

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувач кафедри
_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО
« ____ » _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією
на тему: «*Врахування пікового електричного навантаження
установок дугового електрозварювання, при виборі елементів
системи електропостачання*»

Виконав :

студент IV курсу, групи ОЕ-91

Нагалецький Євген Олександрович

Керівник:

к.т.н., ст.в., Філянін Д.В.

Консультанти:

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф.Третькова Л.Д

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу)

к.т.н., доц. Черкашина Г.І

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та
енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Нагалеvському Євгену Олександровичу

1. Тема проєкту: «Врахування пікового електричного навантаження установок дугового електрозварювання, при виборі елементів системи електропостачання».

керівник проєкту к.т.н., ст.в., Філянін Д.В., затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. № 2097-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “16” червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Схема електропостачання, дані про електроприймачів цеху, тип та довжини внутрішніх та зовнішніх мереж цеху.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

1. Загальні відомості про пікове навантаження установок дугового зварювання.
2. Розробка загальної схеми електропостачання зварювального цеху.
3. Врахування пікового електричного навантаження установок дугового електрозварювання, при виборі елементів системи електропостачання.
4. Охорона праці та пожежна безпека під час експлуатації установок дугового електрозварювання.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Однолінійна схема електропостачання зварювального цеху.
2. Схема мереж зварювального цеху.
3. Презентаційні матеріали результатів обрахунку пікового навантаження .
4. Презентаційні матеріали результатів обрахунку пікового навантаження .

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Релейний захист та автоматика</i>	<i>к.т.н., доц. Калінчик В.П.</i>		
<i>Розрахунки токів к.з.</i>	<i>к.т.н., доц. Бєлоха Г.С.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		

7. Дата видачі завдання “22” травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студентом Нагалецький Є.О.

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.23	
	Розрахунок релейної частини	05.06.-07.06.23	
	Розрахунок токів короткого замикання	30.05.-02.06.23	
	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	24.05.-02.06.23	
	Розрахунок пікового навантаження	27.05.-13.06.23	
	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.23	
	Захист дисертації	22.06.23	

Студент
Керівник проєкту

Нагалецький Є.О.
к.т.н. ст.в., Філянін Д.В.

РЕФЕРАТ

Тема дипломного проєкту «Врахування пікового електричного навантаження установок дугового електрозварювання, при виборі елементів системи електропостачання» складається з 118 сторінок основного матеріалу, налічує 34 рисунки, 31 таблицю, 31 бібліографічне найменування за переліком посилань, 2 креслення та 1 додаток.

Під час виконання дипломного проєкту було розраховане електричне навантаження споживачів зварювального цеху. Розроблено внутрішньоцехову схему електропостачання з розрахунком параметрів живлячої мережі. Вирішено питання розміщення силового трансформатора та резервного генератора для забезпечення гарантованого живлення особливої групи електроприймачів. Відповідно до навантажень були обрані кабельні лінії та їх параметри, розміщення силових пунктів та вибір комутаційних апаратів. Розраховані струми короткого замикання на всіх рівнях системи, за результатами яких були обрані елементи захисту. Організовано облік електроенергії та сформована заява на приєднання до мереж ОСР з розрахунком вартості лінійного приєднання.

У спеціальній частині були проведені розрахунки пікового навантаження групи установок дугового зварювання, та обрані необхідні технічні заходи для забезпечення надійної роботи зварювального обладнання.

Розроблено розділ з охорони праці та пожежної безпеки під час експлуатації установок дугового зварювання. Розраховане захисне заземлення.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, НАДІЙНІСТЬ, ПІКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, УСТАНОВКИ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ.

ABSTRACT

During the implementation of the diploma project, the electrical load of the consumers of the welding shop was calculated. An intra-workshop power supply scheme was developed with the calculation of the parameters of the power supply network. The issue of placing a power transformer and a backup generator to ensure guaranteed power supply of a special group of electrical receivers has been resolved. In accordance with the loads, cable lines and their parameters, placement of power points and selection of switching devices were selected. Short-circuit currents were calculated at all levels of the system, based on the results of which protection elements were selected. Electricity accounting was organized and an application for connection to the networks of the distribution system operator was created with the calculation of the cost of linear connection.

In a special part, calculations of the peak load of a group of arc welding installations were carried out, and necessary technical measures were selected to ensure the reliable operation of welding equipment.

A section on labor protection and fire safety during operational arc welding installations has been developed. Calculated protective grounding.

Keywords: ARC WELDING INSTALLATIONS , ELECTRICAL SUPPLY, PEAK LOAD, RELIABILITY

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Особливості впливу установок дугового зварювання на систему електропостачання	11
1.2 Вимоги до джерел живлення зварювальної дуги	12
1.3 Зовнішня характеристика джерела живлення зварювальної дуги...	13
1.4 Відносна тривалість роботи (ТР) та відносна тривалість включення (ТВ) у переривчастому режимі зварювальної дуги	16
1.5 Типи зварювальних трансформаторів	16
1.5.1 Трансформатори з нормальним магнітним розсіюванням	17
1.5.2 Трансформатори з розвитим магнітним розсіюванням	19
Висновки:.....	19
2 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА.....	20
2.1 Умови проектування.....	20
2.1.2 Класифікація і загальна характеристика електроприймачів зварювального цеху	22
2.1.3 Класифікація зварювального приміщення за вибухо- та протипожежною безпекою.....	24
2.1.4 Характеристика джерела живлення	25
2.1.5 Вибір напруги розподільчої мережі цеху.....	25
2.1.6 Формування пропозиції щодо лінійної складової приєднання до електричних мереж ОСР.	25
2.2 Розрахунок електричних навантажень цеху	26
2.2.1 Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку	26
2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку	28
2.2.3 Розрахунок електричних навантажень струмоприймачів на напрузі 0.4 кВ, у тому числі внутрішнє освітлення	29
2.2.3.1 Розрахунок щита освітлення.....	32
2.2.3.2 Розрахунок навантаження аварійного освітлення (ЩАО)	35
2.2.3.3 Розрахунок навантаження щита зовнішнього освітлення	36
2.2.4 Розрахунок загального навантаження об'єкту проектування	37

2.3 Вибір трансформатора і засобів компенсації реактивної потужності	39
2.3.1 Вибір засобів компенсації реактивної потужності.....	39
2.3.2 Вибір цехового трансформатора	41
2.3.3 Обґрунтування виду виконання та комплектації підстанції механічного цеху.....	43
2.4 Визначення центру навантаження	46
2.5 Розрахунок живлячих і розподільних мереж.....	46
2.5.1 Вибір ліній живлення для ЕП цеху	46
2.5.2 Вибір ліній живлення силових пунктів	50
2.5.3 Вибір кабелю живлення цехової ТП.....	54
2.6 Вибір комутаційної апаратури	55
2.6.1 Вибір комутаційної апаратури розподільної мережі	55
2.6.2 Вибір апаратури живильної мережі	57
2.6.3 Вибір трансформаторів струму	57
2.7 Розрахунок струмів короткого замикання та перевірка вибраних комутаційних апаратів і живлячих провідників за умов короткого замикання.....	58
2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ	60
2.7.1.1 Побудова розрахункової схеми та розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.....	60
2.7.1.2 Розрахунок трифазного короткого замикання.....	63
2.7.1.3 Розрахунок однофазного короткого замикання.....	67
2.7.2 Розрахунок струмів КЗ в електричній мережі до 1000 В	70
2.7.2.1 Розрахунок трифазного короткого замикання в мережі до 1000 В	70
2.7.2.2 Розрахунок струму однофазного КЗ в мережі до 1000 В	73
2.7.2.3 Перевірка вибраних комутаційних апаратів	74
2.8 Вибір елементів релейного захисту та автоматики.....	76
2.8.1 Загальні вимоги до РЗА в мережах 10/0.4 кВ	76
2.8.2 Перевірка обраних елементів РЗА	77

2.9 Організація обліку електричної енергії	79
2.10 Економічні характеристики проєкту	80
2.10.1 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж.....	80
2.10.2 Формування загальної специфікації обладнання і матеріалів	81
Висновки:.....	82
3 ВРАХУВАННЯ ПІКОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ УСТАНОВОК ДУГОВОГО ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ	83
3.1 Постановка проблеми пікового навантаження в системах електропостачання	83
3.2 Методика розрахунку групового пікового навантаження групою ЕП	84
3.3 Визначення пікового навантаження.....	87
Висновки:.....	91
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ УСТАНОВОК ДУГОВОГО ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ	93
4.1 Загальна характеристика об'єкта	93
4.2 Визначення обсягів та порядку виконання робіт при експлуатації установок дугового зварювання	95
4.3 Аналіз умов праці на робочих місцях при експлуатації установок дугового зварювання	96
4.4 Визначення та оцінка небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків.....	98
4.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці	99
4.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпек.....	100
4.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж та вибухів.....	102
4.8 Розрахунок захисного заземлення зварювального цеху	103
Висновки:.....	108
ВИСНОВОК.....	109
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	110
Додаток А.....	114

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КЗ - Коротке замикання
 ТП - Трансформаторна підстанція
 ГПП - Головна понижувальна підстанція
 ЦЖ - Центр живлення
 ДБН - Державні будівельні норми
 ЕП - Електроприймачі
 КТП - Комплектна трансформаторна підстанція
 ПКРП - Пристрій компенсації реактивної потужності
 ВРП - Ввідно-розподільний пристрій
 РП - Розподільний пункт
 КЛ - Кабельна лінія
 ПЛ - Повітряна лінія
 ПУЕ - Правила улаштування електроустановок
 ЗІЗ - Засоби індивідуального захисту
 ГДК - Гранично допустима концентрація
 ЗП - Заземлюючий пристрій
 ВЗ - Вертикальний заземлювач
 ГЗ - Горизонтальний заземлювач
 ТП - Трансформаторна підстанція
 ЕУ - Електрична установка
 ОСР – Оператор системи розподілу
 РЗА – Релейний захист і автоматика
 ДЕС – Дизельна електростанція
 АВР – Автоматичний ввід резерву

					<i>ОЕ-91-09.039</i>	9
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є установки дугової електрозварки, що знаходяться в зварювальному цеху ПрАТ "ДМЗ" (Дніпровський металургійний завод).

Установки дугової електрозварки є важливими промисловими об'єктами, які використовуються для з'єднання металевих деталей шляхом створення високотемпературного дугового розряду.

Під електричним дуговим зварюванням розуміють процес отримання нероз'ємних з'єднань металевих деталей за рахунок їх сплавлення за допомогою електричної дуги. Це один з основних технологічних процесів з'єднання деталей у машинобудуванні та будівельній індустрії. У процесі дугового зварювання теплова енергія, необхідна для плавлення металу, отримується в результаті горіння дуги, що виникає між металом, що зварюється, і електродом. Розплавляючись під дією дуги, кромки зварюваних деталей і торець електрода, що плавиться, утворюють зварювальну ванну, яка короткий час знаходиться в розплавленому стані. При кристалізації металу утворюється зварне з'єднання.

ПрАТ "ДМЗ" є одним з провідних металургійних заводів в Україні і має значний вплив на промисловий сектор країни. Зварювальний цех заводу відіграє важливу роль у виробництві металевих конструкцій та компонентів для різних промислових секторів, включаючи будівництво, машинобудування, автомобільну промисловість та інші.

					ОЕ-91-09.039	10
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

1.1 Особливості впливу установок дугового зварювання на систему електропостачання

На промислових підприємствах широко використовуються установки дугового зварювання. В установках дугового зварювання нелінійним елементом, що найбільш негативно впливає на систему електропостачання, є електрична дуга [1]. Тому за ступенем впливу на систему електропостачання установки дугового зварювання можна розглядати як різко змінне нелінійне навантаження.

Аналіз впливу дугового навантаження на систему електропостачання повинно опиратися на вивчення технологічних особливостей установок плавки металу, процесів при горінні дуги і виявлення перешкод, що виникають в системі електропостачання, оцінку їх впливу та пошук засобів їх зменшення.

Будучи вагомим споживачем електроенергії, дугове навантаження істотно впливає на якість електричної енергії, викликаючи при цьому такі спотворення :

- Коливання напруги, що визначаються впливом на електричний режим УДЕ великої кількості збуджуючих факторів: зміною довжини дугового проміжку, експлуатаційними короткими замиканнями і обривами дуг, взаємодією дугових розрядів і навколишніх електромагнітних полів, рухом газів у зонах горіння дуг та ін;
- Усталені відхилення напруги, що визначаються загальною потужністю дугового навантаження;
- Несиметрію напруги, викликану широким діапазоном зміни струмів дуги однофазної установки і особливостями короткої мережі ;
- Несинусоїдальність напруги, пов'язану з наявністю в електричному контурі дугового навантаження нелінійних елементів: електричної дуги зварювального трансформатора.

Коливання напруги негативно впливають на роботу більшості електроустановок. Також коливання напруги через освітлювальні установки впливає на зір людини, викликаючи фізіологічну втому від мерехтіння аж до галюцинацій та втрати орієнтації.

В даний час встановлено, що найпоширенішим видом спотворень в електричних мережах з дуговим навантаженням є найвищі гармоніки. Основними джерелами спотворень кривої струму і напруги на промислових підприємствах є випрямно-інверторне навантаження перетворювачів, але останнім часом доводиться зважати і на вищі гармоніки, що генеруються дуговим навантаженням змінного струму, так як все ширше для створення нероз'ємних з'єднань використовується дугове зварювання.

1.2 Вимоги до джерел живлення зварювальної дуги

Установки дугового електрозварювання є однією з типових категорій електроприймачів, яка охоплює широкий спектр різноманітного обладнання та специфічних технологій їх роботи.

Вимоги до джерел живлення УДЕ включають такі вимоги:

– Напруга холостого ходу має забезпечувати легке запалювання дуги, при цьому вона повинна відповідати нормам безпеки. В процесі експлуатації напруга холостого ходу джерел живлення для дугового зварювання не повинна перевищувати 80 В — для джерел змінного струму та 100 В для джерел постійного струму ;

– Напруга горіння дуги (робоча напруга) повинна швидко реагувати на зміну довжини дуги для забезпечення стабільного горіння дуги. При збільшенні довжини дуги напруга повинна швидко зростати, а при зменшенні - швидко падати. Час відновлення робочої напруги від 0 до 30 В після кожного короткого замикання (передачі металу від електрода до зварюваної деталі) не повинен перевищувати 0,05 с ;

- Значення сили струму короткого замикання не повинно перевищувати зварювальне значення сили струму більш ніж на 40-50%. Джерело струму повинно витримувати тривалі короткі замикання зварювального кола, щоб уникнути перегрівання та пошкодження обмоток ;
- Потужність джерела струму повинна бути достатньою для виконання зварювальних робіт ;
- Зовнішні характеристики джерела живлення мають відповідати вимогам режиму зварювання .

Як джерело зварювального струму слід застосовувати тільки спеціально для цього передбачені зварювальні трансформатори або перетворювачі статичні чи двигун-генераторні з електродвигунами або двигунами внутрішнього згорання, які задовольняють вимоги чинних стандартів[3].

Для електродугового зварювання використовують джерела живлення змінного струму (одно- й трифазні зварювальні трансформатори) і постійного струму (зварювальні випрямлячі, генератори, перетворювачі) .

Джерела струму характеризують за такими параметрами: номінальний зварювальний струм; межі регулювання струму; напруга холостого (неробочого) ходу; коефіцієнт корисної дії; напруга живильної мережі; коефіцієнт потужності; зовнішня характеристика джерела живлення; режими роботи джерела струму; габарити і маса .

1.3 Зовнішня характеристика джерела живлення зварювальної дуги

Зовнішня характеристика джерел живлення (зварювального трансформатора, випрямляча та генератора) - це залежність напруги на вихідних затискачах від величини струму навантаження. Залежність між

напругою і струмом дуги в усталеному (статичному) режимі називається вольт-амперною характеристикою (ВАХ) дуги.

Зовнішні характеристики зварювальних генераторів показані на рис. 1.1 (криві 1 і 2), що падають. Довжина дуги пов'язана з її напругою: чим довша зварювальна дуга, тим вища напруга. При однаковому падінні напруги (зміні довжини дуги) зміна зварювального струму неоднакова при різних зовнішніх характеристиках джерела. Чим крутіша характеристика, тим менше впливає довжина зварювальної дуги на зварювальний струм. При зміні напруги на величину δ при крутопадаючій характеристиці зміна струму дорівнює a_1 , при пологопадаючій - a_2 [4].

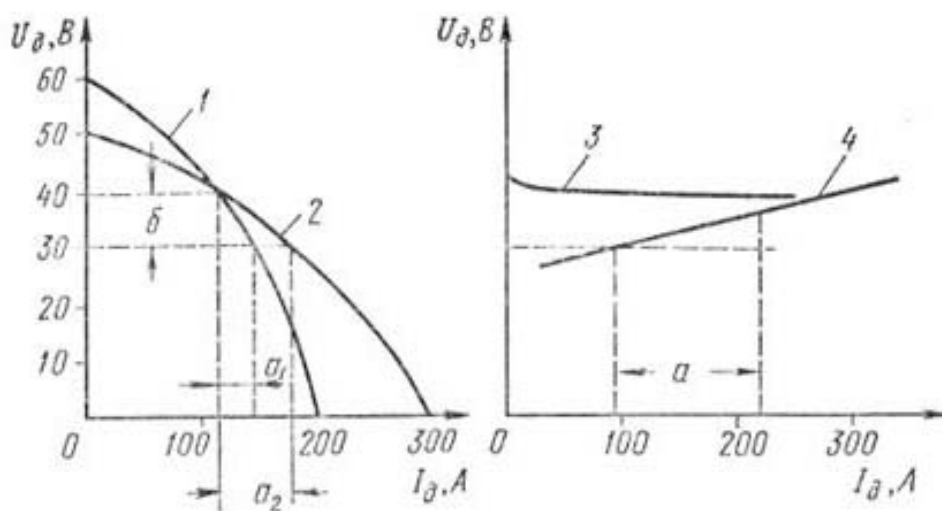


Рисунок 1.1 - Зовнішня характеристика джерел живлення [4]

- 1 - крутопадаюча зовнішня характеристика; 2 - пологопадаюча;
3- жорстка; 4 – пологозростаюча

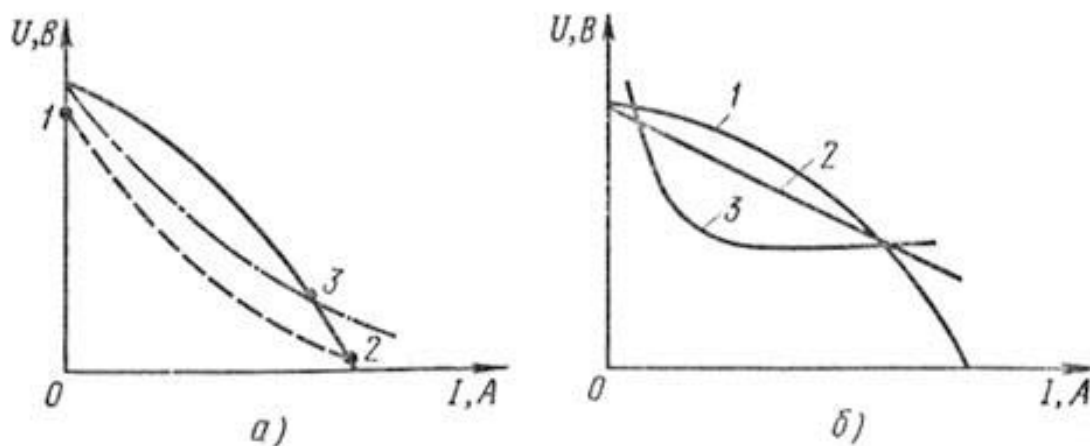


Рисунок 1.2 - Зовнішня характеристика джерел живлення та зварювальної дуги [5]

а - суцільна лінія - генератора, штрихована - дуги в момент збудження; штрихпунктирна - дуги при горінні;
б - характеристика джерел живлення зварювальної дуги.

Для забезпечення стабільного горіння дуги необхідно щоб характеристика зварювальної дуги перетиналася з характеристикою джерела живлення (рис. 1.2). У момент запалення дуги (рис. 1.2 а) напруга падає по кривій від точки 1 до точки 2 - до перетину з характеристикою генератора, тобто до положення, коли електрод відводиться від поверхні основного металу. При подовженні дуги до 3 - 5 мм напруга зростає по кривій 2-3 (у точці 3 здійснюється стійке горіння дуги).

Зазвичай струм короткого замикання перевищує робочий струм, але не більш ніж у 1,5 рази. Час відновлення напруги після короткого замикання до напруги дуги не має перевищувати 0,05 с, цією величиною оцінюються динамічні властивості джерела. На рис. 1.2 (б) показані падаючі характеристики 1 і 2 джерела живлення при жорсткій характеристиці дуги з найбільш прийнятною при ручному дуговому зварюванні. Напруга холостого ходу (без навантаження в зварювальному ланцюзі) при зовнішніх характеристиках, що падають, завжди більше робочої напруги дуги, що сприяє значному полегшенню початкового та повторного запалення дуги.

Напруга холостого ходу не повинна перевищувати 75 В при номінальній робочій напрузі 30 В (підвищення напруги полегшує запалення дуги, але одночасно збільшується небезпека ураження зварювальника струмом). Для постійного струму напруга запалювання має бути не менше 30 - 35 В, а для змінного струму 50-55 В [5].

1.4 Відносна тривалість роботи (ТР) та відносна тривалість включення (ТВ) у переривчастому режимі зварювальної дуги

Відносна тривалість роботи (ТР) та відносна тривалість включення (ТВ) у переривчастому режимі характеризують повторно-короткочасний режим роботи джерела живлення. Величина ТР визначається як відношення тривалості робочого періоду джерела живлення до тривалості повного циклу роботи та виражається у відсотках:

$$TP\% = \frac{t_p}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

де t_p - безперервна робота під навантаженням;

$t_{\text{ц}}$ - тривалість повного циклу.

Умовно прийнято, що в середньому $t_p = 3$ хв, а $t_{\text{ц}} = 5$ хв, отже оптимальна величина $TP\%$ прийнято 60%.

Відмінність між $TP\%$ і $TB\%$ полягає в тому, що в першому випадку джерело живлення під час паузи не відключається від мережі і при розімкнутому зварювальному ланцюзі працює на холостому ходу, а в другому випадку джерело живлення повністю відключається від мережі [5].

1.5 Типи зварювальних трансформаторів

Зварювальні трансформатори по фазності електричного струму поділяються на однофазні та трифазні, а за кількістю постів - на однопостові та багатопостові. Однопостовий трансформатор служить для живлення зварювальним струмом одного робочого місця та має відповідну зовнішню

характеристику. Багатопостовий трансформатор служить для одночасного живлення кількох зварювальних дуг (зварювальних постів) та має жорстку характеристику.

Для створення стійкого горіння зварювальної дуги та забезпечення падаючої зовнішньої характеристики у зварювальний ланцюг дуги включає дросель. Для дугового зварювання зварювальні трансформатори поділяються за конструктивними особливостями на дві основні групи:

1) трансформатори з нормальним магнітним розсіюванням, конструктивно виконані у вигляді двох окремих апаратів (трансформатор та дросель) або в єдиному загальному корпусі;

2) трансформатори з розвиненим магнітним розсіюванням, що конструктивно розрізняються за способом регулювання (з рухомими котушками, з магнітними шунтами, з ступінчастим регулюванням) [6].

1.5.1 Трансформатори з нормальним магнітним розсіюванням

Трансформатори із окремим дроселем. Жорстка зовнішня характеристика такого трансформатора виходить за рахунок незначного магнітного розсіювання та малого індуктивного опору обмоток трансформатора. Падаючі зовнішні властивості створюються дроселем, що має великий індуктивний опір.

Схема конструкції трансформатора типу СТН системи академіка В. П. Нікітіна та його зовнішні статичні характеристики показані на рис. 1.3. Магнітне розсіювання та індуктивний опір обмоток (1 та 2) трансформатора невеликі, зовнішня характеристика жорстка. Падаюча характеристика створюється за рахунок реактивної обмотки 3, створюючий індуктивний опір. Верхня частина магнітопроводу є одночасно і частиною осердя дроселя.

Величина зварювального струму регулюється переміщенням рухомого пакета 4 (гвинтовим механізмом рукоятки 5). Напруга холостого

					ОЕ-91-09.039	17
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

ходу у цих трансформаторів 60 - 70 В, а номінальна робоча напруга $U_{ном} = 30$ В. Незважаючи на об'єднаний магнітопровід, трансформатор і дросель працюють незалежно один від одного.

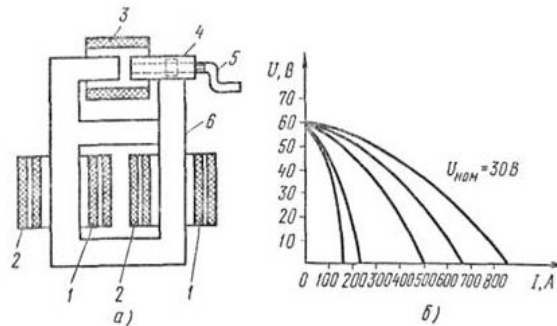


Рисунок 1.3 - Конструктивна схема трансформатора типу СТН (а) та його зовнішні характеристики (б) [5]:

1 – первинна обмотка, 2 – вторинна обмотка, 3 – обмотка дроселя, 4 – рухомий пакет магнітопроводу, 5 - рукоятка, 6 - магнітопровід.

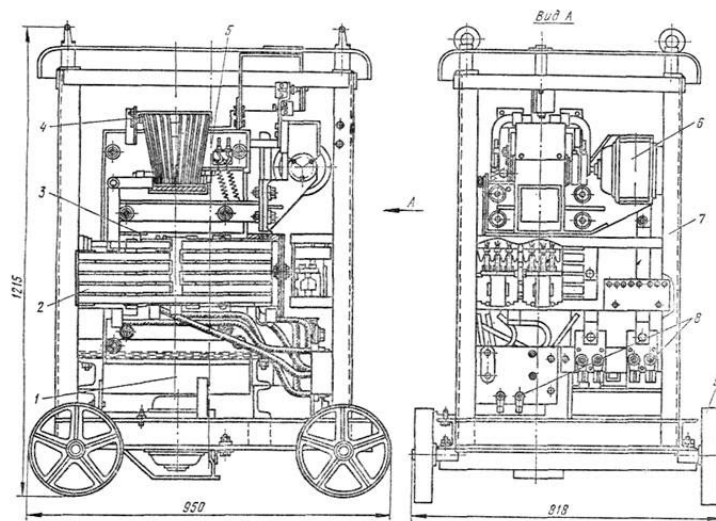


Рисунок 1.4 - Схема пристрою трансформатора ТСД-1000 [5]

1 - вентилятор, 2 - трансформаторні обмотки, 3 - магнітопровід, 4 - реактивна обмотка, 5 – рухомий пакет магнітопроводу, 6 - механізм переміщення рухомого пакета, 7 - станина, 8 - затискні панелі, 9 - ходова частина.

Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата

ОЕ-91-09.039

1.5.2 Трансформатори з розвитим магнітним розсіюванням

Трансформатори типу ТС і ТСК являють собою пересувні понижувальні трансформатори стрижневого типу з підвищеною індуктивністю розсіювання; не мають рухливих сердечників, схильних до вібрації, тому вони працюють майже безшумно.

Регулювання зварювального струму здійснюється зміною відстані між рухомою I та нерухомою II котушками (рис. 1.5).

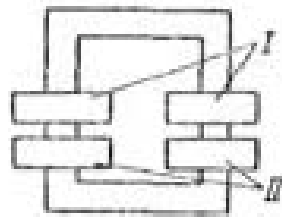


Рисунок 1.5 – Магнітна схема трансформатора[5]

При видаленні рухомої котушки від нерухомої збільшуються магнітні потоки розсіювання та індуктивний опір обмоток. Кожному положенню рухомий котушки відповідає своя зовнішня характеристика. Чим далі знаходяться один від одного котушки, тим більше магнітних силових ліній буде замикатися через повітряні простори, не захоплюючи другої обмотки, і тим крутіше буде зовнішня характеристика.

Напруга холостого ходу в трансформаторах цього типу при зрушених котушках на 1,5-2 В більше від номінального значення (60 – 65 В) [5].

Висновки: у цьому розділі приділена увага особливостям установок дугового зварювання як електричного навантаження. Описані особливості їх впливу на систему електропостачання, зокрема врахування їх пікового навантаження при подальшому розрахунку параметрів живильної мережі. Розглянуто основні види джерел живлення зварювальної дуги та їх зовнішні характеристики. Аналіз та подальше врахування цих особливостей дозволяє здійснити надійне забезпечення їх живлення.

2 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА

2.1 Умови проектування

2.1.1 Характеристика та особливості об'єкту проектування

В даному проєкті розглянута система електропостачання зварювального цеху, який входить до складу району міста. Цех планується розташовувати на території ПрАТ "ДМЗ" (Дніпровський металургійний завод), що розташований за адресою: Дніпровська обл, м. Кам'янське, вул. Соборна, буд. 18Б.

Електроприймачі цеху (далі ЕП) мають робочу лінійну напругу 380 В та частоту струму 50 Гц.

Згідно пункту 7.2.7 [7] цех буде розташований безпосередньо на території виробничої земельної ділянки. Для раціональної організації виробничо-технологічних зв'язків п. 7.2.6 (б) [7] цех буде розташований в межах транспортної та інженерної інфраструктури.

Проектування систем електропостачання для зварювального цеху підприємства є важкою та відповідальною задачею. Вибір проектних рішень має прямий вплив на обсяг та складність монтажних робіт, зручність і безпеку експлуатації електротехнічних установок систем електропостачання. Однією з головних вимог щодо проєктів систем електропостачання є надійність електропостачання, яка досягається за допомогою вірного вибору електричних апаратів, силових трансформаторів, кабелів і проводів, а також врахуванням відповідних електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах роботи, використанням структурного резервування, автоматизаційних пристроїв та релейного захисту.

					ОЕ-91-09.039	20
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Схема розташування обладнання суворо регламентована нормами та правилами техніки безпеки у зварних цехах. Планування визначає безпеку, зручність пересування персоналу, переміщення деталей, вузлів та готової продукції. Велика увага приділяється системі вентиляції зварювального цеху. З її допомогою із виробничого простору, а особливо з робочого місця зварювальника, видаляються важкі гази від розплавлених металів та згоряння покриттів електродних стрижнів.

Графічна частина містить однолінійну схему електропостачання зварювального цеху на якій зображено розміщення силового обладнання, аварійних виходів, внутрішньоцехової мережі, силових пунктів (СП), щита освітлення (ЩО), щита аварійного освітлення (ЩАО), та щита зовнішнього освітлення (ЩЗО).

Структурна електропостачальна схема житлово-промислового району міста, до якого входить підприємство та сам зварювальний цех зображено на рисунку 2.1.

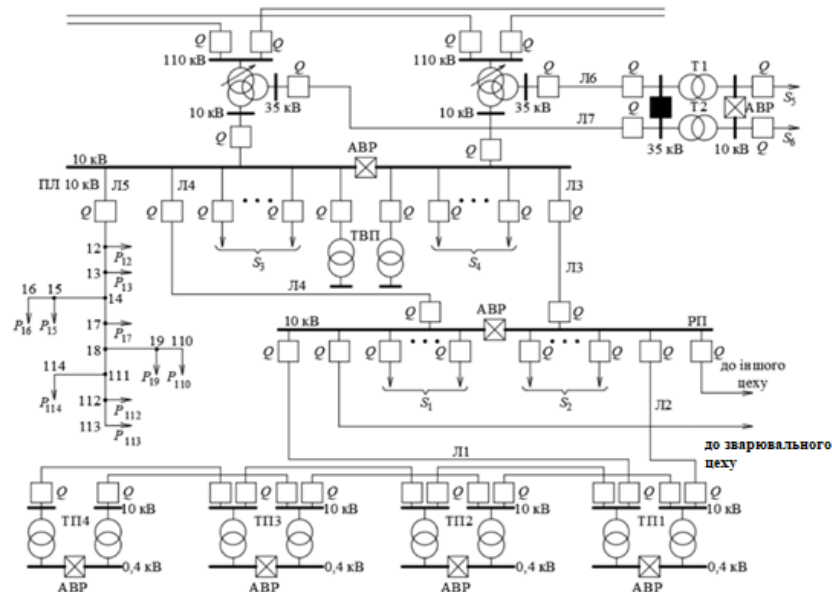


Рисунок 2.1 - Однолінійна схема СЕП житло-промислового району міста

2.1.2 Класифікація і загальна характеристика електроприймачів зварювального цеху

Категорії надійності електропостачання визначають залежно від технології основного виробництва споживача електроенергії згідно з вимогами ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».

Відповідно до вимог пункту 1.2.17 [8] та 7.5, 7.6 [9] для формування системи електропостачання струмоприймачі потрібно розподілити за категорією надійності.

До основних критеріїв визначення надійності електропостачання є:

- Створення безпечних умов праці виробничого персоналу;
- Забезпечення безперервного та ефективного технологічного процесу;
- Економічна доцільність.

Проаналізувавши обладнання зварювального цеху, до споживачів I категорії щодо надійності електропостачання були віднесені витяжні вентилятори. Дане рішення перш за все обгрунтовано безпекою виробничого персоналу, враховуючи небезпечні фактори притаманні цьому типу виробничого приміщення. Інші ЕП були віднесені до III категорії надійності, оскільки їхня зупинка не несе за собою значні матеріальні втрати, порушення складного технологічного процесу тощо.

Розподіл струмоприймачів за категоріями надійності та силовим пунктам наведено у таблиці 2.1.

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		22

Таблиця 2.1 – Дані про ЕП зварювального цеху

СПі	Номер на плані	ЕП	Кв	$\cos \varphi$	Номінальна потужність, кВт	Категорії надійності
СП1	21–23	Плоскошліфувальні верстати	0,2	0,5	18	3
	24-29	Фрезерувальні верстати	0,21	0,6	8	3
СП2	7-10	Зубофрезерувальні верстати	0,15	0,5	20	3
	11-13	Шліфувальні верстати	0,17	0,6	6	3
	14-17	Токарні верстати	0,14	0,6	8	3
СП3	18–20	Вентилятори	0,6	0,8	6	1
СП4	30-32 37-40	Токарні верстати	0,14	0,6	6	3
	41-43	Заточувальні верстати	0,16	0,7	9	3
	33-36	Токарні верстати	0,16	0,7	4	3
СП5	1-4	Установки дугового зварювання, ТВ = 40 %	0,25	0,4	16	3
	5-6	Мостові крани, ТВ = 60 %	0,12	0,5	30	3
ЩО	Щит основного внутрішньоцехового освітлення					3
ЩАО	Показчики аварійних виходів, світлова та звукова сигналізація, аварійне освітлення					1
ЩЗО	Щит зовнішнього освітлення					1

2.1.3 Класифікація зварювального приміщення за вибухо- та протипожежною безпекою

Розміри зварювального цеху наступні: ширина становить 32 метри, довжина – 40 м, висота – 10м. Повноцінне відокремлення приміщень відсутнє.

Визначення категорії приміщення проводиться з урахуванням показників пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів, що там знаходяться, та їх кількості.

Категорія за вибухопожежною та пожежною безпекою (будинку, приміщення) — класифікаційна характеристика вибухопожежної та пожежної небезпеки будинку (приміщення), що визначається кількістю та пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що знаходяться в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 [10] “Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою” зварювальних цехів відноситься до Категорії Г :«Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюють або утилізують як паливо.»

Ступінь захисту обладнання цеху визначається відповідно до ГОСТ 14254-2015 (ІЕС 60529:2013). У кожного обладнання має бути зазначений ступінь захисту, що забезпечується оболонкою, вказується кодом IP.

Обладнання дугозварювального цеху має мати ступінь пило- та вологозахисту IP23. Цей рівень захисту буде достатнім для захищення обладнання від проникнення пилу та має захист від проникнення води при ударі під кутом до 60° від вертикалі.

					ОЕ-91-09.039	24
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

2.1.4 Характеристика джерела живлення

Зварювальний цех отримує живлення від трифазного трансформатора ТМ-160 з первинною напругою 10 кВ та вторинною напругою 0.4 кВ. Цеховий трансформатор отримує живлення кабельною лінією (КЛ) від РП 10 кВ. Розподільчий пункт отримує живлення від ПС 110/35/10 за двопроменевою схемою електропостачання. Шини РП 10кВ розділені на дві незалежні секції з пристроєм автоматичного включення резерву.

2.1.5 Вибір напруги розподільчої мережі цеху

Напруга розподільчої мережі становить 10 кВ, що відповідає номінальному значенню напруги на шинах підстанції. Для подальшого живлення ЕП, електроенергія трансформується на напругу 380/220 В, яка відповідає стандартним напруговим рівням для промислових споживачів. Така трансформація дозволяє забезпечити оптимальну напругу для роботи різноманітних електричних приладів та обладнання в зварювальному цеху.

2.1.6 Формування пропозиції щодо лінійної складової приєднання до електричних мереж ОСР.

Якщо відстань між ЦПП та центром живлення перевищує 0,3 км, а навантаження становить більше 50 кВт, приєднання до електричних мереж буде вважатись нестандартним. Для такого приєднання можна скористатись послугою з нестандартного приєднання, яка регулюється типовим договором про нестандартне приєднання до електричних мереж системи розподілу. Цей договір укладається замовником відповідно до вимог Цивільного кодексу України і містить умови, передбачені типовою формою договору про

					ОЕ-91-09.039	25
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

нестандартне приєднання. Оператор системи розподілу повинен надати підписаний примірник договору про приєднання у паперовій формі протягом трьох робочих днів з моменту отримання відповідного звернення замовника.

Договори про приєднання, здійснені на підставі пунктів 4.1.11 та 4.1.29 [11] Кодексу, оформляються у письмовій формі. При приєднанні електроустановок до електричних мереж необхідно дотримуватись нормативних вимог щодо надійності електропостачання та якості електричної енергії для Користувачів, включаючи вимоги до дотримання нульового перетоку реактивної потужності при приєднанні Користувачів з потужністю понад 50 кВт.

Електроустановки замовника, призначені для виробництва електричної енергії (генеруючі одиниці), повинні відповідати вимогам, встановленим Кодексом системи передачі для кожного типу генеруючої одиниці.

2.2 Розрахунок електричних навантажень цеху

2.2.1 Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку

Методика проведення розрахунку навантаження за методом коефіцієнта розрахункового навантаження (згідно з ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015) [12]. Розрахунок виконується з використанням таблиць довідкових даних [13].

Розрахунок за даним методомключає наступні кроки:

- Визначення коефіцієнтів використання (k_B): За допомогою таблиці довідкових даних визначаються коефіцієнти використання для кожного електроприймача (ЕП) ;
- Визначення коефіцієнтів потужності ($\cos \varphi$) та $\operatorname{tg} \varphi$: За допомогою таблиці 1 довідкових даних визначаються коефіцієнти потужності $\cos \varphi$ для кожного ЕП, а також відповідні значення $\operatorname{tg} \varphi$;

					<i>OE-91-09.039</i>	26
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

- Групування ЕП за категоріями: Всі ЕП групуються за характерними категоріями, де всі ЕП мають однакові значення k_B та $\cos \varphi$;
- Розрахунок загальних активних потужностей: Розраховуються загальні активні номінальні потужності для ЕП однакових категорій, а також загальні активні потужності для ЕП, підключених до певного розподільного пристрою ;
- Визначення максимальної та мінімальної номінальної потужності: Фіксуються найменша ($p_{н.мин}$) та найбільша ($p_{н.мах}$) номінальна потужність одиничного ЕП для кожного розподільного пристрою, а потім визначається відношення $p_{н.мах}/p_{н.мин}$;
- Розрахунок проміжних активних та реактивних потужностей:
- Визначення ефективної кількості ЕП: Визначається ефективна кількість ЕП, яка зумовлює таке саме значення розрахункового навантаження, що й група різних за потужністю ЕП ;
- Розрахунок групових коефіцієнтів використання k_B : Розраховуються групові коефіцієнти використання для кожного розподільного пристрою структурного підрозділу або підприємства ;
- Визначення коефіцієнта розрахункового навантаження k_p : За допомогою таблиці 2 та/або таблиці 3 довідкових даних визначається величина коефіцієнта розрахункового навантаження, залежно від коефіцієнта використання (k_B) та ефективної кількості ЕП (n_e) ;
- Розрахунок розрахункової активної та реактивної потужностей: Визначається розрахункова активна потужність та розрахункова реактивна потужність для різних рівнів розподільних пристроїв ;
- Визначення розрахункової повної потужності: Знаходиться розрахункова повна потужність, яка включає активну та реактивну потужності силових електроприймачів, а також освітлювальні навантаження ;
- Вибір перерізу провідників: За допомогою визначеного розрахункового струму вибирається переріз провідників, враховуючи їх допустиме нагрівання.

Це загальна методика проведення розрахунку навантаження за методом

					ОЕ-91-09.039	27
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

коефіцієнта розрахункового навантаження. На практиці використовуються відповідні таблиці та довідкові дані .

2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку

Для проведення розрахунків електричного навантаження зварювального цеху скористаємося даними, приведеними в таблиці 2.1.

План розміщення електроприймачів цеху зображено на рисунку 2.2.

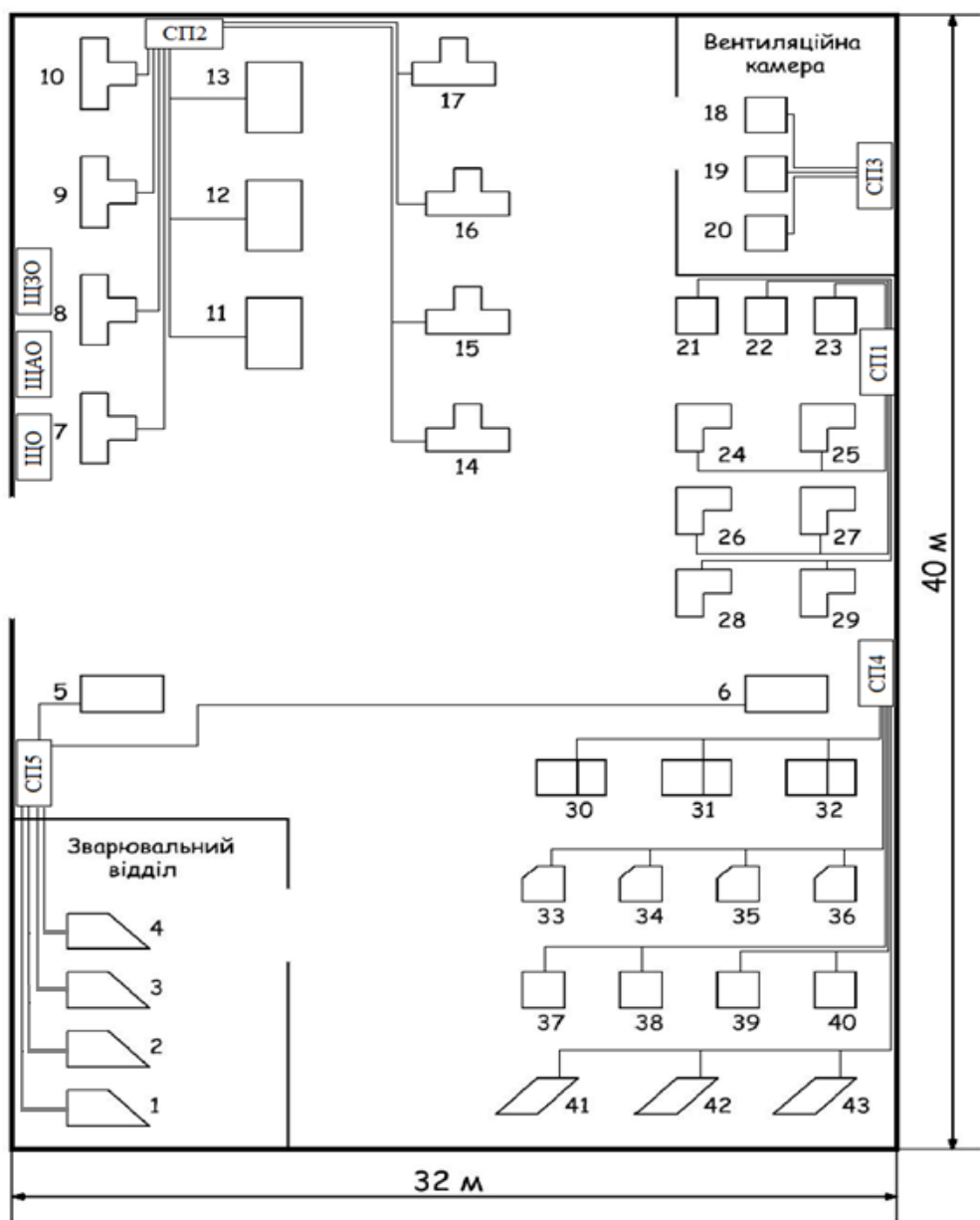


Рисунок 2.2 – План розміщення ЕП в зварювальному цеху

2.2.3 Розрахунок електричних навантажень струмоприймачів на напрузі 0.4 кВ, у тому числі внутрішнє освітлення

Розрахунок проведемо на прикладі СП2:

Розраховуємо сумарну номінальну потужність.

Для зубофрезерувальних верстатів маємо:

$$P_{\Sigma H} = N p_H = 4 \cdot 20 = 80 \text{ кВт.}$$

Для шліфувальних верстатів маємо:

$$P_{\Sigma H} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ кВт.}$$

Для токарних верстатів маємо:

$$P_{\Sigma H} = 4 \cdot 8 = 32 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт реактивної потужності силових споживачів беремо з таблиці 2.1.

Проміжні потужності визначаємо за допомогою коефіцієнта використання K_B :

Для зубофрезерувальних верстатів маємо:

$$P_{\Pi} = K_B P_{\Sigma H} = 0,15 \cdot 80 = 12 \text{ кВт ;}$$

$$Q_{\Pi} = K_B P_{\Sigma H} \operatorname{tg} \varphi = 0,15 \cdot 80 \cdot \frac{\sqrt{1-0,5^2}}{0,5} = 20,78 \text{ квар .}$$

Для шліфувальних верстатів маємо:

$$P_{\Pi} = K_B P_{\Sigma H} = 0,17 \cdot 18 = 3,06 \text{ кВт ;}$$

$$Q_{\Pi} = K_B P_{\Sigma H} \operatorname{tg} \varphi = 0,17 \cdot 18 \cdot \frac{\sqrt{1-0,6^2}}{0,6} = 4,08 \text{ квар .}$$

Для токарних верстатів маємо:

$$P_{\Pi} = K_B P_{\Sigma H} = 0,14 \cdot 32 = 4,48 \text{ кВт ;}$$

					ОЕ-91-09.039	29
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$Q_{\Pi} = K_B P_{\Sigma H} t g \varphi = 0,14 \cdot 32 \cdot \frac{\sqrt{1-0,6^2}}{0,6} = 5,97 \text{ квар.}$$

Визначаємо сумарну номінальну потужність електроприймачів СП2:

Аналогічно визначаємо сумарну номінальну та проміжні потужності для решти ЕП силових пунктів. Результати заносимо до таблиці 2.2:

Таблиця 2.2 – проміжні потужності ЕП цеху

Спi	Початкові дані										Проміжні потужності		n _{ра}	n _e	K _p	Розрахункові потужності			Розрахункові струми I _{Σ, А}
	За умовою							Довідникові								P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВ·А	
	Найменування ЕП	n, од	Номінальна потужність, кВт				P _{кi} max / P _{кi} min	k _а K _а	cosφ	tgφ	P _Σ , кВт	Q _Σ , квар							
			P _{кi}	P _{кΣ}	P _{кi} max	P _{кi} min													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
СП1	Строгальні верстати	3	18	54	18	8	2,25	0,2	0,5	1,73	10,80	18,71	8,0	8	1,48	28,4	79,1	84,0	128
	Фрезерувальні верстати	5	8	40				0,21	0,6	1,33	8,40	53,20							
Σсп1		8		94				0,205			19,20	71,91							
СП2	Зубофрезерувальні верстати	4	20	80	20	6	3,33	0,15	0,5	1,73	12,00	20,78	10,4	10	1,65	32,2	33,9	46,8	71
	Шліфувальні верстати	3	6	18				0,17	0,6	1,33	3,06	4,08							
	Токарні верстати	4	8	32				0,14	0,6	1,33	4,48	5,97							
Σсп2		11	34	130				0,153			19,54	30,83							
СП3	Вентилятори	3	6	18	6	6	1,00	0,6	0,8	0,75	10,81	8,64	3,0	3	1,28	13,8	9,5	16,8	26
СП4	Токарні верстати	7	6	42	9	4	2,25	0,14	0,6	1,33	5,88	7,82	14,0	14	1,49	19,0	14,8	24,1	37
	Заточувальні верстати	3	9	27				0,16	0,7	1,02	4,32	4,41							
	Токарні верстати	4	4	16				0,16	0,7	1,02	2,56	2,61							
Σсп4		14	19	85				0,153			12,76	14,84							
СП5	Зварювальні агрегати	4	16	64	30	16	1,88	0,25	0,4	2,29	16,00	36,64	6,0	6	1,61	37,4	54,0	65,7	100
	Мостові крани	2	30	60				0,12	0,5	1,73	7,20	12,46							
Σсп5		6	46	124				0,185			23,20	49,10							

Розраховуємо значення групового коефіцієнта використання СП2:

$$K_B = \frac{\sum P_{\Pi}}{\sum P_H} = \frac{12+3,06+4,48}{80+18+32} = 0,15.$$

Визначаємо ефективне число ЕП (n_e):

- якщо $\frac{P_{n.найб}}{P_{n.найм}} \leq 3$, то вважають, що $n_e = n$;
- якщо $\frac{P_{n.найб}}{P_{n.найм}} > 3$ та $n_{e.p.} \geq n$, то вважають, що $n_e = n$;
- якщо $\frac{P_{n.найб}}{P_{n.найм}} > 3$ та $n_{e.p.} < n$, то приймають значення n_e .

Для незначної кількості ЕП ($n < 10$):

$$n_{p.e} = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{Hi})^2}{\sum_{i=1}^n p_{Hi}^2} \quad (2.1)$$

При значній кількості ЕП ($n \geq 10$):

$$n_{p.e.} = \frac{2 \sum p_{ni}}{p_{n.найб}} \quad (2.2)$$

Розрахунок для СП2:

$$\frac{P_{n.найб}}{P_{n.найм}} = \frac{20}{6} > 3; n = 11; n > 10.$$

Виходячи з отриманих умов розрахунку, ефективна кількість електроприймачів складає:

$$n_e = \frac{2 \cdot 104}{20} = 10,4.$$

Визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження (K_p). K_p визначається за довідковою таблицею 2.

Для СП2: $K_p = 1,65$.

Знаходимо розрахункову активну потужність:

$$P_p = K_p \sum P_{\Pi} \quad (2.3)$$

$$P_p = 1,65 \cdot (12 + 3,06 + 4,48) = 32,24 \text{ кВт}.$$

Визначається розрахункова реактивна потужність:

$$Q_p = K_Q \sum Q_{\Pi} \quad (2.4)$$

якщо $n_{p.e} \leq 10$, то $Q_p = 1,1 \sum Q_{\Pi}$;

якщо $n_{p.e} > 10$, то $Q_p = \sum Q_{\Pi}$;

$$Q_p = 1,1 \cdot (20,78 + 4,08 + 5,97) = 33,91 \text{ кВАр}.$$

Повну потужність знайдемо за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.5)$$

$$S_p = \sqrt{32,24^2 + 33,91^2} = 46,79 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм знаходимо за формулою за умови, що всі ЕП працюють на напрузі 380 В:

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		31

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{46,79}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 71,09 \text{ А.}$$

Розрахуємо аналогічно для інших СП та значення занесемо до таблиці 2.3:

Таблиця 2.3 – Розрахункове електричне навантаження СП

Сгі	Початкові дані										Проміжні потужності		n _{р,в}	n _с	K _р	Розрахункові потужності			Розрахунковий струм I _{р,в} , А
	За умовою							Довідникові								P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВ·А	
	Найменування ЕП	n, од	Номинальна потужність, кВт				P _{н.і} max / P _{н.і} min	k _з K _з	cosφ	tgφ	P _в , кВт	Q _в , квар							
			P _{н.і}	P _{н.с}	P _{н.і} max	P _{н.і} min													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
СП1	Строгальні верстати	3	18	54	18	8	2,25	0,2	0,5	1,73	10,80	18,71	8,0	8	1,48	28,4	79,1	84,0	128
	Фрезерувальні верстати	5	8	40				0,21	0,6	1,33	8,40	53,20							
Σсп1		8		94				0,205			19,20	71,91							
СП2	Зубофрезерувальні верстати	4	20	80	20	6	3,33	0,15	0,5	1,73	12,00	20,78	10,4	10	1,65	32,2	33,9	46,8	71
	Шліфувальні верстати	3	6	18				0,17	0,6	1,33	3,06	4,08							
	Токарні верстати	4	8	32				0,14	0,6	1,33	4,48	5,97							
Σсп2		11	34	130				0,153			19,54	30,83							
СП3	Вентилятори	3	6	18	6	6	1,00	0,6	0,8	0,75	10,81	8,64	3,0	3	1,28	13,8	9,5	16,8	26
СП4	Токарні верстати	7	6	42	9	4	2,25	0,14	0,6	1,33	5,88	7,82	14,0	14	1,49	19,0	14,8	24,1	37
	Заточувальні верстати	3	9	27				0,16	0,7	1,02	4,32	4,41							
	Токарні верстати	4	4	16				0,16	0,7	1,02	2,56	2,61							
Σсп4		14	19	85				0,153			12,76	14,84							
СП5	Зварювальні агрегати	4	16	64	30	16	1,88	0,25	0,4	2,29	16,00	36,64	6,0	6	1,61	37,4	54,0	65,7	100
	Мостові крани	2	30	60				0,12	0,5	1,73	7,20	12,46							
Σсп5		6	46	124				0,185			23,20	49,10							
Сумарне силове навантаження		39		451				0,26	0,59	1,41	85,51	175,32	41,0	41	0,75	130,8	191,4	237,4	361

2.2.3.1 Розрахунок щита освітлення

Визначенню розрахункових навантажень освітлювальних установок, як правило, передують розрахунки електричного освітлення проектного цеху, яке поділяють на робоче та аварійне.

