, для SPARTA – 24 штук. Витрати згідно формули (4.6):

- для ламп HELIOS:

$$C_{експл1} = 16500 + 94920 = 111420 \text{ (грн)}$$

- для світильників SPARTA:

$$C_{експл2} = 22440 + 27120 = 49560 \text{ (грн)}$$

Річна економія по експлуатації світильників SPARTA ніж при використанні HELIOS (4.7):

$$E_{експл} = C_{експл2} - C_{експл1} = 111420 - 49560 = 61860 \text{ (грн)} \quad (4.7)$$

Економія при установці освітлювальних приладів (4.8):

$$E_{уст} = C_{уст2} \cdot n_2 - C_{уст1} \cdot n_1 = 107,4 \cdot 12 - 70 \cdot 24 = 1288 - 1680 = -392 \text{ (грн)} \quad (4.8)$$

де $C_{уст}$ – ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу HELIOS становить 107,4 гривні, а SPARTA - 70 гривні.

Загальна економія підприємства (4.9):

$$E = E_{експл} + E_{уст} = 49560 + (-392) = 49168 \text{ (грн)} \quad (4.9)$$

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

4.2 Висновок по розділу

Згідно розрахунків економія підприємства від використання світильників SPARTA в порівнянні зі світильниками HELIOS становить 49168 гривні. Крім того, необхідно врахувати значну економію, пов'язану зі зменшенням вартості володіння світлодіодною лампою. Нелегко оцінити витрати, пов'язані з більш частотою заміною як ламп ДРЛ, що перегоріли, так і дроселів, що вийшли з ладу, або ПРА. Крім вартості самих комплектуючих, необхідно враховувати також витрати на їх заміну.

Основна перевага світлодіодних ламп перед люмінесцентними та металгалогених – їх екологічність. Іншим не менш важливим плюсом нового типу ламп є відсутність мерехтіння з помітною для людського ока частотою, яке притаманне люмінесцентним лампам. Ця перевага дозволяє використовувати світлодіодні лампи для освітлення обертальних механізмів та інших місць, де застосування в якості освітлення люмінесцентних ламп небезпечно або викликає швидке стомлення очей. Світлодіодні лампи живляться постійним струмом, тому мерехтіння у них відсутнє.

Для природного сприйняття оком людини навколишнього простору необхідно, щоб джерело світла забезпечувало якісну передачу кольору. У цьому компоненті люмінесцентні лампи поступаються світлодіодним, адже спектр випромінювання останніх максимально наближений до натурального, в той час, як світло від люмінесцентної лампи здається ненатуральним і змушує очі неправильно сприймати деякі кольори і відтінки.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У даній магістерській роботі проведено проектування зварювального цеху. Проведено розрахунок електропостачання ділянки зварювального цеху, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення та безперебійної роботи цеху.

Обрано необхідну кількість і потужність трансформаторів з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії надійності електропостачання приймачів. Визначено потужність компенсуючих пристроїв. При проектуванні цехових трансформаторних підстанцій перевагу віддано комплектним трансформаторним підстанціям. Розміщення КТП – зовнішнє. Також на потужність та кількість трансформаторів враховано перспективне живлення окремого цеху. Для КТП розраховано заземлення трансформаторної підстанції. В результаті розрахунків для забезпечення надійного захисту достатньо всього лише 15 вертикальних електродів, які з'єднання горизонтальною шиною між собою.

Окремим етапом 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 перетин проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. В якості проводів було обрано силовий кабель з мідними жилами типу АВВГ. Даний кабель складається із полівінілхлоридною ізоляцією й оболонкою, що гарно підходить для використання в сухих та вологих виробничих приміщеннях. Обрано шинопроводи для підключення електричних споживачів. Даний вибір зумовлений відповідною дешевизною та швидким реагуванням на підключення або відключення обслуговуючим персоналом електричного навантаження. Проведено розрахунок струмів короткого замикання та обрано відповідне комутаційне обладнання. Для надійної роботи та зручності в обслуговуванні було звернено

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

увагу на вимикачі сучасного зразку фірми E-NEXT UKM. Industrial. Даний тип вимикачів активно застосовуються в промислових підприємствах і мають гарні показники надійності в процесі експлуатації і великий ресурс комутаційних операцій включення та виключення.

