

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра Електропостачання і електроменеджменту**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Балюта С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та технології
енергозбереження»

на тему: «Розробка системи електропостачання цеху індукційної термічної
обробки»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ 4-11

Діденко Олексій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Іващук Вяеслав Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____ (підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та технології енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“ ” _____ 2022року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Діденко Олексій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання цеху індукційної термічної обробки»

керівник роботи д.т.н., професор Івашук Вячеслав Вікторович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31.03.2022 року № 167-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06. 2022р.

3. Вихідні дані до роботи Призначення підприємства і його розміри., перелік споживачів і їх потужність. Розташування технологічного обладнання в цеху.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вибір силових трансформаторів цеху.
Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.
Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ.
Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план цеху.

2. Схема електропостачання цеху.

3. Схема освітлення цеху.

4. Релейний захист трансформатора.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доц.Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 31.03.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ т.№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	31.03.2022р	
2	Вступ	03.04.2022р	
3	Коротка характеристика електроприймачів заводу	08.04.2022р	
4	Розрахунок електричних навантажень термічного цеху.	23.04.2022р	
5	Вибір системи напруг та місця розташування ЦРП	28.11.2022р	
6	Вибір потужності трансформаторів цехових ТП	05.12.2022р	
7	Вибір потужності та типу конденсаторних установок	10.12.2022р	
8	Розрахунок струмів короткого замикання	15.12.2022р	
9	Розрахунок мережі електропостачання	20.12.2022р	
10	Вибір та розрахунок релейного захисту	25.12.2022р	
11	Розрахунок електричного навантаження цеху термічної обробки.	02.01.2022р	
12	Вибір автоматичних вимикачів.	06.01.2022р	
13	Електричне освітлення цеху.	10.01.2022р	
14	Спецпитання.	14.01.2022р	
15	Охорона праці	17.01.2022р	
16	Список літератури	20.01.2022р	
17	Здача дипломного проекту на перевірку	25.01.2022р	

Здобувач _____
(підпис)

Діденко О. В.

Керівник роботи _____
(підпис)

Іващук В. В.

Анотація

Тема дипломного проекту «Розробка системи електропостачання цеху індукційної термічної обробки»

Під час виконання дипломного проекту був проведений розрахунок силових навантажень цеху індукційної термічної обробки, вибір схеми та розрахунок мережі. Вибрано трансформатори в КТП (комплектну трансформаторну підстанцію), живлячі кабельні лінії (КЛ), конденсаторні установки, контактори. Для мережі цеху вибрано силові пункти з автоматичними вимикачами на відхідних лініях СПА 77, кабельні лінії для живлення силових пунктів, проведено розрахунок струмів короткого замикання (КЗ). Проведено розрахунок освітлювальної мережі цеху, вибрані світильники робочого та аварійного освітлення, шафи освітлення (ШО) та шафи аварійного освітлення (ШАО), автоматичні вимикачі. Був проведений розрахунок лінійних втрат електричної енергії.

У якості спеціального завдання були розглянуті умови та критичні параметри методу компенсації та експлуатація елементів енергопостачання цеху індукційної термічної обробки.

Розроблено розділ з охорони праці та техніки безпеки, вимоги до обслуговуючого персоналу та план заходів з експлуатації мереж цеху індукційної термічної обробки, загальні заходи щодо забезпечення електробезпеки персоналу, що не належить до спеціальних електротехнічних спеціалістів та забезпечує експлуатацію цеху індукційної термічної обробки, пожежну безпеку (порядок ліквідації пожежі цеху індукційної термічної обробки).

Зроблено висновки по кожному розділу.

Abstract

The topic of diploma project «Development system power supply shop of induction heat treatment»

During the implementation diploma project was conducted calculation power loads of the shop of induction heat treatment, choice of scheme and network calculation. Selected transformers in CTS (complete transformer substation), power cable lines (CL), capacitor installations, contactors. For the shop network selected power points with circuit breakers on the outgoing lines PPC 77, cable lines for power supply, conducted calculation of currents of short circuit (SC). Conducted calculation lighting network of the shop, selected luminaires for work and emergency lighting, lighting cabinets (LC) and emergency lighting cabinets (ELC), circuit breakers. The calculation of linear losses was performed.

As a special task conditions and critical parameters of the method of compensation and operation of power supply elements of the induction heat treatment shop were considered.

The section on labor protection and safety, requirements to service personnel and plan of measures on operation of networks of shop of induction heat treatment is developed, general measures to ensure the electrical safety of personnel who do not belong to special electrical specialists and ensure the operation of the induction heat treatment shop, fire safety (the procedure for extinguishing the fire of the induction heat treatment shop).

Conclusions are made on each section

Технічні умови проекту

Завданням дипломної роботи на ступінь бакалавра є розробка системи електропостачання цеху індукційної термічної обробки.

Табл.1 Дані технологічного обладнання

№	Технологічне обладнання	Кількість, шт	Потужність, кВт
1,2	Електротермічна піч	2	15
3,4	Електрозагартівна піч	2	5
5,6	Індукційна піч	2	62
7	Сушильна шафа	1	12
8,9	Кран-балка, ТВ=25%	2	22
10-13	Плавильна піч	4	54
14-17	Ливарна машина	4	18
18	Галтувальний барабан	1	11
19,20	Очисний барабан	2	9
21,22	Шліфувальний верстат	2	8
23,24	Вентилятор	2	13

Генеральний план для розробки проекту електропостачання розташований в додатку А.

Табл.2 Додаткові технічні вимоги

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Cu
Категорійність електроспоживачів	2

Розміри цеху : А x В x h = 160 м x 120 м x 6 м .

Вступ

Проектування промислових підприємств, у тому числі і ливарних цехів, здійснюють спеціальні проектні інститути.

Склад, зміст, послідовність розроблення, погодження і затвердження проектів та кошторисів, за якими будуть провадити будівництво нових і реконструкцію діючих ливарних цехів, регламентовані відповідними нормативними документами Державного комітету Кабінету Міністрів України зі справ будівництва (Держбуд України).

Головним завданням проектних організацій є створення такого виробництва литих заготовок, яке б на час введення його в експлуатацію було на рівні кращих світових досягнень у галузі ливарної науки.

Для виконання цього завдання проектувальники мають добре знати передові вітчизняні і зарубіжні досягнення в ливарному виробництві, мати в своєму розпорядженні повний комплект відомостей про науково-технічний прогноз розвитку машинобудування та інших галузей промисловості, в яких використовують литі заготовки.

Ливарне виробництво залишається основною заготівельною базою машинобудування, оскільки має суттєві переваги перед іншими способами виготовлення заготовок:

— можливість виготовлення дешевих литих деталей будь-якої конфігурації. Наприклад, яким би способом лиття не виготовляли корпус карбюратора двигуна внутрішнього згорання, він буде набагато дешевшим, ніж виготовлений фрезеруванням, зварюванням тощо;

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Арк.вшів
Розроб.		Діденко О.В.						
Перевірив		Івашук В.В.					10	
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

1. Розрахунок силових навантажень

1.1. Аналіз характеру електричних потужностей підприємства

Індукційні плавильні чи нагрівні установки складаються з таких компонентів: джерело живлення; узгоджувальний пристрій (трансформатор, автотрансформатор); конденсаторної батареї для компенсації реактивної потужності; індуктора плавильної чи нагрівної установки; апаратури захисту, регулювання та автоматичного керування; механізмів навантаження та переміщення садки.

За частотою струму установки індукційного нагрівання поділяють на установки промислової, підвищеної та високої частоти. Більшість каналних і тигельних печей живляться від електричної мережі 220, 380 чи 660 В через пічні трансформатори, а потужні – від мережі 6-10 кВ через понижувальні трансформатори. На рис.1.1.1 наведена схема електропостачання каналних печей від мережі 0,4 кВ. Разом з індуктором печі від контактної панелі КП вмикається й конденсаторна батарея. Від того ж щита живиться й обладнання силового пункту – вентилятори.

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	Розрахунок силових навантажень	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Діденко О.В.						
Перевірив		Івашук В.В.					12	
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

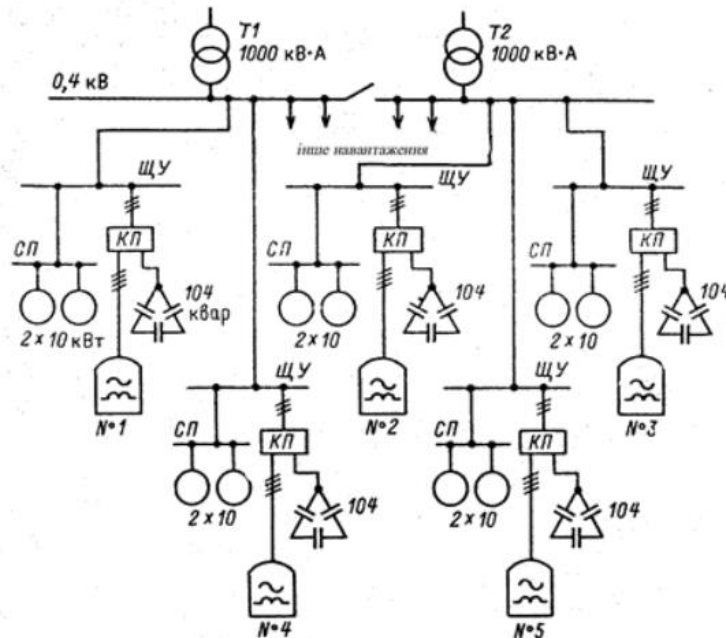


Рис.1.1.1 - Схема електропостачання індукційних каналних печей для плавлення цинку

Індукційні установки підвищеної частоти живляться від перетворювачів трифазного струму промислової частоти у однофазний струм підвищеної частоти. До таких установок відносяться електромашинні перетворювачі, статичні помножувачі та перетворювачі частоти. На рис. 1.1.2 наведена схема статичного тиристорного перетворювача, який побудований за схемою „випрямляч – автономний інвертор”. Схема розділена на блоки: шафа живлення з комутаційною апаратурою, блок згладжувальних реакторів, які згладжують випрямлений струм, інвертор, що перетворює постійний струм у змінний для живлення індуктора. Це перетворювач з явно вираженою ланкою постійного струму. Недоліком такого генератора є генерування у мережу струмів вищих гармонік. Ця обставина зумовлює необхідність їх підключення до мереж з низьким внутрішнім опором, або застосування фільтро-компенсувальних пристроїв.

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

живлення цехової трансформаторної підстанції (ЦТП) буде обиратися шляхом техніко-економічного розрахунку в процесі проектування.

Живлення ЦТП будемо здійснювати за радіальною схемою живлення двома кабельними лініями (КЛ) від джерела живлення.

