МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: «Аналіз заходів підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1410
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва освітньої програми)
Гиря Б.В.
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент Коваленко В.Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні _____
Кафедра_електричної інженерії та кіберфізичних систем_____
Рівень вищої освіти____перший (бакалаврський)_рівень_____
Спеціальність __141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка_
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., доц. В.Л. Коваленко
«_____»_____2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Гирі Богдану Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз заходів підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання»
керівник роботи __Єрофєєва Аліна Анатоліївна, к.т.н., доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_26_»_грудня__2023__року №_2215 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____03 червня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: принципова схема електропостачання підприємства; номінальні потужності об'єктів підприємства, L = 15 км – довжина від джерела живлення до підприємства; вартість електричної енергії $Ц_е$ = 2,5 грн/кВт·год; показники печей ДСВ-20.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика об'єкта дослідження. 2. Розрахунок електричного навантаження силової мережі. 3. Формування схеми внутрішньозаводської електричної мережі та вибір обладнання. 4. Заходи щодо підвищення енергетичної ефективності технологічного обладнання та їх техніко-економічне обґрунтування.
1 Перелік графічного матеріалу 1) План верстатобудівельного заводу з розташуванням об'єктів. 2) Розрахункова повна потужність споживання електричної енергії об'єктами підприємства. 3) Формування схеми внутрішньозаводської електричної мережі. 4)Характеристики обраних

трансформаторів та компенсуючих пристроїв. 5) Схема електропостачання заводу. 6) Конструкція дугової сталеплавильної печі. 7) Універсальні дугові печі постійного струму ДППТУ-20 8) Піч ДСВ-20 після модернізації. 9) Підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання та їх техніко-економічне обґрунтування. 10) Висновки.

2 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		
Розділ 2	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		
Розділ 3	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		
Розділ 4	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		

3 Дата видачі завдання 12.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об’єкта дослідження	11.03.2024	
2	Розрахунок електричного навантаження силової мережі	15.04.2024	
3	Формування схеми внутрішньозаводської електричної мережі та вибір обладнання	13.05.2024	
4	Заходи щодо підвищення енергетичної ефективності технологічного обладнання та їх техніко-економічне обґрунтування	03.06.2024	

Студент _____ _____ Б.В.Гиря
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ _____А.А.Єрофєєва_____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ ____І.І. Бандуренко_____

РЕФЕРАТ

Гиря Б.В. «Аналіз заходів підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник к.т.н., доцент Єрофєєва А.А., Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024.

Пояснювальна записка містить 62 сторінки, 20 рисунків, 13 таблиць, 14 джерел посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання.

Предметом дослідження є способи та методи підвищення ефективності використання енергоресурсів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.

В процесі розроблення дипломного проєкту використовуються різні методи та підходи, які дають можливість правильно провести аналіз даного підприємства і обрати необхідні заходи для підвищення ефективності використання енергоресурсів, а також заводу в цілому.

В роботі проведений аналіз можливих шляхів підвищення енергетичної ефективності обладнання підприємства. В результаті проведеного аналізу найбільш оптимальний енергозберігаючий захід – реконструкція печі ДСВ-20.

Ключові слова: електричне навантаження, система електропостачання трансформатор, компенсуючий пристрій, вимикач, енергетична ефективність, енергозберігаючі заходи, реконструкція, пічне обладнання, термін окупності.

ЗМІСТ

ВСТУП……6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ……8
1.1 Характеристика підприємства……8
1.2 Технологічний процес та характеристика цехів……8
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ……..……12
2.1 Розрахунок електричного навантаження заводу…….....12
3 ФОРМУВАННЯ СХЕМИ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ…….....17
3.1 Вибір напруги живлячої мережі підприємства і джерела живлення
3.2 Формування схеми внутрішньозаводської електричної мережі……18
3.3 Вибір номінальної потужності трансформаторів……27
3.4 Вибір потужності компенсуючих пристроїв……33
3.5 Вибір електричних апаратів і провідників живильної мережі……37
3.5.1 Вибір кабельних ліній……..37
3.5.2 Вибір автоматичних вимикачів……..39
4 ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЇХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ……..…….45
4.1 Реконструкція застарілої печі ДСВ-20…….45
4.2 Заміна прес-форм……54
ВИСНОВКИ…… ……59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ……61

ВСТУП

Рівень енергетичної ефективності виробництва суттєво впливає на конкурентоспроможність підприємства, що в умовах ринкової економіки безпосередньо впливає на займану частку ринку. З урахуванням постійного зростання цін на енергетичні ресурси, вплив рівня енергетичної ефективності на успішну діяльність підприємства посилюється з кожним роком, а питання підвищення енергоефективності виробництва набуває першочергової важливості.

Під показниками енергетичної ефективності підприємства розуміють питому витрату енергетичних ресурсів на випуск одиниці продукції. Крім загальної питомої витрати енергетичних ресурсів на випуск продукції виділяють питому витрату енергоресурсів на окремі етапи виробництва, окремі технологічні процеси або технологічні операції.

Енергозбереження в Україні є особливо важливим питанням тому, що не вирішено питання збалансованого платоспроможного проживання, а енергозбереження є визначальним фактором енергетичної стратегії на перспективу.