Для розрахунку освітлення в електромеханічному цеху використовуємо метод коефіцієнта використання. Загальна освітленість цеху має бути близько 200 лк.

Схема приєднання LED ламп основного освітлення до живильної мережі зображена на рисунку 2.3:

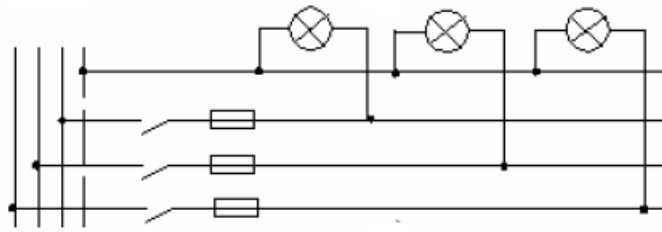


Рисунок 2.3 – Схема мережі основного освітлення цеху

Потрібний потік ламп в кожному світильнику Φ знаходиться з формули:

$$\Phi = \frac{E_{\min} K_3 F z}{\eta} \quad (2.6)$$

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 1280 \cdot 1,1}{0,3127} = 1260761 \text{ лм.}$$

де K_3 – коефіцієнт запасу для LED ламп беремо 1,4;

$E_{\min}$ – мінімальна освітленість, м^2 ;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості для LED ламп приймаємо 1,1;

η – коефіцієнт використання світлового потоку – відношення світлового потоку, який падає на робочу поверхню, до світлового потоку світильників.

$$\rho_{\text{ст}} = 0,5;$$

$$\rho_{\text{с}} = 0,3;$$

$$\rho_{\text{р}} = 0,1.$$

Площа приміщення:

$$F = AB;$$

$$F = 32 \cdot 40 = 1280 \text{ м}^2.$$

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{h(A + B)};$$

$$h = H - h_{\text{р}} - h_{\text{с}};$$

$$h = 14 - 0,8 - 0,2 = 13 \text{ м.}$$

де h – висота підвісу світильника;

де $h_{\text{с}}$ – відстань від світильника до стелі, $h_{\text{с}} = 0,2 \text{ м}$;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, $h_p = 0,8$ м;

Тоді:

$$i = \frac{32 \cdot 40}{13 \cdot (32 + 40)} = 1,367 ;$$

$$\eta = 0,3127.$$

Обираємо світильник СЗСПр72-R4 з характеристиками:

$$\Phi_{\text{л}} = 15800 \text{ лм},$$

$$P_{\text{л}} = 240 \text{ Вт},$$

$$U = 220 \text{ В},$$

$$\cos(\mu) = 0,95.$$

Кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л}}}, \text{ м};$$

$$N = \frac{1260761}{15800} = 79,795 \approx 80 \text{ шт.}$$

Знайдемо розрахункову потужність ЩО:

$$P_{P_ЩО} = NP_N K_B \quad (2.7)$$

$$P_{P_ЩО} = 80 \cdot 0,24 \cdot 0,95 = 18,24 \text{ кВт};$$

$$Q_{P_ЩО} = NP_N K_B \operatorname{tg} \varphi \quad (2.8)$$

$$Q_{P_ЩО} = 80 \cdot 0,24 \cdot 0,95 \cdot 0,33 = 6,02 \text{ квар};$$

$$S_{P_ЩО} = \sqrt{(18,24^2 + 6,02^2)} = 19,21 \text{ кВА};$$

$$I_{P_ЩО} = \frac{S_{P_ЩО}}{\sqrt{3}U_{0,38}} = \frac{19,21}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 29,1 \text{ А}.$$

					ОЕ-91-09.039	34
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

2.2.3.2 Розрахунок навантаження аварійного освітлення (ЩАО)

Для забезпечення аварійного освітлення $E_{\min}=10$ лк використаємо світильник MAXUS-ULTRA-72L з такими характеристиками:

$$\Phi_{\text{л}} = 3823 \text{ лм};$$

$$P_{\text{л}} = 37 \text{ Вт};$$

$$U = 220 \text{ В};$$

$$\cos(\mu)=0,96.$$

$$\Phi = \frac{E_{\min} K_3 F z}{\eta};$$

$$\Phi = \frac{10 \cdot 1,4 \cdot 1280 \cdot 1,1}{0,3127} = 63038 \text{ лм};$$

$$N = \frac{63038}{3823} = 16,489 \approx 16.$$

Приймаємо коефіцієнт попиту аварійного освітлення рівним 1.

Також враховуємо 3 світлових покажчиків «ВИХІД» потужністю 37 Вт та 3 пристроїв звукової сигналізації потужності 10 Вт (по одній одиниці кожного обладнання в приміщення).

$$P_{\text{Р_ЩАО}} = NP_N K_B;$$

$$P_{\text{Р_ЩАО}} = 16 \cdot 0,037 \cdot 1 = 0,592 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{Р_ВИХІД}} = NP_N K_B;$$

$$P_{\text{Р_ВИХІД}} = 3 \cdot 0,037 \cdot 1 = 0,11 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{Р_ЩАО}} = NP_N K_B \operatorname{tg} \varphi;$$

$$Q_{\text{Р_ЩАО}} = 16 \cdot 0,037 \cdot 1 \cdot 0,29 = 0,172 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{Р_ВИХІД}} = NP_N K_B \operatorname{tg} \varphi;$$

$$Q_{\text{Р_ВИХІД}} = 3 \cdot 0,037 \cdot 1 \cdot 0,25 = 0,03 \text{ квар};$$

$$P_{\text{Р_ЗВУК}} = NP_N K_B;$$

$$P_{\text{Р_ЗВУК}} = 3 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,03 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{Р_ЗВУК}} = NP_N K_B \operatorname{tg} \varphi;$$

$$Q_{\text{Р_ЗВУК}} = 3 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot 0,25 = 0,01 \text{ квар};$$

					ОЕ-91-09.039	35
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$S_{P_ЩАО} = \sqrt{((0,592 + 0,11 + 0,03)^2 + (0,172 + 0,03 + 0,01)^2)} = 0,762 \text{ кВА};$$

$$I_{P_ЩАО} = \frac{S_{P_ЩАО}}{\sqrt{3}U_{0,38}};$$

$$I_{P_ЩАО} = \frac{0,762}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,158 \text{ А.}$$

2.2.3.3 Розрахунок навантаження щита зовнішнього освітлення

Обрано світильники EVROLIGHT з LED лампою для забезпечення охоронного та чергового освітлення. Цей світильник має характеристики: 50Вт, 5000Лм, 5000К, IP48. Розмістимо їх по зовнішньому периметру цеху на висоті 5 метрів з інтервалом 3,75 метри.

Згідно з вимогами, освітлення повинно бути не менше 0,5 лк на відстані 0,5 метра від землі на горизонтальній площині. З урахуванням цих вимог нам необхідно встановити 42 світильники.

Для приєднання світильників до живильної мережі ми використовуємо схему, зображену на рисунку 2.4, де між трьома фазами маємо напругу $U=380$ В при рівномірному розміщенні світильників.

Крім того, враховано коефіцієнт використання ($K_B = 1$) та коефіцієнт відбиття ($tg = 0,25$) при розрахунках.

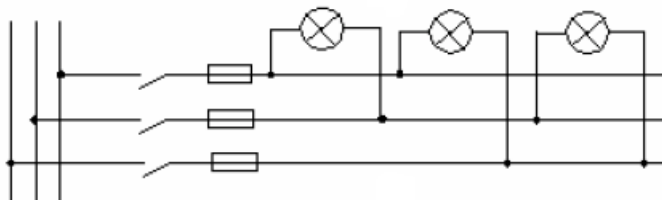


Рисунок 2.4 – Схема мережі зовнішнього освітлення

$$P_{P_ЩЗО} = NP_N K_B;$$

$$P_{P_ЩЗО} = 42 \cdot 0,05 \cdot 1 = 2,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{P_ЩЗО} = NP_N K_B tg\varphi;$$

					ОЕ-91-09.039	36
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$Q_{P_Щ30} = 42 \cdot 0,05 \cdot 1 \cdot 0,25 = 0,525 \text{ квар};$$

$$S_{P_Щ30} = \sqrt{((2,1)^2 + (0,525)^2)} = 2,165 \text{ кВА};$$

$$I_{P_Щ30} = \frac{S_{P_Щ30}}{\sqrt{3}U_{0,38}} = \frac{2,165}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3,289 \text{ А}.$$

Розрахунки навантаження цеху зведені в таблиці 2.4:

Таблиця 2.4. – Розрахункове навантаження цеху

Сті	Початкові дані										Проміжні потужності		n _{pe}	n _e	K _p	Розрахункові потужності			Розрахунковий струм I _p , А
	За умовою							Довідникові								P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВт·А	
	Найменування ЕП	n, од	Номінальна потужність, кВт				P _{нi} max / P _{нi} min	k _в K _в	cosφ	tgφ	P _р , кВт	Q _р , квар							
			P _{нi}	P _{нi}	P _{нi} max	P _{нi} min													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
СП1	Строгальні верстати	3	18	54	18	8	2,25	0,2	0,5	1,73	10,80	18,71	8,0	8	1,48	28,4	79,1	84,0	128
	Фрезерувальні верстати	5	8	40				0,21	0,6	1,33	8,40	53,20							
Σсп1		8		94				0,205			19,20	71,91							
СП2	Зубофрезерувальні верстати	4	20	80	20	6	3,33	0,15	0,5	1,73	12,00	20,78	10,4	10	1,65	32,2	33,9	46,8	71
	Шліфувальні верстати	3	6	18				0,17	0,6	1,33	3,06	4,08							
	Токарні верстати	4	8	32				0,14	0,6	1,33	4,48	5,97							
Σсп2		11	34	130				0,153			19,54	30,83							
СП3	Вентилятори	3	6	18	6	6	1,00	0,6	0,8	0,75	10,81	8,64	3,0	3	1,28	13,8	9,5	16,8	26
СП4	Токарні верстати	7	6	42	9	4	2,25	0,14	0,6	1,33	5,88	7,82	14,0	14	1,49	19,0	14,8	24,1	37
	Загочувальні верстати	3	9	27				0,16	0,7	1,02	4,32	4,41							
	Токарні верстати	4	4	16				0,16	0,7	1,02	2,56	2,61							
Σсп4		14	19	85				0,153			12,76	14,84							
СП5	Зварювальні агрегати	4	16	64	30	16	1,88	0,25	0,4	2,29	16,00	36,64	6,0	6	1,61	37,4	54,0	65,7	100
	Мостові крани	2	30	60				0,12	0,5	1,73	7,20	12,46							
Σсп5		6	46	124				0,185			23,20	49,10							
Сумарне силове навантаження		39		451				0,26	0,59	1,41	85,51	175,32	41,0	41	0,75	130,8	191,4	237,4	361
ЩО		80														18,2	6,0	19,2	29
ЩАО		16														0,7	0,2	0,8	1
ЩЗО		42														2,1	0,5	2,2	3
Шини НН		39														151,8	198,1	259,5	394

2.2.4 Розрахунок загального навантаження об'єкту проєктування

Розрахуємо активну потужність на шинах 0.4 кВ:

$$P_{HH} = P_p + P_{осв} \quad (2.8)$$

де P_p – сумарна розрахункова активна потужність для всіх СП;

$P_{осв}$ – активна потужність освітлювального навантаження;

$$P_{HH} = 130,8 + 21 = 151,8 \text{ кВт}.$$

Реактивна потужність на шинах НН:

$$Q_{HH} = Q_p + Q_{осв} \quad (2.9)$$

де Q_p – сумарна розрахункова активна потужність для всіх СП;

$Q_{\text{осв}}$ – активна потужність освітлювального навантаження;

$$Q_{\text{нн}} = 191,4 + 6,7 = 198,1 \text{ квар.}$$

Розрахуємо повну потужність на стороні НН:

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{P_{\text{нн}}^2 + Q_{\text{нн}}^2};$$

$P_{\text{нн}}$ і $Q_{\text{нн}}$ – активна і реактивна потужність на шинах НН

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{151,8^2 + 198,1^2} = 259,5 \text{ кВА}$$

Втрати в цеховому трансформаторі знайдемо за формулою:

$$\Delta P_{\text{T}} = 0,03 \cdot S_{\text{нн}} \quad (2.10)$$

$$\Delta P_{\text{T}} = 0,03 \cdot 259,5 = 7,8 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_{\text{T}} = 0,1 \cdot S_{\text{нн}} \quad (2.11)$$

$$\Delta Q_{\text{T}} = 0,1 \cdot 259,5 = 26 \text{ квар.}$$

Навантаження на шинах ВН трансформаторної підстанції:

$$P_{\text{вн}} = P_{\text{нн}} + \Delta Q_{\text{T}} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{вн}} = 151,8 + 7,8 = 159,6 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{нн}} + \Delta Q_{\text{T}} \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{вн}} = 198,1 + 26 = 224,1 \text{ квар.}$$

Оскільки вибір трансформатора здійснюється по навантаженню шин ВН:

$$S_{\text{T}} = \sqrt{P_{\text{вн}}^2 + Q_{\text{вн}}^2};$$

$$S_{\text{T}} = \sqrt{159,6^2 + 224,1^2} = 275,12 \text{ кВА.}$$

$$I_{\text{вн}} = \frac{S_{\text{T}}}{U_{\text{вн}} \sqrt{3}};$$

$$I_{\text{вн}} = \frac{275,12}{10 \cdot \sqrt{3}} = 15,88.$$

Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.5:

					ОЕ-91-09.039	38
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Повне розрахункове навантаження цеху

Спів	Початкові дані											Проміжні потужності		n_{pe}	n_e	K_p	Розрахункові потужності			I_{Σ}, A
	За умовою							Довідникові				$P_p, кВт$	$Q_p, квар$				$S_p, кВт\cdot A$			
	Найменування ЕП	$n, од$	Номинальна потужність, кВт				$\frac{P_{\Sigma i, max}}{P_{\Sigma i, min}}$	K_{Σ}	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$										
			$P_{\Sigma i}$	$P_{\Sigma \Sigma}$	$P_{\Sigma i, max}$	$P_{\Sigma i, min}$														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
СП1	Строгальні верстати	3	18	54	18	8	2,25	0,2	0,5	1,73	10,80	18,71	8,0	8	1,48	28,4	79,1	84,0	128	
	Фрезерувальні верстати	5	8	40				0,21	0,6	1,33	8,40	53,20								
Σсп1		8		94				0,205			19,20	71,91								
СП2	Зубофрезерувальні верстати	4	20	80	20	6	3,33	0,15	0,5	1,73	12,00	20,78	10,4	10	1,65	32,2	33,9	46,8	71	
	Шліфувальні верстати	3	6	18				0,17	0,6	1,33	3,06	4,08								
	Токарні верстати	4	8	32				0,14	0,6	1,33	4,48	5,97								
Σсп2		11	34	130				0,153			19,54	30,83								
СП3	Вентилятори	3	6	18	6	6	1,00	0,6	0,8	0,75	10,81	8,64	3,0	3	1,28	13,8	9,5	16,8	26	
СП4	Токарні верстати	7	6	42	9	4	2,25	0,14	0,6	1,33	5,88	7,82	14,0	14	1,49	19,0	14,8	24,1	37	
	Заточувальні верстати	3	9	27				0,16	0,7	1,02	4,32	4,41								
	Токарні верстати	4	4	16				0,16	0,7	1,02	2,56	2,61								
Σсп4		14	19	85				0,153			12,76	14,84								
СП5	Зварювальні агрегати	4	16	64	30	16	1,88	0,25	0,4	2,29	16,00	36,64	6,0	6	1,61	37,4	54,0	65,7	100	
	Мостові крани	2	30	60				0,12	0,5	1,73	7,20	12,46								
Σсп5		6	46	124				0,185			23,20	49,10								
Сумарне силове навантаження		39		451				0,26	0,59	1,41	85,51	175,32	41,0	41	0,75	130,8	191,4	237,4	361	
ЩО		80														18,2	6,0	19,2	29	
ЩАО		16														0,7	0,2	0,8	1	
ЩЗО		42														2,1	0,5	2,2	3	
Шини НН		39														151,8	198,1	259,5	394	
Втрати трансформ.																7,8	26,0	27,1		
Шини ВН																159,6	224,1	275,1	16	

2.3 Вибір трансформатора і засобів компенсації реактивної потужності

2.3.1 Вибір засобів компенсації реактивної потужності

Згідно з ДБН В.2.5-23:2010 [14] задовільне значення коефіцієнта потужності ($\cos \varphi$) становить 0,95.

До встановлення КБ на стороні НН, коефіцієнт потужності становить:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{НН}}}{S_{\text{НН}}} = \frac{151,8}{259,5} = 0,59.$$

Відповідно до попередніх розрахунків, що представлені в таблиці 2.5, споживання зварювальним цехом реактивної потужності становить 198,1 квар, тому для зменшення витрат та поліпшення якості електроенергії в цеху встановимо компенсуючі конденсаторні батареї.

Обираємо 4 конденсаторних батареї АКУ-0,4-45-10 з характеристиками, представленими в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристики конденсаторної установки

Технічні характеристики АКУ-0,4-45-10	
Номінальна потужність, квар	45
Номінальний струм, А	62,25
Мінімальна ступінь регулювання, квар	5
Габаритні розміри, ВхШхГ, мм	1000х600х250

Споживання реактивної потужності цехом після встановлення КБ:

$$Q'_{\text{цех}} = Q_{\text{цех}} - Q_{\text{КБ}} \quad (2.14)$$

де $Q_{\text{цех}}$ - споживання реактивної енергії цеху, до встановлення КБ, квар ;

$Q_{\text{КБ}}$ – реактивна енергія конденсаторних батарей, квар .

$$Q'_{\text{цех}} = 198,1 - 180 = 18,1.$$

Перерахуємо повну потужність на шинах НН цеху після компенсації:

$$S'_{\text{НН}} = \sqrt{P_{\text{НН}}^2 + Q_{\text{НН}}^2} ;$$

$$S'_{\text{НН}} = \sqrt{151,8^2 + 18,1^2} = 152,88 \text{ кВА} .$$

Коефіцієнт потужності після встановлення КБ:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{НН}}}{S_{\text{НН}}} = \frac{151,8}{152,9} = 0,99 .$$

Підключення конденсаторної батареї провадиться в паралель до головного шинопроводу силового трансформатора.

Конденсаторна установка у своїй роботі використовує трансформатор струму, який вимірює значення струму на шинах від силового трансформатора до навантаження.

Схема приєднання УКРМ (АКУ)-0,4-45-10

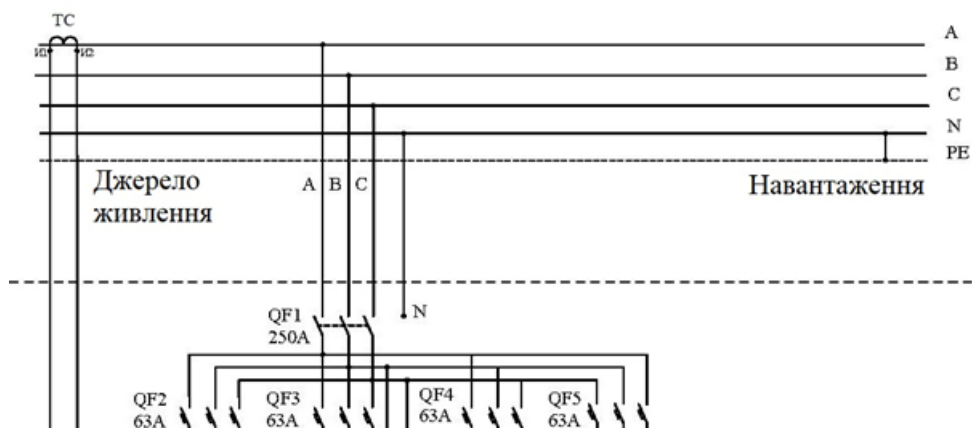


Рисунок 2.5 – Схема приєднання КБ до мережі



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд КБ

2.3.2 Вибір цехового трансформатора

Згідно настанови з проєктування систем електропостачання промислових підприємств [12], вибір кількості та потужності цехових трансформаторів

					ОЕ-91-09.039	41
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

обирається на основі техніко-економічних показників, повного розрахункового навантаження об'єкта, густини навантажень та оптимального рівня компенсації реактивної потужності в мережах 0.4 кВ.

Розрахунок густини навантаження цеху виконується за формулою:

$$\rho = \frac{S_{\text{НН}}}{S_{A*B}} \quad (2.15)$$

де S_{A*B} – площа цеху, м².

$$\rho = \frac{152,88}{1280} = 0,119 \text{ кВА/м}^2.$$

На основі отриманих даних обрано трансформатор ТМ 160. Характеристики обраного трансформатора представимо в таблиці 2.7:

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики трансформатора

Трансформатор ТМ 160	
Повна потужність, кВА	160
Номінальна напруга обмотки ВН, кВ	10
Номінальна напруга обмотки НН, кВ	0,4
Схема і група з'єднань	Y/Y _Н -0
U _к , %	4,5
I _{хх} , %	2
Втрати холостого ходу, кВт	0,46
Потужність короткого замикання, кВт	2,65

Після проведення розрахунків в п.2.3.1 та п.2.3.2 необхідно зробити перерахунок попередніх даних, зазначених в таблиці 2.5. Оновлені дані представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахункове навантаження цеху на шинах ВН та НН

Стп	Початкові дані										Проміжні потужності		n _{pe}	n _e	K _p	Розрахункові потужності			Розрахункові струми I _p , А
	За умовою							Довідникові								P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВ·А	
	Найменування ЕП	n, од	Номінальна потужність, кВт				P _{н.1. max} / P _{н.1. min}	k _a / K _a	cosφ	tgφ									
			P _{н1}	P _{н2}	P _{н.1. max}	P _{н.1. min}													
											1	2							
СП1	Строгальні верстати	3	18	54	18	8	2,25	0,2	0,5	1,73	10,80	18,71	8,0	8	1,48	28,4	79,1	84,0	128
	Фрезерувальні верстати	5	8	40				0,21	0,6	1,33	8,40	53,20							
Σсп1		8		94				0,205			19,20	71,91							
СП2	Зубофрезерувальні верстати	4	20	80	20	6	3,33	0,15	0,5	1,73	12,00	20,78	10,4	10	1,65	32,2	33,9	46,8	71
	Шліфувальні верстати	3	6	18				0,17	0,6	1,33	3,06	4,08							
	Токарні верстати	4	8	32				0,14	0,6	1,33	4,48	5,97							
Σсп2		11	34	130				0,153			19,54	30,83							
СП3	Вентилятори	3	6	18	6	6	1,00	0,6	0,8	0,75	10,81	8,64	3,0	3	1,28	13,8	9,5	16,8	26
СП4	Токарні верстати	7	6	42	9	4	2,25	0,14	0,6	1,33	5,88	7,82	14,0	14	1,49	19,0	14,8	24,1	37
	Заточувальні верстати	3	9	27				0,16	0,7	1,02	4,32	4,41							
	Токарні верстати	4	4	16				0,16	0,7	1,02	2,56	2,61							
Σсп4		14	19	85				0,153			12,76	14,84							
СП5	Зварювальні агрегати	4	16	64	30	16	1,88	0,25	0,4	2,29	16,00	36,64	6,0	6	1,61	37,4	54,0	65,7	100
	Мостові крани	2	30	60				0,12	0,5	1,73	7,20	12,46							
Σсп5		6	46	124				0,185			23,20	49,10							
Сумарне силове навантаження		39		451				0,26	0,59	1,41	85,51	175,32	41,0	41	0,75	130,8	191,4	237,4	361
ЩО		80														18,2	6,0	19,2	29
ЩАО		16														0,7	0,2	0,8	1
ЩЗО		42														2,1	0,5	2,2	3
Шини НН																151,8	18,1	152,9	394
Втрати трансформ.																2,7	0,5	2,8	
Шини ВН																154,5	18,6	155,7	16

2.3.3 Обґрунтування виду виконання та комплектації підстанції механічного цеху

Щільне розташування виробничого обладнання в середині зварювального цеху та питання безпеки виробничого персоналу аргументує доцільним використання зовнішньої комплектної трансформаторної підстанції (КТП).

Вибір такого типу виконання ТП зумовлений варіативністю вибору необхідного під задачі проекту обладнання, яке поставляється у вигляді збірних модулів на територію підприємства й легко збирається до робочого стану. Для замовника достатньо заповнити лист-опитування від виробника з вказівкою бажаної комплектації.

З каталогу компанії «Енергоспецсервіс»[15] обираємо КТП1 з трансформатором ТМ 160 потужністю 160 кВА. Підстанція буде виконана тупикового типу з кабельним вводом.

В комплекті поставки КТП1 входять шафи УВН і РУНН, силовий трансформатор, роз'єднувач зовнішньої установки РЛНДз – 10/630. Струм термічної стійкості на стороні ВН протягом 1 с – 5 кА. Струм електродинамічної стійкості на стороні ВН – 12,5 кА.