1.3. Розрахунок електричних навантажень споживачів індукційних перетворювачів

В цеху наявні електроприймачі зі змінним графіком навантаження тому, розрахунок електричних навантажень виконаємо за методом впорядкованих діаграм.

1.3.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В

Занесемо в таблицю електричні дані електроприймачів, необхідні для подальших розрахунків.

Табл.1.3.1.1. Електричні параметри електроприймачів.

№	Електроприймач	Кількість п , шт	Потужність, кВт	Коефіцієнт використання , K_v	$\cos\varphi/tg\varphi$
1,2	Електротермічна піч	2	15	0,65	1/0
3,4	Електрозагартівна піч	2	5	0,65	1/0
5,6	Індукційна піч	2	62	0,65	1/0
7	Сушильна шафа	1	12	0,5	0,5/1,73
8,9	Кран-балка, ТВ=25%	2	22	0,25	0,5/1,73
10-13	Плавильна піч	4	54	0,65	1/0
14-17	Ливарна машина	4	18	0,4	0,71/1
18	Галтувальний барабан	1	11	0,25	0,65/1,17

19,20	Очисний барабан	2	9	0,25	$0,65/1,17$
21,22	Шліфувальний верстат	2	8	0,17	$0,65/1,17$
23,24	Вентилятор	2	13	0,6	$0,8/0,75$

Демонструвати розрахунки будемо на прикладі одного електроприймача. Всі результати розрахунків підсумуємо в загальну таблицю електроприймачів цеху.

Номінальна потужність Електротермічної печі:

$$P_{\text{ном.1.2.}} = n * P_{\text{вст.1.2.}} = 2 * 15 = 30 \text{ кВт.}$$

Сумарна номінальна потужність змінного навантаження:

$$P_{\text{ном.змін.}} = \sum P_{\text{ном.і.}} = 559 \text{ кВт.}$$

Середня $P_{\text{см.1.2.}}$ за найбільш завантажену зміну:

$$P_{\text{см.1.2.}} = K_{\text{в.1.2.}} * P_{\text{ном.1.2.}} = 0,65 * 30 = 19,5 \text{ кВт.}$$

Сумарна $P_{\text{см.з.і.}}$ змінного навантаження:

$$P_{\text{см.змін.}} = \sum P_{\text{см.змін.і.}} = 305,37 \text{ кВт.}$$

Середня $Q_{\text{см.1.2.}}$ за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{см.1.2.}} = P_{\text{см.1.2.}} * \text{tg}\varphi_{1.2.} = 19,5 * 0 = 0 \text{ квар.}$$

Сумарна $Q_{\text{см.з.і.}}$ змінного навантаження:

$$Q_{\text{см.змін.}} = \sum Q_{\text{см.змін.і.}} = 81,58 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт використання:

$$K_{\text{в}} = \frac{P_{\text{см.змін.}}}{P_{\text{ном.змін.}}} = \frac{305,37}{559} = 0,55.$$

						ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата			16

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.ЗМІН.}})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ.ЗМІН.}}^2 * n} = \frac{559^2}{23009} = 13,6.$$

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(n_e, K_B)$$

Згідно з таблицею 2.1 [1] знайдемо K_M :

Табл.1.1.2.

n_e/K_B	12	14
0,5	1,28	1,23
0,6	1,23	1,18

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1,215.$$

Розрахункова активна потужність:

$$P_{\text{р.змін.}} = K_M * P_{\text{см.змін.}} = 1,215 * 305,37 = 371,02 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{\text{р.змін.}} = Q_{\text{см.змін.}} = 81,58 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність силового навантаження до 1 кВ:

$$S_{\text{р.змін.}} = \sqrt{P_{\text{р.змін.}}^2 + Q_{\text{р.змін.}}^2} = \sqrt{371,02^2 + 81,58^2} = 380 \text{ кВ} * \text{А}.$$

Розрахунковий струм силового навантаження до 1 кВ:

$$I_{\text{р.змін.}} = \frac{S_{\text{р.змін.}}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{380}{\sqrt{3} * 0,4} = 548,5 \text{ А.}$$

Для освітлення цеху питому потужність приймають наступною:

$$P_{п.} = 10 \dots 15 \text{ Вт/м}^2.$$

Знайдемо площу цеху:

$$S = a * b = 160 * 120 = 19\,200 \text{ м}^2.$$

Розрахункова активна потужність:

$$P_{осв.} = P_{п.} * S = 10 * 19\,200 = 192\,000 \text{ Вт.}$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{осв.} = P_{осв.} * tg\varphi = 192 * 0,2 = 38,4 \text{ квар ,}$$

де, $\cos\varphi = 0,98$ – для світлодіодного світла , $tg\varphi = \arccos(0,98) = 0,2$.

Повна розрахункова потужність освітлення:

$$S_{осв.} = \sqrt{P_{осв.}^2 + Q_{осв.}^2} = \sqrt{192^2 + 38,4^2} = 195,8 \text{ кВ} * \text{А} .$$

Розрахунковий струм освітлення:

$$I_{осв.} = \frac{S_{осв.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{195,8}{\sqrt{3} * 0,4} = 282,6 \text{ А.}$$

Загальна потужність цеху (освітлення + силова):

$$S_{р.} = S_{р.змін.} + S_{осв.} = 380 + 195,8 = 575,8 \text{ кВ} * \text{А} .$$

Повний розрахунковий струм:

$$I_{р.} = \frac{S_{р.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{575,8}{\sqrt{3} * 0,4} = 831,1 \text{ А.}$$

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

1.3.2. Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

Розрахунок будемо проводити з метою отримання кабельних ліній, які живитимуть КТП (комплектну трансформаторну підстанцію). Задля того, щоб мати змогу виконати цей розрахунок, потрібно врахувати втрати потужностей в трансформаторах КТП, тому ми їх оберемо на даному етапі.

Місце розміщення КТП потрібно обирати з тих міркувань, що джерело живлення потрібно розміщувати якнайближче до електроприймачів цеху з врахуванням генерального плану, а також потрібно забезпечити безперешкодний доступ до КТП електротехнічного персоналу.

Розмістити КТП можливо наступними чином:

- окремо встановлена;
- прибудована;
- вбудована;
- цехове розміщення.

Враховуючи розміщення технологічних агрегатів в цеху, та кількість наявного вільного місця можемо дійти до висновку, що розмістити КТП за варіантами цехове розміщення або вбудоване неможливо. Тому, виходячи з вищенаведених міркувань, приймаю рішення розмістити КТП прибудованою до цеху, тобто до його стін ззовні.

Обирати кількість трансформаторів потрібно виходячи із заданої завданням категорії надійності електропостачання – тобто, в нашому випадку це 2-га категорія, і відповідно 2 трансформатори на КТП. Встановлення 2-х трансформаторів забезпечить безпервний робочий

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		19

процес технологічного обладнання у випадку виходу з ладу одного з них.

Визначимо потужність трансформаторів, з врахуванням того, що ми будемо виконувати заходи з встановлення конденсаторних установок на КТП, що дасть нам компенсувати майже всю реактивну потужність:

$$S_p. \approx P_p. = 563,02 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Бажана потужність трансформатора:

$$S_{\text{баж}} = \frac{S_p.}{n_{\text{тр}} \cdot \beta_T} = \frac{563,02}{2 \cdot 0,7} = 402,2 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Обираю трансформатор типу ТМ – 630/10.

Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$\beta_{\text{т.ф.н}} = \frac{S_p.}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{563,02}{2 \cdot 630} = 0,45.$$

Коефіцієнт завантаження в аварійному режимі:

$$\beta_{\text{т.ф.а.}} = \frac{S_p.}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{563,02}{1 \cdot 630} = 0,9.$$

Табл.1.3.2.1 Технічні дані ТМ – 630 /10 .

Тип	$S_{\text{тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	$P_{\text{х}}$	$P_{\text{к}}$		
ТМ – 630/10	630	10	0,4	1,05	5,5	4,5	2,1

Реактивні втрати на х.х. трансформаторів:

$$\Delta Q_x = n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр.}} \cdot \frac{I_x}{100} = 2 \cdot 630 \cdot \frac{2,1}{100} = 26,46 \text{ квар};$$

Реактивні втрати на к.з. трансформаторів:

$$\Delta Q_k = n_{\text{тр}} * S_{\text{тр}} * \frac{U_k}{100} = 2 * 630 * \frac{4,5}{100} = 56,7 \text{ квар.}$$

Активні втрати на х.х. трансформаторів:

$$\Delta P_{x.}' = n_{\text{тр}} * \Delta P_x + k_e * \Delta Q_x = 2 * 1,05 + 0,05 * 13,23 = 2,76 \text{ кВт};$$

Активні втрати на к.з. одного трансформатора:

$$\Delta P_{k.}' = n_{\text{тр}} * \Delta P_k + k_e * \Delta Q_k = 2 * 5,5 + 0,05 * 28,35 = 12,42 \text{ кВт.}$$

Сумарні втрати реактивної потужності в трансформаторах:

$$\Delta Q_{\text{сум}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 26,46 + 56,7 = 83,16 \text{ квар.}$$

Сумарні втрати активної потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_{\text{сум}} = \Delta P_{x.}' + \Delta P_{k.}' = 2,76 + 12,42 = 15,18 \text{ кВт.}$$

Сумарні повні втрати в трансформаторах:

$$\Delta S_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta P_{\text{сум}}^2 + \Delta Q_{\text{сум}}^2} = \sqrt{15,18^2 + 83,16^2} = 84,53 \text{ кВА.}$$

Потужність на шинах ВН КТП:

$$S_{\text{ВН}} = \Delta S_{\text{сум}} + S_p = 84,53 + 563,02 = 647,55 \text{ кВ * А.}$$

Струм на шинах ВН КТП:

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{647,55}{\sqrt{3} * 10} = 37,39 \text{ А.}$$

Оберемо кабель ВН для живлення КТП:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ВН}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{37,39}{2,0} = 18,7 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}}$ – при $T_{\text{max}} > 5000$ год, $j_{\text{ек}} = 2,0 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ для мідних провідників згідно з табл.2.1 [2].

					ДП 2022 141	Арк. 21
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

Обираємо кабель СБ – 3 х 25 , з $I_{\text{доп}} = 120$ А при прокладанні кабелю в землі.

Визначимо втрати напруги до шин ВН КТП при живленні двома паралельними кабелями СБ-3х25 при відомих погонних опорах:

$$r_0 = 0,74 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,099 \text{ Ом/км}.$$

Втрата у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0)}{n_{\text{кл}}} = \\ &= \frac{\sqrt{3} * 1,5 * 37,39 * (0,99 * 0,74 + 0,14 * 0,099)}{2} = 36,26 \text{ В.} \end{aligned}$$

Втрата у відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\% = \frac{36,26}{10000} * 100 = 0,36\% < 5\% .$$

Згідно з результатами розрахунків обрали два трансформатори в КТП, потужність яких по 630 кВА, обрали 2 живлячі КЛ від джерела живлення до шин ВН КТП протяжністю 1,5 км СБ-3х25, перевірили за допустимою втратою напруги при живленні двома кабелями СБ-3х25.