В розділі охорони праці було розраховано мінімальну кількість світильників для головного промислового приміщення зварювального цеху методом коефіцієнта використання. Відповідно до розрахунку необхідно встановити 12 світильників із лампами типу ДРІ потужністю 700 Вт. При цьому загальна потужність становитиме 12 кВт.

В економічній частині розраховано вартість освітлювальної мережі із використання металгалогених ламп ДРІ та заміна існуючих ламп на світлодіодні лампи. Було оцінено витрати, пов'язані з більш частотою заміною як ламп ДРЛ, що перегоріли, так і дроселів, що вийшли з ладу, або ПРА та вартості самих комплектуючих та світлодіодних. Було 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 небезпечно або викликає швидке стомлення очей.

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

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

10. 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).

11. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

12. Застосування - шинопровід - Енциклопедія TechTrend [Electronic resource]. URL: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=23002> (accessed: 13.12.2021).

13. Електротехніка та світлотехніка, електротехніка | E.NEXT [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/> (accessed: 02.12.2021).

14. Шкафные автоматические выключатели УКМ серии S INDUSTRIAL. Купить в Украине | www.enext.ua [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/catalog/vyklyuchateli-serii-e-industrial-ukm-s/> (accessed: 02.12.2021).

15. Василега, П.О. Электропостачання [Текст]: підручник / П.О. Василега. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.

16. 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 (accessed: 23.11.2021).

17. Практична робота №4. Розрахунок захисного заземлення [Electronic resource]. URL: http://ohorona-praci.ucoz.ua/OPVG/Prakt/praktichna_robota-4.pdf (accessed: 25.11.2021).

18. Система заземлення TN-C: схема, описание, недостатки [Electronic resource]. URL: <https://samelectrik.ru/sistema-zazemleniya-tn-c.html> (accessed: 02.12.2021).

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

19. Вимірювання опору петлі фаза нуль - Електролабораторія [Electronic resource]. URL: <https://lab.uis.zp.ua/product/vimiryuvannya-petli-faza-nul/> (accessed: 02.12.2021).

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

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

22. 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.

23. 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.