					ОЕ-91-09.039					
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата						43

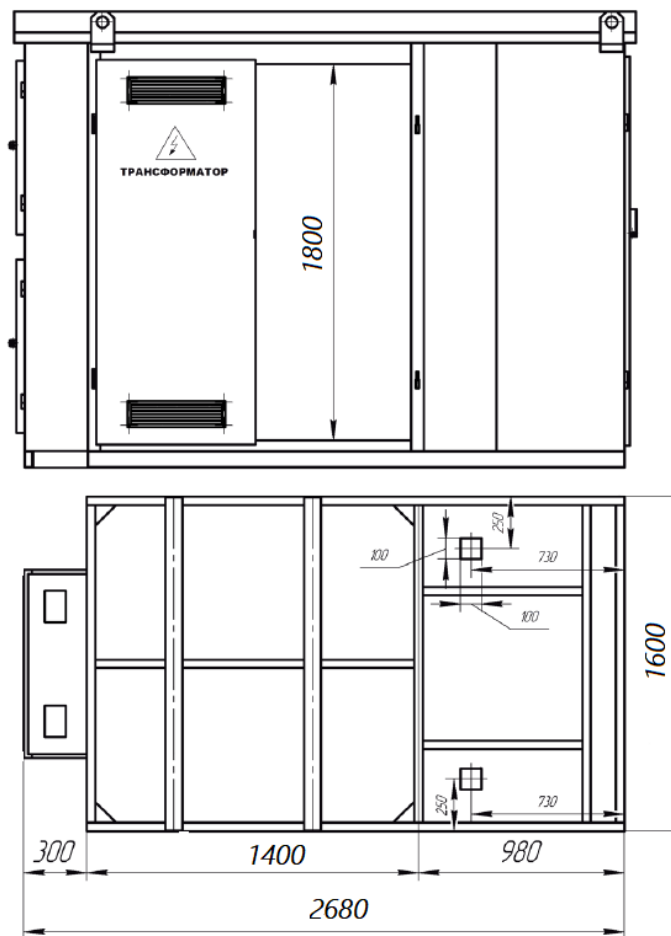


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри КТП-160-У1 з кабельним вводом

Зварювальний цех містить в собі обладнання III категорії надійності, окрім вентиляторів, ЩАО, ЩЗО та звукової сигналізації, що відносяться до I категорії.

Для виконання вимог ПУЕ, для забезпечення живлення цих ЕП I категорії, було прийнято рішення встановити ДЕС як джерело резервного живлення. Для технічної реалізації було обрано обладнати КТП пристроєм АВР на стороні НН, який в разі необхідності переводить живлення особливих ЕП з шин НН підстанції до ДЕС, яка встановлена поруч з КТП.

Однолінійна електрична схема підстанції з під'єднанням до ДЕС показана на рисунку 2.8.

					ОЕ-91-09.039	44
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

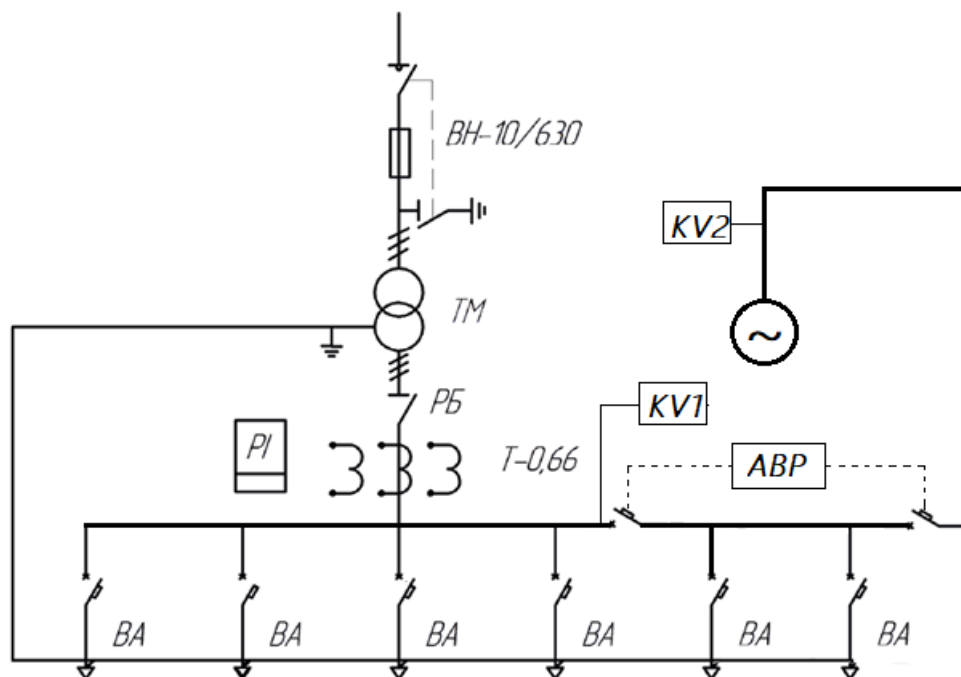


Рисунок 2.8 - Принципова однолінійна схема КТП-1 згідно замовлення

Вибір дизельної електричної станції:

При прямому пуску асинхронного двигуна відбувається провал напруги, який може досягати 30% від номінальної, а пусковий струм збільшується в 5-7 разів від номінального:

$$I_{\text{п}} = 5 - 7 I_{\text{н}} \quad (2.16)$$

Необхідна потужність ДЕС: $S_{\text{дес}} = 7 S_{\text{ад}}$

Сумарна потужність вентиляторів зварювального цеху, згідно таблиці 2.8 становить $S_{\text{ад}} = 16,8$ кВА.

Потужність, необхідна для гарантованого запуску системи вентиляції:

$$S_{\text{звент.}} = 7 \cdot 16,8 = 117,6 \text{ кВА}$$

Пікова потужність ЕП I категорії зварювального цеху становить:

$$S_{\text{пik}} = S_{\text{звент.}} + S_{\text{Щ40}} + S_{\text{Щ30}} \quad (2.17)$$

$$S_{\text{пik}} = 117,6 + 0,8 + 2,2 = 120,6 \text{ кВА.}$$

Згідно розрахованої потужності, обираємо дизельний генератор WAGNA 130KVA [16], з характеристиками, представленими в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики генератора

WAGNA 130KVA / DL110W-50P	
Потужність	125 кВА/100 кВт
Частота	50/60 Гц
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0,8
Напруга	230/400 В
Споживання палива	15 л/год
Рівень шуму	77дБ
Габаритні розміри	2450 × 932 × 1070

2.4 Визначення центру навантаження

Визначення центру навантаження необхідне для вибору правильного місця розташування джерела живлення на промисловому об'єкті. Однак, через велику кількість та розміри електроприймачів у цеху, неможливо встановити трансформаторну підстанцію всередині приміщення.

Живлення електроприймачів цеху буде здійснюватися від комплектної трансформаторної підстанції, що буде розташована на зовнішній території цеху. У цьому випадку визначення центру навантаження стає нецілеспрямованим.

2.5 Розрахунок живлячих і розподільних мереж

2.5.1 Вибір ліній живлення для ЕП цеху

Знайдемо переріз кабелю живлення для кожної групи ЕП окремо. Для визначення номінального струму скористаємося формулою:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi} \quad (2.18)$$

Розрахуємо проведемо на прикладі строгального верстату:

					ОЕ-91-09.039	46
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$I = \frac{18}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 54,7 \text{ A}.$$

Розрахунки для інших ЕП проводимо аналогічно, результати заносимо до таблиці 2.10.

Установки дугового зварювання є однофазними електроприймачами. Для розрахунку їх номінального струму скористаємося формулою:

$$I = \frac{P}{0,38 \cdot \cos \varphi} \quad (2.19)$$

$$I = \frac{16}{0,38 \cdot 0,4} = 105,3 \text{ A}.$$

Таблиця 2.10 – розрахункові струми ЕП цеху

ЕП	Струм (А)
Строгальний верстат	54,7
Фрезерувальний верстат	20,3
Зубофрезерувальний верстат	60,8
Шліфувальний верстат	15,2
Токарний верстат	20,3
Вентилятор	11,4
Токарний верстат	15,2
Заточувальний верстат	19,5
Токарний верстат	8,7
Установка дугової зварки	105,3
Мостовий кран	91,2

Лінії живлення від СП до ЕП будуть прокладені в металевих трубах під бетонною підлогою. Це рішення є доцільним по причині розміщення в цеху великої кількості потужних електроприймачів.

Для живлення основного, аварійного та зовнішнього освітлення були використані кабелі ВВГ 4х1.5 згідно з мінімально допустимими перерізами, зазначеними в таблиці 1.3.12 [8]. Ці кабелі заправлені в гофровану трубку та вздовж стін прокладені до світильників та звукової сигналізації.

Кабелі зовнішнього освітлення прокладені по зовнішньому периметру цеху, забезпечивши їх захист металевим рукавом (IP65).

Щитове обладнання будемо обирати з каталогу товарів компанії «БІЛМАКС» [17] , а комутаційні апарати компанії Schneider Electric. Продукції цих компаній відповідають Міжнародним стандартам якості та мають сертифікати відповідності на всі види продукції.

Силові шафи забезпечимо автоматичними вимикачами в литому корпусі на струми від 15 до 400 А з лінійки EasyPact EZC [18]. Обране обладнання представимо в таблиці 2.11. Тип та комплектація силових пунктів представлена в таблиці 2.12.

					OE-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		48

Таблиця 2.11 – Силове обладнання внутрішньоцехової мережі

СПі	Силовая шафа	ЕП	Іном(А)	АВ	Кабель	Труба/гофра/мет.рукав
СП1	СПА 77-2	Строгальний верстат	54,7	EZC100H 3P 30кА 63А	АВВГ 5х10	мет.тру.d=20 мм
		Строгальний верстат	54,7	EZC100H 3P 30кА 63А	АВВГ 5х10	мет.тру.d=20 мм
		Строгальний верстат	54,7	EZC100H 3P 30кА 63А	АВВГ 5х10	мет.тру.d=20 мм
		Фрезерувальний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Фрезерувальний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Фрезерувальний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Фрезерувальний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18мм
		Фрезерувальний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18мм
СП2	СПА і177-3	Зубофрезерувальний верстат	60,8	EZC100H 3P 30кА 75А	АВВГ 5х16	мет.тру.d=24 мм
		Зубофрезерувальний верстат	60,8	EZC100H 3P 30кА 75А	АВВГ 5х16	мет.тру.d=24 мм
		Зубофрезерувальний верстат	60,8	EZC100H 3P 30кА 75А	АВВГ 5х16	мет.тру.d=24 мм
		Зубофрезерувальний верстат	60,8	EZC100H 3P 30кА 75А	АВВГ 5х16	мет.тру.d=24 мм
		Шліфувальний верстат	15,2	EZC100H 3P 30кА 63А	АВВГ 5х10	мет.тру.d=20 мм
		Шліфувальний верстат	15,2			
		Шліфувальний верстат	15,2			
		Токарний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Токарний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Токарний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Токарний верстат	20,3	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
СП3	СПМ 75- 3 УЗ	Вентилятор	11,4	EZC100F 3P 10кА 15А	АВВГ 5х2,5	мет.тру.d=14 мм
		Вентилятор	11,4	EZC100F 3P 10кА 15А	АВВГ 5х2,5	мет.тру.d=14 мм
		Вентилятор	11,4	EZC100F 3P 10кА 15А	АВВГ 5х2,5	мет.тру.d=14 мм
СП4	СПА 77-2	Токарний верстат	15,2	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х10	мет.тру.d=20 мм
		Токарний верстат	15,2			
		Токарний верстат	15,2			
		Токарний верстат	15,2	EZC100H 3P 30кА 40А	АВВГ 5х4	мет.тру.d=16 мм
		Токарний верстат	15,2	EZC100H 3P 30кА 40А	АВВГ 5х4	мет.тру.d=16 мм
		Токарний верстат	15,2	EZC100H 3P 30кА 40А	АВВГ 5х4	мет.тру.d=16 мм
		Заточувальний верстат	19,5	EZC100H 3P 30кА 75А	АВВГ 5х16	мет.тру.d=24 мм
		Заточувальний верстат	19,5			
		Заточувальний верстат	19,5			
		Токарний верстат	8,7	EZC100H 3P 30кА 50А	АВВГ 5х6	мет.тру.d=18 мм
		Токарний верстат	8,7			
		Токарний верстат	8,7			
		Токарний верстат	8,7			
СП5	СПА 77-2	Установка дугової зварки	105,3	Schneider E 2P 15кА 125А А9N18459	АВВГ 4х35	мет.тру.d=22 мм
		Установка дугової зварки	105,3	Schneider E 2P 15кА 125А А9N18459	АВВГ 4х35	мет.тру.d=22 мм
		Установка дугової зварки	105,3	Schneider E 2P 15кА 125А А9N18459	АВВГ 4х35	мет.тру.d=22 мм
		Установка дугової зварки	105,3	Schneider E 2P 15кА 125А А9N18459	АВВГ 4х35	мет.тру.d=22 мм
		Мостовий кран	91,2	EZC250H 3P 30кА 100А	АВВГ 5х25	мет.тру.d=22 мм
		Мостовий кран	91,2	EZC250H 3P 30кА 100А	АВВГ 5х25	мет.тру.d=22 мм
ЩО	ЩО-4Н	Основне освітлення	29,1	Schneider EZ9 4P 40А	х3 ВВГнг 3х2,5	Мет.пук ДКС в ПВХ d=18
ЩАО+ЩЗО	ЩО-6Н	Аварійне освітлення + звукова сигналізація+ показчики виходу	1,2	Schneider EZ9 3P 6А	ВВГ 5х1,5	Мет.пук ДКС в ПВХ d=10
		Зовнішнє освітлення	3,3	Schneider EZ9 3P 6А	ВВГ 5х1,5	Мет.пук ДКС в ПВХ d=10

ОЕ-91-09.039

Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата

Таблиця 2.12 – Характеристики виконання СП цеху

№	Назва шафи	Тип виконання	Ступінь захисту	К-ть ліній відводу	Внутрішнє обладнання	Габаритні розміри
СП1	СПА 77-2	Підлогове виконання	IP 31	6	шини N, PE;	1600x800x350
					ввідний рубильник 250А	
					x3 АВ 3Р 30кА 63А	
					x3 АВ 3Р 30кА 50А	
СП2	СПА 77-3	Підлогове виконання	IP 31	7	шини N, PE;	1600x800x350
					ввідний рубильник 250А	
					x4 АВ 3Р 30кА 75А	
					x2 АВ 3Р 30кА 50А	
СП3	СПА 77-2	Підлогове виконання	IP31	3	шини N, PE;	1400x800x300
					ввідний рубильник 250А	
					x3 АВ 3Р 15кА 15А	
СП4	СПА 77-2	Підлогове виконання	IP 31	5	шини N, PE;	1600x800x350
					ввідний рубильник 250А	
					x2 АВ 3Р 30кА 50А	
					x2 АВ 3Р 30кА 40А	
СП5	СПМ 75-3	Підлогове виконання	IP 21	6	шини N, PE	1600x800x350
					ввідний рубильник 400А	
					x4 АВ 2Р 15кА 125А	
					x2 АВ 3Р 30 кА 100А	
ЩО	ЩО-4Н	Навісний	IP 31	3	x1 АВ 4Р 40А	175x200x95
ЩАО	ЩО-6Н	Навісний	IP 31	6	x1 АВ 3Р 6А	175x200x95
ЩЗО					x1 АВ 3Р 6А	

2.5.2 Вибір ліній живлення силових пунктів

Таке виконання дозволяє при пошкодженні у будь-якій лінії або будь-якому СП вимикати лише пошкоджену ділянку, що не відбивається на роботі інших ліній. Принципова схема живлення за радіальною схемою приведена на рисунку 2.9.

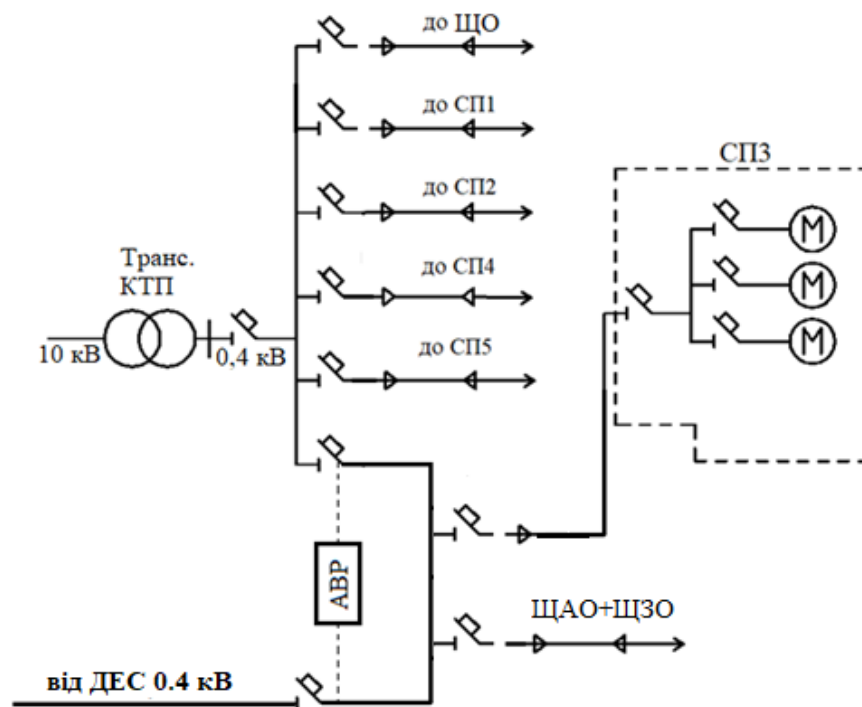


Рисунок 2.9 – Схема приєднання СП до РПНН КТП

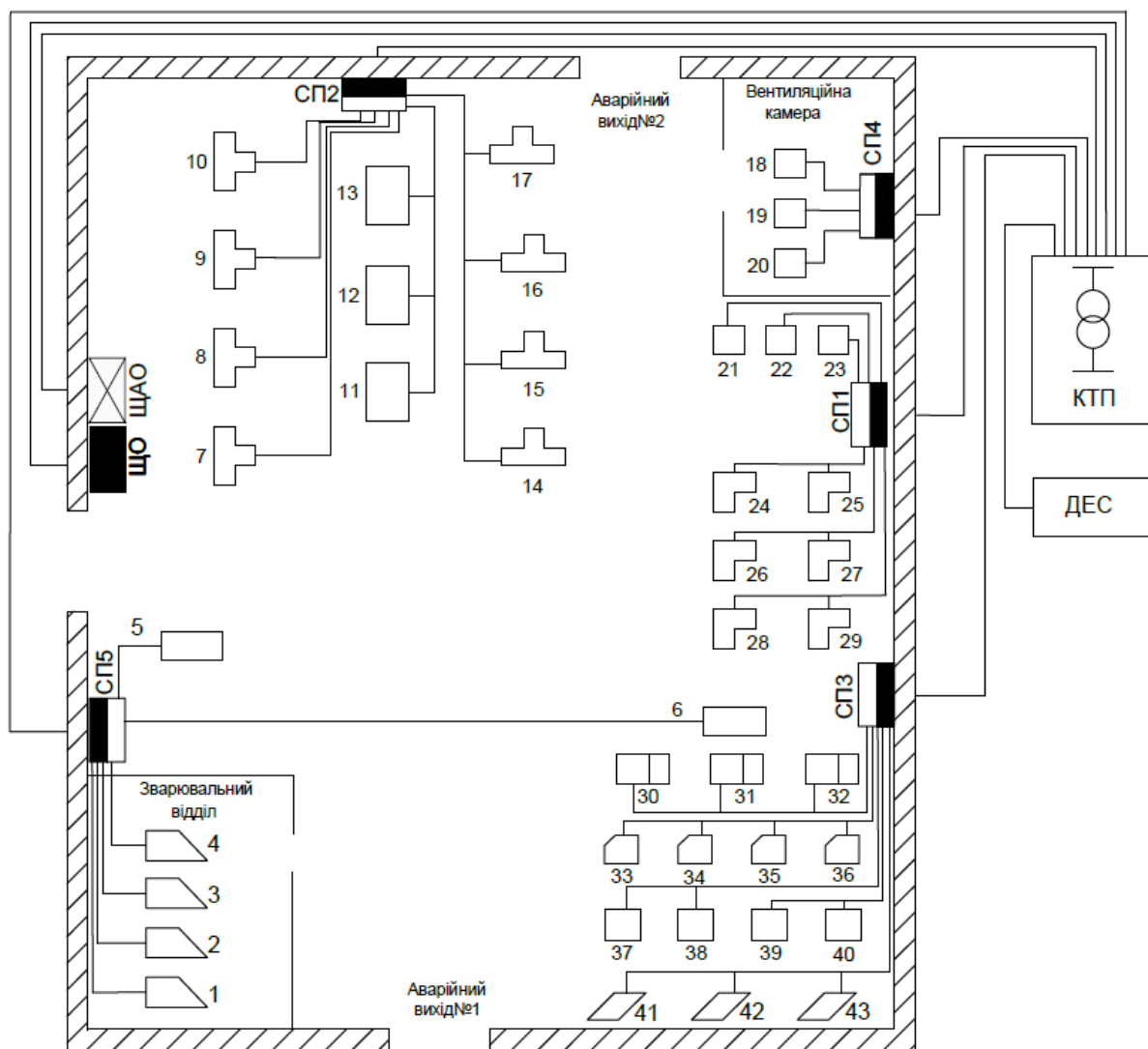


Рисунок 2.10 – Генеральний план зварювального цеху з розміщенням КТП, ДЕС та схемою прокладки КЛ

КТП встановлюється на відстані 8 м від цеху. Від шин НН прокладено кабельні лінії 0.4 кВ до СП цеху. Глибина прокладання КЛ нормується згідно з 1.3.8 [8], та становить 0.7 м. КЛ будемо обирати на підставі раніше розрахованих струмів, що представлені в таблиці 2.10. Після вибору типу кабелю необхідно виконати перевірку за допустимим струмом, враховуючи умови прокладання кабелю.

Однолінійний план прокладки КЛ від КТП до СП цеху зображено на рисунку 2.10. Відстань від РПНН ТП до СП та обраний кабель на цих ділянках наведений в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Розрахунок елементів мережі 0,4 кВ

СПі	РПНН -СП, м	Іном, А	Кабель	r0	x0	Ідоп, А	ΔU, %
СП1	15	128	АВВГ 5х70	0,443	0,0612	166	0,18
СП2	32	71	АВВГ 5х25	1,2	0,0662	93	2,13
СП3	12	26	АВВГ 5х6	5,11	0,09	41	0,32
СП4	25	37	АВВГ 5х10	3,08	0,08	55	2,37
СП5	45	100	АВВГ 5х35	0,868	0,0637	113	3,31
ЩО	40	29	АВВГ 5х6	5,11	0,09	41	4,13
ЩАО	38	4	ВВГнг 5х2,5	12,1	0,104	26	0,09
ЩЗО							
ДЕС- АВР	8	30	АВВГ 5х6	5,11	0,09	41	0,03

На прикладі СП1 виконаємо перевірку обраного кабелю АВВГ 4х50 за умовами допустимого струму:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2 \quad (2.20)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустиме тривале струмове навантаження, яке визначається за довідковими даними з урахуванням марки кабелю (дроту) і способу його прокладки ;

K_1 – коефіцієнт, що враховує фактичні термічні умови експлуатації, приймаємо що $K_1=1,06$ вважаючи, що середньорічна температура в регіоні становить $+5^\circ \text{C}$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує кількість прокладених кабелів. Оскільки в траншеї прокладено 3 КЛ, відстань між якими становить 20 см, приймаємо коефіцієнт рівним 0,87.

Перевіряємо виконання умови 3.5:

$$137 \cdot 1,06 \cdot 0,87 = 126,34 \leq 128 \text{ А.}$$

Як видно з розрахунків умова виразу 2.20 не виокнується, тому обираємо наступний за значенням перерізу кабель АВВГ 4х70 з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 166 \text{ А.}$

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		53

Виконуємо повторну перевірку:

$$166 \cdot 1,06 \cdot 0,87 = 153,1 \geq 128 \text{ А.}$$

Умова виконується, переріз КЛ обраний вірно.

Розрахунки для інших СП цеху проводимо аналогічно, отримані дані заносимо до таблиці 2.13.

Виконаємо перевірку на втрату напруги.

$$\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$$

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$$

$$\Delta U = \frac{10^5 (P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l)}{U_{\text{л}}^2} \quad (2.21)$$

де P - активна потужність що передається по лінії, кВт;

Q - реактивна потужність передається по лінії, квар;

r_0 - питомий активний опір кабельної лінії, Ом /км;

x_0 - питомий індуктивний опір кабельної лінії, Ом / км;

l - довжина кабельної лінії, км;

$U_{\text{л}}$ - лінійна напруга мережі, В.

$$U(\%) = \frac{10^5 (28,4 \cdot 0,443 \cdot 0,015 + 79,1 \cdot 0,0612 \cdot 0,015)}{380^2} = 0,18\%$$

Умова виконується, КЛ обрана вірно.

2.5.3 Вибір кабелю живлення цехової ТП

Живлення цехової КТП виконане тупикового типу. Відстань від РП до КТП складає 3000 м. Кабельну лінію 10кВ будемо обирати з врахуванням навантаження на шинах ВН, яке було розраховане раніше в п.2.2.4. За цими даними обрано кабель АПвП 3х35 з допустими струмовим навантаженням при прокладанні в траншеї $I_{\text{доп}} = 119 \text{ А}$. Виконаємо перевірку кабелю за умовою допустимого струму та падіння напруги, скориставшись рівністю (2.20): $I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2$;

					ОЕ-91-09.039	54
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Оскільки від РП до КТП прокладений один кабель в траншеї, коефіцієнт $K_2 = 1$:

$$119 \cdot 1,06 \cdot 1 = 126,1 \geq 16 \text{ A.}$$

Умова виконується, переріз КЛ обраний вірно.

Виконаємо перевірку на втрату напруги:

$$\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$$

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$$

$$\Delta U = \frac{10^5 (P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l)}{U_{\text{л}}^2}$$

$$U(\%) = \frac{10^5 (259,5 \cdot 0,868 \cdot 0,7 + 300,8 \cdot 0,095 \cdot 0,7)}{10000^2} = 0,18\%$$

Умова виконується, КЛ обрана вірно.

2.6 Вибір комутаційної апаратури

2.6.1 Вибір комутаційної апаратури розподільної мережі

Комутаційна апаратура (КА), зокрема автоматичні вимикачі (АВ), призначені для керування включенням та відключенням електричних приладів, а також для захисту електричних мереж від перевантажень. При виборі АВ важливо враховувати декілька ключових критеріїв:

-Номінальний струм АВ повинен бути незначно вищим за номінальний струм електроприймача. Це необхідно, щоб уникнути випадкових вимкнень АВ, які можуть виникнути при пуску обладнання;

-Номінальний струм АВ має бути меншим за номінальний струм кабелю. Це важливо для запобігання перевантаженню кабельних мереж та їх швидкого зносу;

					ОЕ-91-09.039	55
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

-Струм короткого замикання (КЗ), при якому спрацьовує АВ, повинен бути вищим за розрахований струм короткого замикання в розподільній мережі. Це гарантує ефективний захист мережі від коротких замикань;

Попередній вибір АВ для живлячих ліній струмоприймачів цеху представлений в пункті 2.5.1 таблиця 2.11.

