

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Забезпечення надійності системи електропостачання**
зварювального цеху виробничої бази

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕТмз-62
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Любка С.В.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Лупенко А.М.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u></u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Коваль В.П.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)
«__» _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Любки Станіслава Васильовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення надійності системи електропостачання зварювального цеху
виробничої бази

Керівник роботи Лупенко Анатолій Миколайович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» листопада 2023 року № 4/7-1040

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Відомості про електричні навантаження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Розрахунково-дослідницький розділ		
4	Проектно-конструкторський розділ		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент

(підпис)

Любка С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лупенко А.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Любка С.В. Забезпечення надійності системи електропостачання зварювального цеху виробничої бази. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ТНТУ імені Івана Пулюя. ФПТ. Кафедра ЕІ, група ЕТмз-62. – Тернопіль.: ТНТУ, 2025.

Стор. – 70; рис. – 7; табл. – 16; креслень - ; джерел - 24; додатків - 0.

Визначено розрахункове навантаження зварювального цеху. Визначено повне загальне навантаження підприємства. Визначено потужність компенсуючого пристрою. Визначено центр електричних навантажень підприємства. Запропоновано генплан підприємства з картограмою навантажень та центром електричних навантажень. Вибрано два силові трансформатори потужність 1000 кВА. Запропоновано генеральний план із розміщенням КТП та розподілом розподільчих пунктів по цехах. Запропонована схема зовнішнього електропостачання цеху. Прийнята схема зовнішнього електропостачання по двох радіальних лініях. Живлення ГПП здійснюється повітряними лініями. Запропонована схема внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ. Розподільна мережа 0,4 кВ по території підприємства виконується чотирижильними кабелями з алюмінієвими жилами та ізоляцією зі зшитого поліетилену. Проведено вибір перерізів кабельних ліній. Проведено розподіл електроприймачів. Намічено радіальну схему мережі живлення цеху. Спосіб прокладки мережі цеху (від ГРП-5 до пунктів живлення) - в каналах. Запропонована схема мережі живлення та розподільної мережі цеху. Проведено визначення навантаження пунктів живлення цеху. Проведено вибір ЕА і струмопровідних частин у мережі до 1000 В. Проведено вибір перерізів ліній мережі живлення цеху, вибір перерізів розподільної мережі цеху.

Ключові слова: система електропостачання, виробнича база, зварювальний цех.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Надійність СЕП.....	10
1.1.1 Вибір надійних джерел енергії та резервування потужностей.....	10
1.1.2. Модернізація та підтримка інфраструктури.....	10
1.1.3. Інтелектуальні мережі (Smart Grids).....	11
1.1.4. Планування аварійних ситуацій та швидке реагування.....	11
1.1.5. Профілактичне обслуговування та обстеження.....	11
1.1.6. Взаємодія з споживачами та інформування.....	11
1.1.7. Впровадження новітніх технологій та інновацій.....	12
1.2 Об'єкт і методи дослідження.....	12
1.3 Постановка задач.....	16
2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1.Визначення розрахункового навантаження зварювального цеху	17
2.2. Визначення загального розрахункового навантаження підприємства	23
2.3 Визначення повного загального навантаження підприємства	25
2.4. Картограма і визначення ЦЕН	26
2.5. Вибір числа та потужності ЦТП	30
2.6. Схема зовнішнього електропостачання цеху.	33
2.7. Схема внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ.	34
2.8. Електропостачання зварювального цеху	36
2.8.1 Розподіл електроприймачів	37
2.8.2 Визначення навантаження пунктів живлення цеху	39
2.9. Вибір ЕА та струмопровідних частин у мережі до 1000 В	43
2.10. Вибір перерізів ліній мережі живлення цеху	47

2.11. Вибір перерізів розподільної мережі цеху	49
2.12 Висновки до розділу.....	51
3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	52
3.1 Розрахунок струмів КЗ у електричній мережі до 1 кВ.....	52
3.1.1 Розрахунок для точки К1.....	53
3.1.2 Розрахунок для точки К2.....	53
3.1.3 Розрахунок для точки КЗ.....	54
3.1.4 Розрахунок струмів КЗ для точки К4.....	55
3.2. Побудова карти селективності дії апаратів захисту для ділянки цехової мережі.....	55
3.3 Висновки до розділу.....	58
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	59
4.1 Заходи щодо ТБ при монтажі електроустаткування цеху.....	59
4.2 Організація роботи з охорони праці на підприємстві і на робочому місці.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	67

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення надійності СЕП зварювального цеху виробничої бази є важливим завданням для безперебійної роботи цеху та гарантування безпеки персоналу і технологічного процесу. Важливою умовою ефективної роботи зварювального виробництва є надійна система електропостачання, здатна забезпечити безперервний процес роботи навіть у випадку аварійних ситуацій.

Основним завданням є створення таких умов, за яких зварювальне обладнання, яке потребує стабільної подачі електроенергії, працюватиме безперебійно, а будь-які збої в електропостачанні не впливатимуть на виробничі показники та не створюватимуть небезпеки для працівників.

Першочерговою умовою забезпечення надійності є наявність резервних джерел електропостачання. Це дозволяє зменшити ймовірність перебоїв у живленні, що особливо важливо для зварювальних робіт, де навіть короточасний розрив подачі електричної енергії може призвести до серйозних виробничих затримок або навіть пошкодження обладнання. Резервні джерела живлення можуть включати генератори або акумуляторні батареї, здатні забезпечити безперебійне живлення в разі виходу основного джерела з ладу. Важливим є також оснащення виробничих приміщень системами безперебійного живлення (UPS), які забезпечують живлення критичних навантажень на короткий період до включення резервного генератора.

Для цього використовуються автоматичні вимикачі, запобіжники, а також реле захисту, які здатні швидко реагувати на несправності в електричній мережі, автоматично вимикаючи обладнання та таким чином запобігаючи виникненню серйозних пошкоджень. Важливо, щоб всі елементи захисту відповідали вимогам безпеки та мали належну кваліфікацію для роботи з високими навантаженнями, які характерні для зварювальних установок.

Для того щоб зварювальне обладнання працювало в оптимальних умовах, необхідно забезпечити стабільний рівень напруги в електричній мережі.

Перепади напруги можуть призвести до зниження ефективності роботи зварювальних машин або навіть до їх пошкодження. Для цього на підприємстві повинні бути встановлені системи стабілізації напруги або спеціальні трансформатори, які регулюють коливання напруги в межах допустимих значень. Це дозволить не лише забезпечити стабільну роботу обладнання, але й продовжити його термін служби.

Вкрай важливо мати систему моніторингу, яка дозволяє в реальному часі оцінювати стан електричної мережі, виявляти будь-які проблеми або аварійні ситуації, що можуть виникнути. Для цього використовуються спеціалізовані датчики, які постійно вимірюють параметри електричної енергії (напругу, струм, частоту), а також системи сигналізації, що сповіщають про порушення в роботі. Це дає змогу швидко реагувати на виникнення проблем, щоб мінімізувати час простою та зберегти стабільність виробництва.

Зварювальні роботи супроводжуються підвищеними ризиками, зокрема через високі температури, іскри та можливість виникнення пожеж. Тому важливо, щоб електрична система цеху відповідала вимогам пожежної безпеки. Всі електричні лінії та обладнання повинні бути правильно заземлені, що дозволить запобігти ураженню електричним струмом та забезпечить безпеку працівників. Також важливо регулярно перевіряти стан ізоляції та захисту електричних ліній, оскільки пошкодження можуть призвести до короткого замикання або навіть пожежі.

Безперебійна робота системи електропостачання можлива лише за умови регулярного технічного обслуговування. Перевірка та обслуговування трансформаторів, вимикачів, генераторів і систем стабілізації повинні проводитися відповідно до плану, а також у разі необхідності — позачергово. Технічне обслуговування забезпечує своєчасне виявлення та усунення несправностей, що дозволяє значно знизити ймовірність аварій.

Не менш важливим є навчання персоналу, який працює з електричним обладнанням. Працівники повинні бути ознайомлені з правилами безпеки, знати, як діяти в разі аварійної ситуації, та мати відповідні навички для роботи

з системами резервного живлення та захисту. Вони повинні розуміти принципи роботи електричних установок, щоб своєчасно виявляти несправності та реагувати на них.

Загалом, забезпечення надійності СЕП зварювального цеху виробничої бази - це комплекс заходів, спрямованих на створення стабільної та безпечної електричної інфраструктури, яка гарантує безперебійне функціонування виробництва та безпеку працівників.

Тому, задача, яка розглядається в даній роботі, забезпечення надійності СЕП цеху виробничої бази є актуальною [1].

Мета і завдання роботи Метою КРМ є забезпечення надійності СЕП цеху виробничої бази.

Завдання:

1. Визначити розрахункове навантаження зварювального цеху, визначити повне загальне навантаження підприємства.
2. Визначити потужність компенсуючого пристрою, перерахувати повну розрахункову потужність підприємства.
3. Визначити ЦЕН підприємства.
4. Вибрати силові трансформатори.
5. Запропонувати схему зовнішнього ЕП цеху.
6. Запропонувати схему внутрішньозаводської електричної мережі 0,4 кВ.
7. Здійснити розподіл електроприймачів.
8. Провести визначення навантаження пунктів живлення цеху.
9. Провести вибір електричних апаратів та струмопровідних частин у мережі до 1000 В.
10. Провести вибір перерізів ліній мережі живлення цеху, вибір перерізів розподільної мережі цеху.

Об'єкт дослідження - процеси забезпечення надійності СЕП цеху виробничої бази.

Предмет дослідження – розробка заходів підвищення надійності роботи СЕП цеху виробничої бази.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримало подальший розвиток застосування технічних заходів для забезпечення надійності СЕП цеху виробничої бази.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані технічні заходи дають змогу забезпечити надійність роботи електрообладнання цеху виробничої бази.

Апробація результатів. Результати Любки Станіслава Васильовича за темою кваліфікаційної роботи «Забезпечення надійності системи електропостачання зварювального цеху виробничої бази» були представлені на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій” (6-7 грудня 2023 року), м. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (24 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 70 сторінок, 16 таблиць, 7 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Надійність СЕП.

Надійність СЕП являється критично важливим аспектом для безперебійного функціонування економіки, соціальної сфери та інфраструктури країни. Надійність електропостачання залежить від безлічі факторів, починаючи від технічного стану обладнання та закінчуючи ефективністю управлінських рішень у разі аварійних ситуацій. Основними завданнями при забезпеченні надійності є забезпечення безперервного і стабільного постачання електроенергії споживачам, мінімізація ризиків відмов у роботі енергетичної системи та своєчасне відновлення її працездатності в разі непередбачених ситуацій [2-8].

1.1.1 Вибір надійних джерел енергії та резервування потужностей.

Одним з основних принципів надійності є диверсифікація джерел енергії. Це дає змогу уникнути залежності від одного виду палива чи одного джерела енергії. Наприклад, використання вітрових, сонячних, гідроелектростанцій поряд з традиційними ТЕС дозволяє стабілізувати енергетичний баланс, навіть якщо одне з джерел вийде з ладу [9-11].

Не менш важливим є резервування потужностей. Створення резервних енергетичних потужностей, таких як резервні дизель-генератори або акумуляторні системи, дозволяє покрити потреби споживачів у випадку відключення основних джерел живлення.

1.1.2. Модернізація та підтримка інфраструктури

Регулярна модернізація обладнання є важливим аспектом у забезпеченні надійності електропостачання. Старе обладнання, особливо трансформатори, лінії електропередач, підстанції, може стати причиною аварій або збоїв у системі. Впровадження новітніх технологій, автоматизація управління

електричними мережами дозволяють підвищити ефективність і надійність роботи енергосистеми.

1.1.3. Інтелектуальні мережі (Smart Grids)

Сучасні технології в енергетиці дозволяють використовувати інтелектуальні мережі (Smart Grids), що дають змогу здійснювати моніторинг і управління енергетичними потоками в режимі реального часу. Завдяки таким системам можливо оперативно реагувати на зміни у попиту на електроенергію, а також виявляти та локалізувати можливі проблеми, знижуючи ймовірність їх поширення.

1.1.4. Планування аварійних ситуацій та швидке реагування

Надійність енергопостачання не тільки полягає в запобіганні відмов, але й у швидкому відновленні електропостачання після аварій. Для цього повинні бути розроблені чіткі аварійні плани, які включають мобільні бригади для усунення пошкоджень, оперативну заміну пошкоджених елементів мережі та забезпечення мінімального часу відновлення.

1.1.5. Профілактичне обслуговування та обстеження

Одним із важливих факторів є регулярне технічне обслуговування та обстеження основних елементів інфраструктури: ліній електропередач, підстанцій, трансформаторів тощо. Це дозволяє виявити потенційно небезпечні ділянки та вчасно вжити заходів для запобігання серйозним неполадкам.

1.1.6. Взаємодія з споживачами та інформування

У разі перебоїв у постачанні електроенергії важливо, щоб споживачі були проінформовані про ситуацію, що склалася, а також про заходи, які вживаються для відновлення електропостачання. Інформування населення про можливі аварії та способи економії енергії в пікові навантаження може допомогти знизити навантаження на енергетичну систему.

1.1.7. Впровадження новітніх технологій та інновацій

Системи зберігання енергії, новітні методи прогнозування навантажень, використання штучного інтелекту для моніторингу й управління електричними мережами — все це дозволяє зробити енергетичну систему більш стійкою до зовнішніх і внутрішніх впливів.

Забезпечення надійності системи електропостачання — включає ефективну організацію та управління. Впровадження новітніх технологій, систем резервування, удосконалення інфраструктури та планування аварійних ситуацій сприяють безперебійній і стабільній роботі енергетичних систем [12, 13].

1.2 Об'єкт і методи дослідження.