Оберемо конденсаторні установки на сторону НН, які будуть приєднуватися до шин НН КТП.

Реактивна потужність, яку ми повинні компенсувати:

$$Q_{\text{ку}} = Q_{\text{р}} = 120 \text{ квар.}$$

Обираю до встановлення регульовану КУ типу УКМ58 – 0,4 – 125 – 25У3.

Перевірка конденсаторної установки за умовою:

$$Q_{\text{ку}} \geq Q_{\text{р}}$$

									ДП 2022	141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата							22

$$Q_{\text{КУ}} = 125 \text{ квар} > Q_{\text{р.}} = 120 \text{ квар.}$$

Фактичний коефіцієнт потужності:

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{р.}}}{S_{\text{р.}}} = \frac{563,02}{\sqrt{563,02^2 + (120 - 125)^2}} = 0,99.$$

Оберемо апаратуру захисту для конденсаторних установок:

$$I_{\text{КУ}} = \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НОМ}}} = \frac{125}{\sqrt{3} * 0,4} = 180,42 \text{ А.}$$

Обираю АВ ВА5735 - 34 триполюсний:

$$I_{\text{НОМ.розч.}} = 200 \text{ А} > I_{\text{КУ}} = 180,42 \text{ А};$$

$$I_{\text{НОМ.АВ}} = 250 \text{ А} > I_{\text{НОМ.розч.}} = 200 \text{ А.}$$

Конденсатори КУ з'єднані за схемою трикутник.

Оберемо апаратуру комутації КУ.

Обираю контактор КТИ – 5185 ІЕК триполюсний:

$$I_{\text{НОМ.к.}} = 185 \text{ А} > I_{\text{КУ}} = 180,42 \text{ А.}$$

					ДП 2022 141	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

2. Вибір схеми та розрахунок мережі

2.1. Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного та низьковольтного обладнання

Розрахунок струмів коротких замикань виконується для перевірки на термічну стійкість обраних провідників електропроводки, для вибору електричних апаратів і їх перевірки на здатність витримувати дію струмів коротких замикань впродовж часу їх протікання.

Розрахунок струмів коротких замикань виконаємо на основі трифазного короткого замикання, так як таке коротке замикання є найтяжчим із всіх видів коротких замикань.

Виконувати розрахунок струмів короткого замикання будемо після обрання схеми електропостачання цеху та її побудови.

2.1.1. Розрахунок силової мережі цеху індукційної термічної обробки

Розрахунок силової мережі виконаємо з порівнянням двох варіантів електропостачання споживачів. Порівняння будемо виконувати шляхом оцінювання ефективності використання силових або розподільних пунктів для живлення електроприймачів.

					ДП 2022 141		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Діденко О.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Івашук В.В.				24	
Т.Контр.					ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М					
Вибір схеми та розрахунок мережі							

Перший варіант виконання схеми електропостачання цеху.

Для того щоб розподілити електроенергію в цеху, використаємо силові пункти з автоматичними вимикачами на відхідних лініях СПА 77.

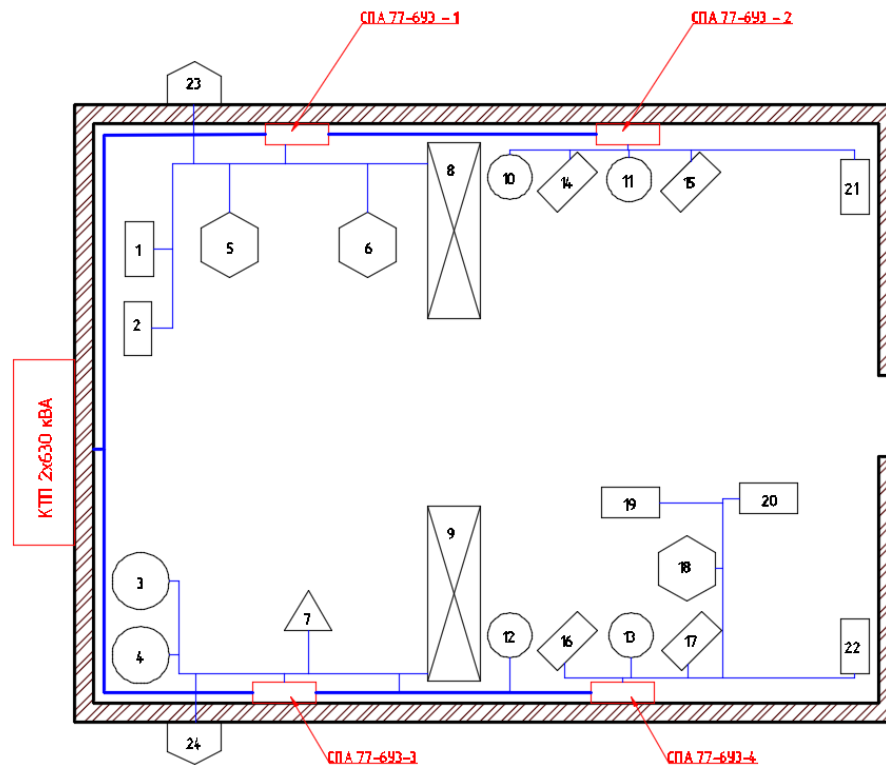


Рис.2.1.1.1. СЕП варіанту №1

Згідно з рис.2.1.1.1 для першого варіанту розподілу електроенергії в цеху, маємо 4-ри силових пункти СПА 77-6УЗ які живляться безпосередньо від шин НН КТП. Живлення від силових пунктів до електроприймачів виконується кабелями, прокладеними в сталевих трубах під підлогою.

Для того, щоб мати змогу порівнювати варіанти електропостачання, проведемо техніко-економічний розрахунок, який підраховує витрати на реалізацію силових пунктів і кабелів живлення для них з апаратами захисту на відхідних лініях НН КТП.

Так як силові пункти живлять групу електроприймачів, то розрахункові струми для силових пунктів будемо розраховувати за

						ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата			25

методом впорядкованих діаграм.

На даному етапі перевірка і вибір електричних апаратів та провідників буде виконуватися спрощено, так як струми короткого замикання знайти не маємо змоги.

Оберемо автоматичні вимикачі на шини НН КТП для захисту до кожного СПА.

Автоматичні вимикачі обираються, а потім і перевіряються за наступними умовами

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}};$$

$$2) I_{\text{розч}} \geq I_{\text{р.сп.}};$$

$$3) I_{\text{ном.ав.}} \geq I_{\text{розч}};$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1,25 * I_{\text{пik.}}$$

Оберемо автоматичний вимикач для захисту лінії до СПА 77-6УЗ-1.

$$1) 660\text{В} \geq 400\text{В};$$

$$2) 250\text{А} \geq 236,86\text{А};$$

$$3) 400\text{А} \geq 250\text{А};$$

$$4) 3000\text{А} \geq 1\,480,4\text{А}.$$

Обираю для захисту лінії до СПА 77-6УЗ-1 автоматичний вимикач ВА0436-34.

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		26

де $K_{\text{прок}} = 1$ – для багатожильних кабелів при кількості до 4-х (у трубах або без них).

Обираю для прокладання від НН КТП до СПА 77-6УЗ-1 кабель ВВГнг-5х120 з $I_{\text{доп}} = 250$ А і з $d = 43,9$ мм.

Діаметр труби (умовного проходу):

$$D \geq 1,35 * (d * n_{\text{пр}}),$$

D – внутрішній діаметр труби, мм ;

d – зовнішній діаметр кабеля;

$n_{\text{пр}}$ – кількість кабелів.

$$D \geq 1,35 * (d * n_{\text{пр}}) = 1,35 * 43,9 * 1 = 59,3 \text{ мм.}$$

Обираємо металеву трубу з діаметром 70 мм.

Табл.2.1.1.2. Кабельні лінії живлення від НН КТП до СПА, варіант №1

Силовий пункт	Кабельна лінія	Металева труба, мм	Вартість 1 м КЛ/ Вартість 1 м труби, грн
СПА 77-6УЗ-1	ВВГнг-5х120	70	2 725/254
СПА 77-6УЗ-2	ВВГнг-5х70	50	1 585/215
СПА 77-6УЗ-3	ВВГнг-5х70	50	1 585/215
СПА 77-6УЗ-4	ВВГнг-5х70	50	1 585/215

Вартість силового пункту СПА 77-6У3 складає 17 943 грн.

Розрахуємо приблизну вартість для реалізації першого варіанту розподілу електроенергії в цеху:

$$K_1 = C_{\text{СП}} * n_{\text{СП}} + \sum C_{\text{ав}} + \sum C_{\text{кл}} * l + \sum C_{\text{тр}} * l = 17\,943 * 4 + (2044 + 1911 * 3) + (2\,725 * 113 + 1\,585 * 407) + (254 * 103 + 215 * 397) = 1\,144\,086 \text{ грн.}$$

Другий варіант виконання схеми електропостачання цеху.

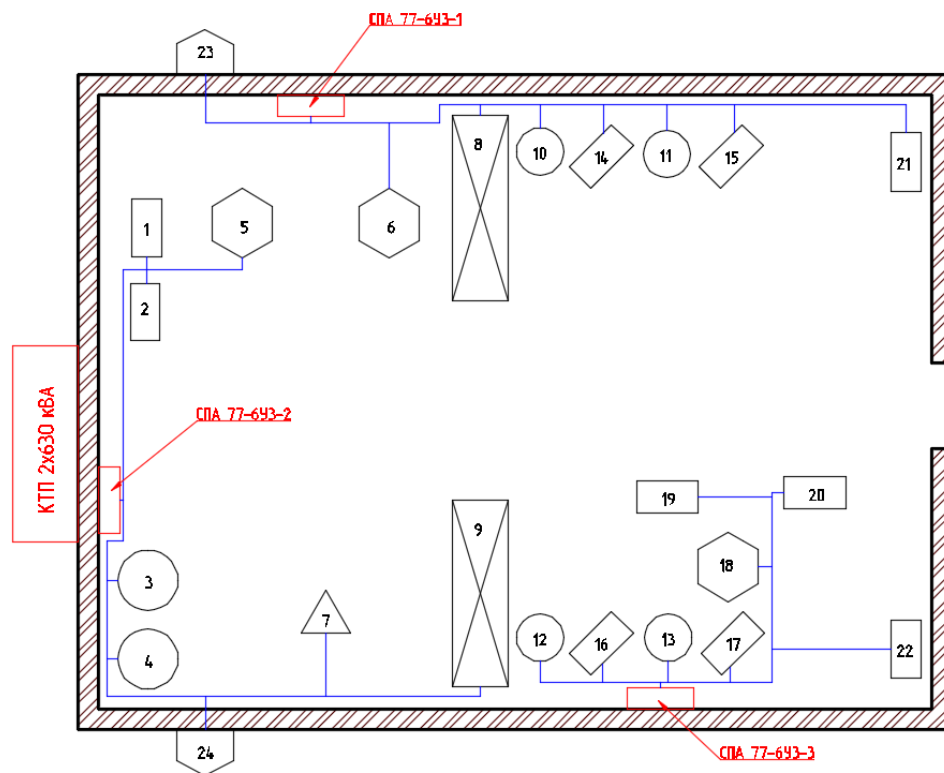


Рис.2.1.1.2. СЕП варіанту №2

Згідно з рис.2.1.1.2. для другого варіанту розподілу електроенергії в цеху, маємо 3-ри силових пункти СПА 77-6У3 які живляться безпосередньо від шин НН КТП. Живлення від силових пунктів до електроприймачів виконується кабелями, прокладеними в сталевих трубах під підлогою.