Для монтажу комутаційної апаратури використовуємо найбільш універсальний і зручний метод. У ввідній шафі РУВН змонтовано ввідний роз'єднувач, вимикач навантаження – для відключення трансформатора та запобіжники для захисту мережі від КЗ в трансформаторі.

У шафах РУНН 0.38 кВ розташовані збірні шини, від яких через ввідні автомати відходять КЛ до СП цеху. Розташування та обраний тип АВ представлено в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Вибір АВ на стороні РУНН

Силовий пункт	I_p , А	Автомат захисту
СП1	128	EZC250F 3P 25кА 150А
СП2	71	EZC250N 3P 25кА 80А
СП3	26	EZC100F 3P 25кА 32А
СП4	37	EZC100F 3P 25кА 50А
СП5	100	EZC250F 3P 25кА 125А
ЩО	29	EZC100F 3P 25кА 40А
ЩАО	4	EZC100B 3P 15кА 15А

2.6.2 Вибір апаратури живильної мережі

КТП, згідно з каталогом [15], за замовчуванням постачається з роз'єднувачем зовнішньої установки РЛНДз-10/630.

Роз'єднувачі серії РЛНДз призначені для включення і відключення напруги без навантаження. Вони також використовуються для заземлення відключених ділянок за допомогою стаціонарних заземлювачів. Технічні характеристики даної установки представлені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технічні характеристики РЛНДз-10/630

Параметр	Значення
Ном. напруга, кВ	10
Макс. роб. напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630 А
Тип приводу	ручний
Ресурс мех.стійкості, тис. циклів	10

2.6.3 Вибір трансформаторів струму

При виборі трансформаторів струму для приладів обліку та проведення вимірювань слід керуватися рекомендаціями та даними, зазначеними в посиланні [8]. Трансформатори струму дозволяють здійснювати лінійне перетворення і забезпечувати облік електроенергії для подальших комерційних розрахунків з постачальником.

При виборі трансформатора слід враховувати його місце розташування (закриті або відкриті розподільні установки, вмонтовані системи), а також його конструктивні особливості (прохідні, шинні, опорні, роз'ємні).

У нашому випадку ТС необхідний для проведення технічних вимірювань, та підключення до нього приладів обліку. Напруга вимірювальної ділянки 380 В, струм – 360 А. Під ці параметри обираємо

					ОЕ-91-09.039	57
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

трансформатор струму Т-0,66 400/5 з класом точності 0.5 [19], технічні характеристики якого наведені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 - Характеристики ТС Т-0,66 400/5 клас 0,5

Параметр	Значення
Номінальна напруга, кВ	0,66
Номінальний струм, А	400
Частота мережі, Гц	50
Клас точності	0,5
Вторинний струм	5
Мінімальний первинний струм, А	50
Максимальний первинний струм, А	400
Можливість короткочасного перевантаження по струму, %	20

2.7 Розрахунок струмів короткого замикання та перевірка вибраних комутаційних апаратів і живлячих провідників за умов короткого замикання

Коротке замикання (КЗ) - раптове зменшення опору електричного ланцюга до дуже малого значення, що найчастіше виникає в результаті з'єднання проводів електричного ланцюга або пошкодження електричної ізоляції внаслідок її пробою. Струм короткого замикання в багато разів перевищує робочий струм і може призвести до пошкодження електричних кабелів та електротехнічних пристроїв або спричинити пожежу.

Причини коротких замикань в електроустановках можна розділити на:

- електричні (наприклад, атмосферні перенапруги, комутаційні перенапруги, тривалі навантаження по струму);

- неелектричні (наприклад, сира ізоляція машин, кабелів, обрив та падіння проводів ПЛ, механічні пошкодження проводів, ізоляторів або кабелів, необережність та недомислення людини).

З урахуванням значень струмів КЗ, що протікають по окремих фазах трифазної мережі електропостачання, КЗ можна розділити на:

- симетричний – у якому всі фази симетрично навантажені однаковим струмом короткого замикання. Це трифазні замикання із землею і без неї;

- несиметричний – у якому фази несиметрично навантажені струмом короткого замикання.

Розрахунки струму короткого замикання проводяться для того, щоб:

- вибрати комутаційні апарати, виходячи з необхідної міцності на коротке замикання та комутаційну здатність ;

- провести правильний вибір або перевірку існуючих елементів струмових ланцюгів з термічного опору (силові кабелі, монтажні дроти тощо) та динамічного опору (шини, трансформатори струму тощо) ;

-провести правильний вибір або визначення уставок захисту та автоматики ;

-отримати селективне спрацювання струмових захистів ;

-провести перевірку наявності чи впровадження ефективного захисту від ураження електричним струмом.

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		59

2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ

2.7.1.1 Побудова розрахункової схеми та розрахунок параметрів елементів схеми заміщення

Розрахунки струмів короткого замикання (КЗ) здійснюються для вибору або перевірки параметрів електрообладнання, а також для вибору або перевірки уставок релейного захисту та автоматики.

При розв'язанні більшості задач, що зустрічаються на практиці, можна ввести припущення, які спрощують розрахунки і не вносять суттєвих похибок. До таких припущень відносяться:

- вважається, що фази ЕРС всіх генераторів не змінюються протягом всього процесу КЗ;
- не враховується насиченість магнітних систем, що дозволяє вважати постійними і не залежними від струму індуктивні опори всіх елементів короткозамкнутого кола;
- нехтують намагнічувальними струмами силових трансформаторів;
- не враховують, крім спеціальних випадків, ємнісні провідності елементів короткозамкнутого кола на землю;
- вважають, що трифазна система є симетричною;
- вплив навантаження на струм КЗ враховують наближено;
- при обчисленні струму КЗ звичайно нехтують активним опором кола.

Вказані припущення разом зі спрощенням розрахунків призводять до деякого перебільшення струмів КЗ (похибка практичних методів розрахунку не перевищує 10 %, що прийнято вважати допустимим).

На розрахунковій схемі електроустановки назначають точки, в яких передбачається КЗ. Потім для вибраної точки КЗ складають еквівалентну електричну заступну схему, яка за вихідними даними відповідає

					<i>ОЕ-91-09.039</i>	60
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

розрахунковій схемі, але в якій всі магнітні (трансформаторні) зв'язки замінені електричними.

Параметри розрахункової схеми можуть бути задані в іменованих або відносних одиницях. При розрахунках в іменованих одиницях всі опори схеми повинні бути виражені в омах і приведені до однієї базової напруги (до середньої напруги одного електричного ступеня). Таке приведення необхідне, якщо між джерелом і точкою КЗ є один або декілька ступенів трансформації [20].

Розрахунок режиму КЗ починають із складання розрахункової схеми. Розрахункова схема (РС) - це спрощена однолінійна схема СЕП, на якій позначені всі наявні джерела живлення що беруть участь в підживленні точки КЗ, і елементи СЕП, що проводять струм КЗ. На РС усі елементи представляють своїми вихідними (паспортними) даними, які потрібні для розрахунку режиму КЗ.

Розрахункова схема з точками КЗ зображена на рисунку 2.10 з відповідними назвами та характеристиками елементів мережі.

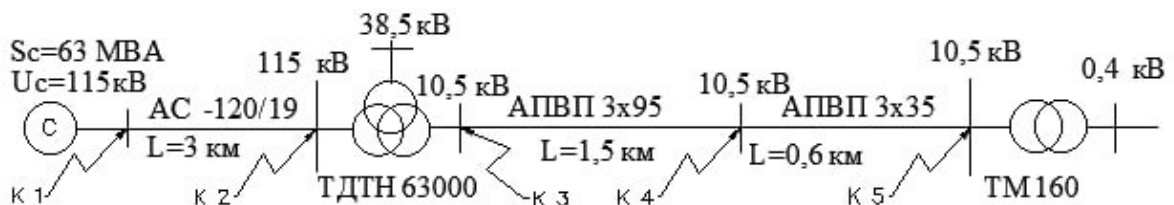


Рисунок 2.11 – Розрахункова ділянка мережі

На схемі зображене живлення від енергетичної системи, яка через ПЛ АС-120/19 живить понижуючий трансформатор ТДТН 63000/110. Далі по кабельній лінії АПВП 3х95 живлення підходить до РП, з якого по КЛ АПВП 3х35 живиться встановлена на території зварювального цеху КТП 160 10/0.4 кВ.

Зведемо до таблиці 2.17 та таблиці 2.18 параметри елементів схеми заміщення, зображених на рисунку 2.10.

					ОЕ-91-09.039	61
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.17 – Параметри ліній живлення

Повітряні та кабельні лінії				
Тип виконання ЛЕП (ПЛ/КЛ) та його переріз	Довжина L, км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	Ідоп, А
ПЛ АС-120/19	3	0,249	0,42	390
КЛ АПВП 3х95	1,5	0,32	0,083	203
КЛ АПВП 3х35	0,6	0,868	0,095	119

Таблиця 2.18 – Параметри живлячого трансформатора

Живлячий трансформатор ТДТН 63000					
Т1	S_n , МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{сн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$I_{кз}$, %
	63	115	38,5	10,5	0,50%
	$U_{кв-с}$, %	$U_{кв-н}$, %	ΔP_k , кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$U_{кв-н}$, %
	10,5	7	290	55	0,5

Після складання розрахункової схеми складають спрощену схему заміщення, де кожен елемент РС представлений своєю схемою заміщення в активних та індуктивних опорах.

Побудуємо загальну схему заміщення:

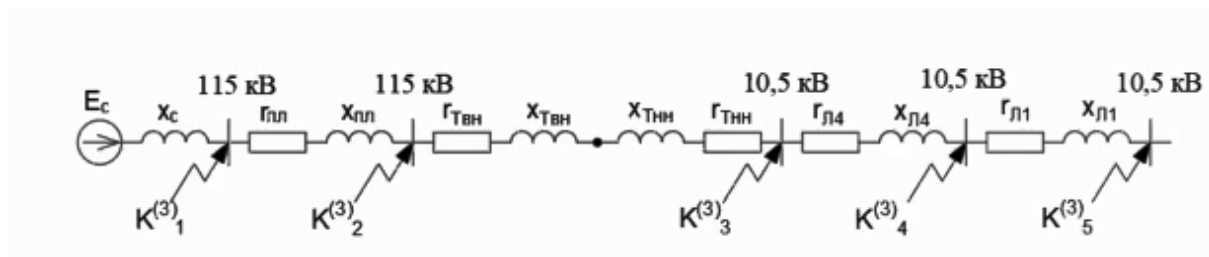


Рисунок 2.12 – Загальна схема заміщення

2.7.1.2 Розрахунок трифазного короткого замикання

Визначаємо параметри елементів схеми заміщення:

$$U_6 = U_{BH} = 115 \text{ кВ} ;$$

$$S_c = 63 \text{ МВА} ;$$

$$x_c = x_c'' \frac{U_c^2}{S_c} = 0,15 \cdot \frac{115000^2}{63000000} = 28,16 \text{ Ом} ;$$

$$E_c = \frac{U_6}{\sqrt{3}} = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66,39.$$

Активний та індуктивний опір ПЛ:

$$r_{ПЛ} = r_{0ПЛ} l_{ПЛ} = 0,249 \cdot 3 = 0,747 \text{ Ом} ;$$

$$x_{ПЛ} = x_{0ПЛ} l_{ПЛ} = 0,42 \cdot 3 = 1,26 \text{ Ом} ;$$

Розрахунок триобмоткових трансформаторів:

$$u_{KB} = \frac{(u_{K.BC} + u_{K.BH} - u_{K.CH})}{2} = \frac{(10,5 + 18 - 7)}{2} = 10,75\% ;$$

$$u_{KH} = \frac{(u_{K.BH} + u_{K.CH} - u_{K.BC})}{2} = \frac{(18 + 7 - 10,5)}{2} = 7,25\% ;$$

$$r_{BH} = \frac{\Delta P_K S_6}{S_{T.ном}^2} = \frac{290 \cdot 1000 \cdot 10^3}{63000^2} = 0,112 \text{ Ом} ;$$

$$r_{HH} = \frac{\Delta P_K S_6}{S_{T.ном}^2} = \frac{290 \cdot 1000 \cdot 10^3}{63000^2} = 0,112 \text{ Ом} ;$$

$$x_{BH} = \frac{U_{KB}}{100} \cdot \frac{U_{BH}^2}{S_{ном}} = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{290 \cdot 1000 \cdot 10^3}{63000^2} = 17,62 \text{ Ом} ;$$

$$x_{HH} = \frac{U_{KB}}{100} \cdot \frac{U_{HH}^2}{S_{ном}} = \frac{7,25}{100} \cdot \frac{290 \cdot 1000 \cdot 10^3}{63000^2} = 14,23 \text{ Ом} .$$

Кабельні лінії КЛ 1 і КЛ 2:

					ОЕ-91-09.039	63
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$r_{\text{КЛ1}} = r_{0\text{КЛ1}} \cdot l_{\text{КЛ1}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,443 \cdot 1,8 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 6,543 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{КЛ1}} = x_{0\text{КЛ1}} \cdot l_{\text{КЛ1}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,086 \cdot 1,8 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,301 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{КЛ2}} = r_{0\text{КЛ2}} \cdot l_{\text{КЛ2}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,868 \cdot 1 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 6,972 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{КЛ2}} = x_{0\text{КЛ2}} \cdot l_{\text{КЛ2}} \cdot \frac{S_6}{U_6^2} = 0,095 \cdot 1 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 1,128 \text{ Ом}.$$

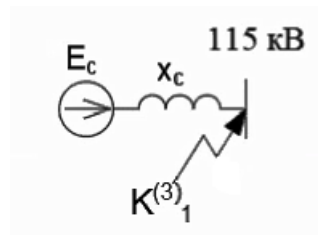


Рисунок 2.13 – Схема заміщення для точки $K_1^{(3)}$

$$r_p = 0;$$

$$x_p = x_c = 28,16 \text{ Ом};$$

$$z_p = \sqrt{r_p^2 + x_p^2} = \sqrt{0^2 + 28,16^2} = 28,16 \text{ Ом};$$

$$I_{K1} = \frac{E_c}{z_p} = \frac{66,39}{28,16} = 2,357 \text{ кА}.$$

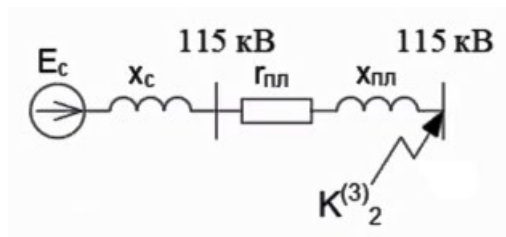


Рисунок 2.14 - Схема заміщення для точки $K_2^{(3)}$

$$r_{\text{пл}} = r_p = 0,42 \text{ Ом};$$

$$x_p = x_c + x_{\text{пл}} = 27,83 \text{ Ом};$$

$$z_p = \sqrt{r_p^2 + x_p^2} = \sqrt{0,42^2 + 27,83^2} = 27,83 \text{ Ом};$$

$$I_{K2} = \frac{E_c}{z_p} = \frac{66,39}{27,83} = 2,06 \text{ кА}.$$

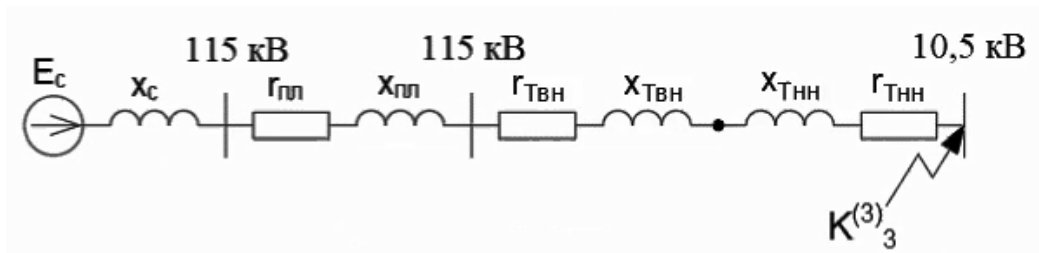


Рисунок 2.15 - Схема заміщення для точки $K_3^{(3)}$

$$r_p = r_{пл} + r_{Т-ВН} + r_{Т-НН} = 2,14 \text{ Ом};$$

$$x_p = x_{Т-ВН} + x_{Т-НН} + x_c + x_{пл} = 63,67 \text{ Ом};$$

$$z_p = \sqrt{2,14^2 + 63,67^2} = 63,84 \text{ Ом};$$

$$I_{K3} = \frac{E_c}{z_p} = \frac{66,39}{63,84} = 1,13 \text{ кА}.$$

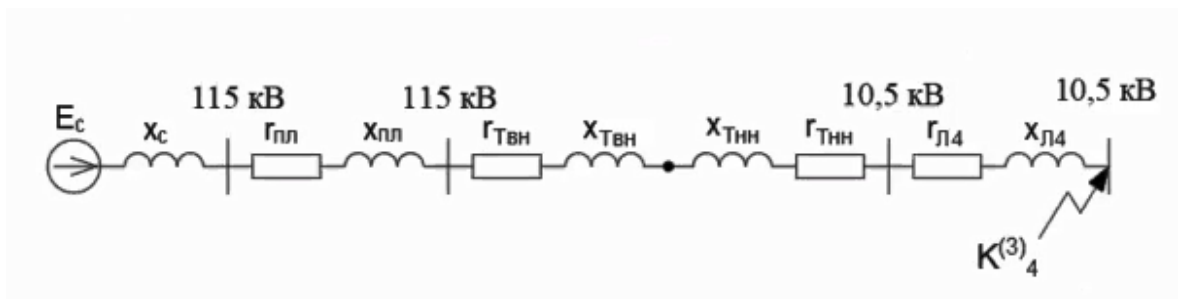


Рисунок 2.16 - Схема заміщення для точки $K_4^{(3)}$

$$r_p = r_{пл} + r_{л1} + r_{Т-ВН} + r_{Т-НН} = 26,85 \text{ Ом};$$

$$x_p = x_{Т-ВН} + x_{Т-НН} + x_c + x_{л1} + x_{л4} = 87,23 \text{ Ом};$$

$$z_p = \sqrt{26,85^2 + 87,23^2} = 91,26 \text{ Ом};$$

$$I_{K4} = \frac{E_c}{z_p} = \frac{66,39}{91,26} = 0,727 \text{ кА}.$$

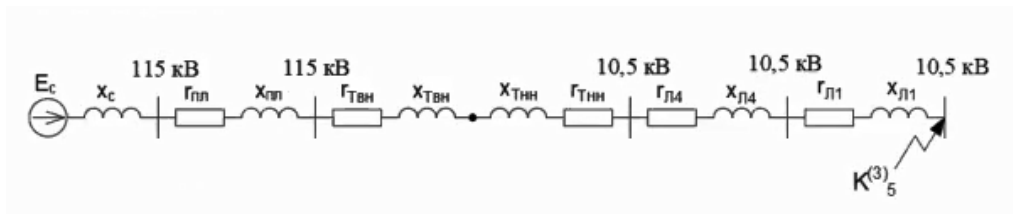


Рисунок 2.17 - Схема заміщення для точки $K_5^{(3)}$

$$r_p = r_{пл} + r_{л1} + r_{т-вн} + r_{т-нн} + r_{л2} = 36,93 \text{ Ом} ;$$

$$x_p = x_{т-вн} + x_{т-нн} + x_{пл} + x_c + x_{л1} + x_{л4} = 97,72 \text{ Ом} ;$$

$$z_p = \sqrt{36,93^2 + 97,72^2} = 104,46 ;$$

$$I_{K5} = \frac{E_c}{z_p} = \frac{66,39}{104,46} = 0,635 \text{ кА} .$$

Дослідимо інші параметри точки K5:

Стала затухання аперіодичної складової визначає швидкість зменшення амплітуди цієї складової з часом після початку короткого замикання.

Цей параметр використовується у розрахунках, щоб врахувати затухання аперіодичної складової струму та його вплив на систему а також дфля аналізу струмів КЗ та визначення заходів захисту системи від наслідків короткого замикання.

Знаходимо сталу затухання аперіодичної складової:

$$T_{K5} = \frac{x_p}{\omega r_p} = 0,0035 \text{ с} .$$

де ω - кутова частота

Наступним кроком буде визначення ударного коефіцієнту, який включає в себе сталу часу затухання аперіодичної складової та час, коли ударний струм має найбільше значення:

$$K_y = 1 + e^{-\frac{t}{T_{K5}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0035}} = 1,057 .$$

Далі потрібно визначити час, за який ударний струм приймає пікове значення:

$$I_{yd} = \sqrt{2} K_y I_{K5} = \sqrt{2} \cdot 1,057 \cdot 0,635 = 0,949 \text{ кА} .$$

Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата	ОЕ-91-09.039	66

де $I_{уд}$ – ударне значення струму для точки К5 ;

K_y – найбільше значення ударного струму за період .

Визначимо найбільше діюче значення $I_{уд5} = I_{K5} \cdot$

$$\sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2} = 1,36 \text{ кА} .$$

Тепловий імпульс впродовж повного часу проходження струму КЗ:

$$B_{к5} = 1,36^2 \cdot (0,21 + 0,0035) = 0,335 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} .$$

Аналогічно здійснимо розрахунки для всіх точок та зведемо в таблицю 2.18:

Таблиця 2.18 - Результати розрахунків струмів КЗ

Точка	$R_{\Sigma i}$	$X_{\Sigma i}$	$I''_i, \text{кА}$	$T_{aki}, \text{с}$	$k_{уд i}$	$i_{уд i}, \text{кА}$	$I_{yi}, \text{кА}$	$B_{ki}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$
К1	0	28,16	2,35	0,0071	1,26	3,32	3,47	18,84
К2	0,42	27,83	2,06	0,0084	1,31	2,91	3,21	14,38
К3	2,14	63,67	1,13	0,04	1,72	1,6	1,85	8,1
К4	26,85	87,23	0,727	0,015	1,48	1,028	1,61	1.4
К5	36,93	97,72	0,635	0,0035	1.56	0,89	1,67	0,22

2.7.1.3 Розрахунок однофазного короткого замикання

Однофазне коротке замикання в мережах вище 1000 В є аварійною ситуацією, коли відбувається безпосереднє замикання провідника фази на землю. У результаті короткого замикання виникає миттєве збільшення струму, що призводить до появи великих електродинамічних руйнівних сил.

Однофазне коротке замикання в мережах вище 1000 В має наступні особливості:

–Висока потужність: При короткому замиканні струм, що протікає, може досягати великих значень, що призводить до високої потужності, що вивільняється в системі :

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		67

- Великі електродинамічні сили: Під час короткого замикання виникають сили, які спричиняють механічні напруги і можуть призвести до пошкодження обладнання та структур ;
- Виникнення дуги: При короткому замиканні може утворюватися дуга між контактами, що супроводжується виділенням іонів, світінням та великими тепловими ефектами ;
- Ризик пожежі: Велика потужність та виникнення дуги можуть призвести до загорання обладнання, ізоляції та оточуючих матеріалів.

Однофазне коротке замикання в мережах вище 1000 В є небезпечним явищем, яке може спричинити серйозні пошкодження електричної системи. Схема заміщення однофазного КЗ вище 1000 В представлено на рисунку 2.18:

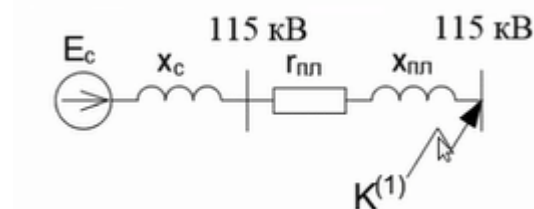


Рисунок 2.18 -Схема однофазного КЗ в точці $K^{(1)}$

Наступним кроком будемо пряму схему заміщення, яка представлена на рисунку 2.19:

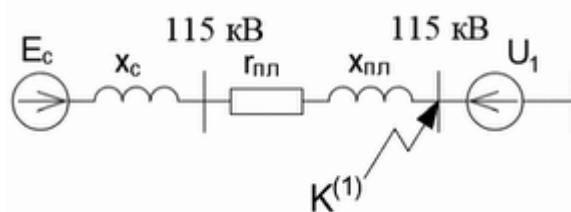


Рисунок 2.19 – Пряма схема заміщення ділянки

Схеми заміщення зворотної та нульової послідовностей застосовують для аналізу несиметричних режимів роботи лінії в режимі КЗ.

Однолінійна схема заміщення ділянки лінії у системі координат симетричних складових містить поздовжні активні і реактивні опори, а також поперечні активні і ємнісні провідності для кожної з симетричних складових. Схема заміщення зворотної та нульової послідовності з розрахунком параметрів зображені на рисунках 2.20-2.22.