Об'єктом дослідження є виробнича база загалом та її зварювальний цех зокрема. Вихідними даними на проектування є генплан виробничої бази (рис. 1.1), електричні навантаження виробничої бази (таблиця 1.1), генплан зварювального цеху і електричні навантаження зварювального цеху (рис. 1.2, табл. 1.2).

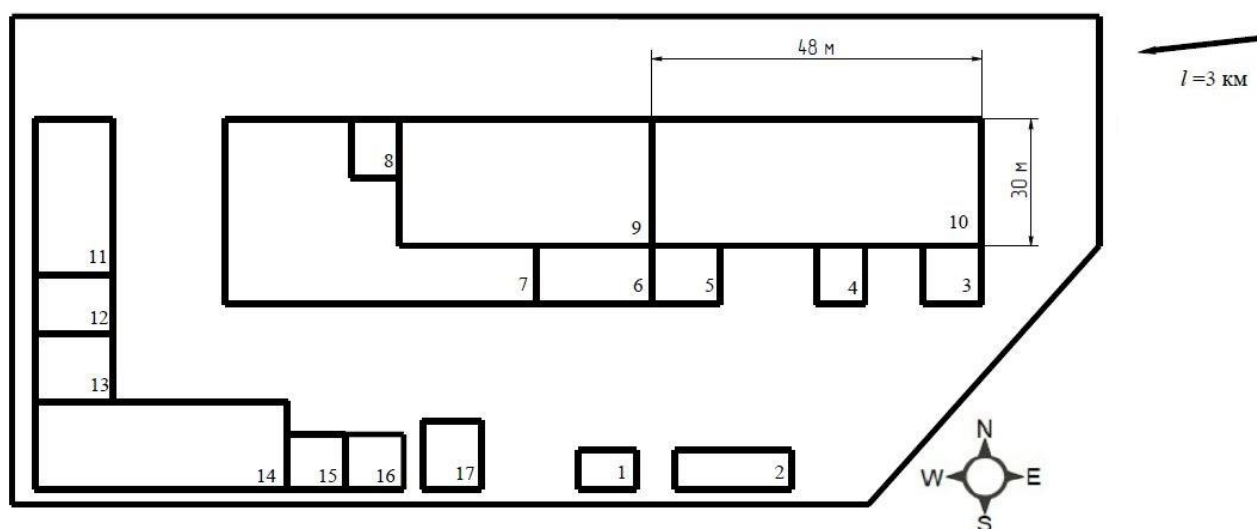


Рисунок 1.1 – Генеральний план виробничої бази

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження виробничої бази.

Номер на генплані	Назва цеху	Встановлена потужність, <i>кВт</i>
1.	Адміністративний корпус	35,0
2.	Побутові приміщення	20,0
3.	Ковальський	70,0
4.	Відрізний	50,0
5.	Інструментальний	45,0
6.	Фарбувальний	40,0
7.	Деревообробний	130,0
8.	Компресорна	48,0
9.	Столярний	150,0
10.	Зварювальний	-
11.	Складські приміщення	30,0
12.	Скляний	45,0
13.	Токарний	105,0
14.	Автомобільний бокс	65,0
15.	Слюсарний	70,0
16.	Побутове приміщення	15,0
17.	Лісосушильний	150,0

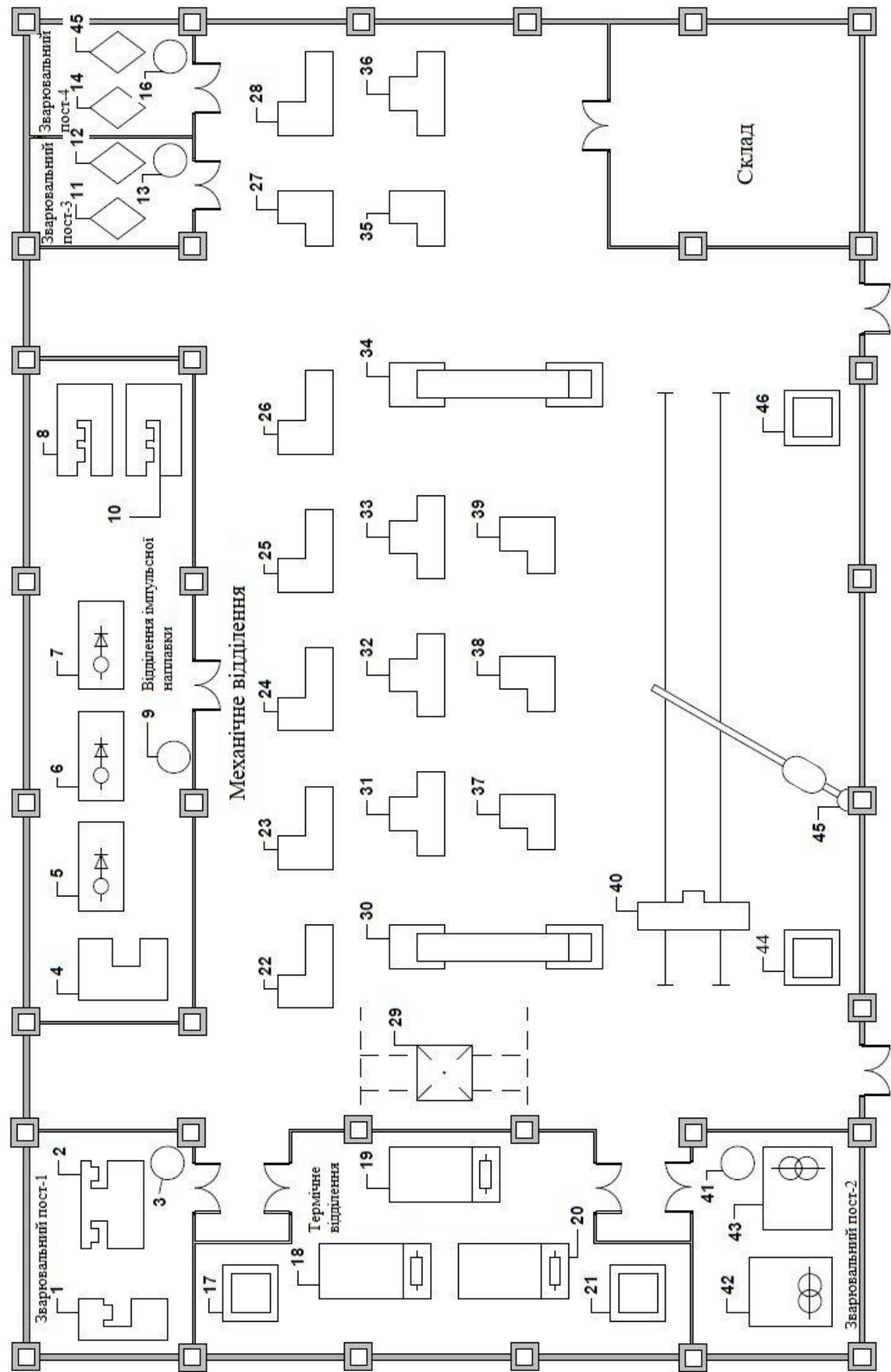


Рисунок 1.2 – План зварювального цеху.

Таблиця 1.2 - Відомості про електричне навантаження зварювального цеху.

Номер на плані	Найменування електроприймачів	Встановлена потужність ЕП, <i>кВт</i>
1, 4	Зварювальний перетворювач	22,00
2	Зварювальний напівавтомат	18,00
3, 9, 13, 16, 41	Вентилятори	9,00
5, 6, 7	Зварювальний випрямляч	12,20
8, 10	Токарний верстат імпульсного наплавлення	10,50
11, 12, 14, 15	Зварювальний агрегат	8,10
17, 21, 44, 46	Кондиціонер	12,00
18, 19, 20	Електропіч опору	75,00
22, 23, 24, 25, 26, 28	Зливкообдирний верстат	6,50
27, 35, 37, 38, 39	Свердлильний верстат	2,20
29	Кран - балка ПВ = 40%	6,30
30, 34	Стрічкові конвеєри	3,00
31, 32, 33, 36	Обдирно-шліфувальний верстат	4,00
40	Стенд зварювальний	8,70
42, 43	Зварювальні трансформатори ПВ=60%	32,00
45	Електроталь ПВ = 25%	3,50

1.3 Постановка завдань

1. Визначити розрахункове навантаження зварювального цеху, визначити повне загальне навантаження підприємства.
2. Визначити потужність компенсуючого пристрою, перерахувати повну розрахункову потужність підприємства.
3. Визначити центр електричних навантажень підприємства.
4. Вибрати силові трансформатори.
5. Запропонувати схему зовнішнього електропостачання цеху.
6. Запропонувати схему внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ.
7. Провести розподіл електроприймачів.
8. Провести визначення навантаження пунктів живлення цеху.
9. Провести вибір електричних апаратів та струмопровідних частин у мережі до 1000 В.
10. Провести вибір перерізів ліній мережі живлення цеху, вибір перерізів розподільної мережі цеху.

2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення розрахункового навантаження зварювального цеху

Розрахунок силових навантажень цеху проводимо методом впорядкованих діаграм у наступній послідовності [1].

При розрахунках електричних навантажень використовуватимемо табл. 1.2.

Усі електроприймачі цеху розбиваються на дві групи з однаковими режимами роботи:

- група А - електроприймачі зі змінним графіком навантаження; $k_g < 0,6$;
- група Б - електроприймачі з постійним $k_g \geq 0,6$.

По кожній групі визначається сумарна номінальна потужність за формулою:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i}$$

до якої входять потужності ЕП, приведені до ПВ=100%.

Для кожної групи електроприймачів визначається за такою формулою:

$$P_{см} = K_g \cdot P_{ном}, \text{ кВт},$$

Для кожної групи електроприймачів:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi \text{ кВАр}.$$

Середньозважений коефіцієнт використання знаходиться за формулою:

$$K_{в.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}.$$

Коефіцієнт максимуму згідно з [14-16], залежно від $K_{в.ср}$ та n_e для цієї групи:

$$n_e = \frac{\left[\sum_{1}^n P_{ном} \right]^2}{\sum_{1}^n P_{ном}^2}.$$

Розрахункові P_m та Q_m потужності групи приймачів визначаються з виразів:

$$P_m = K_m \cdot P_{см}, \text{ кВт},$$

$$Q_m = Q_{см} \text{ при } n_e > 10,$$

$$Q_m = 1,1 \cdot Q_{см} \text{ при } n_e \leq 10.$$

Розрахункове освітлювальне навантаження цеху:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.}$$

де $K_{с.о.}$ приймається за довідковими даними [14-16].

$$P_{н.о.} \text{ знаходиться як: } P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F,$$

F – площа цеху, м² (визначається за генпланом).

Повне розрахункове навантаження зварювального цеху:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2}.$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$$

Приклади розрахунків:

Встановлена потужність кран балки приведена до ПВ=100%:

$$P_{ном} = P_{насп} \cdot \sqrt{ПВ} = 6,3 \cdot 0,63 = 3,9 \text{ кВт};$$

Середнє активне та реактивне навантаження для кран балки:

$$P_{см} = K_{в} \cdot P_{ном} = 0,1 \cdot 3,9 = 0,39 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,39 \cdot 1,73 = 0,67 \text{ кВАр.}$$

Ефективна кількість електроприймачів для групи А:

$$m = \frac{P_{\max_{ном}}}{P_{\min_{ном}}} = \frac{24,8}{1,75} = 14,2;$$

де m – модуль складання;

$$m > 3;$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{2 \Sigma P_{ном}}{P_{ном \max}} = \frac{2 \cdot 287,95}{24,8} = 23,22.$$

Приймаємо $n_e = 23$.

Розрахункові потужності групи А відповідно до n_e :

$$P_p = K_m \cdot P_{cm} = 1,35 \cdot 72 = 97,2 \text{ кВт;}$$

$$Q_p = Q_{cm} = 113,44 \text{ кВАр при } n_e > 10.$$

Коефіцієнт максимуму K_m визначаємо по [14-16] в функції n_e і $K_{в.ср.}$.

Розрахункове навантаження освітлювальних приймачів зварювального цеху:

$$P_{p.o.} = P_{н.o.} \cdot K_{c.o.}$$

де $K_{c.o.}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження. Відповідно до [14-16] приймаємо $K_{c.o.} = 0,85$;

$$P_{н.o.} = P_{уд.o.} \cdot F,$$

де F - площа цеху.

Площа зварювального цеху:

$$F = (a \cdot b) = 48 \cdot 30 = 1440 \text{ м}^2,$$

де a та b довжина та ширина цеху відповідно.

Тоді

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,015 \cdot 1440 = 21,6 \text{ кВт};$$

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ кВт}.$$

Повне розрахункове навантаження зварювального цеху:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{р.о.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(315,1 + 18,4)^2 + 206^2} = 391 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{391}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 594,1 \text{ А}.$$

Проведеними розрахунками було визначено загальну потужність зварювального цеху, а також знайдено розрахунковий струм навантажень груп електроприймачів.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень зварювального цеху.