Табл.2.1.1.3. Автоматичні вимикачі на НН КТП, варіант №2

Силовий пункт	Автоматичний вимикач	Вартість автоматичного вимикача, шт
СПА 77-6УЗ-1	ВА0436-34, $I_{p.cп.} = 320A$	3307 грн
СПА 77-6УЗ-2	ВА0436-34, $I_{p.cп.} = 200A$	2044 грн
СПА 77-6УЗ-3	ВА0436-34, $I_{p.cп.} = 250A$	2044 грн

Табл.2.1.1.4. Кабельні лінії живлення від НН КТП до СПА, варіант №2

Силовий пункт	Кабельна лінія	Металева труба, мм	Вартість 1 м КЛ/ Вартість 1 м труби, грн
СПА 77-6УЗ-1	5хВВГнг-1х150	150	3 290/533
СПА 77-6УЗ-2	ВВГнг-5х95	70	2 103/254
СПА 77-6УЗ-3	ВВГнг-5х120	70	2 725/254

Вартість силового пункту СПА 77-6УЗ складає 17 943 грн.

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		30

Розрахуємо приблизну вартість для реалізації другого варіанту розподілу електроенергії в цеху:

$$\begin{aligned} K_2 &= C_{\text{сп}} * n_{\text{сп}} + \sum C_{\text{ав}} + \sum C_{\text{кл}} * l + \sum C_{\text{тр}} * l = 17\,943 * 3 \\ &+ (2044 * 2 + 3307) \\ &+ (3290 * 113 + 2103 * 20 + 2725 * 154) \\ &+ (533 * 103 + 254 * 154) = 988\,719 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Отже, різниця у варіантах:

$$\Delta K = K_1 - K_2 = 1\,144\,086 - 988\,719 = 155\,367 \text{ грн.}$$

Виходячи з отриманих результатів в приблизному техніко-економічному розрахунку, робимо висновок що варіант №2 є більш доцільнішим і менш трудо і фінансово витратним.

Всі подальші розрахунки виконуємо за схемою живлення варіанту №2.

Під час проектування СЕП цеху електропроводку будемо виконувати кабелем типу ВВГнг для забезпечення вимог з пожежобезпечності електропостачання за рахунок покращеної ізоляції. Прокладати кабелі ВВГнг будемо в підготовці підлоги, в металевих трубах. Живлення силових пунктів будемо здійснювати безпосередньо від шин НН КТП-2х630 кВА. Від силових пунктів будемо виконувати електропостачання кінцевих трифазних електроприймачів.

Живлення від НН КТП-2х630 кВА здійснюватимемо 5-ти провідним кабелем, тобто з розподіленими нульовим робочим і нульовим захисними провідниками.

Оберемо кабельні лінії і труби для СЕП цеху.

Провідники знайдемо за наступною формулою:

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		31

Табл.2.1.1.5. Електропроводка

Лінія	I_3, A	$I_{доп}, A$	Тип КЛ	Переріз і кількість жил mm^2	Діаметр труби, мм
СП1- 1	25	27	ВВГнг	5x4	20
СП1- 2	100	100	ВВГнг	5x35	40
СП1- 3	80	85	ВВГнг	5x25	40
СП1- 4	80	85	ВВГнг	5x25	40
СП1- 5	40	43	ВВГнг	5x8	25
СП1- 6	80	85	ВВГнг	5x25	40
СП1- 7	40	43	ВВГнг	5x8	25
СП1- 8	20	21	ВВГнг	5x2,5	15
СП1	320	330	ВВГнг	5x1x150	150
СП2- 1	25	27	ВВГнг	5x4	20
СП2- 2	25	27	ВВГнг	5x4	20
СП2- 3	100	100	ВВГнг	5x35	40
СП2- 4	6,3	15	ВВГнг	5x1,5	15

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

ДП 2022 141

Арк.

33

В результаті отримали відхилення напруги 4,51 % що в межах допустимих 5% в нормальному режимі роботи. Приймаємо нову КЛ для лінії СП1-8, а саме ВВГнг-5х4 і нову металеву трубу з внутрішнім діаметром 20 мм.

Розраховавши провідники СЕП цеху можна виконувати розрахунки струмів короткого замикання і обирати низьковольтні електричні апарати. Розраховувати струми короткого замикання будемо в наступних точках:

1. шини ВН КТП за паралельної роботи трансформаторів;
2. шини НН КТП за паралельної роботи трансформаторів;
3. ввід найвіддаленішого СПА 77;
4. затискачі найвіддаленішого електроприймача, що живиться від найвіддаленішого СПА 77.

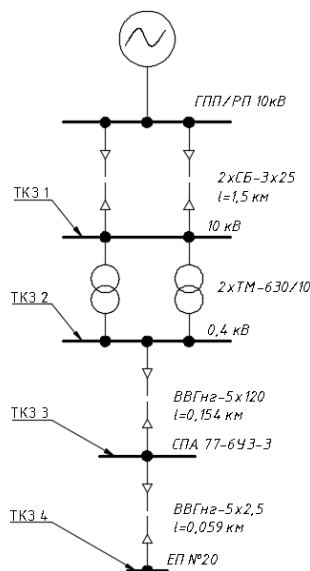


Рис.2.1.1.3. Схема визначення точок короткого замикання (ТКЗ)

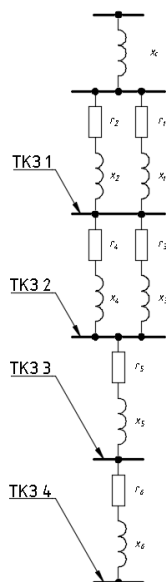


Рис.2.1.1.4. Схема заміщення трифазного КЗ (ТКЗ)

Для розрахунку прийmemo базисні значення:

$$x_c = 0,5;$$

$$S_6 = 10 \text{ МВ} * \text{А};$$

$$U_6 = 10 \text{ кВ.}$$

Опір кабеля СБ – 3 х 25:

$$x_1 = x_2 = \frac{x_0 * l * S_6}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{0,099 * 1,5 * 10}{10^2} = 0,015,$$

$$r_1 = r_2 = \frac{r_0 * l * S_6}{U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{0,74 * 1,5 * 10}{10^2} = 0,111.$$

Опір паралельно прокладених кабелів СБ-3х25:

$$x_{12} = \frac{x_1 * x_2}{x_1 + x_2} = \frac{0,015 * 0,015}{0,015 + 0,015} = 0,0075,$$

$$r_{12} = \frac{r_1 * r_2}{r_1 + r_2} = \frac{0,111 * 0,111}{0,111 + 0,111} = 0,0555.$$

Загальний реактивний опір до ТКЗ 1:

Струм КЗ в ТКЗ 2:

$$I_{\text{ТКЗ2}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{к2}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 21,66} = 10,66 \text{ кА.}$$

Стала часу в ТКЗ 2:

$$T_A = \frac{r_{\text{ТКЗ2}}}{314 \cdot x_{\text{ТКЗ2}}} = \frac{20,89}{314 \cdot 5,72} = 0,011.$$

Аперіодична складова в ТКЗ 2:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{\text{К1}} \cdot e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 10,66 \cdot e^{-\frac{0,04}{0,011}} = 0,4 \text{ кА,}$$

$\tau_{\text{пв}}$ - час початку розмикання струму КЗ ВВ :

$$\tau_{\text{пв}} = \tau_{\text{р.з. min}} + \tau_{\text{о.р.}} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с,}$$

$\tau_{\text{о.р.}}$ - час спрацювання ВВ.

Ударний коефіцієнт струму КЗ:

$$K_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_A}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,011}} = 1,4.$$

Ударний струм в ТКЗ 2:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{К1}} \cdot K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 10,66 \cdot 1,4 = 21,1 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс в ТКЗ 2:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{К1}}^2 \cdot (\tau_{\text{к}} + T_a) = 10,66^2 \cdot (0,04 + 0,011) = 5,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Мінімально необхідна площа поперечного перерізу провідника:

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} = \frac{\sqrt{5,8 \cdot 10^6}}{120} = 20,07 \text{ мм}^2.$$

C – для мідних кабелів напругою до 10 кВ.

Результати розрахунків всіх ТКЗ занесемо в табл.2.1.1.7.

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		40

Табл.2.1.1.7. Результати розрахунків струмів КЗ.

ТКЗ	$I_K, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$i_a, \text{кА}$	$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с.}$	$S_{min}, \text{мм}^2$
1	11,3	28,77	7,18	11,5	24,22
2	10,66	21,1	0,4	5,8	20,07
3	4,77	8,7	0,05	1,09	8,7
4	0,48	1,26	0,36	0,024	1,3

Згідно з результатами розрахунків струмів КЗ і визначення мінімально допустимих перерізів можемо дійти висновку, що всі провідники витримуватимуть дію струмів КЗ впродовж часу, поки апарат захисту не відключить пошкоджену ділянку мережі від джерела живлення.

Оберемо електричні апарати для низьковольтної та високовольтної мереж живлення цеху.

Автоматичні вимикачі оберемо за наступними умовами:

$$1) U_{ном} \geq U_{ном.м};$$

$$2) I_{розч} \geq I_{ном};$$

$$3) I_{ном.ав.} \geq I_{розч};$$

$$4) I_{кз} \leq I_{max.в.}$$

$$5) i_{ел.д.} \geq i_{уд.}$$

Оберемо автоматичний вимикач для шини НН КТП:

$$1) U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{НОМ.М}}$$

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$2) I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{НОМ}};$$

$$1000 \text{ А} > 812,65 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{НОМ.ав.}} \geq I_{\text{розч.}};$$

$$1000 \text{ А} = 1000 \text{ А}$$

$$4) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{max.в.}}$$

$$10,66 \text{ кА} < 35 \text{ кА}$$

$$5) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$40 \text{ кА} > 21,1 \text{ кА.}$$

Обираю АВ типу Е06У.