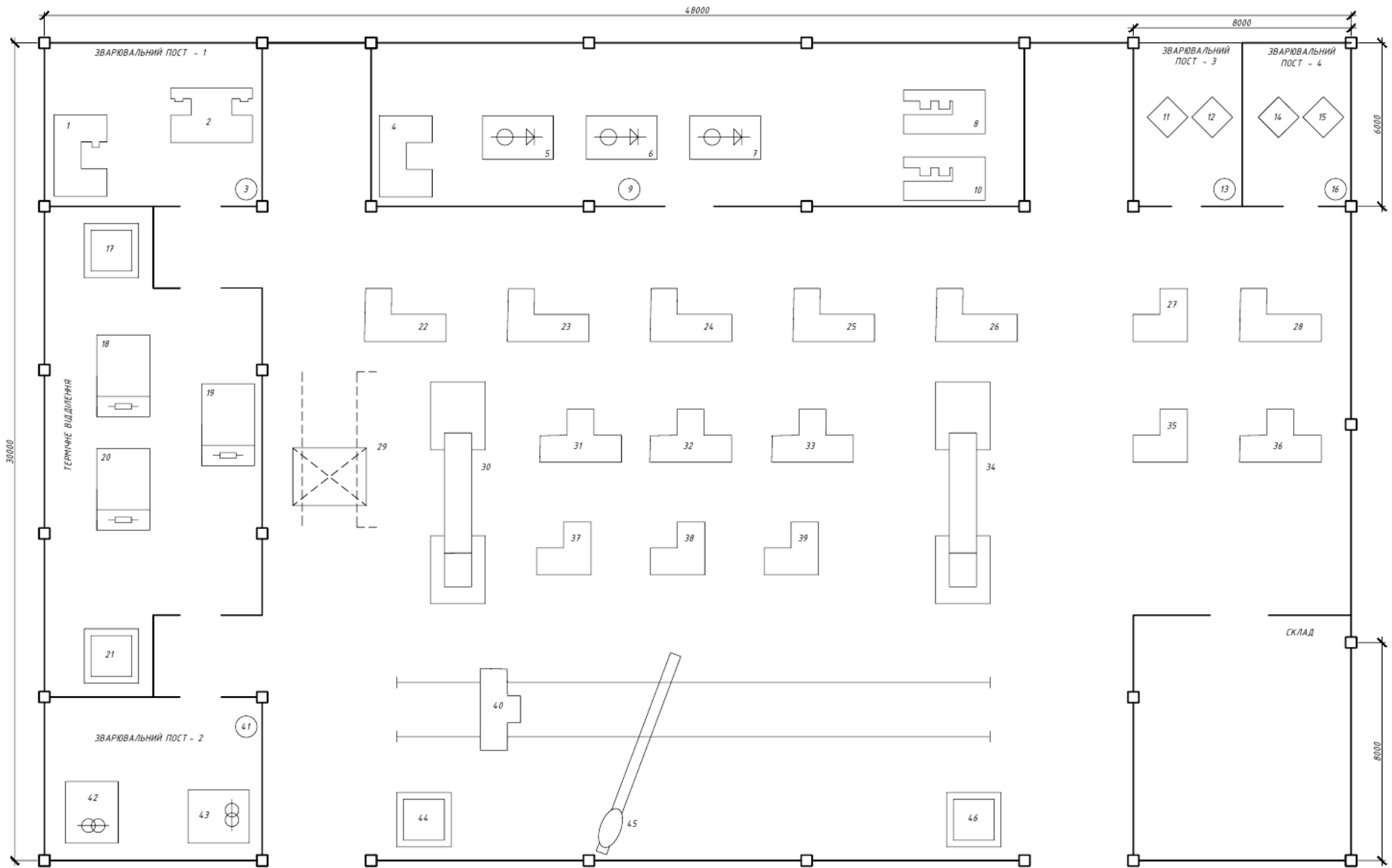
24. Василега, П.О. Електротехнологічні установки [Текст] : навч. посіб. / П.О. Василега. - Суми : СумДУ, 2010. - 548 с. + Гриф МОН.

25. 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.