№ п/ п	Назва вузлів живлення і груп електроприймачів	Кількість електроприймачів n	Встановлена потужність		$m = P_{H,MAX} / P_{H,MIN}$	Коефіцієнт використання K_B	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$	Середнє навантаження		n_{ef}	K_M	Розрахункове навантаження			I_p, A
			Одног о ЕП P_H , кВт	Загальн а P_H , кВт				$P_{CM} = K_B \cdot P_H, \text{кВт}$	$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{CM}, \text{кВАр}$			$P_M = K_M \cdot P_{CM}, \text{кВт}$	$Q_p = Q_{CM} \text{ при } n_{ef} > 10$ $Q_p = 1,1 \cdot Q_{CM} \text{ при } n_{ef} \leq 10$	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{кВА}$	
	Група А														
1.	Металообробні верстати	17	2,2- 10,50	87,0	4,8 0	0,14 0	0,5/1,73 0	12,2 0	21,10						
2.	Зварювальні апарати різні	8	8,1- 12,20	77,70	1,5 0	0,25 0	0,6/1,30	19,4 0	25,20						
3.	Зварювальні апарати різні	3	18- 22,0	62,0	1,2 0	0,35 0	0,5/1,73 0	21,7 0	37,50						
4.	Конвеєри стрічкові	2	3,0	6,0	1,0	0,55 0	0,75/0,9 0	3,30	3,0						
5.	Електроталь ПВ = 25%	1	1,750	1,750	1,0	0,06 0	0,5/1,73 0	0,10	0,170						
6.	Кран-балка ПВ = 40%	1	3,90	3,90	1,0	0,10	0,5/1,73 0	0,39 0	0,670						
7.	Зварювальні трансформатори ПВ=60%	2	24,80	49,60	1,0	0,30	0,5/1,73 0	14,9 0	25,80						
	Разом для групи А	34,0	1,75- 24,80	287,950	>3, 0	0,25 0	-	72,0	113,44 0	23, 0	1,35 0	97,2 0	113,44 0		

Продовження таблиці 2.1

	Група Б														
8.	Вентиляційні установки	9	9-12,0	93,0		0,650	0,8/0,750	60,450	45,330						
9.	Електропечі отвору	3	75,0	225,0		0,70	0,95/0,30	157,50	47,250						
	Разом для групи Б	12,0	9-75,0	318,0	-	-	-	217,950	92,60	-	1,0	217,90	92,60		
	Разом по цеху (для силового навантаження)	46	1,75-75,0	605,950	-	-	-	289,950	2060	-	-	315,10	206,0		
	Освітлювальне навантаження	-	-	21,60	-	$K_{co}=0,850$	-	18,40	-	-	-	18,40	-		
	Разом по цеху			627,550	-	-	-	308,350	2060	-	-	333,50	206,0	391,0	594,10

2.2. Визначення загального розрахункового навантаження підприємства

Активне та реактивне навантаження:

$$P_p = K_n \cdot P_n;$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Приклад розрахунків зварювального цеху:

Розрахункові навантаження:

$$P_p = K_n \cdot P_n = 0,35 \cdot 627,55 = 219,64 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 219,64 \cdot 0,88 = 193,3 \text{ кВАр}.$$

Освітлювальне навантаження цеху:

$$P_{н.о.} = P_{уд.о.} \cdot F = 0,015 \cdot 1440 = 21,6 \text{ кВт}.$$

Розрахункове навантаження від освітлення:

$$P_{p.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 21,6 \cdot 0,85 = 18,4 \text{ кВт}.$$

Повне навантаження:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.о.})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(219,64 + 18,4)^2 + 193,3^2} = 306,64 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків щодо визначення загального розрахункового навантаження підприємства наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2. - Визначення повного навантаження підприємства

Номер	Найменування споживачів	Силове навантаження					Освітлювальне навантаження					Силове та освітлювальне навантаження		
		P_n , κBm	K_c	$\frac{\cos \varphi}{tg \varphi}$	P_p , κBm	Q_p , κBAp	F_{φ} , m^2	$P_{уд.о}$, Bm	$P_{но}$, κBm	K_{co}	P_{po} , κBm	$P_p + P_{po}$, κBm	Q_p , κBAp	S_p , κBA
Споживачі електроенергії 0,38 кВ														
1.	Адміністративний корпус	35	0.4	0.8/0.75	14,0	10.5	70,0	14,0	0.98	0.9	0.88	14.9	10.5	18.23
2.	Побутові приміщення	20	0.4	0.8/0.75	8,0	6,0	105,0	14,0	1.47	0.8	1.18	9.18	6,0	11,0
3.	Ковальський	70	0.5	0.75/0.88	35,0	30.8	100,0	15,0.	1.5	0.85	1.28	36.8	30.8	48,0
4.	Відрізний	50	0.4	0.65/1.17	20,0	23.4	80,0	15,0	1.2	0.85	1.02	21.02	23.4	31.5
5.	Інструментальний	45	0.6	0.8/0.75	27,0	20.25	120,0	15,0	1.8	0.85	1.53	28.53	20.25	35,0
6.	Фарбувальний	40	0.4	0.6/1.33	16,0	21.3	150,0	15,0	2.25	0.85	1.9	17.9	21.3	28,0
7.	Деревообробний	130	0.35	0.7/1.02	45,50	46.4	900,0	15,0	13.5	0.95	12.82	58.33	46.4	74.54
8.	Компресорна	48	0.5	0.8/0.75	24,0	18,0	80,0	16,0	1.28	0.85	1.09	25.1	18,0	31,0
9.	Столярний	150	0.4	0.6/1.33	60,0	80,0	1230,	15,0	18.45	0.95	15.52	75.52	80,0	110,0
10.	Зварювальний	627,55	0.35	0.75/0.88	219,640	193.3	1440,0	15,0	21.6	0.85	18.4	238.1	193.3	306.64
11.	Складські приміщення	30	0.3	0.8/0.75	9,0	6.75	450,0	15,0	6.75	0.6	4.05	13.05	6.75	14.7
12.	Скляний	45	0.3	0.7/1.02	13,50	13.77	145,0	15,0	2.2	0.85	1.87	15.37	13.77	20.64
13.	Токарний	105	0.4	0.8/0.75	42,0	31.5	180,0	15,0	2.7	0.85	2.3	44.3	31.5	54.4
14.	Автомобільний бокс	65	0.2	0.7/1.02	13,0	13.3	600,0	15,0	9,0	0.95	8.55	21.55	13.3	25.32
15.	Слюсарний	70	0.3	0.8/0.75	21,0	15.8	90,0	15,0	1.35	0.85	1.15	22.15	15.8	27.2
16.	Побутове приміщення	15	0.4	0.8/0.75	6,0	4.5	100,0	14,0	1.5	0.8	1.2	7.2	4.5	8.5
17.	Лісосушильний	150	0.6	0.75/0.88	90,0	79.2	160,0	15,0	2.4	0.85	2.04	92.04	79.2	121.4
	Територія заводу	—	—	—	—	—	11400,0	0.22	2.5	1,0	2.5	2.5	—	—
	Разом по 0,38 кВ	1695,55	—	—	663,640	614.8	F _н =60,00,0	—	92.63	—	79.3	743.5	614.8	966.1

2.3 Визначення повного загального навантаження підприємства

Розрахункова потужність підприємства:

$$S_p = \sqrt{(\Sigma P_p^H + \Sigma P_{p.o.}^H)^2 + (\Sigma Q_p^H)^2} = \sqrt{(663,64 + 79,3)^2 + 614,8^2} = 964,4 \text{ кВА}.$$

Втрати потужності в ЦТП можна визначити за формулами:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H = 0,02 \cdot 964,4 = 19,3 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H = 0,1 \cdot 964,4 = 96,44 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot S_p^H = 0,03 \cdot 964,4 = 28,9 \text{ кВт}.$$

Сумарні потужності визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} P_{p\Sigma} &= (\Sigma P_{\text{розр}}^H) \cdot k_{p.m.} + P_{p.o.} + \Delta P_T + \Delta P_{\text{л}} = \\ &= (663,64) \cdot 0,95 + 79,3 + 19,3 + 28,9 = 758 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$Q_{p\Sigma} = (\Sigma Q_p^H) \cdot k_{p.m.} + \Delta Q_T = (614,8) \cdot 0,95 + 96,44 = 680,5 \text{ кВАр}.$$

де $k_{p.m.}$ - коефіцієнт різночасності, що характеризує зміщення максимуму окремих ЕП у часі, що викликає зниження сумарного графіка навантаження порівняно із сумою максимумів окремих ЕП або груп ЕП, що приймаються в межах 0,9-0,95.

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{758^2 + 680,5^2} = 1019 \text{ кВА}.$$

Втрати потужності в КТП можна визначити з виразів:

$$\Delta P_{\text{т.гпп}} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 1019 = 20,4 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{т.гпп}} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 1019 = 101,9 \text{ кВАр}.$$

Найбільше значення реактивної потужності:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 758 = 182 \text{ кВАр},$$

$$\alpha = 0,24 \text{ при } U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ};$$

Потужність КП:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 680,5 - 182 = 498,5 \text{ кВАр}.$$

Повна розрахункова потужність підприємства:

$$S_{p.гппп} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{T.гппп})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{T.гппп} - Q_{кУ})^2} =$$

$$\sqrt{(758 + 20,4)^2 + (680,5 + 101,9 - 498,5)^2} = 829 \text{ кВА}.$$

2.4. Картограма і визначення ЦЕН

Радіуси кіл:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m}}$$

де P_{pi} - розрахункова активна потужність i -го цеху, кВА.

Вважаємо, що навантаження розподілено по цеху рівномірно, тому ЦЕН збігається з центром фігури, що є цехом на плані.

Кут сектору (α) визначаємо із співвідношення повних розрахункових (P_{pi}) та освітлювальних навантажень (P_{po}) цехів:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{P_{pi}}.$$

На генплан виробничої бази довільно наносимо осі координат. Координати ЦЕН підприємства x_0 та y_0 визначаємо за формулами:

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}};$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}.$$

Розрахункові дані, на основі яких будується картограма навантажень наведено у табл. 2.3. Генеральний план підприємства з картограмою навантажень представлений рисунку 2.1.

Таблиця 2.3 – Розрахункові дані побудови картограми

Номер цеху	$S_{p.i.}$ кВА	$P_{p.o.i.}$ кВт	r_i мм	α_i град	X_i м	Y_i м	$S_{p.i.} \cdot X_i$ кВА·м	$S_{розр} \cdot Y_i$ кВА·м
Споживачі 0,4 кВ								
1.	18.23	0.88	7.62	17,0	82,0	10,0	1493,0	181,0
2.	11,0	1.18	6,0	39,0	97,0	10,0	1067,0	110,0
3.	48,0	1.28	12.4	10,0	128,0	37,0	6093,0	1761,0
4.	31.5	1.02	10,0	12,0	113,0	37,0	3559,0	1165,0
5.	35,0	1.53	10.6	16,0	92,0	37,0	3220,0	1295,0
6.	28,0	1.9	9.5	24,0	79,0	37,0	2212,0	1036,0
7.	74.54	12.82	15.4	62,0	42,0	45,0	3173,0	3350,0
8.	31,0	1.09	10,0	13,0	50,0	55,0	1550,0	1705,0
9.	110,0	15.52	18.7	51,0	70,0	50,0	7700,0	5500,0
10.	306.64	18.4	31.3	22,0	110,0	50,0	33730,0	15332,0
11.	14.7	4.05	6.8	99,0	10,0	48,0	147,0	706,0
12.	20.64	1.87	8.1	33,0	10,0	33,0	206,0	681,0
13.	54.4	2.3	13.2	15,0	10,0	25,0	544,0	1360,0
14.	25.32	8.55	9,0	122,0	21,0	15,0	532,0	380,0
15.	27.2	1.15	9.3	15,0	43,0	12,0	1170,0	326,0
16.	8.5	1.2	5.2	51,0	50,0	12,0	425,0	102,0
17.	121.4	2.04	19.7	6,0	60,0	13,0	7290,0	1579,0
Разом	966.1	-	-	-	-	-	71985,0	36569,0

Приклад розрахунків для зварювального цеху:

Радіус кола:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{306,64}{3,14 \cdot 0,1}} = 31,3 \text{ мм.}$$

Кут сектору:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{S_{pi}} = \frac{360^\circ \cdot 18,4}{306,64} = 22 \text{ град.}$$

Координати центру електричних навантажень:

$$x_0 = \frac{\sum S_{розрі} \cdot x_i}{\sum S_{розрі}} = \frac{73860}{1118,5} = 66 \text{ м};$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{розрі} \cdot y_i}{\sum S_{розрі}} = \frac{41261}{1118,5} = 37 \text{ м}.$$

Оскільки розташувати КТП у ЦЕН неможливо, зміщуємо його вбік. Нові координати КТП такі $x_0 = 70$ (м) $y_0 = 83$ (м).

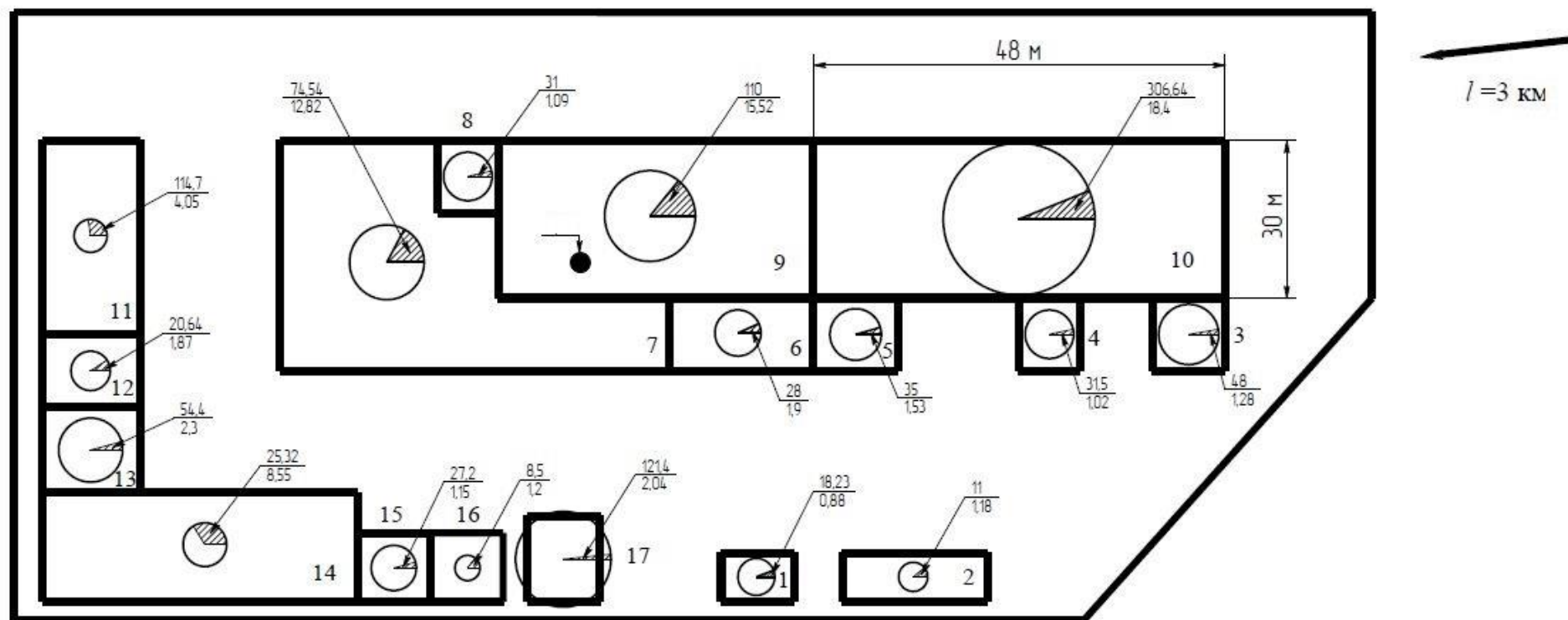


Рисунок 2.1- Генплан підприємства з картограмою навантажень та ЦЕН

2.5. Вибір числа та потужності ЦТП

Питома щільність навантаження:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_u} = \frac{964,4}{6000} = 0,16 \text{ кВА} / \text{м}^2$$

Так як $\sigma < 0,2$ то приймаємо потужність трансформатора $S_{н.тр} = 1000 \text{ кВА}$ [17-19].