Результати розрахунку всіх АВ заноситимемо в табл.2.1.1.8.

Табл.2.1.1.8.

Захищена лінія	$I_{\text{розч.}}, \text{ А}$	$I_{\text{НОМ.ав.}}, \text{ А}$	АВ
Шини НН КТП	1000	1000	Е06У
СП1	320	400	ВА0436-34
СП2	200	400	ВА0436-34
СП3	250	400	ВА0436-34
СП1-1	25	63	ВА3-29-33
СП1-2	100	100	ВА21-29-34

СП1-3	80	100	BA21-29-34
СП1-4	80	100	BA21-29-34
СП1-5	40	63	BA3-29-33
СП1-6	80	100	BA21-29-34
СП1-7	40	63	BA3-29-33
СП1-8	20	63	BA3-29-33
СП2-1	25	63	BA3-29-33
СП2-2	25	63	BA3-29-33
СП2-3	100	100	BA21-29-34
СП2-4	6,3	63	BA3-29-33
СП2-5	6,3	63	BA3-29-33
СП2-6	25	100	BA21-29-34
СП2-7	40	100	BA21-29-34
СП2-8	80	100	BA21-29-34
СП3-1	80	100	BA21-29-34
СП3-2	40	100	BA21-29-34
СП3-3	80	100	BA21-29-34
СП3-4	40	100	BA21-29-34
СП3-5	20	63	BA3-29-33
СП3-6	25	63	BA3-29-33
СП3-7	20	63	BA3-29-33
СП3-8	20	63	BA3-29-33

З заводу в СПА 77 на вводі встановлюють рубильники ВР32-400.

Перевіримо рубильники:

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		43

$$1) U_{\text{ном.р.}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$2) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{ном.л.}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

Табл.2.1.1.9.

СПА 77	Рубильник	$I_{\text{ном.р.}}, \text{А}$	$I_{\text{ном.л.}}, \text{А}$
1	ВР32 - 400	400	292,47
2			182,54
3			212,13

Оберемо контактори для пуску Вентиляторів (споживачі №23 та №24).

Умови вибору контакторів та теплових реле:

$$U_{\text{ном.п.}} \geq U_{\text{мер}}$$

$$I_{\text{пуск.}} \geq I_{\text{дв.}}$$

$$P_{\text{пуск.}} \geq P_{\text{дв.}}$$

$$I_{\text{РТ}} > I_{\text{дв.}}$$

Табл.2.1.1.10.

Параметри пускача	Умови	Параметри двигуна
$U_{\text{ном.п.}} = 380 \text{ В}$	=	$U_{\text{дв.}} = 380 \text{ В}$
$I_{\text{пуск.}} = 32 \text{ А}$	>	$I_{\text{дв.}} = 23,46 \text{ А}$
$P_{\text{пуск.}} = 15 \text{ кВт}$	>	$P_{\text{дв.}} = 13 \text{ кВт}$
$I_{\text{РТ}} = (24 \div 32) \text{ А}$	>	$I_{\text{дв.}} = 23,46 \text{ А}$

Для вентилятора №23 та №24 потужністю по 13 кВт обираю:

магнітний пускач – ПММ – 3/32;

теплове реле – РТ 2М 32В.

Вибір трансформаторів струму для встановлення на виводі НН трансформаторів КТП виконуємо за наступними умовами:

$$1) U_{1\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м.}}$$

$$2) I_{1\text{та}} \geq I_{\text{НН}}$$

$$3) i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$$

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_{\text{к}}$$

$$5) Z_{2\text{та}} \geq Z_{2\text{факт}}$$

Табл.2.1.1.11.

Тип ТС	Дані за каталогу м	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	
ТШ-0,66-2 1000/5	$U_{1\text{ном}} = 0,66 \text{ кВ}$	\geq	$>$	$U_{\text{ном.м}} = 0,38 \text{ кВ}$
	$I_{1\text{ном}} = 1000 \text{ А}$	\geq	$>$	$I_{\text{р}} = 812,65 \text{ А}$
	$i_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$	\geq	$>$	$i_{\text{уд}} = 21,1 \text{ кА}$
	$I_{\tau}^2 * \tau = 16 \text{ кА}^2 * \text{С}$	\geq	$>$	$B_{\text{к}} = 5,8 \text{ кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$	\geq	$>$	$Z_2 = 0,35 \text{ Ом}$

Табл.2.1.1.12.

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0,1	0,1	0,1
Лічильник активної енергії	Меркурій 230	2,5	-	2,5
Усього		2,6	0,1	2,6

Сумарний опір приладів фази С:

$$Z_{\Sigma \text{ прл}} = \frac{S_{\Sigma \text{ прил}}}{I_{2\text{ ном}}^2} = \frac{2,6}{5^2} = 0,11 \text{ Ом.}$$

Опір проводів:

$$Z_{\text{пр}} = Z_{2\text{ ном}} - Z_{\text{прл}} - Z_{\text{кн}} = 1,2 - 0,11 - 0,05 = 1,04 \text{ Ом ,}$$

де $Z_{\text{кн}}$ – опір контактних з'єднань.

Довжина кабелів від ТС до вторинних кіл складає 10 м.

Переріз проводів:

$$S = \frac{\rho * l}{Z_{\text{пр}}} = \frac{0,028 * 10}{1,04} = 0,27 \text{ мм}^2.$$

Опір при перерізі 1,5 мм²:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0,028 * 10}{1,5} = 0,19 \text{ Ом .}$$

Опір вторинної обмотки :

$$Z_2 = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{прл}} + Z_{\text{кн}} = 0,19 + 0,11 + 0,05 = 0,35 \text{ Ом.}$$

									ДП 2022	141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата							46

Оберемо на сторону 10 кВ плавкі запобіжники та роз'єднувачі на вводі до КТП-2х630 кВА.

Умови вибору електричних апаратів:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$4) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$5) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}}$$

$$6) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

Підберемо й перевіримо плавкий запобіжник:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}};$$

$$40 \text{ А} > 37,39 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{птр.}}$$

$$31,5 \text{ кА} > 11,3 \text{ кА.}$$

$$4) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$74,5 \text{ кА} > 28,77 \text{ кА.}$$

$$5) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}}$$

$$29,22 \text{ кА} > 11,3 \text{ кА.}$$

$$6) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

$$28,35 \text{ кА}^2 * \text{с} > 11,5 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		47

Для встановлення обрано плавкий запобіжник ПТ 011-10-40-31,5 УЗ.

Оберемо й перевіримо роз'єднувач:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН.}}$$

$$200 \text{ А} > 37,39 \text{ А.}$$

$$3) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$35 \text{ кА} > 28,77 \text{ кА.}$$

$$4) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{по.}}$$

$$13,73 \text{ кА} > 11,3 \text{ кА.}$$

$$5) I_{0,0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

$$63 \text{ кА}^2 * \text{с} > 11,5 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Для встановлення обрано роз'єднувачі РЛНД – 10/200.

2.1.2. Розрахунок освітлювальної мережі цеху індукційної термічної обробки

Для робочого освітлення цеху індукційної термічної обробки будемо порівнювати два варіанти джерела світла – ДРЛ лампи та світлодіодні лампи. Виконаємо техніко-економічне порівняння двох варіантів і оберемо найкращий.

Варіант №1 – ДРІ світильники.

Крива сили - Г .

Висота підвісу ламп:

$$H_{\text{підв.}} = H - h_c - h_p = 6 - 0,5 - 1,0 = 4,5 \text{ м,}$$

де:

										ДП 2022	141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата								48

h_c – відстань від стелі до світильника, м;

h_p – відстань від підлоги до робочої поверхні, м.

Визначимо площу:

$$S = a \times b = 160 \times 120 = 19\,200 \text{ м}^2.$$

Нормована освітленість $E_H = 200$ лк.

Відстань між центрами світильників:

$$L = \lambda * H_{\text{підв.}} = (1,2 \dots 1,6) * 4,5 = 5,4 \dots 7,2 \text{ м.}$$

Прийmemo $L = 6$ м.

Кількість рядів:

$$n_B = \frac{b}{L} = \frac{120}{6} = 20 \text{ шт.}$$

Кількість світильників в ряду:

$$n_A = \frac{a}{L} = \frac{160}{6} = 26,7 \approx 27 \text{ шт.}$$

Загальна кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = n_A * n_B = 20 * 27 = 540 \text{ шт.}$$

Індекс форми приміщення:

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{19\,200}{4,5 * (160 + 120)} = 0,22.$$

Прийmemo:

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стін}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0,23;$$

коефіцієнт запасу $\kappa_3 = 1,5$;

коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$.

Розрахуємо необхідний світловий потік однієї ДРІ лампи:

$$\Phi_p = \frac{E_H * S * \kappa_3 * z}{N_{\text{л}} * \eta} = \frac{200 * 19200 * 1,5 * 1,1}{540 * 0,23} = 51\,015 \text{ лм.}$$

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		49

Обираю світильники HB LED 400 D60 з $\Phi_H = 51\,000$ лм потужністю по 440 Вт.

Відхилення Φ_p від Φ_H :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_H - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{52000 - 46933}{46933} * 100 = 10,8\%,$$

що лежить в діапазоні -10...+20 %.

Сумарна споживана активна потужність:

$$P_{св.} = N_L * P_H = 540 * 440 = 237\,600 \text{ Вт} = 237,6 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{пит.р.} = \frac{P_{о.р.}}{S} = \frac{237\,600}{19\,200} = 12,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Розрахуємо вартість придбання і встановлення всіх ламп HB LED 400 D60.

Вартість однієї лампи HB LED 400 D60 складає 11 120 грн. Монтаж однієї лампи складає 30 % від її вартості.

Вартість всіх ламп і їх монтаж:

$$K_2 = C_L * n_L * 1,3 = 11\,120 * 540 * 1,3 = 7\,806\,240 \text{ грн.}$$

Розрахуємо кількість активної електроенергії, яку споживатимуть лампи впродовж року при тризмінній роботі цеху, тобто – цілодобово:

$$E_2 = P_{св.} * 8760 = 237,6 * 8760 = 2\,081\,376 \text{ кВт * рік.}$$

Кількість електроенергії, у грошовому еквіваленті:

$$K_{2грн} = E_1 * t_{грн} = 2\,081\,376 * 2,15 = 4\,412\,517 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунок, за яким ми визначимо чи економічно доцільно переходити на LED освітлення.