					<i>MP 3.8.14.1.483 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

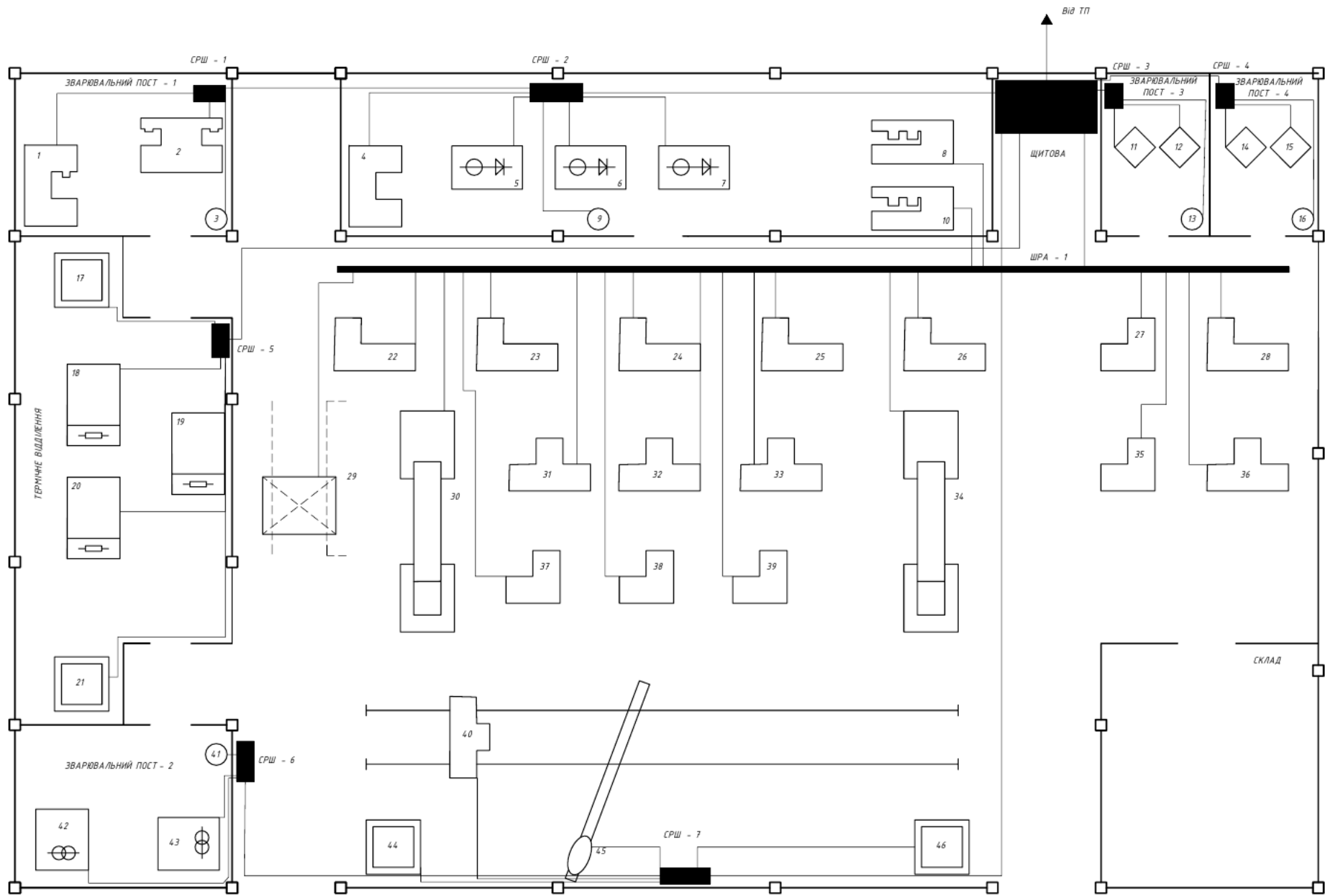
ДОДАТКИ

					MP 3.8.141.483 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74



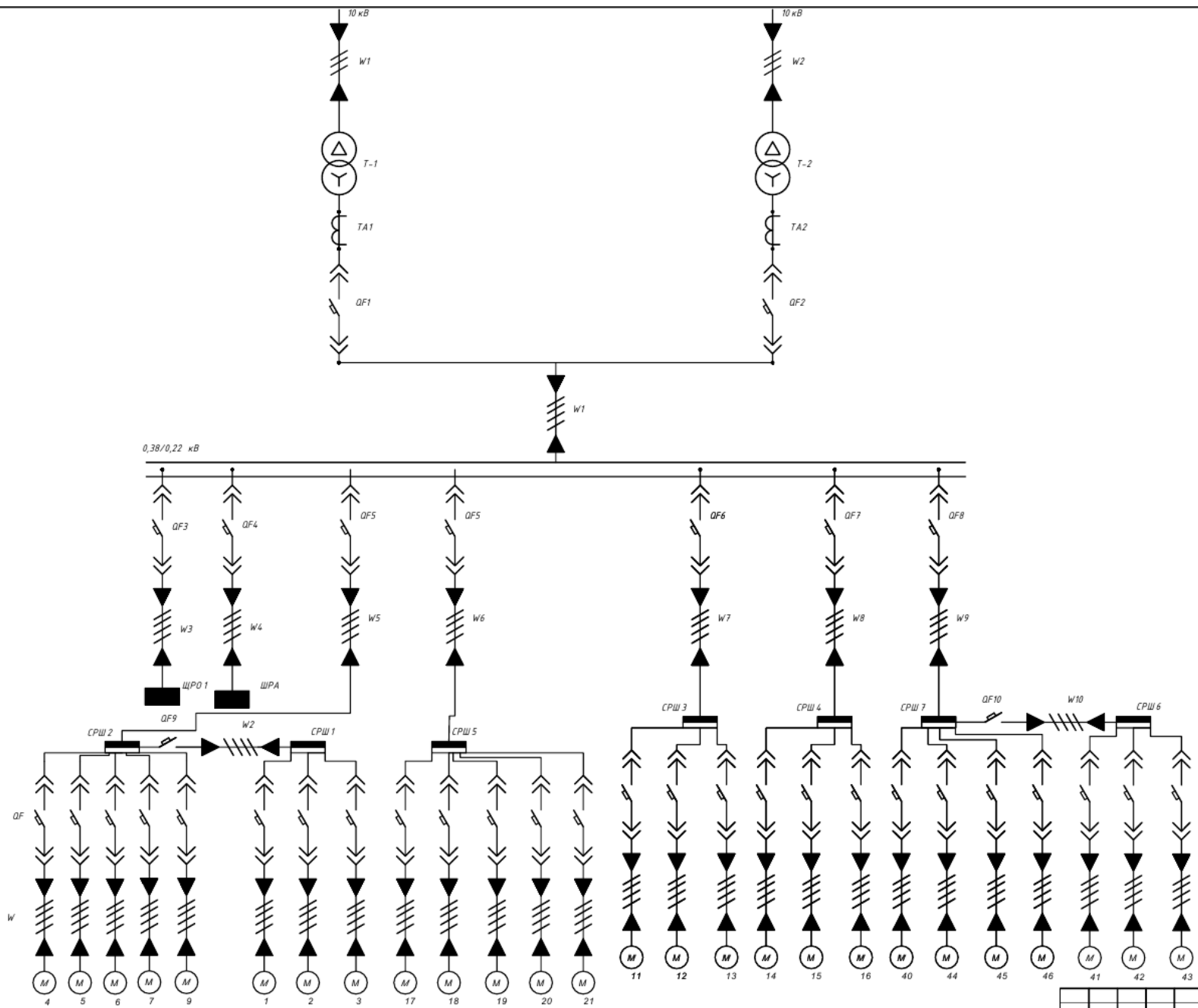
Логовічно
Зам. №В. IV
Лінійні і бачки
№В. IV. ор.

						МР 3.8.14.14.83.ЕТ.м-01 ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арм.	№ док.	Підпис	Дата	План розташування обладнання зварювального цеху		
Розробив	Чела							
Перев.	Джабченко					1:100		
Н. Компр.	Нижироров					СунДУ ЕТ.м-01		
Затверд.	Льбедиский							



Позначено
Зак. інв. IV
Підпис і дата
Інв. М. оп.

МР 3.8.14.1483.ЕТ.М-01 ПЗ					
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розроб.	Чала				
Перев.	Договченко				
Н. Контр.	Никифаров				
Затверд.	Лебедюкський				
Повний план зварювального цеху					Масштаб 1:100
					СумДУ.ЕТ.М-01