При цьому: для споживачів I-категорії $\beta = 0,65 - 0,7$, для споживачів II-категорії $\beta = 0,7 - 0,8$, для споживачів III-категорії $\beta = 0,9 - 0,95$..

Мінімально можлива кількість трансформаторів визначається за формулою [21]:

$$N_{\min} = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{p.o.})}{\beta_T \cdot S_{н.тр}} = \frac{743,5}{0,7 \cdot 1000} = 1,06,$$

Отримана величина заокруглюється, відповідно приймаємо $N = 2$ трансформатора.

Активне навантаження, яке припадає на один цеховий трансформатор може бути визначена за формулою:

$$P_1 = \frac{\Sigma(P_p + P_{p.o.})}{N} = \frac{743,5}{2} = 372 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторів N_i , яке слід встановити, визначається $(P_p + P_{p.o.})$ на P_1 :

$$N_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1}.$$

Отримане число трансформаторів, яке встановлюється в кожному цеху у вигляді таблиці, поданої нижче.

Приклад розрахунку для зварювального цеху:

$$N_1 = \frac{P_p + P_{p.o.}}{P_1} = \frac{238,1}{372} = 0,64.$$

Таблиця 2.4 - Число трансформаторів у цеху.

№ цеху на генплан	Найменування цехів	$P_p + P_{po}$, кВт	К-сть тр-рів N , шт
1.	Адміністративний корпус	14.9	0.04
2.	Побутові приміщення	9.18	0.02
3.	Ковальський	36.8	0.09
4.	Відрізний	21.02	0.05
5.	Інструментальний	28.53	0.07
6.	Фарбувальний	17.9	0.05
7.	Деревообробний	58.33	0.15
8.	Компресорна	25.1	0.06
9.	Столярний	75.52	0.2
10.	Зварювальний	238.1	0.64
11.	Складські приміщення	13.05	0.035
12.	Скляний	15.37	0.04
13.	Токарний	44.3	0.16
14.	Автомобільний бокс	21.55	0.058
15.	Слюсарний	22.15	0.06
16.	Побутове приміщення	7.2	0.02
17.	Лісосушильний	92.04	0.25

Оскільки виходять дробові числа, необхідно навантаження найближчих цехів об'єднати:

$$N_1 + \dots + N_{17} = 0,04 + \dots + 0,25 = 1,99.$$

Таблиця 2.5 - Розподіл трансформаторної підстанції

№	Назва	Споживачі	Місце розташування	Кількість і потужність трансформаторів
1	КТП	Цех 1 - 17	Територія заводу	2х1000кВА

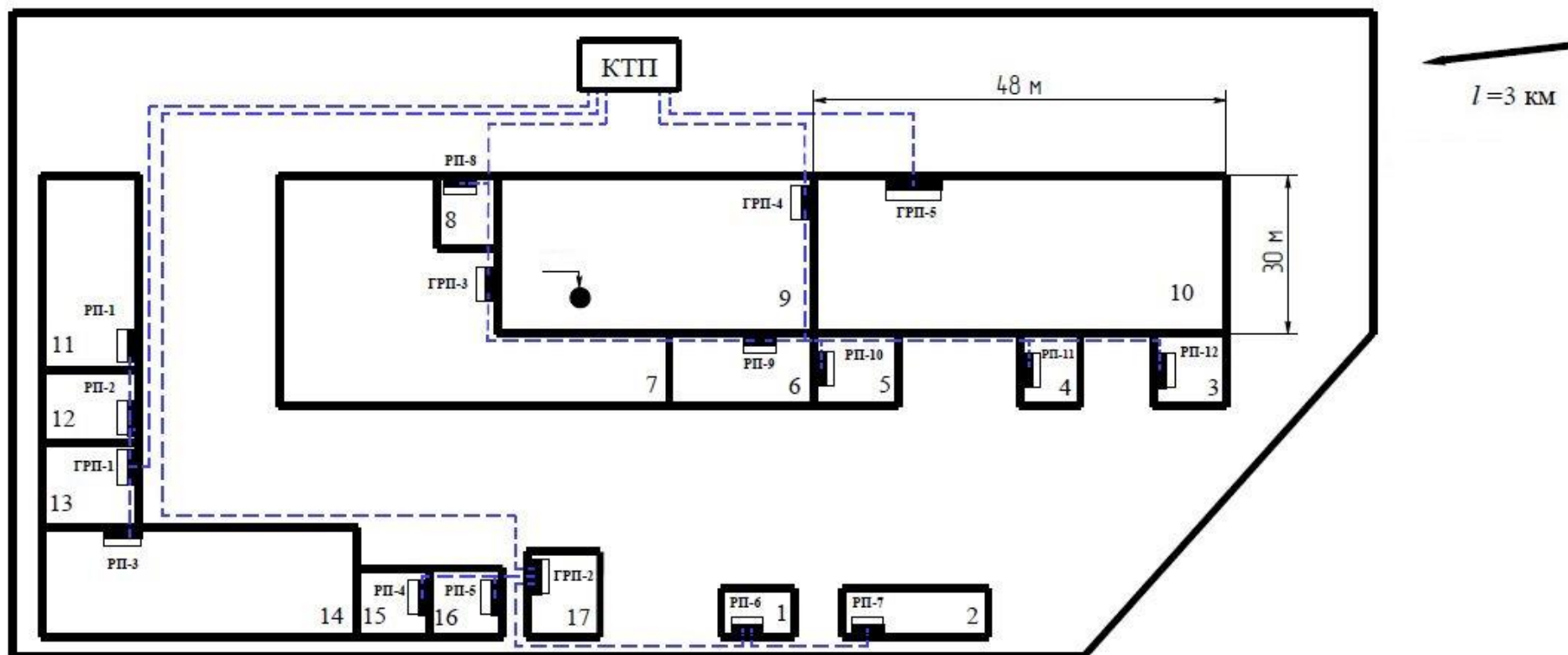


Рисунок 2.2. – Ген.план із розміщенням КТП та розподілом розподільчих пунктів по цехах

2.6. Схема зовнішнього електропостачання цеху.

ЕП виробництва здійснюється від підстанції енергосистеми. У нормальному робочому режимі пропускна здатність кожної з ліній живлення становить не менше половини розрахункового навантаження заводу.

Потужність трансформаторів ГПП:

$$S_{н.тр.ГПП} = \frac{S_{р.ГПП}}{2\beta_T} = \frac{829}{2 \cdot 0,7} = 592 \text{ кВА.}$$

Отримане значення округляється.

Вибираємо трансформатори з $S_{ном} = 1000 \text{ кВА}$, ТМГ – 1000/10.

$$S_{р.ГПП} = 829 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{н.тр} = 1,4 \cdot 1000 = 1400 \text{ кВА.}$$

Вибір перерізу проводу проводиться за нагрівом розрахунковим струмом:

$$I_p = \frac{S_{р.ГПП}}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{829}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 23,93 \text{ А.}$$

Для післяаварійного режиму:

$$I_{р.макс} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{829}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,9 \text{ А.}$$

Економічно доцільний переріз проводів становить:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{23,93}{1,1} = 21,75 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо як ЛЕП дроти марки АС – 25/4,2. $I_{дон} = 142 \text{ А}$ [20].

Вибраний перетин має задовольняти умову:

$$1,3I_{дон} \geq I_{р.макс.},$$

де 1,3 - коефіцієнт допустимого навантаження лінії.

$$1,3I_{\partial on} = 1,3 \cdot 142 = 184,6 \text{ А} > I_{p.\max} = 47,9 \text{ А}.$$

Необхідні перевірки:

$$F_{розр} \geq F_{\min.\text{мех}} = 25 \text{ мм}^2$$

$$F_{розр} = 25 \text{ мм}^2 > F_{\min.\text{мех}} = 25 \text{ мм}^2;$$

$$l_{\partial on} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\partial on\%} \cdot k_3 \geq l,$$

$$\Delta U_{\partial on\%} = 5\%, \Delta U_{\partial on\%} = 10\%;$$

$$l_{\Delta U 1\%} = 1,34 \text{ км}.$$

Звідси:

$$l_{\partial on} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\partial on\%} \cdot k_3 = 1,34 \cdot 5 \cdot \frac{175}{23,93} = 49 \text{ км}.$$

$$l_{\partial on} = 49 \text{ км} > l = 3 \text{ км}.$$

Електропостачання заводу виконаним дротом АС – 25/4,2 на металевих опорах.

Встановлено 2 трансформатори типу *ТМГ* – 1000/10.

Основні вимоги до схем зовнішнього електропостачання:

- необхідна надійність;
- простота та зручність в експлуатації;
- схема враховує перспективу розвитку підприємства;
- схема забезпечує можливість проведення планових та позапланових ремонтних робіт.

Живлення електроприймачів здійснюється через розподільні пункти, навантаження розподілене рівномірно.

2.7. Схема внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ.

Розподільна мережа 0,4 кВ по території підприємства виконується чотирижильними кабелями з алюмінієвими жилами та ізоляцією зі зшитого поліетилену.

Економічно доцільний перетин:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}}$$

$T_m = (3000-5000)$ годин

$j_{ек} = 1,7 \text{ А/мм}^2$ [20].

Вибір кабелю для Л-1

$$I_{розр} = \frac{N_{тр} \cdot S_p}{N_{кл} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{155,06}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 224 \text{ А} .$$

Економічно доцільний перетин знаходиться з формули:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{224}{1,7} = 131,8 \text{ мм}^2 .$$

$$F = 150 \text{ мм}^2 : I_{дон} = 310 \text{ А} [20].$$

При прокладанні кабелів у траншеї враховуємо поправний коефіцієнт:

$$k_{прокл} = 0,9 , \text{ отримуємо } I'_{дон} = k_{прокл} \cdot I_{дон} = 0,9 \cdot 310 = 279 \text{ А} .$$

Перевірка:

$$I_p \leq I'_{дон}$$

$$224 \text{ А} < 279 \text{ А} .$$

Переріз проходить за нормальним та післяаварійним режимами.

Як лінія КЛ-1 приймаємо АПВБШп - (4х150).

Результати розрахунків на вибір перерізів КЛ зведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Вибір перерізів КЛ

№	Номер	Призначення лінії	К-сть ліній	Розрахункове навантаження	l, км	Марка і січення кабелю, вибраного по умові допустимого нагріву S, мм ²	Допустиме навантаження
				I _p , А			I _{ном} , А
1.	КЛ1	КТП-ГРП1	2	224,0	0.1	АПвБШп - (4х150)	279,0
2.	КЛ2	КТП-ГРП2	1	266,0	0.15	АПвБШп - (4х150)	279,0
3.	КЛ3	КТП-ГРП3	1	286,0	0.04	АПвБШп - (4х185)	313,0
4.	КЛ4	КТП-ГРП4	2	226,0	0.04	АПвБШп - (4х120)	245,0
5.	КЛ5	КТП-ГРП5	2	438,0	0.05	ПвБШп - (4х240)	476,0
6.	КЛ6	ГРП1-РП1	1	21,0	0.02	АВВГ - (4х4)	24,0
7.	КЛ7	ГРП1-РП2	1	30,0	0.01	АВВГ - (4х6)	34,0
8.	КЛ8	ГРП1-РП3	1	36,0	0.01	АВВГ - 4х10)	47,0
9.	КЛ9	ГРП2-РП4	1	39,0	0.015	АВВГ - 4х10)	47,0
10.	КЛ10	ГРП2-РП5	1	6,0	0.005	АВВГ - 4х2,5)	20,0
11.	КЛ11	ГРП2-РП6	1	42,0	0.03	АВВГ - 4х10)	47,0
12.	КЛ12	РП 6-РП7	1	7.7	0.015	АВВГ - 4х2,5)	20,0
13.	КЛ13	ГРП3-РП8	1	44.3	0.005	АВВГ - 4х10)	47,0
14.	КЛ14	ГРП3-РП9	1	135,0	0.04	АВВГ - 4х70)	155,0
15.	КЛ15	РП 9-РП10	1	50,0	0.005	АВВГ - 4х16)	62,0
16.	КЛ16	РП 9-РП11	1	45,0	0.03	АВВГ - 4х16)	10,0
17.	КЛ17	ГРП4-РП12	2	69,0	0.07	АВВГ - 4х25)	82,0

2.8. Електропостачання зварювального цеху

Електропостачання цеху виконується:

1. Вибір способу прокладки мережі живлення проводиться із врахуванням характеру навколишнього середовища та можливих умов місця прокладки.
2. Знаходяться розрахункові навантаження за пунктами живлення.
3. Проводиться вибір перерізів мережі живлення.
4. Проводиться вибір силової мережі.