Розрахуємо економію електроенергії:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 3\,311\,280 - 2\,081\,376 = 1\,229\,904 \text{ кВт * рік.}$$

Розрахуємо різницю в грошовому еквіваленті:

$$\Delta K_{грн} = K_{1грн} - K_{2грн} = 7\,119\,252 - 4\,412\,517 = 2\,706\,735 \text{ грн.}$$

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		51

Розрахуємо різницю вартості ламп і монтажних робіт:

$$\Delta K = K_2 - K_1 = 7\,806\,240 - 1\,123\,300 = 6\,682\,940 \text{ грн.}$$

Розрахуємо термін окупності LED світильників відносно ДРІ світильників:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta K_{\text{грн}}} = \frac{6\,682\,940}{2\,706\,735} = 2,47 \text{ років.}$$

Робимо висновок, що при використанні LED світильників ми отримуватимемо щорічну економію в розмірі 2 706 735 грн відносно ламп ДРІ 700-6, за 2,47 роки LED світильники окуплять свою вартість і вартість монтажних робіт. Також, LED світильники переважають світильники ДРІ 700-6 по всіх електротехнічних параметрах. Тому, подальші розрахунки будемо виконувати за другим варіантом улаштування робочого освітленн.

Активне сумарне навантаження робочого освітлення:

$$P_{\text{р.о.}} = P_{\text{св}} * n * K_{\text{п}} = 237,6 * 0,95 = 225,72 \text{ кВт,}$$

де $K_{\text{п}} = 0,95$ – для виробничих будівель.

Струм робочого освітлення:

$$I_{\text{р.о.}} = \frac{P_{\text{р.о.}}}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi} = \frac{225,72}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,98} = 332,45 \text{ А.}$$

Для забезпечення робочим освітленням цех, встановими шафу освітлення (ШО), яка буде отримувати живлення від шин НН КТП.

Оберемо АВ для захисту ШО:

$$I_{\text{розч.}} \geq I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$I_{\text{розч.}} \geq 1,4 * I_{\text{роб.}}$$

$$I_{\text{розч.}} = 400 \text{ А} > I_{\text{роб}} = 332,45 \text{ А}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 400 \text{ А} = I_{\text{розч.}} = 400 \text{ А;}$$

$$I_{\text{розч.}} = 400 \text{ А} > 1,4 * I_{\text{роб}} = 1,4 * 332,45 = 465,43 \text{ А,}$$

обираємо ВА0436-34.

									ДП 2022	141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата							52

Розрахуємо кабель живлення і діаметр труби для ШО:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{пр}}} = \frac{1 * 400}{1} = 400 \text{ А,}$$

оберемо 2 паралельно прокладені кабелі 2хВВГнг-5х95 з $I_{\text{доп}} = 215 * 2 * 0,95 = 408,5 \text{ А.}$

Оберемо дві паралельно прокладені труби, з внутрішнім діаметром 70 мм.

Розрахуємо кабельні лінії для окремих ліній живлення світильників і апарати захисту для них. LED світильники живляться від однофазної мережі 220 В, тому їх живлення будемо виконувати трипровідним кабелем по лотку, а їх захист здійснюватимемо однополюсними автоматичними вимикачами.

Табл.2.1.2.1 Робоче освітлення

Лінія живлення освітлення	$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{аб}}$, А	Тип і переріз КЛ	$I_{\text{доп.кл.}}$, А
Op-1-1	11,88	55,1	63	ВВГнг-3х16	80
Op-1-2	11,88	55,1	63	ВВГнг-3х16	80
Op-1-3	11,88	55,1	63	ВВГнг-3х16	80
Op-1-4	11,88	55,1	63	ВВГнг-3х16	80
Op-1-5	11,88	55,1	63	ВВГнг-3х16	80

Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

Op-1-6	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-7	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-8	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-9	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-10	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-11	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-12	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-13	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-14	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-15	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-16	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-17	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-18	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-19	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80
Op-1-20	11,88	55,1	63	ВВГнг- 3х16	80

Аварійне освітлення будемо виконувати також світлодіодними лампами HB LED 400 D60.

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		54

Розміщувати світильники аварійного освітлення будемо вздовж коридорів і проходів евакуаційного шляху, над дверима.

Живлення аварійного освітлення будемо виконувати шляхом встановлення шафи аварійного освітлення (ШАО), яка буде живитися від шини НН КТП через АВР на контакторах.

Табл.2.1.2.2. Аварійне освітлення

Лінія живлення освітлення	$P_{\text{ном}}$, кВт	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{ав}}$, А	Тип і переріз КЛ	$I_{\text{доп.кл.}}$, А
Оа-1-1	1,32	6,12	6,3	ВВГнг-3х1,5	18
Оа-1-2	1,32	6,12	6,3	ВВГнг-3х1,5	18
Оа-1-3	1,32	6,12	6,3	ВВГнг-3х1,5	18
Оа-1-4	1,32	6,12	6,3	ВВГнг-3х1,5	18
Оа-1-5	1,32	6,12	6,3	ВВГнг-3х1,5	18

Споживана активна потужність:

$$P_a = N_l * P_n = 15 * 440 = 6\,600 \text{ Вт} = 6,6 \text{ кВт.}$$

Струм:

$$I_a = \frac{P_a}{U_{\phi} * \cos\varphi} = \frac{6,6}{0,22 * 0,98} = 30,6 \text{ А.}$$

Оберемо АВ на ввід до ШАО:

$$I_{\text{розч.}} \geq I_a;$$

$$I_{\text{ном.ав}} \geq I_{\text{розч.}}$$

2х630 та втрати кожної лінії, що відходить від шин НН КТП і в нормальному режимі роботи споживає електричну потужність.

Розрахуємо втрати електроенергії в 2-х паралельно прокладених високовольтних кабелях СБ-3х25 за наступною формулою:

$$\Delta W_{\text{кл1}} = n_{\text{кл}} * m * I_{\text{р}}^2 * r_{\text{кл1}} * \tau, \text{ кВт * год,}$$

де $n_{\text{кл}}$ – кількість кабельних ліній;

m – кількість фаз;

$I_{\text{р}}^2$ – струм, що протікає через кабель в нормальному режимі, А;

$r_{\text{кл1}}$ – опір кабельної лінії, Ом;

τ – тривалість максимальних втрат, год;

$$r_{\text{кл1}} = r_0 * l = 0,74 * 1,5 = 1,11 \text{ Ом;}$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000}\right)^2 * 8760 = \left(0,124 + \frac{8760}{10000}\right)^2 * 8760 = 8760 \text{ год,}$$

де $T_{\text{м}}$ – час роботи трансформаторів КТП впродовж року, год;

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{кл1}} &= n_{\text{кл}} * m * I_{\text{р}}^2 * r_{\text{кл1}} * \tau = 2 * 3 * 37,39^2 * 1,11 * 8760 * 10^{-3} \\ &= 81\,562,25 \text{ кВт * год/рік.} \end{aligned}$$

Розрахуємо втрати електроенергії в 2-х паралельно працюючих трансформаторах ТМ-630/10 встановлених на КТП-2х630 за наступною формулою:

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{кТП}} &= \left[P_{\text{х}} * T + P_{\text{к}} * \left(\frac{S_{\text{р}}}{n_{\text{тр}} * S_{\text{тр}}} \right)^2 * \tau \right] * 2 \\ &= \left[1,05 * 8760 + 5,5 * \left(\frac{563,02}{2 * 630} \right)^2 * 8760 \right] * 2 \\ &= 37\,635,92 \text{ кВт * год/рік.} \end{aligned}$$

						ДП 2022	141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата				57

Розрахуємо втрати енергії в лінії СП1:

$$\begin{aligned}\Delta W_{\text{кл2}} &= n_{\text{кл}} * m * I_{\text{р}}^2 * r_{\text{кл2}} * \tau \\ &= 1 * 3 * 292,47^2 * 0,124 * 0,113 * 8760 * 10^{-3} \\ &= 31\,498,37 \text{ кВт} * \text{год/рік.}\end{aligned}$$

Розрахуємо втрати енергії в лінії СП2:

$$\begin{aligned}\Delta W_{\text{кл3}} &= n_{\text{кл}} * m * I_{\text{р}}^2 * r_{\text{кл3}} * \tau \\ &= 1 * 3 * 182,54^2 * 0,195 * 0,02 * 8760 * 10^{-3} \\ &= 3\,415,12 \text{ кВт} * \text{год/рік.}\end{aligned}$$

Розрахуємо втрати енергії в лінії СП3:

$$\begin{aligned}\Delta W_{\text{кл4}} &= n_{\text{кл}} * m * I_{\text{р}}^2 * r_{\text{кл4}} * \tau \\ &= 1 * 3 * 212,13^2 * 0,154 * 0,154 * 8760 * 10^{-3} \\ &= 28\,046,04 \text{ кВт} * \text{год/рік.}\end{aligned}$$

Розрахуємо втрати енергії в лінії живлення до ШО:

$$\begin{aligned}\Delta W_{\text{кл5}} &= n_{\text{кл}} * m * I_{\text{р}}^2 * r_{\text{кл5}} * \tau \\ &= 2 * 3 * 332,45^2 * 0,195 * 0,02 * 8760 * 10^{-3} \\ &= 22\,655,45 \text{ кВт} * \text{год/рік.}\end{aligned}$$

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		58

3. Спеціальне завдання

Умови та критичні параметри методу компенсації та експлуатація елементів енергопостачання цеху індукційної термічної обробки

3.1. Аналіз методу оцінювання зміни характеру навантаження

Збіг у часі – основна особливість виробництва електроенергії (на електростанціях), її передачі (по лініях електропередачі), розподілу (в електричній мережі) та споживання на промислових та сільськогосподарських підприємствах, на залізничному транспорті, у житлово-комунальному господарстві. Звідси впливає ряд інших особливостей, які визначають специфічність роботи електроенергетичної системи (ЕЕС) та призводять до необхідності виділення управління електроспоживанням в окрему проблему. Можна виділити такі окремі особливості роботи ЕЕС:

1. Відповідність збуту (споживання) активної електроенергії $P_{сп}$ обсягу її виробництва (генерації) $P_{ген}$ (з урахуванням втрат активної електроенергії π):

$$P_{ген} - \pi = P_{сп}$$

2. Територіальна розбіжність джерел та споживачів електроенергії, що призводить до розбіжності щільності навантаження споживачів із щільністю генерованих потужностей, породжує великі перетікання потужності та виділяє надлишкові та дефіцитні за потужністю області, знижує економічні показники роботи ЕЕС.

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Спеціальне завдання	Літ.	Арк.	Арквівів
Розроб.		Діденко О.В.						
Перевірив		Івашук В.В.					59	
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

3. Розбіжність шкал одиничних потужностей генераторів і електроприймачів, що збільшує нерівномірність графіків електричного навантаження.

4. Якісна однорідність продукції електроенергії, що полегшує облік продукції за рахунок єдиної одиниці вимірювання та уніфікує прилади обліку.