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

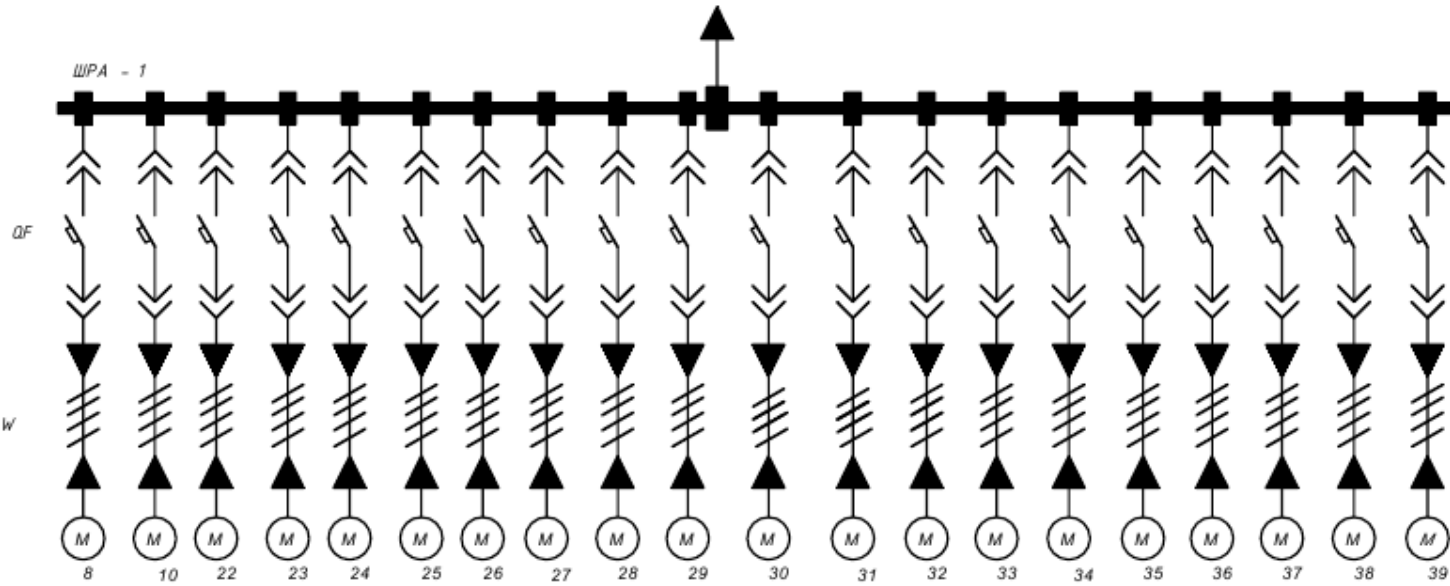
МР 3.8.14.1483.ЕТ.м-01 ПЗ					
Зм.	Кільк.	Арк.	Місц.	Лінійс.	Дата
Розробив	Чала				
Перев.	Дягольченко				
Н. Інжнр	Нижифаров				
Застверд.	Лебедінський				
Електрична схема мережі зварювального цеху					Масштаб 1:100
					СунДУ ЕТ.м-01

Погоджено

Інв. № оп. Паблиці і дані Зам. інв. №

Перелік апаратів та обладнання

W	Кабельна лінія
T	Трансформатор
TA	Трансформатор струму
QF	Автоматичний вимикач
31-33, 36	Обдирно-шліфувальні верстати
22-26, 28	Верстати злиткообдирні
27, 35, 37-39	Свердлильні верстати
8, 10	Токарні верстати імпульсного наплавлення



Погоджено	
Зам. інв. N	
Ліценз. і дата	
Інв. N ор.	