5. Будується карта селективності.
6. Проводиться розрахунок мережі живлення та розподільної мережі.
7. Проводиться розрахунок струмів КЗ.

2.8.1 Розподіл електроприймачів

Так як РП бувають різних типів і мають певну кількість приєднань (до 12), то для кожного електроприймача необхідно вибрати автоматичний вимикач. Крім того, для кожного РП потрібно вибрати захисний апарат.

Намічаємо радіальну схему мережі живлення цеху. Спосіб прокладки мережі цеху (від ГРП-5 до пунктів живлення) - в каналах (рис. 2.3).

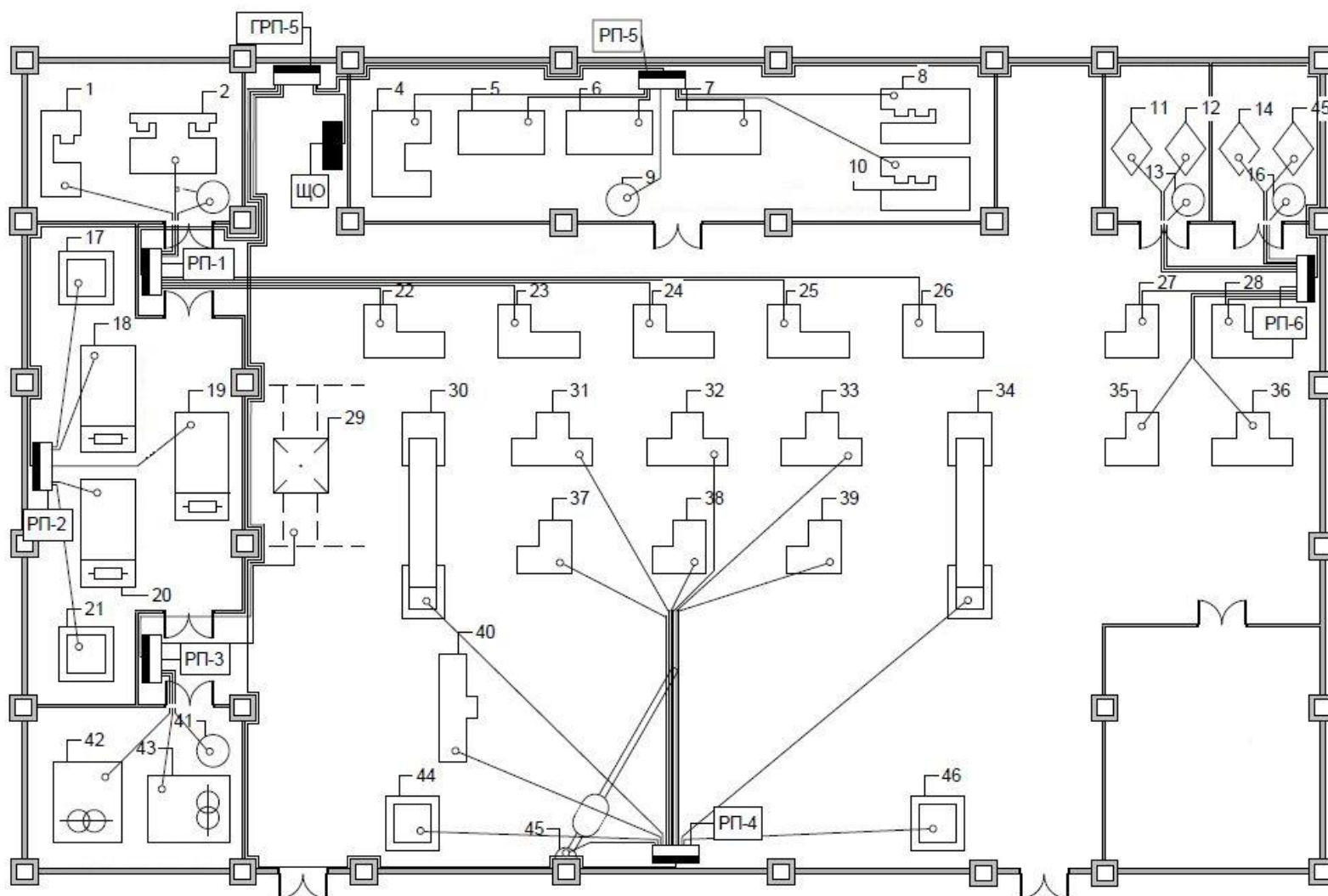


Рисунок 2.3 – Схема мережі живлення та розподільної мережі цеху

2.8.2 Визначення навантаження пунктів живлення цеху

Приклади розрахунків:

Визначаємо встановлену потужність групи А, РП-1.

$$P_{ном} = 6,5 \cdot 5 + 18 + 22 = 72,5 \text{ кВт};$$

Середнє активне та реактивне навантаження для:

$$P_{см} = K_{\phi} \cdot P_{ном} = 0,25 \cdot 72,5 = 18,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 18,5 \cdot 1,73 = 32,1 \text{ кВАр}.$$

Ефективна кількість електроприймачів для групи А:

$$m = \frac{P_{\max ном}}{P_{\min ном}} = \frac{22}{6,5} = 3,39;$$

де m - модуль збирання;

$$m > 3;$$

$$n_e = \frac{2 \Sigma P_{ном}}{P_{\max ном}} = \frac{2 \cdot 72,5}{22} = 6,59.$$

Приймаємо $n_e = 7$.

Розрахункові потужності групи А відповідно до n_e :

$$P_p = K_m \cdot P_{см} = 1,95 \cdot 18,5 = 36 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 32,1 = 35,3 \text{ кВАр при } n_e < 10.$$

Коефіцієнт максимуму K_m визначаємо по [14-16] в функції n_e і $K_{в.ср.}$.

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p,\phi})^2 + (Q_p + Q_{p,\phi})^2} = \sqrt{(36 + 5,85)^2 + (35,3 + 4,4)^2} = 57,68 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{57,68}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 87,6 \text{ А}.$$

№ п/ п	Назва вузлів живлення і груп електроприймачів	Кількість електроприймачів	Встановлено потужність, наведено до ПВ=100%		$m = P_{H,MAX} / P_{H,MIN}$	Коефіцієнт використання Кв.	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	Середнє навантаження за максимально завантажену зміну		Ефективне число електроприймачів неф	Коефіцієнт максимум Км	Розрахункове навантаження			Розрахунковий струм Ір, А
			Одног о ЕП Рн, кВт	Загальн а Рн, кВт				$P_{CM} = K_{\theta} \cdot P_{H, \kappa Bm}$	$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \text{tg}\varphi_{CM}, \kappa BAp$			$P_M = K_M \cdot P_{CM}, \kappa Bm$	$Q_p = Q_{CM} \text{ при } n_{\theta\phi} > 10$ $Q_p = 1,1 \cdot Q_{CM} \text{ при } n_{\theta\phi} \leq 10$	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \kappa BA$	
Розподільний пункт ПР-1															
	Група А														
1	Металообробні верстати різні № 22,23,24,25,26	5	6.5	32.5		0.1 4	0.5/1.73	4.5	7.9						
2	Зварювальні апарати різні № 1,2	2	18-22,0	40,0		0.3 5	0.5/1.73	14,0	24.2						
	Разом за групою А	7	6.5-22	72.5	>3, 0	0.2 5	-	18.5	32.1	7,0	1.9 5	36,0	35.3		
	Група Б														
	Вентиляційна установка №3	1	9,0	9,0	-	0.6 5	0.8/0.75	5.85	4.4	-	1,0	5.85	4.4		
	Разом з ПР-1	8	6.5-22	81.5				24.35	36.5	-	-	41.8 5	39.7	57.68	87. 6

Продовження таблиці 2.7

	Розподільний пункт ПР-2														
	Група Б														
8	Кондиціонери №17,21	2	12,0	24,0		0.65	0.8/0.75	15.6	11.7						
9	Електропечі опору №18,19,20	3	75,0	225,0		0.7	0.95/0.3	157.5	47.25						
	Разом з РП-2	5	12-75,0	249,0				173.1	58.95	-	1,0	173.1	58.95	182.9	277.9
	Розподільний пункт ПР-3														
	<i>Група А</i>														
	Кран-балка ПВ = 40% №29	1	3.9	3.9		0.1	0.5/1.73	0.39	0.67						
	Зварювальні трансформатори ПВ=60% № 42,43	2	24.8	49.6		0.3	0.5/1.73	14.9	25.8						
	Разом за групою А	3	3.9-24.8	53.5	>3	0.29	-	15.3	26.5	3,0	2.2	33.7	29.15		
	<i>Група Б</i>														
	Вентиляційна установка №41	1	9,0	9,0		0.65	0.8/0.75	5.85	4.4	-	1,0	5.85	4.4		
	Разом з РП-3	4	3.9-24	62.5				21.15	30.9	-	-	48.85	39.55	62.85	95.5
	Розподільний пункт ПР-4														
	<i>Група А</i>														
	Електроталь ПВ=25% №45	1	1.75	1.75		0.06	0.5/1.73	0.1	0.17						
	Конвеєри стрічкові №30,34	2	3,0	6,0		0.55	0.75/0.9	3.3	3,0						
	Металообробні верстати різні №31,32,33,37,38,39	6	2.2-4	18.6		0.14	0.5/1.73	2.6	4.5						
	Зварювальний стенд №40	1	8.7	8.7		0.25	0.6/1.3	2.18	2.8						
	Разом за групою А	10	1.75-8.7	26.35	>3	0.23	-	6,0	5.77	6,0	2.2	13.2	6.4		

Продовження таблиці 2.7

	Група Б														
	Кондиціонери №44,46	2	12,0	24,0		0.65	0.8/0,75	15.6	11.7		1,0	15.6	11.7		
	Разом з РП-4	12	1.75-12	50.35				21.6	17.5	-	-	28.8	18.1	34,0	51.7
	Розподільний пункт ПР-5														
	Зварювальний перетворювач № 4	1	22,0	22,0		0.35	0.5/1,73	7.7	13.3						
	Зварювальні випрямлячі № 5,6,7	3	12.2	36.6		0.25	0.6/1,3	9.2	12,0						
	Токарні верстати імпульсного наплавлення № 8,10	2	10.5	21,0		0.14	0.5/1,73	3,0	5.2						
	Разом за групою А	6	10.5-22	79.6	<3	0.25	-	19.9	30.5	6,0	2.06	41,0	33.55		
	Група Б														
	Вентиляційна установка №9	1	9,0	9,0		0.65	0.8/0,75	5.85	4.4	-	1,0	5.85	4.4		
	Разом з РП-5	7	10.5-22	88.6				21.9	23,0	-	-	46.85	37.95	60.3	91.6
	Розподільний пункт ПР-6														
	Група А														
	Зварювальні агрегати №11,12,14,15	4	8.1	32.4		0.25	0.6/1,3	8.1	10.53						
	Металообробні верстати різні №27,28,35,36	4	2.2-6,5	14.9		0.14	0.5/1,73	2.1	3.63						
	Разом за групою А	8	2.2-8,1	47.3	>3	0.22	-	10.2	14.16	8,0	1.99	20.3	15.6		
	Група Б														
	Вентиляційна установка № 13,16	2	9,0	18,0		0.65	0.8/0,75	11.7	8.8	-	1,0	11.7	8.8		
	Разом з РП-6	10	2.2-9	65.3				21.9	23,0	-	-	32,0	24.4	40.24	61.2
	Щит освітлення ЩО	-	-	21.6	-	K _{co} = 0.85	-	18.4	-	-	-	18.4	-		27.95

2.9. Вибір ЕА та струмопровідних частин у мережі до 1000 В

Умови вибору автоматичних вимикачів:

$$1. I_{н.розр} \geq I_{\text{дл}}$$

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{ном}} \text{ для окремого ЕП,}$$

$$I_{\text{дл}} = I_p \text{ для групи ЕП.}$$

$I_{н.розр}$ - номінальний струм теплового розчіплювача автоматичного вимикача.

$$2. I_{\text{кз}} \geq 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} - \text{для окремого ЕП,}$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{нік}} - \text{для групи ЕП,}$$

$$I_{\text{кз}} = k \cdot I_{н.розр} - \text{номінальний струм спрацьовування уставки у зоні КЗ.}$$

Приклад вибору автоматичного вимикача для верстата злиткообдирного №22 (РП-1):

Номінальний струм:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{6,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 19,7 \text{ А.}$$

де $U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга двигуна, кВ;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності;

$$I_{\text{пуск}} = k \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 19,7 = 98,5 \text{ А.}$$

Намічаємо до встановлення автомат серії ВА57-31.

$$I_{н.розч} = 25 \geq I_{\text{дл}} = 19,7 \text{ А; } I_{\text{кз}} = 160 \geq 1,5 \cdot 98,5 = 147,7 \text{ А. } 160 \geq 147,7.$$

Вибираємо автомат ВА57-35.

Номінальний струм автомата $I_{\text{ном}} = 25 \text{ А}$, номінальний струм розчіплювача

$$I_{н.розч} = 25 \text{ А, уставка миттєвого спрацьовування } I_{\text{кз}} = 160 \text{ А [20].}$$

Вибір автоматичних вимикачів інших електроприймачів зведемо в табл.

2.8.