Визначимо параметри схеми:

$$r_{1рез} = r_{пл} = 5,65 \text{ Ом};$$

$$x_{1рез} = x_c + x_{пл} = 0,67 \text{ Ом};$$

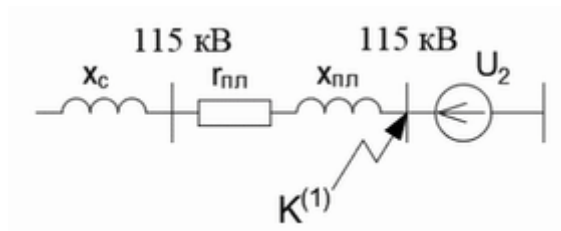


Рисунок 2.20 - Зворотна схема заміщення ділянки

$$r_{2рез} = r_{1рез} = 5,65 \text{ Ом};$$

$$x_{2рез} = x_{1рез} = 0,67 \text{ Ом};$$

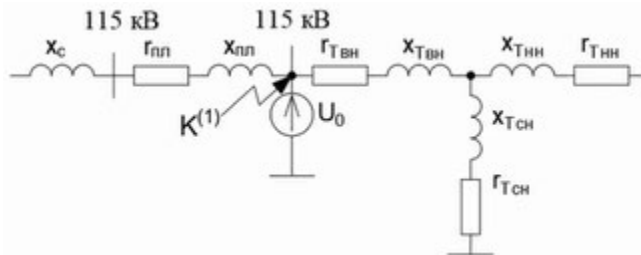


Рисунок 2.21 – Нульова схема заміщення

$$r_{пл0} = 3,5 * r_{пл} = 13,21 \text{ Ом};$$

$$x_{пл0} = 3,5 * x_{пл} = 2,91 \text{ Ом};$$

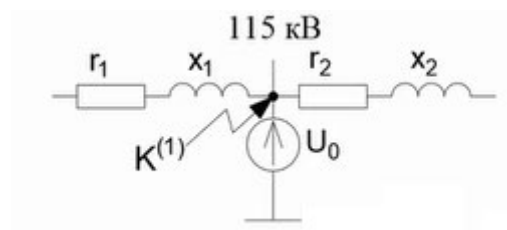


Рисунок 2.22 – Нульова схема заміщення мережі

$$x_{c0} = \frac{3}{\sqrt{3}} * \frac{E_c}{I_{кз}^{(1)}} - (x_{c1} + x_{c2}) = 1,34 \text{ Ом};$$

$$r_1 = r_{пл0} = 1,73 \text{ Ом};$$

$$r_1 = \frac{r_{нс} * r_{сс}}{r_{нс} + r_{сс}} + r_{вс} = 11,45 \text{ Ом};$$

$$x_1 = x_{c0} + x_{пл0} = 2,61 \text{ Ом};$$

$$x_2 = \frac{x_{нс} * x_{сс}}{x_{нс} + x_{сс}} + x_{вс} = 4,11 \text{ Ом};$$

$$r_{0\text{рез}} = \frac{r_1 * r_2}{r_1 + r_2} = 3,4 \text{ Ом};$$

$$x_{0\text{рез}} = \frac{x_1 * x_2}{x_1 + x_2} = 4,52 \text{ Ом};$$

Тепер знаходимо струм КЗ в точці К⁽¹⁾

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{3 * E_c}{\sqrt{(r_{0\text{рез}} + r_{1\text{рез}} + r_{2\text{рез}})^2 + (x_{0\text{рез}} + x_{1\text{рез}} + x_{2\text{рез}})^2}} = 2,4 \text{ кА};$$

2.7.2 Розрахунок струмів КЗ в електричній мережі до 1000 В

2.7.2.1 Розрахунок трифазного короткого замикання в мережі до 1000 В

У розрахунках струмів короткого замикання в мережах напруги до 1000 В, використовуються абсолютні одиниці.

Залежно від мети розрахунку, вибираються розрахункові умови, такі як розрахункова схема, тип КЗ, точки КЗ, опори збірних шин, опори шин трансформаторів струму, опори контактних та болтових з'єднань елементів СЕП.

У розрахункову схему включаються всі джерела живлення, які беруть участь у живленні місця КЗ, а також всі елементи електропостачання (трансформатори, лінії, реактори) і їх зв'язки з місцем КЗ та між собою. За розрахунковою схемою формується схема заміщення, в якій вказуються опори всіх джерел, а також визначаються точки для розрахунку струмів КЗ.

В системі електропостачання зварювального цеху живлення ЕП здійснюється від трансформатора ТМ-160 з наступними характеристиками:

$$S_{\text{н}} = 160 \text{ кВА}; U_{\text{вн}} = 10 \text{ кВ}; U_{\text{нн}} = 0,4 \text{ кВ} \Delta I_{\text{хх}} = 2\% ;$$

$$\Delta P_{\text{КЗ}} = 2,65 \text{ кВт}; U_{\text{к}} = 4,5\% ; U_{\text{к}} = 4,5\% ; \Delta P_{\text{хх}} = 0,46 \text{ кВт}$$

Характеристика обладнання мережі 0.4 кВ:

Шини РПНН 0,4кВ: $L = 8 \text{ м}$, алюміній, $r_{\text{ш}} = 0,15 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $x_{\text{ш}} = 0,05 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$;

$$S = 60 * 8 \text{ мм}^2$$

Шини ТС: $r_{\text{ТС}} = 0,2 \text{ мОм}$, $x_{\text{ТС}} = 0,05 \text{ мОм}$.

Опір котушки АВ: $x_{\text{АВ к}} = 0,07 \text{ мОм}$, $r_{\text{АВ к}} = 0,13 \text{ мОм}$.

					ОЕ-91-09.039	70
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Опір зажимних контактів АВ: $x_{AB_K} = 0,14 \text{ мОм}$, $r_{AB_K} = 0,003 \text{ мОм}$.

Розрахункову схему з елементами мережі 0.4 кВ зображено на рисунку 2.23:

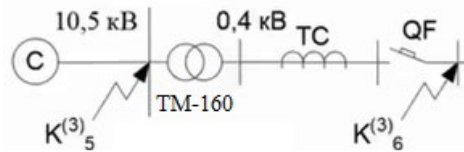


Рисунок 2.23 – Розрахункова ділянка мережі 0.4 кВ

Опір системи знайдемо за формулою:

$$x_c = \frac{U_{HH}^2}{\sqrt{3} I_5^3 U_{BH}} \quad (2.21)$$

$$x_c = \frac{0,4^2 * 10^3}{\sqrt{3} * 2,158 * 10,5} = 3,145 \text{ мОм};$$

Для трансформатора ТМ-160:

$$r_\tau = \frac{\Delta P_{K3} * U_{HH}^2 * 10^6}{S_\tau^2} = 13,6 \text{ мОм};$$

$$x_\tau = \sqrt{\frac{U_K^2}{100} - \frac{\Delta P_{K3}^2}{S_H}} * \frac{U_{HH}^2 * 10^6}{S_H} \quad (2.22)$$

$$x_\tau = \sqrt{\frac{4,5^2}{100} - \frac{3,7^2}{160}} * \frac{0,4^2 * 10^6}{160} = 41,4 \text{ мОм}$$

Для шин РПНН:

$$r_{ш} = r_{ш0} * l_{ш} * 10^3 = 0,15 * 0,008 * 10^3 = 0,7 \text{ мОм};$$

$$x_{ш} = x_{ш0} * l_{ш} * 10^3 = 0,05 * 0,008 * 10^3 = 0,85 \text{ мОм}.$$

Активний опір болтового з'єднання: $r_{бз} = 0,003 \text{ мОм}$;

Для виконання подальших розрахунків будемо послідовну схему заміщення, яка показана на рисунку 2.24:



Рисунок 2.24 – Поздовжня схема заміщення

Просумуємо поздовжні активні і індуктивні опори:

$$x_1 = x_c + x_r + x_{\text{квSF}} + x_{\text{ш}} + x_{\text{тс}};$$

$$x_1 = 3,145 + 41,4 + 0,07 + 0,85 + 0,05 = 45,15 \text{ мОм};$$

$$r_1 = r_{\text{ш}} + 4 * r_{\text{БК}} + r_{\text{квSF}} + r_r + r_{\text{кSF}} + r_{\text{тс}};$$

$$r_1 = 0,7 + 4 * 0,003 + 0,13 + 9,5 + 0,14 + 0,2 = 15,23 \text{ мОм};$$

Розраховуємо надперехідне значення струму трифазного КЗ:

$$I_6^{(3)} = \frac{1,05 * U_{\text{НН}} * 10^3}{\sqrt{3} * \sqrt{x_1^2 + r_1^2}} = \frac{1,05 * 0,4 * 10^3}{\sqrt{3} * \sqrt{45,15^2 + 15,23^2}} = 6,32 \text{ кА};$$

Час згасання аперіодичного струму трифазного КЗ:

$$T_{\text{К6}}^{(3)} = \frac{x_1}{\omega * r_1} = \frac{45,15}{3,14 * 15,23} = 0,007 \text{ с};$$

Розрахунок теплового імпульсу:

$$B_{\text{К6}}^{(3)} = I_6^{(3)2} * (t_{\text{відімк}} + T_{\text{К6}}^{(3)}) \quad (2.23)$$

де $t_{\text{відімк}}$ - час від початку КЗ до вимикання, с :

$$t_{\text{відімк}} = t_3 + t_{\text{вимик}} = 0,2 + 0,02 = 0,22 \text{ с};$$

Час спрацювання релейного захисту: $t_3 = 0,2 \text{ с};$

Час відімкнення вимикача: $t_{\text{вимик}} = 0,02 \text{ с};$

$$B_{\text{К6}}^{(3)} = 6,32^2 * (0,22 + 0,007) = 9,35 \text{ кА} * \text{с}^2;$$

Розрахунок ударного коефіцієнта:

$$k_{\text{уд6}}^{(3)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{\text{ак6}}^{(3)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,007}} = 1,1;$$

$$i_{\text{уд6}}^{(3)} = \sqrt{2} * k_{\text{уд6}}^{(3)} * I_6^{(3)} = \sqrt{2} * 1,1 * 6,32 = 11,2 \text{ кА};$$

Розрахунок найбільшого діючого значення струму короткого замикання:

					ОЕ-91-09.039	72
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$I_{y6}^{(3)} = I_6^{(3)} * \sqrt{1 + 2 * (k_{уд6}^{(3)} - 1)^2};$$

$$I_{y6}^{(3)} = 7,62 * \sqrt{1 + 2 * (1,3 - 1)^2} = 6,5 \text{ кА};$$

2.7.2.2 Розрахунок струму однофазного КЗ в мережі до 1000 В

Розрахуємо значення струму однофазного КЗ в точці $K_6^{(1)}$.

Схема заміщення прямої послідовності зображена на рисунку 2.25:

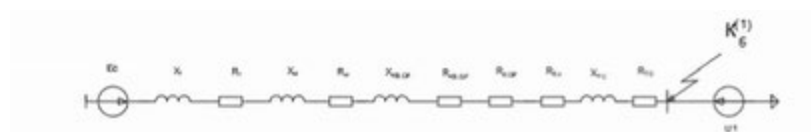


Рисунок 2.25 – Схема заміщення прямої послідовності

$$x_1 = x_c + x_r + x_{kBSF} + x_{ш} + x_{TC};$$

$$x_1 = 2,3 + 23,1 + 0,05 + 0,65 + 0,08 = 25,7 \text{ мОм};$$

$$r_1 = r_{ш} + 4 * r_{6к} + r_{kBSF} + r_r + r_{kSF} + r_{rc};$$

$$r_1 = 0,7 + 4 * 0,001 + 0,15 + 8,7 + 0,15 + 0,2 = 9,23 \text{ мОм};$$

Схема заміщення нульової послідовності:

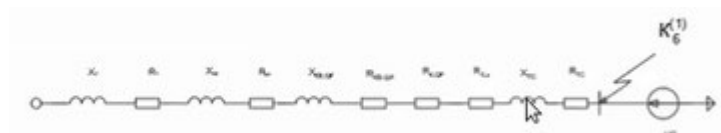


Рисунок 2.26 –СЗ нульової послідовності

Опори нульової послідовності шин:

$$x_{ш0} = 7,3 * x_{ш} = 8,5 * 0,45 = 4,13 \text{ мОм};$$

$$r_{ш0} = 10 * r_{ш} = 8,5 * 0,5 = 4,25 \text{ мОм};$$

Розрахунок еквівалентних активних та індуктивних опорів нульової послідовності для $K_6^{(1)}$:

$$x_1 = x_{r0} + x_{квQF0} + x_{ш0} + x_{TC0};$$

$$x_1 = 32,2 + 0,06 + 4,13 + 0,07 = 36,41 \text{ мОм};$$

$$r_1 = r_{r0} + 4 * r_{6к0} + r_{квQF0} + r_{квQF0} + r_{ш0} + r_{rc0};$$

$$r_1 = 8,3 + 4 * 0,006 + 0,17 + 4,5 + 0,13 + 0,2 = 13,1 \text{ мОм};$$

Діюче значення періодичної складової струму однофазного КЗ:

					ОЕ-91-09.039	73
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$I_6^{(1)} = \frac{(1,05 * U_{HH}) * 10^3 * \tau^{(1)}}{\sqrt{3} * \sqrt{(2 * r_1 + r_0)^2 * (2 * x_1 + x_0)^2}} \quad (2.24)$$

де x_0 та r_0 - індуктивний та активний опір схеми заміщення нульової послідовності.

$$I_6^{(1)} = \frac{(1,05 * 0,4) * 10^3 * 3}{\sqrt{3} * \sqrt{(2 * 13,1 + 15)^2 * (2 * 30 + 32,85)^2}} = 5,13;$$

Розрахунок постійної часу згасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{акб}^{(1)} = \frac{2 * x_1 + x_0}{2 * \pi * 50 * (2 * r_1 + r_0)} = \frac{2 * 30 + 32,85}{3,14 * (2 * 10,5 + 15)} = 0,005 \text{ с};$$

Ударного коефіцієнт:

$$k_{уд6}^{(1)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{акб}^{(1)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,008}} = 1,03;$$

Значення ударного струму в точці $K_6^{(1)}$:

$$i_{уд6}^{(1)} = \sqrt{2} * k_{уд6}^{(1)} * I_6^{(1)} = \sqrt{2} * 1,03 * 5,13 = 7,84 \text{ кА};$$

Повторний струм КЗ:

$$I_{y6}^{(1)} = I_6^{(1)} * \sqrt{1 + 2 * (k_{уд6}^{(1)} - 1)^2};$$

$$I_{y6}^{(1)} = 5,13 * \sqrt{1 + 2 * (1,03 - 1)^2} = 4,21 \text{ кА};$$

Розрахунок теплового імпульсу:

$$B_{кб}^{(1)} = I_6^{(1)2} * (t_{відімк} + T_{K6}^{(1)}),$$

$t_{відімк}$ - час від початку КЗ до вимкнення, с :

$$t_{відімк} = t_3 + t_{вимик} = 0,2 + 0,02 = 0,22 \text{ с};$$

Час спрацювання релейного захисту: $t_3 = 0,2 \text{ с};$

Час відімкнення вимикача: $t_{вимик} = 0,02 \text{ с};$

$$B_{кб}^{(1)} = 5,13^2 * (0,22 + 0,02) = 6,3 \text{ кА} * \text{с}^2$$

2.7.2.3 Перевірка вибраних комутаційних апаратів

Після розрахунків струмів КЗ при одно-та трифазному КЗ проведемо перевірку обраних комутаційних апаратів на відповідність параметрів струму

					ОЕ-91-09.039	74
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

динамічної стійкості та тепловий імпульс. Занесемо розрахункові дані до таблиці 2.20:

Таблиця 2.20 – Перевірка апарату відповідно до розрахункових струмів

Напруга	Вибраний елемент	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
0,4 кВ	MGD450F	Струм динамічної стійкості	$i_{y0} \leq i_{\max}$ $I'' \leq I_{\text{вимик}}$	6,5 4,21	15 кА 10 кА
		Тепловий імпульс	$B_{\kappa} \leq I_{m.c}^2 t_{m.c}$	9,35 6,3	$80 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

В результаті проведення розрахунків струмів короткого замикання на ділянці мережі 110-10 кВ та в промисловому цеху з рівнем напруги 0,4 кВ було отримано дані, які дозволяють зробити наступний висновок:

Розрахунок струмів однофазного та трифазного короткого замикання дозволив перевірити обрані комутаційні апарати на можливість відключення мережі за режимів аварійної роботи. Перевірка була виконана на динамічну стійкість та тепловий імпульс. Після перевірки ми переконалися в достатності технічних можливостей обраних апаратів, та можемо бути впевнені в забезпечені безпеки та стійкість електричної мережі зварювального цеху.

2.8 Вибір елементів релейного захисту та автоматики

У цьому дипломному проєкті будемо розглядати максимальний струмовий захист, як один з найпростіших та найдешевших видів релейного захисту.

Максимальний струмовий захист (МСЗ) відносять до струмових захистів, що реагують на величину струму в елементі, що захищається, і приводиться у дію, якщо струм перевищить деяке заздалегідь установлене значення. Зростання струму в порівнянні з його значенням у нормальному режимі роботи системи електропостачання - характерна ознака коротких замикань та інших аварійних режимів роботи на ділянках мережі. Тому струмові захисти були розроблено одними з перших. Вони знайшли широке застосування для захисту від к. з. ліній електропередач, трансформаторів, генераторів і двигунів [21].

2.8.1 Загальні вимоги до РЗА в мережах 10/0.4 кВ

Релейний захист - це система електромеханічних або електронних пристроїв, які використовуються для захисту електричних систем від небезпечних режимів роботи, таких як короткі замикання, перевантаження, відсутність фази тощо. Основна функція релейного захисту полягає у виявленні аномальних станів системи та негайному відключенні джерела потенційної небезпеки.

Загальні вимоги до релейного захисту системи 10/0.4 кВ включають:

- Селективність: Релейний захист повинен бути здатний відключати лише пошкоджений елемент системи ;
- Надійність: Релейний захист повинен працювати надійно і беззбійно протягом тривалого періоду, виявляючи несправності, короткі замикання та інші небезпечні стани системи, і активувати відповідні захисні дії ;

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		76

- Швидкодія: Релейний захист повинен працювати швидко, спрацьовуючи при появі несправностей ;
- Відповідність нормам та стандартам: Релейний захист повинен відповідати встановленим нормам та стандартам безпеки, якості та надійності, що регулюють їх використання в електроенергетичних системах;
- Сумісність та інтеграція: Релейний захист повинен бути сумісним з іншими компонентами системи та здатним до інтеграції з іншими автоматичними системами.

2.8.2 Перевірка обраних елементів РЗА

Для забезпечення максимального струмового захисту було встановлено релейний захист МСЗ РТ-40 на стороні джерела живлення. Реле струму РТ-40 застосовуються в пристроях релейного захисту та протиаварійної автоматики як орган, що реагує на підвищення струму в контрольованому ланцюзі[22]. Схема розрахунку релейного захисту приведена на рисунку 2.27.

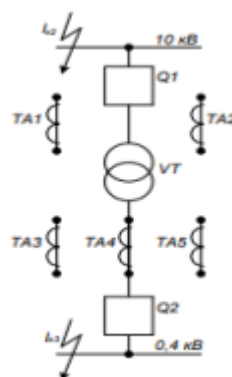


Рисунок 2.27 – Схема розрахунку релейного захисту

Вихідні данні:

$$U_1 = 10 \text{ кВ};$$

$$U_2 = 0,4 \text{ кВ};$$

$$S_{\text{нтр}} = 160 \text{ кВ};$$

					ОЕ-91-09.039	77
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$I_{\text{нтр}} = 15,88 \text{ А};$$

$$I_{\text{к2}} = 7,42 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к3}} = 9,88 \text{ кА};$$

Схема електричного з'єднання трансформатора струму та реле МЗС забезпечує нормальну роботу схеми живлення незалежно від типу короткого замикання струмів.

Розрахуємо струм захисту лінії :

$$I_{\text{спрз}} = \frac{K_{\text{відстор}} * K_{\text{спз}} * K_{\text{рмакс}}}{K_{\text{п}}} = \frac{1,05 * 2,8 * 9,25}{0,8} = 33,99 \text{ А};$$

де $K_{\text{відстор}}$ - коефіцієнт, для реле РТ-40 ,яке підключається до вторинного ланцюгу трансформатора струму ;

$K_{\text{спз}}$ – коефіцієнт самозапуску;

$K_{\text{рмакс}}$ – максимальний робочий струм;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт повернення реле.

$$I_{\text{рмакс}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ВН}}} = \frac{160}{\sqrt{3} * 10} = 16,23 \text{ А};$$

Перевіримо чутливість МЗС під час однофазного струму КЗ. Визначимо однофазне коротке замикання, приведений до високої обмотки трансформатора.

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{I_{\text{К0,4}}^{(1)}}{k_{\text{Т}}} = \frac{4250}{25} = 170 \text{ А};$$

Де $I_{\text{К0,4}}^{(1)} = 4,25 \text{ кА}$ – струм однофазного короткого замикання на стороні низької напруги

$k_{\text{Т}}$ – коефіцієнт трансформації, який вираховується за формулою:

$$k_{\text{Т}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0,4} = 25;$$

Визначимо струм спрацювання реле:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{спрз}} * K_{\text{сх}}^{(3)}}{k_{\text{ТС}}} = \frac{38,07 * 1}{4} = 9,5 \text{ А};$$

Де $K_{\text{сх}}^{(3)}$ - коефіцієнт схеми;

$k_{\text{ТС}}$ - коефіцієнт трансформації ТС, який вираховується за формулою:

					ОЕ-91-09.039	78
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$k_{TC} = \frac{I_{H1}}{I_{H2}} = \frac{24}{6} = 4;$$

Розрахуємо струми у реле зі сторони ВН при $K_5^{(1)}$ на стороні 0,4 кВ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_K^{(1)}}{I_{\text{спрз}}} = \frac{170}{38,07} = 4,45;$$

Коефіцієнт чутливості повинен бути $\geq 1,5$

$$1,5 < 4,45.$$

Висновок: Для захисту обладнання мережі було обрано реле максимального струмового захисту типу РТ-40, так є цей захист є найбільш простим і дешевим захистом.

2.9 Організація обліку електричної енергії

На вводі 10 кВ КТП-160-10/04 кВ передбачено улаштування вузла обліку із застосуванням трансформаторів струму ТПЛ-10 20/5[23] класу 0.5 s та трансформаторів напруги НТМИ 10[24] класу 0.5 . Лічильник електроенергії – інтервальний, клас точності 1.0/2.0, оснащений радіотерміналом для дистанційного зчитування вимірювань. Структурна схема наведена на рисунку 2.28:

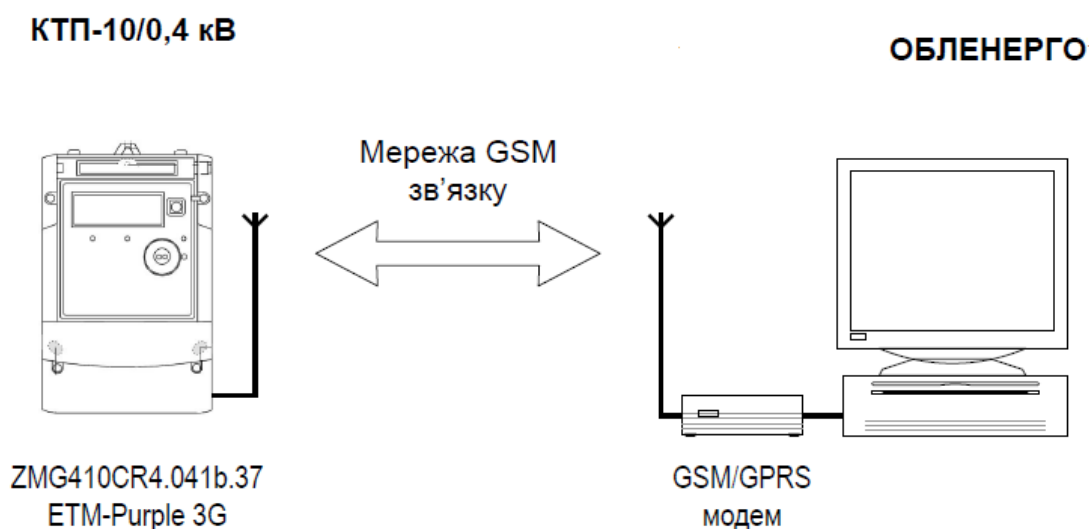


Рисунок 2.28 – Структура дистанційного зчитування по GSM зв'язку

					ОЕ-91-09.039	79
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Проектом передбачено застосування інтервального багатофункційного лічильника електричної енергії LANDIS & GYR типу ZMG410CR4.041b.37 [25].

У РУ-10 кВ планується встановити вимірювальні трансформатори струму і напруги, а лічильник з модемом і комутаційна колодка будуть розміщені в спеціальному щитку на фасаді КТП-10/0,4 кВ. Це забезпечить зручну та безпечну експлуатацію засобів вимірювання, а також забезпечить доступ для споживача, учасників ринку та інших зацікавлених сторін.

В рамках конструкції КТП-10/0,4 кВ заводом-виробником будуть встановлені вимірювальні трансформатори струму і напруги (трансформатор струму буде встановлений у ввідній комірці, а трансформатор напруги - у окремій комірці), а також буде встановлений зовнішній щиток для розміщення лічильника електроенергії. Вимірювальні кола будуть прокладені від вимірювальних трансформаторів до шафи з лічильником, їх з'єднання буде здійснене через комутаційну колодку.

2.10 Економічні характеристики проєкту

2.10.1 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж

Розрахунок вартості плати за нестандартне приєднання до електричних мереж (розрахунок використовується у випадку визначення типу приєднання як нестандартне) [26]:

$$П_{\text{нст}} = P_{\text{заявл}} \times C + l_{1(2)} \times C_{\text{лін}}$$

Розрахуємо вартість приєднання зварювального цеху до електричної мережі на відстані 700м . Згідно з [27] ставка плати для Дніпровського РЕМ для приєднання кабельних ЛЕП номінальною напругою 6(10)20 кВ становить $C = 1,038$, $C_{\text{лін}} = 0,897$ т. грн/м. Заявлена потужність приєднання – 160 кВт. $l_{1(2)} = 700\text{м}$.

$$П_{\text{нст}} = 160 \times 1,038 + 700 \times 0,897 = 793,98 \text{ тис. грн.}$$

					ОЕ-91-09.039	80
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

З врахуванням ПДВ повна вартість приєднання становитиме $P_{\text{нст}} + 20\%$ ПДВ, що дорівнює 952 тис.грн. 78 коп.