5. Досягнення необхідної якості продукції, що виробляється шляхом забезпечення якості обладнання та технологічного процесу. При гарантованій якості обладнання та технологічного процесу генерації електроенергії стає зайвою оцінка якості продукції, тобто електроенергії. Отже, правила влаштування електроустановок (ПУЕ), правила технічної експлуатації (ПТЕ), правила техніки безпеки органічно входять у технологію виробництва електроенергії і тому контроль за їх дотриманням не повинен розглядатися як щось другорядне. Зниження якості електроенергії її споживачами є зовнішнім фактором по відношенню до системи електропостачання (СЕС) та має виявлятися за допомогою відповідної апаратури.

6. Утрудненість у маневруванні наявними виробничими ресурсами, оскільки у кожен час задовольняється потреба у електроенергії саме цього моменту. Буферні накопичувачі енергії можуть певною мірою вирішити цю проблему.

7. Необхідність мати резерв у вигляді цілих, готових до роботи агрегатів, тому що тільки таким чином можна забезпечити безперервність та безперебійність електропостачання. Необхідні саме цілі агрегати – недовантажені чи резервні – оскільки обійтися резервом запасних частин, як, наприклад, у машинобудуванні, неможливо.

8. Нерівномірне та неповне завантаження генеруючого обладнання та ліній електропередачі, що призводить до неповного використання їх

пріоритетні щодо режимних інтересів споживачів. Капітальні вкладення збільшення потужності генеруючого устаткування значно перевищують витрати на таке ж зниження максимуму навантаження споживачів. Тим самим було підтверджено напівдирективну тезу 30-х років ХХ ст. минулого століття про те, що для вирівнювання суміщеного добового графіка потужності корисно деформувати графік споживання у бік його вирівнювання та створювати примусовий режим роботи промислових підприємств, не зупиняючись перед примусовим режимом транспорту, соціально-побутових установ та інше.

Проте в сучасних умовах, з урахуванням соціального фактора і змінного багату в чому відношенні до поняття «народногосподарської ефективності», така явна перевага режимних інтересів енергосистеми режимним інтересам споживачів навряд чи обґрунтована. Очевидно, слід прагнути компромісу - деякої системи взаємних поступок кожної з взаємодіючих сторін (що генерує та споживає) від своїх оптимумів.

Методи управління електроспоживанням можна поділити на прямі та непрямі. До прямих відносяться методи акумулювання енергії, при яких об'єктом управління є не графік активного навантаження, а безпосередньо потоки енергії, що накопичуються та витрачаються за допомогою буферних накопичувачів. При цьому споживаюча частина системи електропостачання отримує можливість працювати за вільним графіком електроспоживання, що певною мірою не залежить від графіка генерованої електростанціями електроенергії.

Непрямі методи управління електроспоживанням ведуть до зміни форми добового графіка активного навантаження споживача. Ці зміни досягаються з допомогою модернізації устаткування підприємства, реорганізації його, вдосконалення технологічного процесу. До цих методів відносяться:

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		62

- тарифні заходи, що стимулюють промислові підприємства вирівнювати графіки своїх навантажень;
- регулювання електроспоживання за допомогою споживачів-регуляторів на промислових підприємствах;
- примусове обмеження навантаження промислових підприємств у години максимумів навантаження енергосистеми та електроенергії на фіксованих інтервалах часу;
- підвищення енергоефективності споживачів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів, у тому числі маловитратного електрозбереження.

Управління електроспоживанням дозволяє:

- знизити потужності електростанцій, що беруть участь у покритті графіка навантаження у години її піків, що дає змогу відсунути терміни введення нових джерел генерації;
- зменшити необхідний регульовальний діапазон у структурі генеруючих потужностей, що зменшить труднощі проходження нічних провалів навантаження та збільшить міжремонтний період роботи діючих агрегатів;
- знизити завантаження електростанцій, що беруть участь у покритті піків навантаження та мають підвищені порівняно з базисними електростанціями питомі витрати пального, що зменшить загалом питомі витрати палива в енергосистемі;
- зменшити необхідну кількість виробленої електроенергії без зниження обсягів продукції, що випускається підприємствами;
- знизити максимум навантаження в електричних мережах, що дозволить відсунути у часі заходи щодо посилення цих мереж на більш пізні терміни;

					ДП 2022 141	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

- зменшити втрати електроенергії в електричних мережах за рахунок більш рівномірної їх завантаження у часі та зниження відхилень напруги від оптимального рівня у вузлах мереж.

3.2. Постановка задачі дослідження

Завдання оптимізації режимів електроспоживання можна вирішити з урахуванням системного підходу. Вона містить в собі:

- планування лімітів потужності та електроенергії під час укладання договору на постачання електроенергії;
- прогнозування та нормування електроспоживання для галузей в цілому, підприємств, окремих технологічних процесів, у житлово-комунальному секторі на основі енергетичного обстеження (енергоаудиту) та запланованих енергозберігаючих заходів;
- оперативне управління навантаженням споживачів;
- контроль та облік генерованої та споживаної електроенергії.

Ефективність вирішення завдання управління електроспоживанням визначається такими факторами:

- раціональною взаємодією між постачальниками та споживачами електроенергії;
- системою тарифів на електроенергію;
- наявністю накопичувачів енергії;
- складом споживачів-регуляторів на промислових підприємствах;
- складом комплексу технічних засобів, включаючи автоматизовані системи диспетчерського управління (АСДУ) та автоматизовані системи контролю та обліку електроенергії та інших енергоресурсів (АСКУЕ).

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		64

3.3. Обґрунтування, моделювання та теоретичний розрахунок методу оцінювання зміни характеру навантаження

Залежність споживаної потужності електроприймача від напруги називається статичною характеристикою навантаження за напругою. При невеликих відхиленнях напруги від номінального значення ця залежність має лінійний характер і характеризується величиною регулюючого ефекту навантаження. Регулюючий ефект навантаження є зміною споживаної потужності електроприймача у відсотках при зміні напруги на 1 %. Наприклад, регулюючий ефект, рівний 2 означає, що при зміні напруги на 1% в ту ж сторону змінюється споживана потужність електроприймача на 2%. Регулюючий ефект, що дорівнює $-0,5$, означає зменшення споживаної електроприймачем потужності на 0,5% при підвищенні напруги на 1%.

Основними споживачами електроенергії на промислових підприємства є асинхронні електродвигуни. При зміні напруги змінюються струми в обмотках статора і ротора і струм двигуна, що намагнічує.

Зміна напруги, що підводиться до електродвигунів, також впливає на його механічні характеристики. Загальний регулюючий ефект активної потужності за напругою складається із залежності втрат у двигуні та корисної потужності на валу двигуна від напруги. Його величина змінюється від слабо негативних значень до значення, близького до одиниці.

Регулюючий ефект реактивної потужності асинхронного двигуна за напругою змінюється в більш широкі межі, ніж регулюючий ефект активної потужності. Він має позитивні значення.

Зниження напруги призводить до зменшення продуктивності електротермічних установок. Наприклад, на заводі з обробки кольорових

										ДП 2022	141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата								65

$$S_{\text{п/ст}} \leq S_{\text{нт}} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1) \cdot \frac{\Delta P'_x}{\Delta P'_k}}$$

де, $S_{\text{п/ст}}$ – фактичне навантаження підстанції.

На низці підприємств великий обсяг електроенергії споживається компресорними станціями. Його можна зменшити за рахунок оптимального розподілу стиснутого повітря, що виробляється, між паралельно працюючими компресорами з урахуванням відмінності їх енергетичних витратних характеристик. При зниженні витрати стисненого повітря слід проводити відключення одного або кількох компресорів аналогічно відключення паралельно працюючих трансформаторів.

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		68

4. Охорона праці та техніка безпеки

4.1. Вимоги до обслуговуючого персоналу та план заходів з експлуатації мереж цеху індукційної термічної обробки

Основні обов'язки працівників щодо виконання вимог з охорони праці полягають у необхідності знання та дотримання вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що стосуються їхньої роботи, правил поведження з машинами, механізмами, устаткуванням, використання засобів індивідуального та колективного захисту, додержання правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, а також вжиття працівником посильних заходів щодо усунення будь-якої загрозової виробничої ситуації, яка може спричинити нещасний випадок або аварію.

На своєму робочому місці перед початком роботи працівник повинен перевірити справність засобів індивідуального захисту, стан обладнання, пристроїв, інструмента, наявність засобів колективного захисту (огорож, блокувань, сигналізації, вентиляції тощо). У разі їх несправності довести це до відома керівника робіт.

Працівник не повинен починати роботу, якщо умови її виконання суперечать інструкції з охорони праці, а також без проходження інструктажу з охорони праці як за основним місцем роботи, так і у випадку переведення на іншу роботу або виконання разових робіт, що не пов'язані з безпосередніми його обов'язками. Він повинен виконувати тільки ту роботу, яка йому доручена.

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Діденко О.В.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Арквівів
Перевірив		Сірик А. О.					69	
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

4.2. Загальні заходи щодо забезпечення електробезпеки персоналу, що не належить до спеціальних електротехнічних спеціалістів та забезпечує експлуатацію цеху індукційної термічної обробки

Огороджувальні засоби захисту перешкоджають появі людини в небезпечній зоні. Застосовуються вони для ізоляції систем приводу машин і агрегатів, зон обробки деталей, для огороження струмоведучих частин, зон інтенсивних випромінювань (теплових, електромагнітних, іонізуючих), зон виділення шкідливих речовин, що забруднюють повітряне середовище тощо. Відгороджуються також робочі зони, розташовані на висоті.

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при виході якого-небудь параметра устаткування за межі допустимих значень, що виключає аварійні режими роботи. До таких засобів відносяться: запобіжні клапани, мембрани, системи автоматичного газового захисту, водяні запобіжні водяні затвори, теплові реле тощо.

Блокувальні пристрої виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний фактор на час перебування людини в цій зоні. Велике значення ці засоби захисту мають при огороженні небезпечних зон і там, де роботу можна виконувати при знятій чи відкритій огорожі. За принципом дії блокувальні пристрої поділяють на механічні, електричні, фотоелектричні, радіаційні, гідравлічні, пневматичні, комбіновані.

Сигнальні пристрої подають інформацію стосовно роботи устаткування, а також про наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що при цьому виникають. За призначенням системи сигналізації поділяються на три групи: оперативну,

Під час гасіння пожежі компактними та розпиленими струменями без зняття напруги з електроустановок ствол повинен бути заземлений, а ствольник має працювати в діелектричних ботах, діелектричних рукавицях і знаходитись на відстані від вогнища пожежі не меншій ніж 4–10 м залежно від рівня напруги.

Гасіння пожежі в приміщеннях з електроустановками під напругою всіма видами піни, а також водою зі змочувачами за допомогою ручних засобів забороняється.