Таблиця 2.8 – Захисні апарати для електроприймачів цеху

№ за планом цеху	Найменування виробничого механізму	Р _{ном}	І _{ном}	І _{пуск}	Тип вимикача	І _{т.розр}	І _{с.розр}
		кВт	А	А			
Розподільний пункт ПР-1							
1	Зварювальний перетворювач	22,0	66.8	334,0	ВА57-35	80,0	800,0
2	Зварювальний напівавтомат	18,0	54.7	273.5	ВА57-35	63,0	500,0
3	Вентиляційна установка	9,0	17,0	85,0	ВА57-35	25,0	160,0
22-26	Зливкообдирні верстати	6.5	19.7	98.5	ВА57-35	25,0	160,0
Розподільний пункт ПР-2							
17,21	Кондиціонери	12,0	22.8	114,0	ВА57-35	25,0	250,0
18-20	Електропечі опору	75,0	120,0	600,0	ВА57-35	125,0	800,0
Розподільний пункт ПР-3							
29	Кран-балка ПВ = 40%	8,0	24.3	121.5	ВА57-35	31.5	320,0
41	Вентиляційна установка	9,0	27.4	137,0	ВА57-35	31.5	320,0
42,43	Зварювальні трансформатори	32,0	97.3	486.5	ВА57-35	100,0	1000,0
Розподільний пункт ПР-4							
30,34	Конвеєри стрічкові	3,0	6.1	30.5	ВА57-35	16,0	80,0
31-33	Обдирно-шліфувальні верстати	4,0	12.2	61,0	ВА57-35	16,0	125,0
37-39	Свердлильні верстати	2.2	6.7	33.5	ВА57-35	16,0	80,0
40	Зварювальний стенд	8.7	22,0	110,0	ВА57-35	25,0	200,0
45	Електроталь ПВ = 25%	3.5	10.6	53,0	ВА57-35	16,0	80,0
44,46	Кондиціонери	12,0	22.8	114,0	ВА57-35	25,0	200,0
Розподільний пункт ПР-5							
4	Зварювальний перетворювач	22,0	66.8	334,0	ВА57-35	80,0	800,0
5-7	Зварювальні випрямлячі	12.2	30.9	154.5	ВА57-35	31.5	320,0
8,10	Токарні верстати імпульсного наплавлення	10.5	31.9	159.5	ВА57-35	40,0	250,0
9	Вентиляційна установка	9,0	17,0	85,0	ВА57-35	25,0	160,0
Розподільний пункт ПР-6							
11,12, 14,15	Зварювальні агрегати	8.1	20.5	102.5	ВА57-35	25,0	250,0
13,16	Вентиляційні установки	9,0	17,0	85,0	ВА57-35	25,0	160,0
27,35	Свердлильні верстати	2.2	6.7	33.5	ВА57-35	16,0	80,0
28	Зливкообдирні верстати	6.5	19.7	98.5	ВА57-35	25,0	160,0
36	Обдирно-шліфувальні верстати	4,0	12.2	61,0	ВА57-35	16,0	125,0

За даними табл. 2.10 приймемо типи розподільчих шаф. Результати зведені у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 - Розподільні пункти цеху

№ шафи	Тип шафи	Число відходящих ліній
РП-1	ПР8503	8
РП-2	ПР8503	6
РП-3	ПР8503	4
РП-4	ПР8503	12
РП-5	ПР8503	8
РП-6	ПР8503	10
ГРП-5	ПР8503	8

Вибір АВ:

$$1) I_{н.розч} \geq I_{дл};$$

$$2) I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{кр}.$$

де $I_{н.розч}$ – номінальний струм розчіплювача автомата;

$I_{дл}$ - струм, що тривало протікає в лінії;

$I_{кз}$ - уставка по струму спрацьовування розчіплювача у зоні короткого замикання.

Приклад вибору АВ для захисту РП – 1:

Короткочасний струм лінії $I_{кр}$ дорівнює $I_{нік}$, який визначаємо за формулою:

$$I_{нік} = I_{пуск.макс} + (I_p - I_{ном.м} \cdot K_{\epsilon}),$$

Отримуємо

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_p - I_{\text{ном.м}} \cdot K_{\epsilon}) = 334 + (87,6 - 0,5 \cdot 66,8) = 388,2 \text{ А.}$$

Умови вибору автоматичного вимикача:

$$I_{\text{н.розч}} \geq I_{\text{дл}}, \text{ А}$$

$$100 \geq 87,6$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}} = 1,25 \cdot 388,2 = 485,25 \text{ А.}$$

За [20] приймаємо АВ типу ВА57–35 з $I_{\text{н.розч}} = 100 \text{ А}$.

Уставка струму спрацьовування розчіплювача в зоні КЗ $I_{\text{кз}} = 500 \text{ А}$.

Результати наведено у табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Апарати захисту для силових розподільчих шаф

№ шафи	$I_{\text{ТЛ}}$	$I_{\text{кр}}$	$1,25 I_{\text{кр}}$	Тип автоматичного вимикача	$I_{\text{н.розч}}$	$I_{\text{кз}}$
	А	А	А		А	А
РП-1	87.6	388.2	485.5	ВА57–35	100,0	500,0
РП-2	277.9	763.9	954.9	ВА57–39	320,0	1000,0
РП-3	95.5	533.35	666.7	ВА57–35	100,0	1000,0
РП-4	51.7	147.5	184.4	ВА57–35	63,0	500,0
РП-5	91.6	392.2	490.25	ВА57–35	100,0	500,0
РП-6	61.2	153.45	191.8	ВА57–35	100,0	500,0
ЩО	27.95	139.75	174.7	ВА57–35	31.5	320,0

Вибір ввідного автомата на підстанції ГПП:

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{р.цеху}} \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{391 \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 782 \text{ А;}$$

$$I_{\text{пик}}^{\text{ПС}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_{\text{ном.тр}} - K_{\epsilon} \cdot I_{\text{ном.м}}) = 600 + (782 - 0,95 \cdot 120) = 1268 \text{ А;}$$

$$I_{\text{кз}} = 1,25 \cdot I_{\text{пик}}^{\text{ПС}} = 1,25 \cdot 1268 = 1585.$$

Приймаємо автоматичний вимикач типу ВА88-43 з номінальним струмом розчіплювача $I_{н.розч} = 1000 \text{ А}$.

Уставка струму спрацьовування розчеплювача в зоні КЗ

$$I_{кз} = 2 \cdot I_{ном.розч} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ А}.$$

2.10. Вибір перерізів ліній мережі живлення цеху

Вибір перерізів провідників мережі цеху будемо проводити з умов допустимого навантаження і допустимої втрати напруги.

Вибір перерізу провідника за умовою допустимого нагріву при тривалому перебігу розрахункового струму навантаження I_m визначається за умови:

$$I_{дон} \geq \frac{I_m}{k_{прокл}}.$$

Крім того, переріз провідника має бути узгоджений з апаратом захисту цього провідника за умовою:

$$I_{дон} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{прокл}},$$

де I_3 - номінальний струм або струм уставки спрацьовування захисного апарату.

Перевірка вибраного перерізу провідника за допустимою втратою напруги виконується з умови:

$$\Delta U_{p\%} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_n^2} \leq \Delta U_{дон\%} = 5\%,$$

де $\Delta U_{дон\%}$ – допустима втрата напруги.

Результати розрахунку перерізів мережі живлення цеху наведені в табл. 2.11.

Приклад розрахунків для лінії ГРП-РП1:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{k_{\text{прокл}}} = \frac{87,6}{1} = 87,6 \text{ А},$$

де $k_{\text{прокл}} = 1$ за способу прокладання кабелю каналами.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{k_3 \cdot I_3}{k_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 100}{1} = 100 \text{ А},$$

де $I_3 = I_{\text{ном.розч}} = 100 \text{ А}$, $k_3 = 1$.

По [20] вибираємо кабель марки АБВГ 4х35: $I_{\text{доп}} = 101 \text{ А}$.

Перевіряємо обраний переріз за умовами допустимої втрати напруги:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \frac{P \cdot l \cdot r_0 + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot 0,4^2} = \frac{41,85 \cdot 0,012 \cdot 0,894 + 39,7 \cdot 0,088 \cdot 0,012}{10 \cdot 0,4^2} = 0,3 \text{ \%}.$$

Таким чином, умова допустимої втрати напруги виконується. Остаточного прийнятий перетин та марка кабелю – АБВГ 4х35мм².

Таблиця 2.11 – Вибір перерізів ліній мережі живлення цеху

№ п/п	Призначення ділянки (лінії)	Розрахункове навантаження	Розрахунковий струм $I_{\text{р}}$, А	Довжина лінії l , км	Спосіб прокладання	Коефіцієнт прокладки K	Марка кабелю	Перетин, вибраний з умови	Допустимий тривалий
1.	РП-1	57.68	87.6	0.012	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х35)	101,0
2.	РП-2	182.9	277.9	0.025	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х185)	291,0
3.	РП-3	62.85	95.5	0.030	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х35)	101,0
4.	РП-4	34,0	51.7	0.046	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х25)	82,0
5.	РП-5	60.3	91.6	0.015	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х35)	101,0
6.	РП-6	40.24	61.2	0.053	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х35)	101,0
7.	ЩО		27.95	0.006	У каналі	1,0	АБВГ	1(4х6)	34,0

2.11. Вибір перерізів розподільної мережі цеху

Перерізи провідників для електроприймачів:

$$1); I_{доп} \geq \frac{I_{ном}}{k_{прокл}};$$

$$2) I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}}.$$

$$k_{прокл} = 1.$$

Номінальні струми електроприймачів наведено у таблиці.

Приклад розрахунків для відгалуження до зварювального трансформатора (РП-1):

$$I_{доп} \geq \frac{I_{ном}}{k_{прокл}} \Rightarrow 82 \geq \frac{66,8}{1}; 82 \geq 66,8; I_{доп} \geq \frac{k_z \cdot I_z}{k_{прокл}} \Rightarrow 82 \geq \frac{1 \cdot 80}{1}; 82 \geq 80 \text{ А.}$$

$$\text{де } I_z = I_{ном.розч} = 80 \text{ А}, k_z = 1.$$

За [20] вибираємо провід марки АБВГ - 1 (4х25): $I_{доп} = 82 \text{ А.}$

Таблиця 2.12 - Вибір перерізу провідників та захисних апаратів

№ за планом цеху	Найменування виробничого механізму	P _{ном} кВт	I _{ном} А	I _{пуск} А	Тип вимикача	I _{т.розр}	I _{доп}	Марка КЛ
Розподільний пункт РП-1								
1	Зварювальний перетворювач	22,0	66.8	334,0	ВА57-35	80,0	82,0	АБВГ 1(4х25)
2	Зварювальний напіваавтомат	18,0	54.7	273.5	ВА57-35	63,0	82,0	АБВГ 1(4х25)
3	Вентиляційна установка	9,0	17,0	85,0	ВА57-35	25,0	27,0	АБВГ 1(4х4)
22-26	Зливкообдирні верстати	6.5	19.7	98.5	ВА57-35	25,0	27,0	АБВГ 1(4х4)

Розподільний пункт РП-2								
17,21	Кондиціонери	12,0	22.8	114,0	ВА57-35	25,0	27,0	АБВГ 1(4х4)
18-20	Електропечі опору	75,0	120,0	600,0	ВА57-35	125,0	126,0	АБВГ 1(4х50)

Продовження таблиці 2.12

Розподільний пункт РП-3								
29	Кран-балка ПВ = 40%	8,0	24.3	121.5	BA57-35	31.5	34,0	ABBГ 1(4x6)
41	Вентиляційна установка	9,0	27.4	137,0	BA57-35	31.5	34,0	ABBГ 1(4x6)
42,43	Зварювальні трансформатори	32,0	97.3	486.5	BA57-35	100,0	101,0	ABBГ 1(4x35)
Розподільний пункт РП-4								
30,34	Конвеєри стрічкові	3,0	6.1	30.5	BA57-35	16,0	20,0	ABBГ 1(4x2,5)
31-33	Обдирно-шліфувальні верстати	4,0	12.2	61,0	BA57-35	16,0	20,0	ABBГ 1(4x2,5)
37-39	Свердлильні верстати	2.2	67	33.5	BA57-35	16,0	20,0	ABBГ 1(4x2,5)
40	Зварювальний стенд	8.7	22,0	110,0	BA57-35	25,0	27,0	ABBГ 1(4x4)
45	Електроталь ПВ = 25%	3.5	10.6	53,0	BA57-35	16,0	20,0	ABBГ 1(4x2,5)
44,46	Кондиціонери	12,0	22.8	114,0	BA57-35	25,0	27,0	ABBГ 1(4x2,5)
Розподільний пункт РП-5								
4	Зварювальний перетворювач	22,0	66.8	334,0	BA57-35	80,0	82,0	ABBГ 1(4x25)
5-7	Зварювальні випрямлячі	12.2	30.9	154.5	BA57-35	31.5	34,0	ABBГ 1(4x6)
8,10	Токарні верстати імпульсного напівпрямлення	10.5	31.9	159.5	BA57-35	40,0	47,0	ABBГ 1(4x10)
9	Вентиляційна установка	9,0	17,0	85,0	BA57-35	25,0	27,0	ABBГ 1(4x4)
Розподільний пункт РП-6								
11,12, 14,15	Зварювальні агрегати	8.1	20.5	102.5	BA57-35	25,0	27,0	ABBГ 1(4x4)
13,16	Вентиляційні установки	9,0	17,0	85,0	BA57-35	25,0	27,0	ABBГ 1(4x4)
27,35	Свердлильні верстати	2.2	6.7	33.5	BA57-35	16,0	20,0	ABBГ 1(4x2,5)
28	Зливкообдирні верстати	6.5	19.7	98.5	BA57-35	25,0	27,0	ABBГ 1(4x4)
36	Обдирно-шліфувальні верстати	4,0	12.2	61,0	BA57-35	16,0	20,0	ABBГ 1(4x2,5)

2.12 Висновки до розділу

1. Визначено розрахункове навантаження зварювального цеху, яке становить 391 кВА. Визначено повне загальне навантаження підприємства, яке становить 964 кВА.
2. Визначено потужність компенсуючого пристрою, яке становить 499 кВАр. В результаті перерахунку повна розрахункова потужність підприємства становить 829 кВА.
3. Визначено центр електричних навантажень підприємства. Координати відповідно становлять: $x_0 = 70$ м, $y_0 = 83$ м. Запропоновано генплан підприємства з картограмою навантажень та центром електричних навантажень.
4. Вибрано два силові трансформатори потужність 1000 кВА (*ТМГ* – 1000/10). Запропоновано генеральний план із розміщенням КТП та розподілом розподільчих пунктів по цехах.
5. Запропонована схема зовнішнього електропостачання цеху. Живлення ГПП здійснюється повітряними лініями.
6. Запропонована схема внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ. Розподільна мережа 0,4 кВ по території підприємства виконується чотирижильними кабелями з алюмінієвими жилами та ізоляцією зі зшитого поліетилену. Проведено вибір перерізів кабельних ліній.
7. Проведено розподіл електроприймачів. Намічено радіальну схему мережі живлення цеху. Спосіб прокладки мережі цеху (від ГРП-5 до пунктів живлення) - в каналах. Запропонована схема мережі живлення та розподільної мережі цеху.
8. Проведено визначення навантаження пунктів живлення цеху.
9. Проведено вибір електричних апаратів та струмопровідних частин у мережі до 1000 В
10. Проведено вибір перерізів ліній мережі живлення цеху, вибір перерізів розподільної мережі цеху.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок струмів КЗ у електричній мережі до 1 кВ.