2.10.2 Формування загальної специфікації обладнання і матеріалів

Все обладнання яке було використане в процесі проєктування системи електропостачання зварювального цеху наведені в таблиці 2.21:

Таблиця 2.21 – Специфікація обладнання

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виготовлення	Одиниці виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	КТП	160-10/04	9405 40	Енергоспецсервіс	шт	1	1920	
2	Силовий трансформатор	TM-160-10/04	8504	Запоріжтрансформатор	шт	1	860	
3	ДЕС	WAGNA 130KVA	DL110W-50E	WagnaGroup	шт	1	1352	
4	Світильник	LED M249_P4	8544	MaxusIND	шт	80	0,3	
5	Світильник	Maxus L72-23	8544	MaxusIND	шт	16	0,5	
6	Світильник	Evrolight-Evo	8544	MaxusIND	шт	42	0,5	
7	Конденсаторна батарея	(AKV)-0,4-55-10	8544	Укрелектро	шт	4	240	
8	Автоматичний вимикач	EZC100H 3P 63A	8536	schneider electric	шт	4	1	
9	Автоматичний вимикач	EZC100H 3P 50A	8536	schneider electric	шт	7	1	
10	Автоматичний вимикач	EZC100H 3P 75A	8531 20	schneider electric	шт	5	1	
11	Автоматичний вимикач	EZC100H 3P 40A	8532 20	schneider electric	шт	3	1	
12	Автоматичний вимикач	EZC250H 3P 100A	8533 20	schneider electric	шт	2	3	
13	Автоматичний вимикач	Schneider E2P 125A	8534 20	schneider electric	шт	4	2	
14	Автоматичний вимикач	Schneider E29 6A	8535 20	schneider electric	шт	2	1	
15	Автоматичний вимикач	EZ9F34316 16A	8536 20	schneider electric	шт	1	3	
16	Автоматичний вимикач	EZC400H 3P 400A	8536	schneider electric	шт	1	33	
17	Трансформатор струму	T-0,66 400/5	8546 20 00 10	Запоріжтрансформатор	шт	3	2	
18	Трансформатор струму	ТПЛ-10 20/5	8546 20 00 10	Запоріжтрансформатор	шт	2	20	
19	Трансформатор напруги	НТМИ 10 У1	8546 20 00 10	Запоріжтрансформатор	шт	2	25	
20	Силова шафа	СПА-77-2	8536	Мехенергобуд	шт	5	40	
21	Щит освітлення	ЩО-4Н	8536	Укрелектро	шт	2	5	
22	Кабель	ВВнг 5х2,5	4353456	ЮЖКАБЕЛЬ	м	60	12	
23	Кабель	АВВГ 5х4	4353457	ЮЖКАБЕЛЬ	м	20	6	
24	Кабель	АВВГ 5х6	4353458	ЮЖКАБЕЛЬ	м	40	15	
25	Кабель	АВВГ 5х10	4353459	ЮЖКАБЕЛЬ	м	25	12	
26	Кабель	АВВГ 5х16	4353460	ЮЖКАБЕЛЬ	м	60	20	
27	Кабель	АВВГ 5х25	4353461	ЮЖКАБЕЛЬ	м	30	15	
28	Кабель	АВВГ 5х35	4353462	ЮЖКАБЕЛЬ	м	16	7	
29	Кабель	АВВГ 5х70	4353463	ЮЖКАБЕЛЬ	м	10	15	
30	Лічильник електроенергії	ZMG410CR4.041b.37	4353464	LANDIS & GYR	шт	1	2	

Висновки: в другому розділі були проведені розрахунки навантаження споживачів зварювального цеху, розроблено схему внутрішнього та зовнішнього прокладення кабелів з розрахунком параметрів живлячої мережі. Була розрахована струми короткого замикання в різних точка схеми системи електропостачання та обраний відповідний релейний захист. Порахована вартість приєднання до мережі ОСР та організація обліку електроенергії.

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		82

3 ВРАХУВАННЯ ПІКОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ УСТАНОВОК ДУГОВОГО ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ

3.1 Постановка проблеми пікового навантаження в системах електропостачання

Електродугове зварювання знайшло широке застосування в галузях будівництва та машинобудування. Для виконання міцного з'єднання металевих елементів конструкцій використовують установки дугового зварювання. Зварювальне обладнання живиться від загальної мережі 220/380 В.

У процесі роботи цей тип навантаження створює короткотривалі пікові навантаження, що в свою чергу відображається на нестабільній роботі інших електроприймачів. Пікове навантаження характеризується величиною, тривалістю та частотою повторення.

Електрична дуга є нелінійним елементом електричного кола. Електромагнітні завади в мережі часто перевищують допустимі значення встановлених норм, які визначені нормами ДСТУ EN 50160:2014[28].

Погіршення якості електроенергії, зокрема поява вищих гармонік напруг та струмів, призводить до зростання втрат електричної енергії у провідниках через явище скін-ефекту та додаткове їх нагрівання.

В ході експлуатації мереж напругою 0,4 кВ помічено, що досить часто трапляються випадки перетоплення жили живлячих кабелів зварювальних установок у місцях їх приєднання до шин розподільчих шаф, ймовірно струмом, який часто перевищує допустиме значення для даного перерізу жили кабелю.

Основним завданням даної роботи є дослідження впливу пікових навантажень установок дугового електрозварювання на живлячу мережу системи електропостачання.

					<i>ОЕ-91-09.039</i>	83
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Для вирішення цих проблем в роботі була дослідження методика розрахунку пікового навантаження, яке створюється групою установок дугового зварювання.

3.2 Методика розрахунку групового пікового навантаження групою ЕП

З погляду електропостачання, установка дугового електрозварювання (далі - УДЕ) – це електроприймач (ЕП) зі спотвореною кривою струму та напруги.

На рисунку 3.1 наведено осцилограму з миттєвим значенням напруги і струму в мережі 0.4 кВ. На рисунку графічно відображено спотворення синусоїдальної форми струму та напруги за рахунок вмісту парних та непарних гармонік:

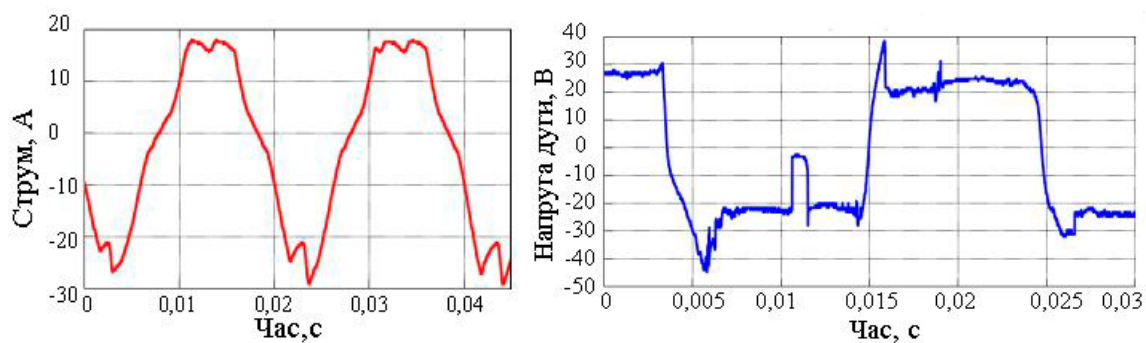


Рисунок 3.1 – Осцилограма миттєвого значення струму та напруги

Особливостями УДЕ є кидки струму при збудженні дуги та широкі межі зміни зварювального струму дуги I_d та тривалості включення ТВ. Зовнішня характеристика джерел живлення – це залежність напруги на вихідних затискачах від величини струму навантаження. Зовнішні характеристики джерел живлення показано на рис. 2 (криві 1 та 2). Довжина дуги пов'язана з її

напругою: чим довша зварювальна дуга, тим вища напруга. При однаковому падінні напруги (зміні довжини дуги) зміна зварювального струму неоднакова при різних зовнішніх характеристиках джерела. Чим крутіша характеристика, тим менше впливає довжина зварювальної дуги на зварювальний струм. При зміні напруги на величину δ при крутопадаючій характеристиці зміна струму дорівнює a_1 , при пологопадаючій - a_2 .

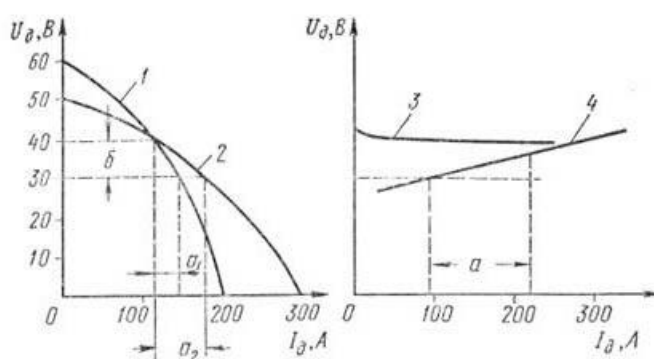


Рисунок 3.2 - Зовнішня характеристика джерел живлення:

1 – крутопадаюча зовнішня характеристика; 2 – пологопадаюча; 3 – жорстка;
4 – порожниста зростаюча

Для пологопадаючої характеристики струм дуги $I_d = (0,6 \dots 0,65) I_k$, для крутопадаючої - $I_d = (0,2 \dots 0,65) I_k$.

де I_k - струм к. з. електродів;

I_d – струм дуги.

Крутопадаюча характеристика застосовується для ручного дугового зварювання покритими електродами, пологопадаюча - напівавтоматичного і автоматичного зварювання електродами, що плавляться, з постійною швидкістю подачі зварювального дроту в зону дуги.

Для ручного дугового електрозварювання за відсутності інших даних приймається $TB=60\%$ (час $t_{зв}=2-5$ хв.).

Пікова потужність групи УДЕ ведеться на основі теорії ймовірностей. При цьому графік навантаження кожної УДЕ приймається двоступінчастим із

					ОЕ-91-09.039	85
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

струмом збудження дуги $I_3 = I_k$ і струмом самої дуги I_d , а також із тривалістю включення цих струмів $ТВ_3$ та $ТВ_d$.

де I_3 - струм збудження дуги ;

$ТВ_3$ - тривалість збудження дуги ;

$ТВ_d$ - тривалість встановленої дуги ;

Ймовірність $p_n(m)$ збігу простих подій, тобто збіг однакових періодів графіка (збудження дуги чи сама дуга) для n установок знаходять за формулою Бернуллі.

$$p_n(m) = C_n^m ТВ^m (1 - ТВ)^{n-m} \quad (3.1)$$

де $ТВ$ – тривалість включення дуги чи збудження дуги, тобто ймовірність події;

$(1-ТВ)$ – ймовірність відсутності події, тобто включення;

C_n^m – біноміальний коефіцієнт, що показує, скільки комбінацій з m збігів може бути при числі установок n .

$$C_n^m = \frac{n!}{(n-m)!m!} \quad (3.2)$$

Об'єднаємо формули 3.1 та 3.2, та отримуємо:

$$p_n(m) = \frac{n!}{(n-m)!m!} ТВ^m (1 - ТВ)^{n-m} \quad (3.3)$$

Ймовірність складних подій (наприклад, збіг збудження дуг в одних установок і самі дуги в інших) визначається шляхом множення ймовірностей збігу простих подій, отриманих за формулою Бернуллі:

$$p = p'_{n'}(m') \cdot p''_{n''}(m'') \quad (3.4)$$

Ймовірність складних подій знаходиться послідовно, починаючи з подій, що дають найбільший струм, і далі підбираються події щодо послідовному зменшенню струму. Далі отримані ймовірності підсумовуються наростаючим

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		86

підсумком (до попередньої суми додається поточний результат) поки ми не досягнемо заданої ймовірності перевищення пікового навантаження α . Далі розраховується пікова потужність з урахуванням розподілу навантажень по фазах.

3.3 Визначення пікового навантаження

Визначити розрахункове пікове навантаження S_{Π} із ймовірністю її перевищення $\alpha=0,0001$, що створюється у трифазній мережі чотирма однофазними апаратами ручного дугового електрозварювання з наступними технічними характеристиками: $P_H = 16$ кВт; $U_H = 380$ В; $t_{\Pi}=5$ хв, $t_{\Pi}=2$ хв, $t_3 = 1$ с, $t_d = 2$ хв 59 с; коефіцієнт завантаження $K_3 = 0,6$; $\cos\varphi=0,4$.

де P_H – номінальна потужність установки дугового зварювання ;

U_H - номінальне значення напруги живлення ;

t_{Π} - тривалість робочого циклу ;

t_{Π} – тривалість паузи ;

t_3 - тривалість збудження дуги ;

t_d - тривалість встановленої дуги ;

K_3 – коефіцієнт завантаження .

Визначаємо споживану потужність та струм одного апарату за формулою:

$$P = P_H K_3 \quad (3.5)$$

$$I = \frac{P}{U_H \cos \varphi} \quad (3.6)$$

$$P = 16 \cdot 0.6 = 9,6 \text{ кВт}$$

					ОЕ-91-09.039	87
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$I = \frac{9600}{380 \cdot 0,4} = 63,16 \text{ A}$$

Для ручного дугового електрозварювання використовуються трансформатори з крутопадаючою характеристикою. Приймаємо $I = I_d$, $I_3 = I_k$. Тоді із формули струму дуги для трансформаторів з крутопадаючою характеристикою $I_d = (0,2 \dots 0,65) I_k$ визначаємо максимальний струм збудження дуги:

$$I_3 = \frac{I_d}{0,6} = \frac{63,16}{0,6} = 105,26 \text{ A}$$

Розглядаємо двоступінчастий індивідуальний графік навантаження рис одного апарату: t_3 , I_3 ; t_d , I_d .

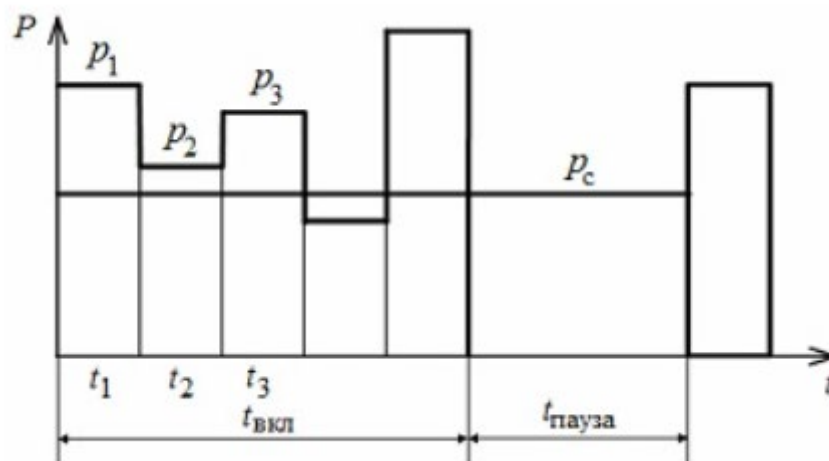


Рисунок 3.3 – двоступінчастий графік роботи

За формулами (3) та (4) розрахуємо ймовірності подій у міру зменшення струму. Результати в таблицю 3.1.

Розрахуємо тривалість включення для кожної з подій:

$$TB_{\Pi} = \frac{t_{\Pi}}{t_{\Pi}} ;$$

$$TB_d = \frac{t_d}{t_{\Pi}} ;$$

					ОЕ-91-09.039	88
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$TB_3 = \frac{t_3}{t_{ц}} ;$$

$$TB_{п} = \frac{2}{5} = 0,4;$$

$$TB_{д} = \frac{179}{300} = 0,5967;$$

$$TB_3 = \frac{1}{300} = 0,0033.$$

Проведемо розрахунок на прикладі події №1, зазначеної в таблиці 3.1.

Ймовірність події №1 (чотири збудження):

$$p_4(4) = \frac{4!}{(4-4)! 4!} 0,0033^4 (1 - 0,0033)^{4-4} = 1,18592 \cdot 10^{-10}.$$

					OE-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		89

Таблиця 3.1 – Ймовірність випадкових подій

№	Подія	Ймовірність простих подій			Ймовірність складних подій	Сумарна ймовірність
		Збудження	Дуга	Пауза		
1	Чотири збудження	$1,19 \cdot 10^{-10}$	-	-	$1,19 \cdot 10^{-10}$	$1,19 \cdot 10^{-10}$
2	Три збудження і одна дуга	$14,3 \cdot 10^{-8}$	0,154	-	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
3	Три збудження і одна пауза	$14,3 \cdot 10^{-8}$	-	0,346	$4,95 \cdot 10^{-8}$	$7,16 \cdot 10^{-8}$
4	Два збудження і дві дуги	$6,49 \cdot 10^{-5}$	0,346	-	$2,25 \cdot 10^{-5}$	$2,25 \cdot 10^{-5}$
5	Два збудження, одна дуга і одна пауза	$6,49 \cdot 10^{-5}$	0,154	0,346	$3,45 \cdot 10^{-5}$	$2,596 \cdot 10^{-5}$
6	Одне збудження і три дуги	$13,07 \cdot 10^{-3}$	0,346	-	$4,52 \cdot 10^{-3}$	$4,52 \cdot 10^{-3}$

З таблиці 3.1 випливає, що з ймовірності $\alpha=0,0001$ за розрахункове подію приймаємо два збудження дуги, одну дугу та одну паузу. Нехай два апарати включені на плече АВ та по одному на ВС та СА.

Розглянемо "найважчий" варіант, коли обидва апарати на плечі АВ включені в режимі збудження дуги ($I_{AB} = 2 \cdot 105,26 = 210,52$ А), апарат на плечі ВС працює у режимі горіння дуги ($I_{BC} = 63,16$ А). Пікову потужність

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		90

знаходимо за формулою, аналогічною при розрахунку ефективної потужності для групи УДЕ при розрахунку більш точним методом по найбільш навантаженій фазі:

$$S_{\pi} = \sqrt{3}U\sqrt{I_{AB}^2 + I_{BC}^2 + I_{AB} \cdot I_{BC}} \quad (3.7)$$

$$S_{\pi} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{210,52^2 + 63,16^2 + 210,52 \cdot 63,16} = 248,2 \text{ кВА.}$$

Розрахуємо пікове струмове навантаження на мережу при «найважчому» варіанті:

$$I_{\pi} = \frac{S_{\pi}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{248,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 377,1 \text{ А.}$$

Відповідно до розрахованого пікового струму обираємо ввідний автоматичний вимикач SCHNEIDER ELECTRIC EASYPACT EZC400H 3P 50KA 400A [x] з наступними параметрами:

Таблиця 3.2 – Параметри обраного автоматичного вимикача

	Технічні характеристики
	Номінальний струм електромагнітного розчіплювача 400 А
	Номінальна робоча напруга 440 В
	Тип захисту: -захист від короткого замикання -захист від перевантаження
	Технологія розчіплювача - тепломагнітний

Висновки: в третьому розділі дипломної роботи було проведено детальні розрахунки ймовірності пікового навантаження групи установок дугового зварювання з використанням формул теорії ймовірності Бернуллі. В процесі ці методики були адаптовані для розрахунку ймовірності виникнення складних подій, зокрема ймовірності виникнення пікового струму та визначення його пікової величини.

На основі розрахунків пікового навантаження, проведених в різних сценаріях та у різних умовах роботи установок дугового зварювання, була встановлена "найскладніша" ситуація, де піковий струм досягає максимального значення $I_{\pi} = 377,1$ А. На випадок виникнення цієї ситуації було прийнято рішення обрати автоматичний вимикач з каталогу EASYPACT від перевіреного виробника SCHNEIDER ELECTRIC з номінальним струмом електромагнітного розчіплювача $I_{н.р} = 400$ А для захисту ділянки мережі та запобігання випадкового відімкнення групи УДЕ.

Застосування відповідного автоматичного вимикача забезпечило ефективний захист системи від перевантажень та унеможливило виникнення аварійних ситуацій. Таке рішення гарантує безперебійну роботу групи споживачів установок дугового зварювання, а також забезпечує високу надійність та стабільність енергопостачання.

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		92

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ УСТАНОВОК ДУГОВОГО ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ

Цей розділ спрямований на підвищення рівня безпеки працівників під час експлуатації установок дугового зварювання в зварювальному цеху.

В даному розділі буде розглянуто питання, що стосуються охорони праці та пожежної безпеки під час проєктування, будування та введення в роботу зварювального цеху. Приділено увагу аналізу небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків, вибору технічних та організаційних заходів з безпеки праці, а також вибору засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпек та заходів із запобігання наслідків пожежі.

Впровадження рекомендацій, що будуть представлені в цьому розділі, допоможуть створити безпечне та здорове робоче середовище для всіх працівників.

4.1 Загальна характеристика об'єкта

Під час проєктування електрозварювального цеху як електроустановку розглянемо комплектну трансформаторну підстанцію (КТП) та зварювальний цех. Комплектна трансформаторна підстанція встановлена на зовні та забезпечує живлення внутрішньоцехової системи електропостачання.

Зварювальний цех є основним робочим простором, де відбуваються процеси дугового зварювання. Загальні характеристики цих об'єктів зведемо в таблицю:

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		93

Таблиця 4.1 – Характеристика об'єктів проектування за електро- та вибухопожежною безпекою

Найменування ЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з вибухопожежної безпеки
КТП	Закрита ЕУ, за межами виробничого цеху	Окрема споруда на поверхні землі (3,8х2,6х2,4)м	З підвищеною небезпекою	Категорія Г
Зварювальний цех	На території підприємства	Центральне приміщення цеху	З підвищеною небезпекою	Категорія Г

За визначеннями [8] КТП слід віднести до зовнішньої установки (зовнішня установка – установка, розміщена поза приміщеннями (ззовні будинків), просто неба, або під дахом чи за сітчастими захисними конструкціями).

Нормативним документом [29] в Україні введено категорювання зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Визначені категорії слід використовувати для встановлення нормативних вимог щодо забезпечення вибухопожежної та пожежної безпеки зовнішніх установок стосовно планування і забудови, конструктивних рішень, інженерного обладнання, систем протипожежного захисту.

В нашому випадку КТП комплектується трансформатором з оливним охолодженням, також присутнє оливонаповнене обладнання (Трансформатор напруги, вимикачі).

Трансформаторна олива з точки зору пожежної небезпеки є горючою рідиною з температурою спалаху 135-140 °С . За нормальних режимів роботи трансформатору олива знаходиться у нагрітому стані (наприклад, у трансформаторі і системою охолодження типу М (природна циркуляція повітря та оливи) температура верхнього шару оливи може сягати 95 °С) [30].

Тому КТП за вимогами [29] відносимо до невибухопожежонебезпечної категорії Гз (якщо, інтенсивність теплового випромінювання від осередку пожежі на відстані 30 м від зовнішньої установки не перевищує $4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$; в установці знаходяться речовини в гарячому стані).

Таблиця 4.2 – Показники технічних характеристик ЕУ

Найменування ЕУ	Характеристики	Числове значення показника
Трансформатор ТМГ-400-10/0.4	Напруга	10/0.4 кВ Потрібно писати 0,4
	Потужність	400 кВА
	Габаритні розміри	1248x762x1390 мм
Шафа АВР 200-250	Маса і марка масла	370 кг, МТК-60
	Кількість фаз	3
	Напруга	380/220 В
Зварювальний інвертор Hugong PowerStick 250KM	Номінальний струм	250 А
	Ступінь захисту	IP 54
	Габаритні розміри	800x650x250 мм
	Напруга живлення	380/220 В
	Кількість фаз	1
	Потужність	16 кВт
	Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	0,4
	Цикл роботи	40%
	Максимальний зварювальний струм	250 А
	Ступінь захисту	IP 21

4.2 Визначення обсягів та порядку виконання робіт при експлуатації установок дугового зварювання

В зварювальному цеху проводиться зварювання заготовочних деталей установками дугового зварювання. На ділянці зварювання проводяться переважно зварювальні роботи – зварювання конструкцій з різних сталей, чавуну, кольорових металів та сплавів.

Перелік робіт, склад бригади і працівників персоналу, задіяного в процесі експлуатації установок дугового зварювання наведено в таблиці 4.3:

					ОЕ-91-09.039	95
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Склад бригади та працівників, їх кваліфікація та група з електробезпеки

Номер роботи	Вид роботи	Група з електробезпеки	Склад бригади працівників
1	Електрозварювання корпусних деталей	III	Зварювальник, помічник зварювальника
2	Зварювання конструкцій	III	Зварювальник, помічник зварювальника
3	Виконання проміжних зварних з'єднань	III	Зварювальник, помічник зварювальника
4	Перевірка якості зварних з'єднань	I	Інспектор зварювальних робіт, оператор контрольно-вимірювальних приладів
5	Підготовка та обробка зварних швів	I	Зварювальник, помічник зварювальника
6	Ремонт та обслуговування зварювального обладнання	IV	Ремонтник зварювального обладнання
7	Ведення документації та звітності	I	Адміністратор, керівник цеху

4.3 Аналіз умов праці на робочих місцях при експлуатації установок дугового зварювання

Аналіз умов праці на робочих місцях при експлуатації установок дугового зварювання включає оцінку різних чинників, які можуть впливати на здоров'я та безпеку працівників. Основними чинниками, які слід враховувати при аналізі умов праці при дуговому зварюванні.

Ці параметри важливо оцінити і врахувати при аналізі умов праці на робочих місцях при експлуатації установок дугового зварювання для забезпечення безпеки, здоров'я та комфорту працівників. Таблиця сформована на підставі діючого наказу МОЗ № 472/25249 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [31]. Результат проведеного аналізу умов праці занесемо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристика умов праці персоналу зварювальної дільниці

Найменування чинника	Основні характеристики	Значення показника	Допустимість або шкідливість показників
1	2	3	4
Параметри мікроклімату	Температура повітря в зварювальному цеху	(21...23) °C	Допустимі
	Вологість	(60...40) %	Допустимі
	Швидкість вітру	(0,2...0,3) м/с	Допустимі
	Інтенсивність ІЧ опромінення	1200 Вт/м ²	Е доп = 350 Вт/м ² Шкідливе
Важкість праці	Переміщення вантажів	До 15 кг	Оптимальні
	Робоче положення	періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни	Шкідливе
	Статичні та динамічні навантаження	233- 290 Вт (201 – 250 ккал/год.)	Допустимі
	Категорія робіт	П а	
	Переміщення в просторі	До 1 км	Оптимальні
Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження	15% робочого часу	Допустимі
	Тривалість активних дій	50 % робочого часу	Допустимі
	Змінність	1 зміна, 8 годин	Допустимі
Шум	Рівень шуму	(86...97) Дба	Лдоп=85 Шкідливе
Шкідливі аерозолі	Зварювальний аерозоль	Заліза оксиди 1,5-3 мг/м ³	Лдоп=6 мг/м ³ Допустимі
	Зварювальні гази	Азоту оксиди 3-4 мг/м ³	Лдоп=5 мг/м ³ Допустимі
Ультрафіолетове випромінювання	Інтенсивність УФБВ	Уф = 0,6-0,8 мкВт/см ²	Лдоп = 0,4 мкВт/см Шкідливе
Хімічні речовини	Хімічний склад металу	Cr=0,002 мг/м ³	Лдоп= 0,0015 мг/м ³ Шкідливе
Напруга	Рівень напруги	(72...380) В	Удоп= 42 В Небезпечний
Електричний струм	Струм	До 250 А	Ідоп=0,6 мА Небезпечний

4.4 Визначення та оцінка небезпек і ризиків виникнення нещасних випадків

Оцінка та визначення небезпек і оцінка ризиків виникнення нещасних випадків при експлуатації установок дугового зварювання є важливою частиною процесу управління безпекою праці.