При необхідності гасіння пожежі повітряно-механічною піною, з об'ємним заповненням приміщення піною, проводиться попереднє закріплення піногенераторів, їх заземлення, а також заземлення насосів пожежних машин. Водій пожежної машини повинен працювати в діелектричних рукавицях та взутті.

Особовому складу пожежних підрозділів категорично забороняється проводити будь-які переключення та інші операції з електротехнічним обладнанням на електростанції та підстанції.

Заходити до розподільчих улаштування та інших приміщень електротехнічних улаштувань з метою гасіння пожежі особовий склад пожежних підрозділів має право лише після одержання допуску та інструктажу персоналу, який обслуговує цей пристрій.

При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті без постійного чергового персоналу гасіння пожежі пожежними підрозділами до прибуття ОВБ або чергового може проводитись самостійно лише за заздалегідь розробленим і погодженим планом пожежогасіння. Разом з тим має бути вжито негайних заходів для виклику експлуатаційного персоналу ОВБ підприємства електромереж.

Під час ліквідації пожежі в приміщенні з наявністю великої

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		78

5. Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих рішень

5.1. Розрахунок витрат на монтажні роботи окремих елементів електрозабезпечення цеху індукційної термічної обробки

Розрахунок витрат на монтажні роботи будемо проводити для наступних елементів електропостачання цеху:

1. монтажні роботи двох кабельних ліній 10 кВ СБ-3х25;
2. монтажні роботи по встановленню КТП-2х630 кВА;
3. монтажні роботи по встановленню автоматичних вимикачів на НН КТП;
4. монтажні роботи по прокладанню кабелів живлення від НН ГПП до силових пунктів СПА 77 і до щита освітлення ШО та щита аварійного освітлення ШАО;
5. монтажні роботи по встановленню силових пунктів СПА 77, щитків освітлення ШО та ШАО.

Розрахуємо вартість придбання і прокладання двох паралельно прокладених високовольтних кабельних ліній СБ-3х25:

$$K_{\text{кл1}} = C_{\text{кл}} * l_{\text{кл}} * 1,3 = 294,4 * 1,5 * 2 * 1,3 = 1\,148,16 \text{ тис. грн,}$$

де 1,3 – 30% вартість монтажних робіт відносно вартості закупленої продукції;

$C_{\text{кл}}$ – ціна за 1 км кабелю , тис. грн;

$l_{\text{кл}}$ – довжина кабелю, потрібного для прокладання, км.

					ДП 2022 141
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Діденко О.В.			Літ.
Перевірив		Івашук В.В.			Арк.
Т.Контр.					Аркушів
Н. Контр.					80
Затверд.		Балюта С.М			ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11

**Техніко-економічний
розрахунок**

$$\begin{aligned}
K_{\text{м.р.}} &= K_{\text{кл1}} + K_{\text{кТП}} + K_{\text{АВ}} + K_{\text{кл2}} + K_{\text{Ш}} \\
&= 1\,148,16 + 352,56 + 15,09 + 1\,323,72 + 86,25 \\
&= 2\,925,78 \text{ тис. грн.}
\end{aligned}$$

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат з урахуванням прийнятих технічних рішень по обстеженню

Розрахуємо річні мінімальні приведені затрати схеми електропостачання за наступною формулою:

$$Z = P_n * K + V_a + V_{\text{вт}}, \text{ тис. грн,}$$

де P_n – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K – капіталовкладення у спорудження схеми електропостачання, тис.грн;

V_a – річні витрати на амортизацію, ремонт і обслуговування, тис. грн/рік;

$V_{\text{вт}}$ – річні витрати від втрат електроенергії, тис. грн/рік.

Величину капіталовкладень ми розрахували у пункті 5.1, і вона складає:

$$K = K_{\text{м.р.}} = 2\,925,78 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо витрати на амортизацію, ремонт і обслуговування:

для кабельних ліній:

$$\begin{aligned}
V_{\text{а.кл.}} &= \frac{\alpha}{100} * (K_{\text{кл1}} + K_{\text{кл2}}) = \frac{6,3}{100} * (1\,148,16 + 1\,323,72) \\
&= 155,73 \text{ тис. грн;}
\end{aligned}$$

для обладнання:

					ДП 2022 141	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

Висновок

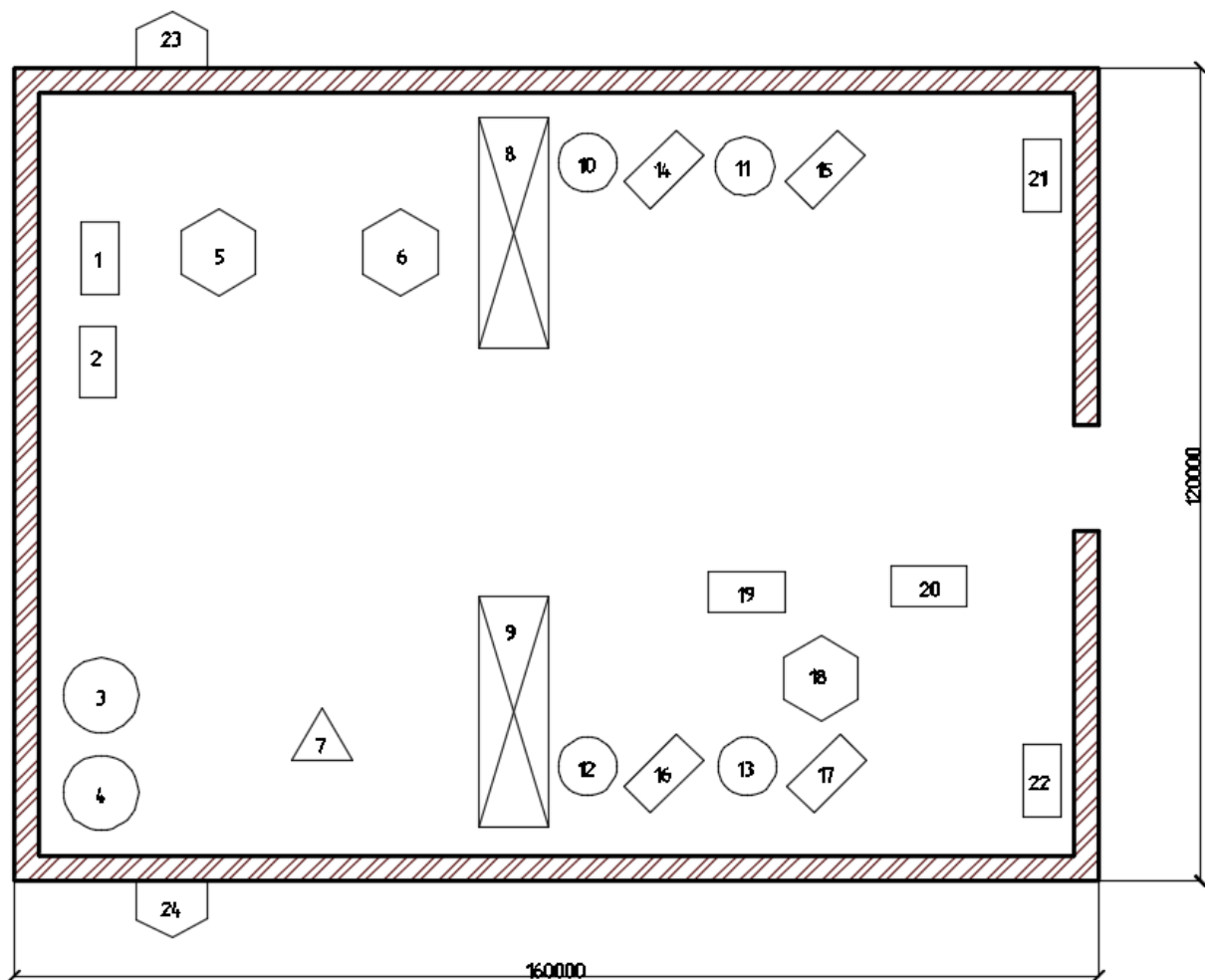
Результатом проектування цеху індукційної термічної обробки є розроблення його силової і освітлювальних схем електропостачання.

За результатами розрахунків для силової мережі цеху було отримано кабельні лінії живлення необхідного перерізу і довжини, обрана КТП-2х630 кВА для живлення всього навантаження цеху, були обрані автоматичні вимикачі з необхідними значеннями розчіплювачів для захисту кабельних ліній від надструмів (струмів перевантаження або струмів короткого замикання) та обрання силових пунктів для розподілення живлення між кінцевими технологічними споживачами. Для живлення КТП-2х630 кВА були розраховані кабельні лінії СБ-3х25, які паралельно прокладені і підключені до ввідних затискачів шин ВН КТП. Для КТП, відповідно до навантаження цеху, були розраховані і обрані 2 масляні трансформатори типу ТМ-630/10 кВА, для розподільчої мережі цеху від шин НН КТП до ввідних затискачів силових пунктів були розраховані й перевірені кабельні лінії, а саме кабелі 5хВВГнг-1х150, ВВГнг-5х95 та ВВГнг-5х120, для розподілення електроенергії між силовими споживачами цеху були обрані й перевірені 3 силові пункти типу СПА 77-6У3.

За результатами розрахунків для освітлювальної мережі цеху були обрані кабелі для живлення шаф освітлення, а саме кабелі 2хВВГ-5х95 та ВВГнг-3х10, для робочого освітлення була обрана шафа освітлення з автоматичними вимикачами (ШО), для аварійного освітлення була обрана шафа аварійного освітлення лише з ввідним автоматичним вимикачем, для забезпечення нормованої освітленості були розраховані світлодіодні світильники типу НВ LED 400 D60 в кількості 540 штук, для забезпечення освітлення в аварійному режимі були розраховані світлодіодні світильники типу НВ LED 400 D60 в кількості 15 штук.

					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата		84

Додаток А
Генеральний план



Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

ДП 2022 141

Арк.

85

Література

1. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств . Підручник . – Вінниця : Нова книга , 2004 . – 656 с .
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання : розрахунки , вибір обладнання : Навч. посіб . – К.: НУХТ , 2011. – 319 с.
3. Основи охорони праці: підручник / В.І.Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. у-т. – 2-ге вид. Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. Охорона праці: Методичні вказівки до виконання розрахунків з використанням персональних ЕОМ IBM сумісного типу (Частина 1. Захисне заземлення) / Укладачі: О.В. Оришака, Є.К. Солових, В.О. Оришака. – Кіровоград; КІСМ, 1997. – 20 с.
5. Основи електроенергетики та електропостачання : Підручник. – 2 – ге вид., переоб., і доп. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 436 с.

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Література	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Діденко О.В.						
Перевірив		Івашук В.В.					87	
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-11		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						