Розрахунки здійснюємо для ділянок цехової електричної мережі від ГПП до потужного електроприймача цеху (№20).

Розрахунок в електричній мережі до 1 кВ має такі особливості:

- приймаємо $S_c \geq 50S_{н.тр.}$, тобто напруга вважається незмінною при короткому замиканні у електричній мережі до 1кВ ;
- при розрахунку враховуються активні та реактивні опори до т. КЗ усіх елементів електричної мережі: трансформатора, опір струмової котушки автоматичного вимикача та перехідний опір контактів, опір первинної обмотки ТС, опір проводів та кабелів;
- розрахунок ведеться в відносних одиницях, напруга приймається на 5% вище за номінальну напругу електричної мережі. Приймаємо $U_c = 400В$.

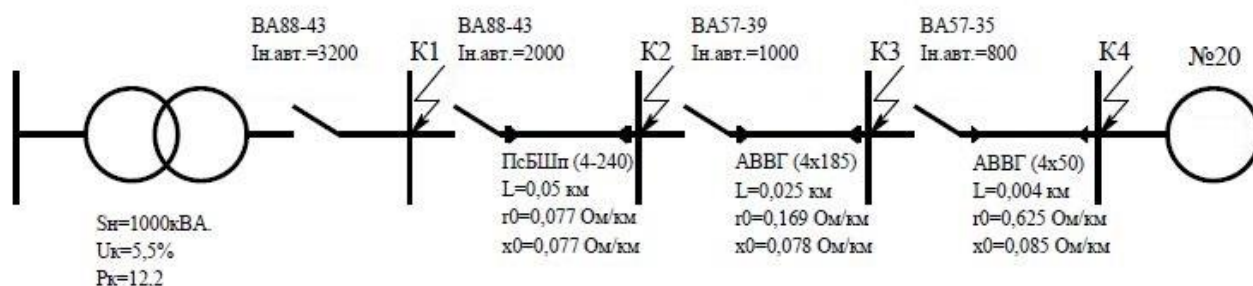


Рисунок 3.1 – Схема для розрахунку струмів КЗ в електричній мережі до 1 кВ.

3.1.1 Розрахунок для точки К1

Активний опір трансформатора:

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_c^2}{S_{н.тр}^2} = \frac{12,2 \cdot 400^2}{1000^2} = 1,95 \text{ МОм}.$$

Реактивний опір трансформатора:

$$X_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_k \%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_{н.тр}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{н.тр}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1000}\right)^2} \cdot \frac{400^2}{1000} = 8,58 \text{ МОм}.$$

Сумарний повний опір до т. К3:

$$Z_{k1} = \sqrt{(R_{mp})^2 + (X_{mp})^2} = \sqrt{(1,95)^2 + (8,58)^2} = 8,8 \text{ МОм}.$$

Діюче значення струму:

$$I_{k1} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8,8} = 26,24 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y^{k1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 26,24 = 38,15 \text{ кА}.$$

3.1.2 Розрахунок для точки К2

$$R_{кл} = r_0 \cdot l = 0,077 \cdot 0,050 \cdot 10^3 = 3,85 \text{ мОм};$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l = 0,077 \cdot 0,050 \cdot 10^3 = 3,85 \text{ мОм}.$$

Опір котушок максимального струму автомата:

$$R_{кот} = 0,1 \text{ мОм};$$

$$X_{кот} = 0,1 \text{ мОм}.$$

Перехідний опір контактів:

$$R_{конт} = 0,15 \text{ мОм}.$$

Сумарний повний опір до т. К3:

$$R_{k2} = R_{mp} + R_{кл} + R_{кот} + R_{конт} = 1,95 + 3,85 + 0,1 + 0,15 = 6,05 \text{ мОм};$$

$$X_{k2} = X_{mp} + X_{кл} + X_{кот} = 8,58 + 3,85 + 0,1 = 12,53 \text{ мОм}.$$

Сумарний повний опір до т. К2:

$$Z_{k2} = \sqrt{R_{k2}^2 + X_{k2}^2} = \sqrt{6,05^2 + 12,53^2} = 13,9 \text{ мОм}.$$

Діюче значення струму:

$$I_{k2} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{k2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 13,9} = 16,61 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y^{k2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,61 = 23,49 \text{ кА}.$$

3.1.3 Розрахунок для точки КЗ

$$R_{кл} = r_0 \cdot l = 0,169 \cdot 0,025 \cdot 10^3 = 4,22 \text{ мОм};$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l = 0,078 \cdot 0,025 \cdot 10^3 = 1,95 \text{ мОм}.$$

Опір котушок максимального струму автомата:

$$R_{кот} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$X_{кот} = 0,3 \text{ мОм}.$$

Перехідний опір контактів:

$$R_{конт} = 0,5 \text{ мОм}.$$

Сумарний повний опір до т. КЗ:

$$R_{k3} = R_{k2} + R_{кл} + R_{кот} + R_{конт} = 6,05 + 4,22 + 0,25 + 0,5 = 11,02 \text{ мОм};$$

$$X_{k3} = X_{k2} + X_{кл} + X_{кот} = 12,53 + 1,95 + 0,3 = 14,78 \text{ мОм}.$$

Сумарний повний опір до т. КЗ:

$$Z_{k3} = \sqrt{R_{k3}^2 + X_{k3}^2} = \sqrt{11,02^2 + 14,72^2} = 18,4 \text{ мОм}.$$

Діюче значення струму:

$$I_{k3} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18,4} = 12,55 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y^{k3} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,55 = 17,75 \text{ кА},$$

3.1.4 Розрахунок струмів КЗ для точки К4

$$R_{кл} = r_0 \cdot l = 0,625 \cdot 0,004 \cdot 10^3 = 2,5 \text{ мОм};$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l = 0,085 \cdot 0,004 \cdot 10^3 = 0,34 \text{ мОм}.$$

Опір котушок максимального струму автомата:

$$R_{кот} = 1 \text{ мОм};$$

$$X_{кот} = 0,95 \text{ мОм}.$$

Перехідний опір контактів:

$$R_{конт} = 0,7 \text{ мОм}.$$

Сумарний повний опір до т. КЗ:

$$R_{k4} = R_{k3} + R_{кл} + R_{кот} + R_{конт} = 11,02 + 2,5 + 1 + 0,7 = 15,22 \text{ мОм};$$

$$X_{k4} = X_{k3} + X_{кл} + X_{кот} = 14,78 + 0,34 + 0,95 = 16,1 \text{ мОм}.$$

Сумарний повний опір до т. КЗ:

$$Z_{k4} = \sqrt{R_{k4}^2 + X_{k4}^2} = \sqrt{15,22^2 + 16,1^2} = 22,15 \text{ мОм}.$$

Діюче значення струму:

$$I_{k4} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_{k4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 22,15} = 10,43 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y^{k4} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k4} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,43 = 14,75 \text{ кА},$$

3.2. Побудова карти селективності дії апаратів захисту для ділянки цехової мережі

Карту селективності будуюмо для ділянки цехової мережі від ввідного автомата на підстанції ГПП до найпотужнішого електроприймача (електропечі).

Дані побудови карти селективності представлені в табл. 3.1 та у табл. 3.2.

Таблиця 3.1 - Дані для побудови карти селективності

	Електроприймач: Електропіч №20	ШР-2	ГРЩ- 5	Підстанція ТП	Значення струму короткого замикання у відповідних точках, кА			
					т.1	т.2	т.3	т.4
Розрахунковий струм, А		227,90	782,0	1352,0	26.24	16.61	12.55	10.43
Піковий струм, А		763,90	1268,0	1838,0				
Номінальний струм, А	120,0							
Пусковий струм, А	600,0							

Таблиця 3.2 – Дані для побудови карти селективності

Назва апарату захисту	Номінальний струм розчеплювача, А	Номінальний струм спрацьовування вставки у зоні КЗ, А
ВА88-43 (ГРЩ5)	1000,0	2000,0
ВА57-39 (ШР2)	320,0	1000,0
ВА51-35 (ЕП)	125,0	800,0

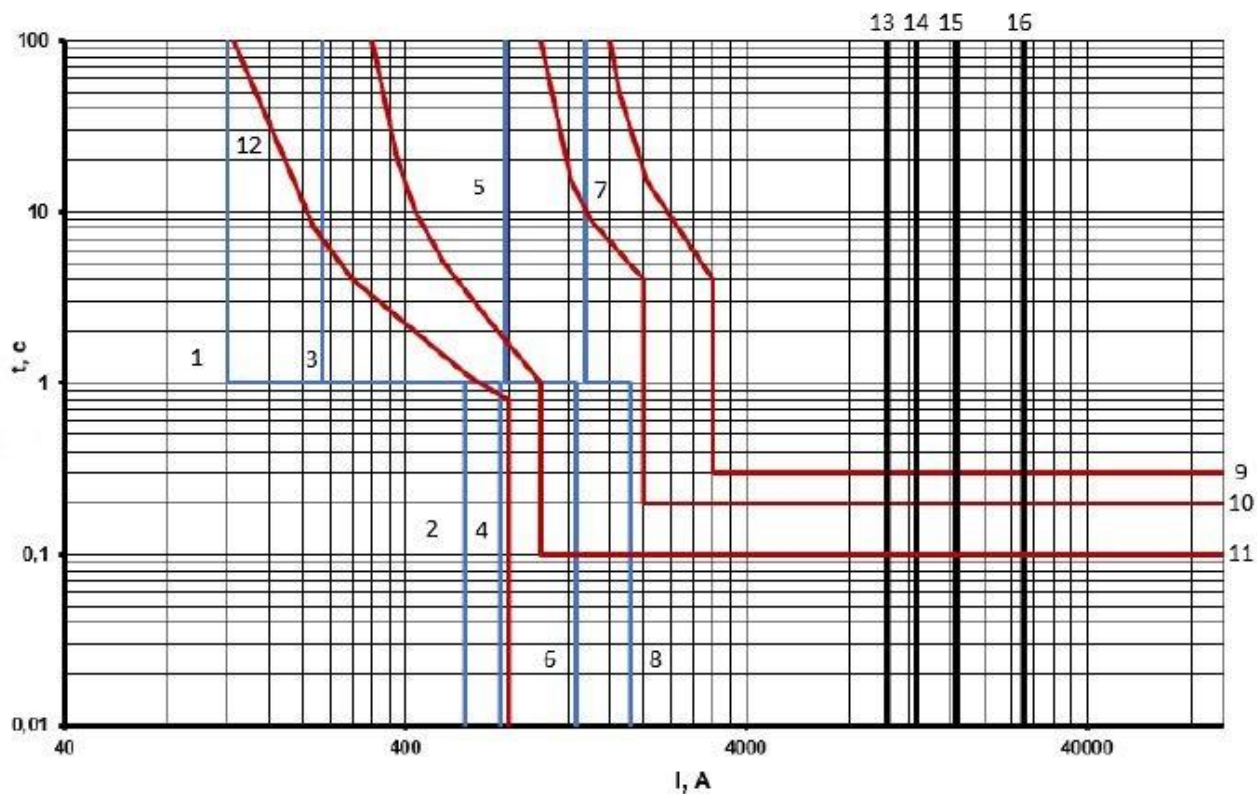


Рисунок 3.2 - Картка селективності дії захисту в установках до 1000 В.

Позначення на карті селективності:

- 1 – номінальний струм ЕП;
- 2 – пусковий струм ЕП;
- 3 – розрахунковий струм РП-2; захисна характеристика автоматичного вимикача ВА57-35;
- 4 - піковий струм РП-2; розрахунковий струм силової розподільної шафи;
- 5 - розрахунковий струм ГРП-5; піковий струм силової розподільної шафи;
- 6 - піковий струм ГРП-5; захисна характеристика автоматичного вимикача ВА51-29;
- 7 – розрахунковий струм підстанції ГПП;
- 8 - піковий струм ГПП;
- 9 – захисна характеристика автоматичного вимикача ВА88-43;
- 10 - захисна характеристика автоматичного вимикача ВА88-43;

- 11 - захисна характеристика автоматичного вимикача ВА57-39;
- 12 - захисна характеристика автоматичного вимикача ВА57-35;
- 13, 14, 15, 16 – значення струмів короткого замикання у точках К4, К3, К2 та К1 відповідно.

3.3 Висновки до розділу

1. Проведено розрахунок струмів КЗ у електричній мережі до 1 кВ – для точок К1-К4.
2. Побудована карта селективності дії апаратів захисту для ділянки цехової мережі (в установках до 1000 В).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи щодо ТБ при монтажі електроустаткування цеху

Методи і способи безпечного виробництва електромонтажних і пусконаладжувальних робіт визначаються в ППР, які розробляють для кожного об'єкту.