Основною метою цих оцінок є ідентифікація потенційних небезпек, оцінка ймовірності їх виникнення та визначення рівня ризику для працівників та оточуючого середовища. Результати роботи занесемо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Небезпеки та ризики при експлуатації установок дугового зварювання

Категорія небезпек	Найменування небезпеки	Рівень ймовірності нещасного випадку	Оцінка рівня ризику	Група ризику
1	2	3	4	5
Фізичні	Ураження електричним струмом	Рідкий	Високий	IV
	Травми від рухомих частин обладнання	Рідкий	Низький	II
	Опіки від розплавленого металу	Імовірний	Високий	III
	Вплив на зір під час зварювання	Імовірний	Високий	II
Хімічні	Вплив шкідливих речовин на органи дихання	Імовірний	Середній	IV
Пожежна безпека	Ризик пожежі від розплавленого металу	Рідкий	Низький	II

4.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Таблиця 4.6 – Заходи з безпеки праці

Вид заходу	Найменування захисту	Опис, показники і характеристики
Технічні заходи		
Застосування ізолюваних ручок та електродів	Ізолювані ручки та електроди	Використання ручок та електродів з ізолюваними деталями для зниження ризику ураження електричним струмом.
Використання ізолюваних підставок та покриттів	Ізолювані підставки та покриття	Забезпечують додатковий шар ізоляції та запобігають прямому контакту зі струмоведучими частинами.
Екранування установок, окремих блоків та робочих місць	Екранування	Використання екранів та захисних покриттів для електромагнітного екранування установок, окремих блоків (генераторних шаф, конденсаторів, трансформаторів і т.д.), робочих місць тощо. Забезпечується захист від електромагнітної енергії.
Підготовка робочого місця	Встановлення огорожень	Встановлення переносних огорожень навколо робочого місця для забезпечення безпеки праці
Організаційні заходи		
Навчання та інструктаж персоналу	Проведення курсів безпеки праці	Надання обов'язкових навчальних курсів з безпеки праці для забезпечення належної підготовки зварювальників та свідомого відношення до безпеки.
Контроль за дотриманням правил	Проведення інспекцій та аудитів	Регулярні інспекції робочих місць та перевірки виконання заходів безпеки з метою виявлення порушень та прийняття відповідних заходів для їх усунення.

Контроль якості обладнання	Регулярна перевірка та обслуговування	Встановлення регулярного графіку перевірки та обслуговування установок дугового зварювання
Використання ЗІЗ		
Захист органів дихання	Респіратори	Засоби, що фільтрують шкідливі речовини з повітря.
Захист обличчя та очей	Щитки для обличчя та очей	Захист від попадання шкідливих частинок, бризок розплавленого металу, іскор, пилу та інших потенційно небезпечних матеріалів
Захисний костюм	Захист від випромінювання, бризок розплавленого металу, механічних пошкоджень, переохолодження в холодний період	Використання тканин з низьким повітропрониканням, обмеженою вогнестійкістю, малою вагою та жорсткістю

4.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпек

Зварювальники використовують ЗІЗ з метою забезпечення безпеки під час виконання своїх робочих обов'язків. Оскільки зварювання включає в себе високу температуру, підвищену електричну напругу та можливість утворення небезпечних хімічних речовин та шкідливих випарів, правильний вибір і використання ЗІЗ є необхідним для запобігання травмам та захисту здоров'я зварювальників.

Необхідні засоби індивідуального захисту, їх призначення та параметри наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Вибір ЗІЗ

Вид ЗІЗ	Призначення	Марка або маркування. Модель. Матеріал	Гарантований термін використання	Технічні характеристики
1	2	3	4	5
Захисний одяг	Захист від бризок, іскор, розплавленого металу та інших небезпечних матеріалів	Робочий фартух «APRON-5»	До видимих пошкоджень	Відштовхування рідин, стійкість до перешкод і стирання, вогнестійкість.
Захист обличчя	Захист очей від бризок і іскор	Окуляри 452-A	До видимих пошкоджень	Захист від ультрафіолету, стійкість до подряпин, зміна погодних умов.
Захист органів дихання	Захист від пилу, диму і газів	Респіратор FFP3	Одноразове використання	Фільтрація пилу, диму та речовин на основі олій. Випробування проти проникання струмів.
Захист голови	Захист від падаючих предметів, бризок іскор та ударів	Захисний капелюх HELMETPRO-500	До видимих пошкоджень	Регульована головна стрічка, амортизаційний пояс для зменшення ударів.
Захист вух	Захист від шуму	Навушники EARMUFF-01	До видимих пошкоджень	Приглушення шуму на рівні від 20 до 30 децибел. Регульована головна стрічка.
Захист рук	Захист від термічних і механічних пошкоджень	Рукавиці GLV-10	До видимих пошкоджень	Стійкість до зношування, захист від перешкод та подряпин, дихаючий матеріал.
Захисне взуття	Захист від механічних ушкоджень	Зварювальні ботинки BWELD 42	До видимих пошкоджень	Стійкість до опіків та механічних травм

4.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж та вибухів

У зварювальному цеху, де проводяться роботи з високою температурою та потенційно небезпечними речовинами, запобігання пожежам та вибухам є надзвичайно важливим. Для забезпечення безпеки працівників і захисту майна необхідно прийняти відповідні організацій та технічні заходи, а також обрати ЗІЗ на випадок виникнення цих подій

Перелік організаційних та технічних заходів , а також необхідні засоби індивідуального захисту наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Технічні		
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-40 (ВВК-28), Обсяг – 40 л Тривалість випуску - до 20 с Струмінь – 6 м	Гасіння пожежі в зварювальному цеху. Встановлено 2 шт в протилежних сторонах цеху
Протипожежна сигналізація	ППКП ПУіЗ «Тірас-П» Час реакції на тривогу – не більше 10 с срок служби – 10 років	Виявлення загоряння або пожежонебезпечної ситуації, обробки і передачі сигналу про тривожну ситуацію
Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	Цільові вимоги щодо евакуаційних заходів та планів евакуації, забезпечення додержання протипожежних вимог, виконання приписів і розпоряджень органів державного пожежного нагляду	Відділ з охорони праці
Дотримання правил ПБ	Забезпечити постійний контроль за дотриманням підлеглим персоналом встановленого протипожежного режиму	Відділ з охорони праці
ЗІЗ		
Захисний водонепроникний одяг	Костюм водостійкий REIS KPL-RAINER Y	Багаторазове використання. Термін зберігання 3 роки.
Протигаз	ГП-9 (ГП-9В)	Температура зберігання – від 25 оС до 70 оС. Термін зберігання – 12,5 років

4.8 Розрахунок захисного заземлення зварювального цеху

Розрахунок заземлення здійснюється для визначення опору заземлювального контуру. Як відомо, заземлювальний контур складається з вертикальних заземлювачів, горизонтальних заземлювачів і заземлювального провідника. Вертикальні заземлювачі забиваються в ґрунт на певну глибину. Горизонтальні заземлювачі з'єднують між собою вертикальні заземлювачі. Заземлювальний провідник з'єднує заземлювальний контур безпосередньо з електрощитом.

Заземлення служить для зниження напруги дотику до безпечного рівня. Завдяки заземленню небезпечний потенціал з корпусу ЕУ відходить у землю, захищаючи людину від ураження електричним струмом. Величина струму стікання в землю залежить від опору контуру, що заземлює. Чим меншим буде цей опір, тим меншою буде величина небезпечного потенціалу на корпусі пошкодженої електроустановки.

Основний розрахунок захисного заземлення зводиться до визначення опору розтікання струму заземлювача. Цей опір залежить від розмірів та кількості заземлюючих провідників, відстані між ними, глибини їх закладання та провідності ґрунту.

Проведемо розрахунок заземлення:

Вихідні дані:

Розміри зварювального цеху 40x32 м ;

Вид ґрунту – глина нормальної вологості , опір $\rho = 60 \text{ Ом/м}$;

Коефіцієнт сезонності $\psi_c = 1.3$;

Виконання стрижня – круглий переріз ;

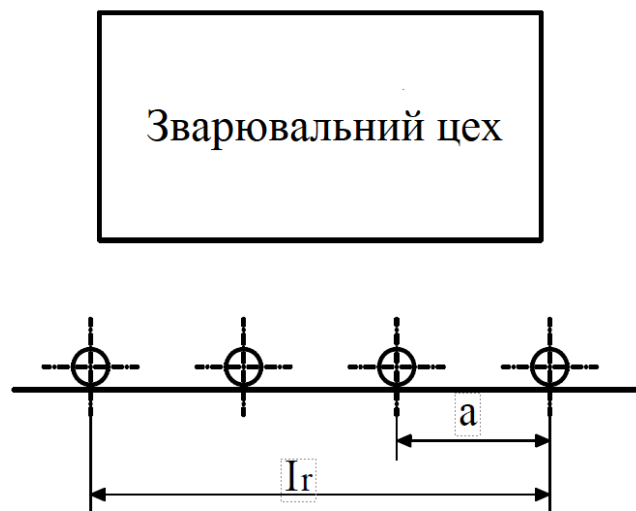
Напруга заземлювальних ЕУ цеху – 380 В .

					ОЕ-91-09.039	103
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

1) Вибір виду і розміщення заземлювачів

Конструкцію заземлювального пристрою (ЗП) створимо сукупністю вертикальних заземлювачів (ВЗ), які електрично з'єднані за допомогою горизонтального заземлювача (ГЗ). ВЗ розмістимо у низку на відстані 1 м від фундаменту цеху. Вертикальні заземлювачі виконаємо з сталевих прутів довжиною 2 м та діаметром 10 мм.

План розміщення електродів заземлювача наведемо на рисунку 4.1:



Рисунку 4.1 – План розміщення ЗП зварювального цеху

2) Оберемо стержні довжиною 2 метри ($l_1 = 2$ м) і діаметром 1 сантиметр ($d = 1$ см)

3) Визначимо опір ґрунту з врахуванням коефіцієнту сезонності:

Сумарний опір ґрунту визначимо за формулою:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho \times \psi_c \quad (4.1)$$

де ψ_c – коефіцієнт сезонності

ρ – питомий опір ґрунту

$$\rho_{\text{розр}} = 60 * 1,3 = 78 \text{ Ом/м}.$$

4) Визначимо опір розтікання струму одного вертикального заземлювача (ВЗ) круглого перерізу за формулою:

$$R_{B1} = \frac{\rho_{\text{роз.}}}{2\pi l_1} \left(\ln \frac{2l_1}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l_1}{4t-l_1} \right) \quad (4.2)$$

де $\rho_{\text{роз}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для ВЗ, Ом·м;

l_1 – довжина ВЗ, м;

d – діаметр, м;

t – відстань від поверхні ґрунту до середини ВЗ, м, яку визначають за формулою:

$$t = t_0 + \frac{l_1}{2} \quad (4.3)$$

де t_0 – відстань від поверхні ґрунту, м;

Приймемо, що відстань від поверхні ґрунту до стержнів $t_0 = 0,7$ м ,
тоді:

$$t = 0,7 + \frac{2}{2} = 1,7 \text{ м}.$$

Підставляємо отримане значення в формулу (4.1) і отримуємо опір одного ВЗ:

$$R_{B1} = \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1,7}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 38,098 \text{ Ом}.$$

Округлимо до цілого значення: $R_{B1} = 38 \text{ Ом}$;

5) Оцінимо попередню кількість заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R_{B1}}{R_{\text{норм}}} \quad (4.4)$$

					ОЕ-91-09.039	105
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

де $R_{\text{норм}}$ – нормований опір заземлюючого пристрою ;

R_{B1} – опір розтікання струму одиничного ВЗ .

Відповідно до ПУЕ, опір пристрою заземлення, до якого приєднані нейтралі трансформатора, в будь-яку пору року повинно бути не більше 4 Ом при лінійній напрузі 380 В джерела трифазного струму.

$$n = \frac{38}{4} = 9,5 \text{ шт.}$$

Округлимо до цілого значення і приймаємо кількість заземлюючих стержнів $n=10$ шт.

6) Визначимо відстань між стержнями по формулі:

$$a = 2l_1 \quad (4.5)$$

$$a = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м.}$$

За таблицею довідкових даних обираємо коефіцієнт взаємного екранування ВЗ: $\eta_{\text{Веф}} = 0,74$.

7) Розрахуємо довжину горизонтального заземлювача (ГЗ). Стрижні будемо розміщувати у низку. У разі розміщення ВЗ у низку, розрахунок ГЗ виконується за формулою:

$$l_{\Gamma} = a(n - 1) \quad (4.6)$$

$$l_{\Gamma} = 4 \cdot (10 - 1) = 36 \text{ м.}$$

8) Визначимо опір струму розтікання ГЗ R_{Γ} , розміщеного у ґрунті круглого перерізу електроду за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{розр.г}}}{(2\pi l_{\Gamma})} \ln(l_{\Gamma}^2 / (d_{\Gamma} t_{\Gamma})) \quad (4.7)$$

де $\rho_{\text{розр.г}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту ГЗ, Ом·м;

t_{Γ} – відстань від поверхні ґрунту до середини ГЗ, м;

					ОЕ-91-09.039	106
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

d_r – діаметр ГЗ, м.

Діаметр ГЗ приймаємо $d_r = 0,1$ м

$$R_r = \frac{78}{(2 \cdot 3,14 \cdot 36)} \cdot \ln \left(\frac{36^2}{(0,1 \cdot 0,7)} \right) = 3,39 \text{ Ом}.$$

9) Визначимо еквівалентний опір струму розтікання штучного заземлювального пристрою.

Еквівалентний опір струму розтікання штучного ЗП визначаємо як опір паралельно з'єднаних n ($n=10$) ВЗ і ГЗ за формулою:

$$R'_{\text{пит}} = \frac{R_{B1} R_r}{(R_{B1} \eta_{\text{Геф}} + R_r n \eta_{\text{Веф}})} \quad (4.8)$$

де $\eta_{\text{Веф}}$ – фактичний коефіцієнт екранування ВЗ ;

$\eta_{\text{Геф}}$ – коефіцієнт використання ГЗ з урахуванням ВЗ ;

Згідно таблиці довідкових даних $\eta_{\text{Геф}} = 0,75$.

Підставимо розраховані вище значення в формулу (1.8):

$$R'_{\text{пит}} = \frac{38,098 \cdot 3,39}{38,098 \cdot 0,75 + 3,39 \cdot 10 \cdot 0,74} = 2,407 \text{ Ом}.$$

Отримане значення опору штучного ЗП не повинно перевищувати значення $R_{\text{норм}} = 4 \text{ Ом}$.

10) Виконаємо перевірку:

Для виконання перевірки отримане значення опору штучного ЗП не повинно перевищувати значення $R_{\text{норм}}$:

$$R'_{\text{пит}} \leq R_{\text{норм}} ;$$

$$2,407 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом} .$$

Перевірка виконується, заземлювальний пристрій розраховано вірно.

					ОЕ-91-09.039	107
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Висновки: у процесі проведення зварювальних робіт у зварювальному цеху, де використовуються установки дугового зварювання, необхідно враховувати різні чинники, які можуть впливати на здоров'я та безпеку працівників.

Додатково, необхідно приділяти увагу запобіганню пожежам та вибухам у зварювальному цеху. Застосування протипожежної сигналізації, розробка плану дій з попередження пожеж і вибухів, а також дотримання правил протипожежної безпеки є важливими кроками для забезпечення безпеки працівників та захисту майна.

Розрахунок захисного заземлення зварювального цеху є необхідним для зниження напруги дотику до безпечного рівня та захисту працівників від ураження електричним струмом. Розміри, кількість та провідність заземлюючих провідників, а також властивості ґрунту є факторами, які враховуються при розрахунку опору заземлювача.

Усі ці заходи мають на меті забезпечити безпечні умови праці для зварювальників, запобігти нещасним випадкам та забезпечити ефективну пожежну безпеку під час експлуатації установок дугового електрозварювання. Правильна організація робочих місць, надання необхідного навчання та підтримка безпечних процедур є важливими кроками для досягнення цих цілей.

					ОЕ-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		108

ВИСНОВОК

В дипломному проєкті було розроблено схему електропостачання зварювального цеху, були визначені розрахункові навантаження електроприймачів, обрано кабельні лінії, комутаційні апарати, вид та місце виконання трансформатора. Вирішено питання забезпечення живлення споживачів першої категорії надійності. Обрано релейний захист та автоматику на підставі розрахункових струмі короткого замикання.

У спеціальні частині проєкту було розглянуто особливості установок дугового зварювання при формуванні систем електропостачання та сформовано метод для розрахунків пікового навантаження групи ЕП даного типу. На прикладі нашого цеху, що містить в собі групу УДЕ, було проведено розрахунки пікового навантаження за результатами яких було обране відповідне обладнання.

Проведена оцінка умов праці в зварювальному цеху з урахуванням небезпечних та шкідливих чинників і запропоновано варіанти для зменшення ризиків впливу цих факторів.

					0Е-91-09.039	
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		109

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шевцов М.С., А.С.Бородачов. Розвиток електротермічної техніки - М.: Вища школа, 1983. - 208 с
2. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. Бібліографічне посилання. ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, Київ, 1994
3. Закон №272 від 21.06.2001. ДНАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>
4. Гбур В.В., Класифікація і характеристики джерел живлення зварювальної дуги URL: <https://zvarka.info/klasifikaciya-i-xarakteristiki-dzherel-zhivlennya-zvaryuvalnoyi-dugi/>
5. Джерела живлення зварювальної дуги змінного струму (зварювальні трансформатори) .URL: <https://jak.koshachek.com/articles/dzherela-zhivlennja-zvarjuvalnoi-dugi-zminnogo.html>
6. Іваников М.О., Зварювальні трансформатори. URL: <https://kvpubd.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/03/specztehnologiya-urok-21-26-10.03.21.pdf>
7. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та здобування теорії. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлового-комунального господарство України, 2019, Київ. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf>
8. Правила улаштування електроустановок 2017. Київ. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво Форт, від 24 липня 2017 року № 476
9. Класифікація приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою URL: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/1200.html>
10. Наказ МНС від 03.12.2007 № 833 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою НАПБ Б.03.002-2007

					ОЕ-91-09.039	110
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

11. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг .Від 14.03.2018 № 310. Про затвердження Кодексу систем розподілу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text>
12. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Від 28.10.2015 № 279 Про прийняття національного стандарту України ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015.
13. В.А. Попов.Довідкові дані (таблиці) до викон. практ. занять, контр., самот. і розрах. робіт, курсового проекту з дисципліни для студ. напряму підготов. «Електротехнічні системи електроспоживання» / Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут». В.А. Попов, В.В. Ткаченко, О.С. Ярмолюк. НТУУ «КПІ»
14. ДБН В.2.5-23:2010 від 15.02.2010 № 64 .Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Інститут «Київпромелектропроект»
15. ЧП «ЭНЕРГОСПЕЦСЕРВИС».Каталог продукції. URL: <https://energyservice.com/wp-content/uploads/2015/01/katalog-ESS.pdf>
16. Дизельний генератор WAGNA 130KVA
URL: <https://ua.wgnpower.com/diesel-generator/perkins-diesel-generator/22kw-standby-generator.html>
17. BILMAX. 2017. Каталог електротехнічна виробнича компанія. Проектувальникам, електромонтажникам, оптовим та роздрібним компаніям електротехнічного ринку. URL: <http://www.tdsvitlo.com.ua/upload/files/catalogs/bilmax/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%20%D0%91%D0%98%D0%9B%D0%9C%D0%90%D0%9A%D0%A1%202017.pdf>
18. Каталог продукції Schneider Electric.
URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/997-easypact-ezc/?parent-subcategory-id=23859433&filter=business-4-%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%BB->

					ОЕ-91-09.039	111
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5
%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97

19. Трансформатор струму (вимірювальний) з шиною Т-0,66 400/5 клас точності 0.5s, Мегомметр. URL: <https://001.com.ua/uk/transformator-strumu-vymiryuvalnyy-z-shynoyu-t-0-66-400-5-klas-tochnosti-0-5s-megommetr>

20. Розрахунок струмів короткого замикання. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/feem/9kulyk_modelyuvannya_zadachah_rozvytku_elektrsystem/4_2.htm

21. Максимальний струмовий захист URL: <http://um.co.ua/10/10-12/10-129108.html>

22. Технічна інформація - РТ-40
URL: <https://electro-boom.kh.ua/tehnichna-informaciya-rt-40-rele-radiodetali-electroboom>

23. Трансформатор струму ТПЛ-10 20/5 URL: <https://www.electrotochka.com.ua/transformator-toka-tp1-10-20-5>

24. Трансформатор напруги НТМИ-10 URL: <https://profmaster.com.ua/ua/p98818718-ntmi-transformator-ntmi.html>

25. ЕЛЕКТРО, ВОДО, ТЕПЛОЛІЧИЛЬНИКИ, НВА , Електролічильник LANDIS & GYR ZMG410CR4.041B.37 (E550) 230/400 В 5(10) А трифазний багатотарифний (Швейцарія) URL: <https://elmisto.com.ua/ua/p290696422-elektroschetchik-landis-and.html>

26. НКРЕКП. Розрахунок нестандартного приєднання до мережі. URL: https://www.nerc.gov.ua/calculator-nonstandart?&location=1&territorial_unit_id=30&electrical_type=1&category=3&voltage_level=2

27. НКРЕКП. Від 06.12.2022 № 1617. Про затвердження ставок плати за нестандартне приєднання потужності та ставок плати за лінійну частину приєднання на 2023 рік в умовах дії воєнного стану URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1617874-22#Text>

					ОЕ-91-09.039	112
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

28. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності, Київ, МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ.
29. НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» від 03.12.2007 № 833;
30. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. Від 25 жовтня 2006 р. за № 1143/13017 URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06>.
31. Про прийняття національного стандарту України ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Наказ від 28.10.2015 № 279. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>

					0Е-91-09.039	113
Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

Додаток А

Додаток 3
до Кодексу систем розподілу

Заява про приєднання електроустановки певної потужності

1	Вхідний номер (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)	Дата реєстрації (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)
2		
3	Кому:	
4	Оператор системи розподілу (структурний підрозділ за місцем розташування електроустановок замовника)	Керівнику Оператора системи розподілу (структурного підрозділу за місцем розташування електроустановок замовника)
5		
6	Від кого:	
7	Найменування юридичної особи або ПІБ фізичної особи-замовника послуги з приєднання до електричних мереж	
8	Номер запису про право власності та реєстраційний номер об'єкта нерухомого майна в Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно	
9	Унікальний номер запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (за наявності)	
10	Наявність/відсутність статусу платника єдиного податку	
11	Реєстраційний номер облікової картки платника податків (для фізичних осіб, які через свої релігійні переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків та повідомили про це відповідний орган і мають відмітку в паспорті (або слово «відмова» у разі, якщо паспорт виготовлений у формі картки) – серія та номер паспорта) (за наявності)	
12	Код ЄДРПОУ (для юридичної особи)	
13	Банківські реквізити замовника	
14	Характеристика об'єкта замовника:	
15	Назва	Зварювальний цех
16	Місце розташування	Дніпропетровська обл, м. Кам'янське, вул. Соборна, буд. 18Б.
17	Функціональне призначення об'єкта	Зварювальний підрозділ підприємства
18	Вихідні дані щодо параметрів електроустановок замовника:	

19	Мета приєднання (нове приєднання/зміна технічних параметрів)		Нове приєднання			
20	Призначення (тип) електроустановки (споживання/виробництва електричної енергії чи зберігання енергії)		Споживання			
21	Дозволена потужність відповідно до умов договору про надання послуг з розподілу електричної енергії		Потужність, кВт	Ступінь напруги в точці приєднання, кВ	Номер договору на розподіл	Дата договору на розподіл
160			10	№002235954	18.06.23	
22	Замовлена до приєднання потужність, кВт		160			
23	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт		200			
24	Ступінь напруги в точці приєднання, кВ		10			
25	Категорія надійності, кВт		І категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання	
20			-	140		
26	Параметри УЗЕ (для операторів УЗЕ)		Максимальна потужність відбору, кВт		Максимальна потужність відпуску, кВт	
-			-			
27	Графік введення потужностей за роками (заповнюється замовником, юридичною особою або фізичною особою-підприємцем):					
28	Рік введення потужності	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт	Категорія надійності електропостачання			Прогнозована дата введення об'єкта замовник а в експлуатацію
			І категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання	
29	2023	160	20		140	20.07.23
30						
31						
32	Режим роботи електроустановок замовника			Цілодобово		
33	Відомості щодо встановленої потужності електроопалювальних та електронагрівальних установок, кухонних електроплит тощо			-		
34	Відомості щодо встановленої потужності генеруючих установок приватних домогосподарств			Тип		Потужність, кВт
				ДЕС		125
36	Відомості щодо встановлення точки приєднання (межі балансової належності електроустановок замовника та ОСР) на території земельної ділянки замовника (ЗАПЕРЕЧУЮ/НЕ ЗАПЕРЕЧУЮ)			Не заперечую		
37	Інформація про бажання замовника здійснювати проектування лінійної частини приєднання (самостійно/оператором системи розподілу (послуга «під ключ»))			Оператором системи розподілу		

3) графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);

4) лист-погодження від власника об'єкта архітектури, на якому буде здійснено будівництво та експлуатацію фотоелектричної станції, УЗЕ, електрозарядної станції, технічних засобів телекомунікації щодо надання дозволу на улаштування точки приєднання на межі земельної ділянки власника об'єкта архітектури, на якому буде **розташоване відповідне обладнання**. ~~фотоелектрична станція, УЗЕ, електрозарядна станція, технічні засоби телекомунікації.~~

У разі приєднання індустріального парку, створеного відповідно до вимог законодавства України, замовником з приєднання індустріального парку додатково до заяви додаються:

1) копія документа на право власності чи користування земельною ділянкою, кадастрові номери земельних ділянок, на яких створено індустріальний парк;

2) копія витягу з Реєстру індустріальних (промислових) парків або інформація про рішення Кабінету Міністрів України про включення індустріального парку до Реєстру індустріальних (промислових) парків;

3) копія договору про створення та функціонування індустріального парку (якщо замовником послуги з приєднання індустріального парку є керуюча компанія індустріального парку).

У разі приєднання до електричних мереж суб'єкта господарювання або власника електричних мереж, який не є споживачем електричної енергії (крім ОСР), згідно з пунктом 4.1.11 глави 4.1 розділу IV Кодексу систем розподілу, затвердженого постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310, до заяви про приєднання додаються технічні вимоги та/або вихідні дані, отримані від суб'єкта господарювання або власника електричних мереж.

У разі приєднання багатоквартирного житлового будинку або збільшення його потужності до заяви додається розрахунок навантаження об'єкта архітектури за підписом головного інженера-проектувальника.

Відповідальність за достовірність даних, наданих у заяві, несе заявник.

Достовірність наданих даних підтверджую

_____ (дата)

_____ (підпис)

Підтверджує згоду на автоматизовану обробку його персональних даних згідно з чинним законодавством та можливу їх передачу третім особам, які мають право на отримання цих даних згідно з чинним законодавством, у тому числі щодо кількісних та/або вартісних обсягів, наданих за Договором послуг.

_____ (підпис)