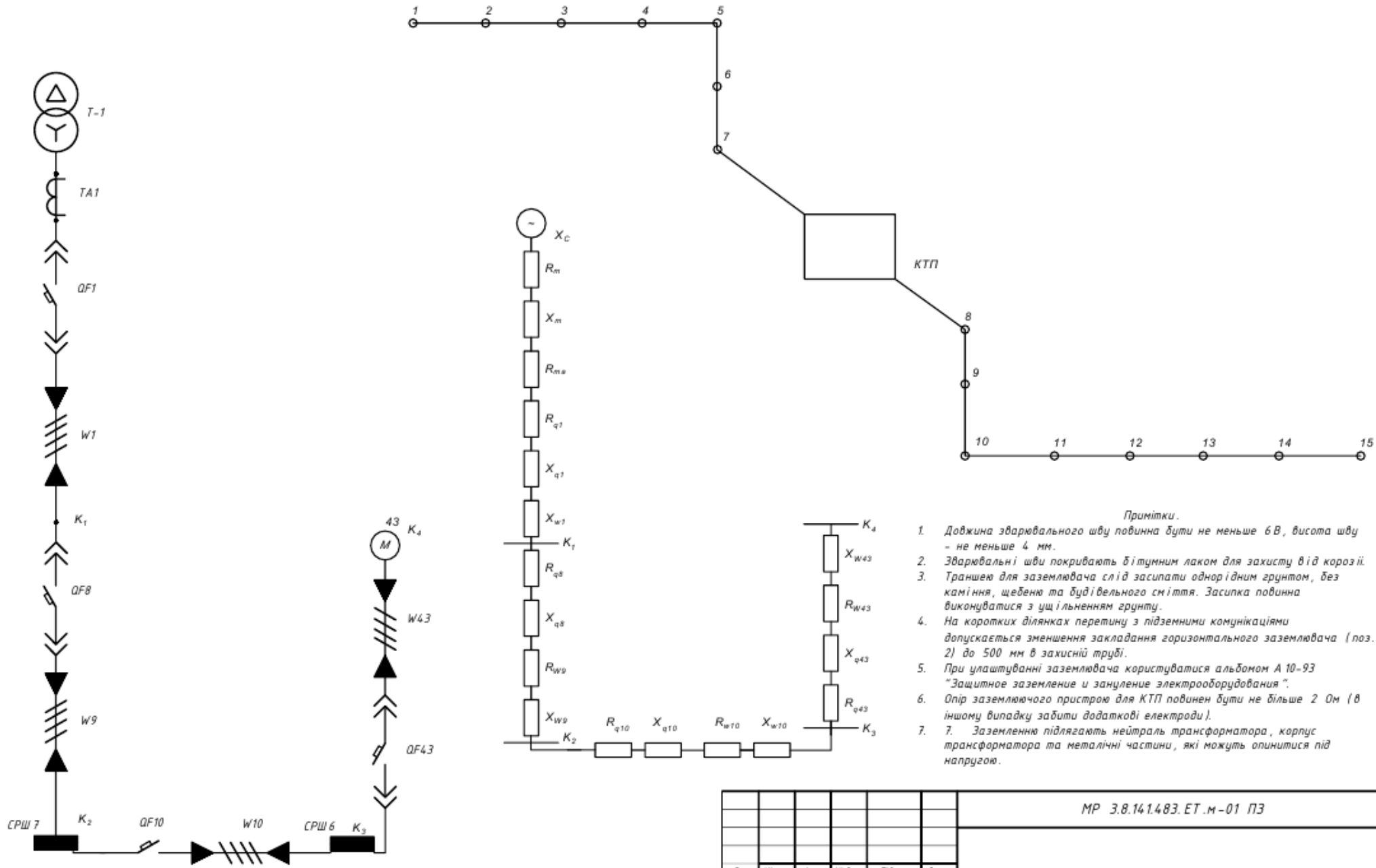
						MP 3.8.14.1483. ET. m - 01 ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			
Розробив	Чала					Електрична схема ШРА - 1		Масштаб
Перев.	Дявоchenko							1:100
Н. Компр.	Нижифоров					СунДУ ET. m - 01		
Затверд.	Лебединський							

Погоджено

Зам. інв. N

Підпис і дата

Інв. N ар.



Примітки.

1. Довжина зварювального шву повинна бути не менше 6В, висота шву - не менше 4 мм.
2. Зварювальні шви покривають бітумним лаком для захисту від корозії. Траншею для заземлювача слід засипати однорідним ґрунтом, без камення, щебеню та будівельного сміття. Засипка повинна виконуватися з ущільненням ґрунту.
3. На коротких ділянках перетину з підземними комунікаціями допускається зменшення закладання горизонтального заземлювача (поз. 2) до 500 мм в захисній трубі.
4. При улаштуванні заземлювача користуватися альбомом А 10-93 "Защитное заземление и зануление электрооборудования".
5. Опір заземлюючого пристрою для КТП повинен бути не більше 2 Ом (в іншому випадку задати додаткові електроди).
6. Заземлення підлягають нейтраль трансформатора, корпус трансформатора та металічні частини, які можуть опинитися під напругою.

						МР 3.8.14.1483. ЕТ.м-01 ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			
Розробив	Чола					Схема заміщення найдовшого контуру та заземлення		Масштаб
Перев.	Дявоchenko							1:100
Н. Копр.	Кижифоров					СунДУ ЕТ.м-01		
Затверд.	Лебедиский							