На всі види електромонтажних і пусконаладжувальних робіт розробляють і затверджують в установленому порядку інструкції по безпечних методах праці. Це відноситься і до робіт в умовах виробництва не передбаченим правилами або діючими інструкціями.

Всі особи, що беруть участь в електромонтажному і налагоджувальному виробництві вимоги, що порушили правила техніки безпеки, несуть персональну відповідальність в залежності від ступеня і характеру порушення в дисциплінарному, адміністративному або кримінальному порядку. Знаходження посторонніх осіб, а також працівників в нетверезому стані на території монтажного майданчика, виробничих, санітарно-побутових приміщеннях і на робочих місцях забороняється. Електромонтажному і налагоджувальному персоналу незалежно від розряду, кваліфікації і групи по електробезпеці забороняється проводити будь-які роботи, що відносяться до експлуатації електроустановок на будівельному майданчику. Підключення (і відключення) кабелів і проводів до цих електроустановок вирішується тільки після спеціального допуску з боку персоналу, який обслуговує ці установки, відповідно до вказівок.

Дроти і кабелі, прокладені на висоті менш 2,5 м мають бути захищені від механічних пошкоджень. При монтажі електричних мереж і апаратів приймаються заходи, що виключають випадкову подачу на них напруги, зокрема шляхом зворотної трансформації напруги.

У електромонтажній і пусконаладжувальній організаціях призначається особа, відповідальна за електрогосподарство, зобов'язана забезпечити його безпечну експлуатацію відповідно до ПТЕ і ПТБ. Цей фахівець повинен мати групу по електробезпеці не нижче IV в електроустановках напругою вище 1000 В.

Розпаковування і розконсервовування устаткування, яке підлягає монтажу, необхідно проводитися в зоні, вказаній в ППР, на стелажах або підкладках заввишки не менше 100 мм. Великогабаритні деталі апаратів, машин і механізмів на міжповерхових перекриттях необхідно розміщувати в строгій відповідності з вказівками ППР. Звільняти вантажно-піднімачі, які утримують монтажне устаткування, можна лише після установки прокладок і остаточного закріплення устаткування на опорах і фундаментах. Закріплення підйомних пристосувань до будівельних конструкцій вирішується в місцях, вказаних в ППР і узгоджених з будівельною організацією. Закріплення устаткування і його окремих елементів тимчасовими дротяними підвісками, болтами меншого, ніж потрібний, діаметру, а також іншими випадковими кріпильними матеріалами забороняється.

При установці і фіксації контрольними шпильками кришок підшипникових і лобових щитів електричних машин перевіряти збіг отворів пальцями забороняється. Слід остерігатися потрапляння пальців в місця роз'єму щита. Визначати збіг отворів частин машин, що сполучаються, можна тільки з допомогою монтажних пристосувань. Розвантаження і транспортування до місця монтажу трансформаторів слід проводити по спеціально розробленому ППР.

До роботи на електромережах і електроустановках допускаються особи, що мають посвідчення про присвоєння ним відповідної кваліфікаційної групи по електробезпеці. Посвідчення видається після складання іспиту на знання "Правил експлуатації електроустановок споживачів", "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів", "Єдиних правил безпеки при розробці корисних копалини відкритим способом" і інструкцій стосовно

професії або посади. Особи, що працюють на контактних мережах кар'єрів, додатково повинні скласти іспит по "Правилах техніки безпеки і виробничої санітарії при експлуатації контактної мережі електрифікованих залізниць, пристроїв електропостачання, автоблокування".

Особи, обслуговуючі електроустановки, при виконанні робіт повинні мати при собі посвідчення про присвоєння кваліфікаційної групи. Особам, яким дозволено виконання спеціальних робіт (роботи верхолазів, роботи під напругою, випробування устаткування підвищеною напругою і т.п.), повинні мати про це запис в посвідченні. Перелік спеціальних робіт з урахуванням місцевих умов має бути затверджений керівництвом підприємства.

Оперативні перемикання, технічне обслуговування і ремонт електроустановок кар'єрів проводить електротехнічний персонал: оперативний, оперативно-ремонтний і ремонтний. До оперативного персоналу відносяться чергові підстанцій і розподільчих пристроїв. Оперативний персонал безпосередньо підкоряється енергетикові зміни (енергодиспетчерові) кар'єру (копальні) або іншій особі з керівних працівників і фахівців енергослужби. Енергетиками зміни (енергодиспетчерами) мають бути особи, що мають спеціальну вищу або середню технічну освіту і кваліфікаційну групу V.

До оперативно-ремонтного персоналу відносяться:

- електротехнічний персонал гірських ділянок, який виконує обслуговування і ремонт електроустановок і мереж ділянки і допущений до проведення оперативних перемикань в межах обслуговування;
- чергові електрики і енергетики зміни (енергодиспетчери);
- електротехнічний персонал, підлеглий безпосередньо відповідальному за електрогосподарство кар'єру (копальні);
- персонал, що входить до складу екіпажів електрифікованих гірничо-транспортних машин і комплексів (машиністи, помічники машиністів і електрики, що мають відповідні кваліфікаційні групи). Машиністи, помічники машиністів гірських машин (комплексів) мають право проводити електротехнічні роботи в об'ємі, встановленому відповідно до ДНАОП 1.2.90-

1.01-94 "Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом".

До ремонтного персоналу відноситься електротехнічний персонал кар'єру (копальні), ділянки, який виконує ремонт (монтаж, наладку і випробування) електроустаткування гірських машин, механізмів і електричних мереж.

Організаційні і технічні заходи при експлуатації електроустановок кар'єру виконуються в строгій відповідності з "Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів".

Роботи в електроустановках проводяться по наряду-допуску, розпорядженню, порядку поточної експлуатації. Наряд-допуск – це завдання на безпечне виконання роботи, оформлене на спеціальному бланку встановленої форми і включає: зміст, місце роботи, час її початку і закінчення, умови безпечного проведення, склад бригади і осіб, відповідальних за безпеку при виконанні роботи.

Розпорядження - це завдання на виконання роботи, включає її зміст, місце, час, заходи безпеки (якщо вони потрібні) і осіб, яким доручено її виконання. Розпорядження може бути передане безпосередньо або за допомогою засобів зв'язку з подальшим записом в оперативному журналі. Розпорядження має разовий характер. Термін його дії залежить від тривалості робочого дня виконавців.

Поточна експлуатація - це проведення оперативним (оперативно-ремонтним) персоналом самостійно, на закріпленій за ним ділянці протягом однієї зміни, робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації.

Право видачі нарядів-допусків і розпоряджень надається особам електротехнічного персоналу підприємства, уповноваженим на це розпорядження особи, відповідальної за електрогосподарство підприємства, підрозділи. Вказані особи повинні мати кваліфікаційну групу V (в установках напругою до 1000 В - не нижче IV).

Право давати розпорядження на виконання ряду робіт, перелік яких визначається особою, відповідальною за електрогосподарство підприємства,

надається також особам оперативного і оперативно-ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче IV.

Список осіб, які можуть призначатися відповідальними керівниками і відповідальними за виконання робіт по нарядах-допусках і розпорядженнях, а також що спостерігають за виконанням робіт, затверджується відповідальним за електрогосподарство підприємства, підрозділи.

При виконанні робіт по наряді-допуску або розпорядженню із записом в оперативному журналі обов'язку того, хто допускає виконують:

- на екскаваторі - машиніст екскаватора або спеціально призначена особа;
- у розподільних пристроях і пересувних трансформаторних підстанціях - особа оперативного і оперативно-ремонтного персоналу або особа, спеціально на це уповноважена, з кваліфікаційною групою не нижче IV;
- на перемикаючих пунктах і комплектних трансформаторних підстанціях, до яких підключені екскаватори, бурові верстати - машиністи цих гірських машин з кваліфікаційною групою не нижче IV або особи оперативного або оперативно-ремонтного персоналу з їх повідомленням.

4.2 Організація роботи з охорони праці на підприємстві і на робочому місці

У відповідності до Закону України «Про охорону праці» державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на дані цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового експерта з охорони праці.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не дотримується умов колективного договору з цих питань. У цьому разі працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за згодою працівника на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

На час зупинення експлуатації підприємства, цеху, ділянки, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці чи службою охорони праці за працівником зберігаються місце роботи, а також середній заробіток.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено розрахункове навантаження зварювального цеху, яке становить 391 кВА. Визначено повне загальне навантаження підприємства, яке становить 964 кВА.
2. Визначено потужність компенсуючого пристрою, яке становить 499 кВАр. В результаті перерахунку повна розрахункова потужність підприємства становить 829 кВА.
3. Визначено центр електричних навантажень підприємства. Координати відповідно становлять: $x_0 = 70$ м, $y_0 = 83$ м. Запропоновано генплан підприємства з картограмою навантажень та центром електричних навантажень.
4. Вибрано два силові трансформатори потужність 1000 кВА (*ТМГ* – 1000/10). Запропоновано генеральний план із розміщенням КТП та розподілом розподільчих пунктів по цехах.
5. Запропонована схема зовнішнього електропостачання цеху. Живлення ГПП здійснюється повітряними лініями.
6. Запропонована схема внутрішньозаводської мережі 0,4 кВ. Розподільна мережа 0,4 кВ по території підприємства виконується чотирижильними кабелями з алюмінієвими жилами та ізоляцією зі зшитого поліетилену. Проведено вибір перерізів кабельних ліній.
7. Проведено розподіл електроприймачів. Намічено радіальну схему мережі живлення цеху. Спосіб прокладки мережі цеху (від ГРП-5 до пунктів живлення) - в каналах. Запропонована схема мережі живлення та розподільної мережі цеху.
8. Проведено визначення навантаження пунктів живлення цеху.
9. Проведено вибір електричних апаратів та струмопровідних частин у мережі до 1000 В
10. Проведено вибір перерізів ліній мережі живлення цеху, вибір перерізів розподільної мережі цеху.
11. Проведено розрахунок струмів КЗ у електричній мережі до 1 кВ – для точок К1-К4.
12. Побудована карта селективності дії апаратів захисту для ділянки цехової мережі (в установках до 1000 В).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розрахунок електричного навантажень / Іван Михайлович Сисак, О. Й. Іваніга, С. В. Любка, Ю. І. Джуган // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 242. — (Електротехніка та енергозбереження).
2. Підвищення технічної надійності підстанції / А. Л. Стефанюк, А. А. Гуменюк, А. З. Стасів, І. М. Сисак // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 267–268. — (Електротехніка та енергозбереження).
3. Сисак І. М. Забезпечення надійності системи електропостачання деревообробного цеху / Іван Михайлович Сисак, С. В. Корюков // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 237–238. — (Електротехніка та енергозбереження).
4. Підвищення надійності та пропускної здатності трансформаторних підстанцій / В. О. Купчик, Т. Т. Сердюк, Г. І. Головачук, Р. Б. Волосинецький, Л. Т. Мовчан, І. М. Сисак // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 80–81. — (Електротехніка та енергозбереження).
5. Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів / Є. В. Бацюра, Р. І. Шинькар, А. Р. Ухін, П. Б. Костецький, С. В. Осадчук, Іван Михайлович Сисак // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 24-25 листопада 2021 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — Том II. — С. 9–10. — (Електротехніка та енерго-збереження).
6. Романишен О. В. Підвищення надійності системи електропостачання / О. В. Романишен, Д. Р. Клименко, І. М. Сисак // Збірник

тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 128. — (Електротехніка та енергозбереження).

7. Підвищення надійності системи електропостачання промислових підприємств / М. В. Ткач, І. М. Сисак, В. В. Миколишин, Т. Т. Сердюк // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 125. — (Електротехніка та енергозбереження).

8. Сисак І. М. Дослідження та вибір заходів підвищення надійності системи електропостачання трансформаторної підстанції 35/10 кВ / І. М. Сисак, О. І. Скакун // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року. — Т. : ТНТУ, 2016. — Том II. — С. 192. — (Електротехніка та енергозбереження).

9. Белякова І. В. Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі / Ірина Володимирівна Белякова, Іван Михайлович Сисак, О. Т. Поважний // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 243. — (Електротехніка та енергозбереження).

10. Creation and substantiation of the matrix for model series of tubular propeller turbines for small hydropower plants / Myroslav Zin; Vadym Koval; Mykola Tarasenko; Ivan Sysak // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 109. — No 1. — P. 24–31.

11. Orobchuk, Bogdan, Oleh Buniak, and Ivan Sysak. "DESIGN OF AN INTELLIGENT SYSTEM TO CONTROL EDUCATIONAL LABORATORY EQUIPMENT BASED ON A HYBRID MINI-POWER PLANT." Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 122.9 (2023).

12. Development of an educational laboratory stand at the base fast-acting automatic reserve input / Bogdan Orobchuk, Serhii Babiuk, Oleh Buniak, Ivan Sysak, Liubov Kostyk, Myroslav Nakonechniy, Yaroslav Filiuk // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 112. — No 4. — P. 12–25.

13. Bohdan Orobchuk, Oleh Buniak, Ivan Sysak, Serhii Babiuk, Ihor Bodnarchuk, Vadym Koval (2024) Development of Software for the Implementation of Automated Reserve Input Modes Operation. 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). Ternopil, Ukraine, June 12-14, Vol. 3742, Pages 316-336

14. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2

15. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с. ISBN 978-966-641-450-5

16. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

17. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.

18. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта ХХІ століття).

19. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

20. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України,. - К., 2017.

21. Вибір трансформаторів підстанцій за навантажувальною здатністю / Н. В. Бабанін, І. М. Сисак, А. В. Гапонюк, О. М. Максимчук // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 89. — (Електротехніка та енергозбереження).

22. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.

23. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

24. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.