Усі процеси, які пов'язані з економією електроенергії та мінімізацією витрат на купівлю й експлуатацію електроенергії та ресурсів можна поділити на:

- використання системи регулювання частоти в приводі двигуна, у вентиляції, в обладнанні насосних станцій та іншому обладнанні, що отримується змінним струмом;
- монтаж приладів для плавного пусту системи;
- використання частотних перетворювачів;
- застосування енергозберігаючих приладів освітлення, купівля нових установок;
- повернення коштів за використання реактивної електроенергії;

- встановлення нових приладів для автоматизації системи освітлення;
- раціональне застосування тепла від кондиціонерів і холодильників, у процесі охолодження, для підігріву води;
- застосування сонячних батарей для підігріву води та опалення приміщень;
- монтаж датчиків руху, об'єму та освітлення;
- заміна старого енергоємного обладнання новим енергоефективним.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Характеристика підприємства

Машинобудування є однією з провідних галузей народного господарства і характеризується широкою номенклатурою виробів і їх значних габаритів.

Машинобудівний завод спеціалізується на виробництві токарних станків. Асортимент продукції досить різноманітний. У складі заводу - основні виробничі цехи, допоміжні цехи, склади, енергетичні установки і різні об'єкти загальнозаводського призначення.

Процес виробництва є неперервним, і це дає можливість зменшити витрати на виробництво продукції.

Досліджуваним об’єктом є машинобудівний завод в цілому, так як, необхідно забезпечити виробництво якісної продукції, і при цьому знайти нові варіанти енергозбереження тому, що воно стало найбільш ймовірним шляхом подолання економічної та енергетичної кризи. Вкрай необхідним є розробка заходів щодо підвищення енергетичної ефективності морально та фізично застарілого технологічного обладнання підприємства, яке має великі питомі витрати електричної енергії.

1.2 Технологічний процес та характеристика цехів

Завданням даного машинобудівного заводу є виготовлення токарних станків.

Ливарний цех. Цех призначений для виробництва сталевого і чавунного листа. Процеси в цеху є шкідливими по санітарній характеристиці

виробничого циклу з надмірним виділенням тепла і пилу, що вимагає обов'язкового пристрою додаткової світлоаерації. Як конструкцію додаткової аерації слід використовувати ліхтарі з коньковою частиною покриття. Основна частина продукції надходить у ковальсько-пресовий і механічний цехи для подальшої обробки.

Ковальсько - пресовий цех. Цех призначений для виробництва деталей і заготівель із злитків або прокату чорних металів методом вільного кування на молотах і пресах. Максимальна вага поковок досягає 3 т.

Механічний цех. У механічному цеху проводиться обробка деталей, вузлів і корпусів, які виготовляють на підприємстві. Необхідні для цього заготовки, метал і лиття надходять зі складу металу, заготовок та інших матеріалів у відділення металообробних верстатів. Виготовлені та оброблені в механічних відділеннях деталі, корпуси й вузли передаються в складальний цех заводу.

Складальний цех. У складальному цеху здійснюються збірка, випробування, опоряджувальні операції та упаковка готових виробів. У цеху прийнятий такий порядок операцій:

- підготовка деталей для складання (очищення і промивання, перевірка ряду деталей і вузлів на герметичність і балансування);

- збірка комплексів і вузлів із застосуванням запресовування, посадки і т.д.;

- загальне складання деталей на стендах і обкатка;

- фарбування станків, передача до відділу технічного контролю і консервація.

Деталі й вузли до місця збирання подаються рейковими передавальними візками, кран-балками і електрокарами. Склад готової продукції має залізничний в’їзд для відвантаження продукції споживачам.

Цех металоконструкцій. Цех призначений для виготовлення деталей і вузлів виробів, які мають нероз'ємні з'єднання, виконані переважно зварюванням. Основним вихідним матеріалом для виробництва служить

метал. Можуть виконуватися комбіновані конструкції з поковок, виливків, прокату.

Технологічні операції обслуговуються самохідними безрейковими візками, а також мостовими кранами. Після зварювання вироби можуть проходити комплекс додаткової обробки: механічну і термічну обробки, травлення, гідравлічні випробування і забарвлення. Передача металоконструкцій на відповідні ділянки проводиться візками і мостовими кранами. Готові вироби надходять до цехового складу готової продукції і далі в складальний цех.

Термічний цех. Цех призначений для обробки чистових деталей після механічної обробки, а також зварних вузлів і прокатних валків. Деталі, що надійшли в цех, розміщуються на складі відповідно до необхідної технології обробки з опалювальними печами, спеціальними ваннами, а також печі для спеціальних видів обробки (цементація, азотування, ціанування і т.п.).

Після обробки частина деталей надходить в очисне відділення, потім в травильні, далі на ділянку технічного контролю і на склад. Для проведення поверхневого загартовування деталей цех має спеціалізовану ділянку. Готові деталі перевіряються службою технічного контролю і надходять на склад готової продукції. Цех обслуговується мостовими кранами та підлоговими безрейковими візками.

Генеральний план версатобудівельного заводу показано на рисунку 1.

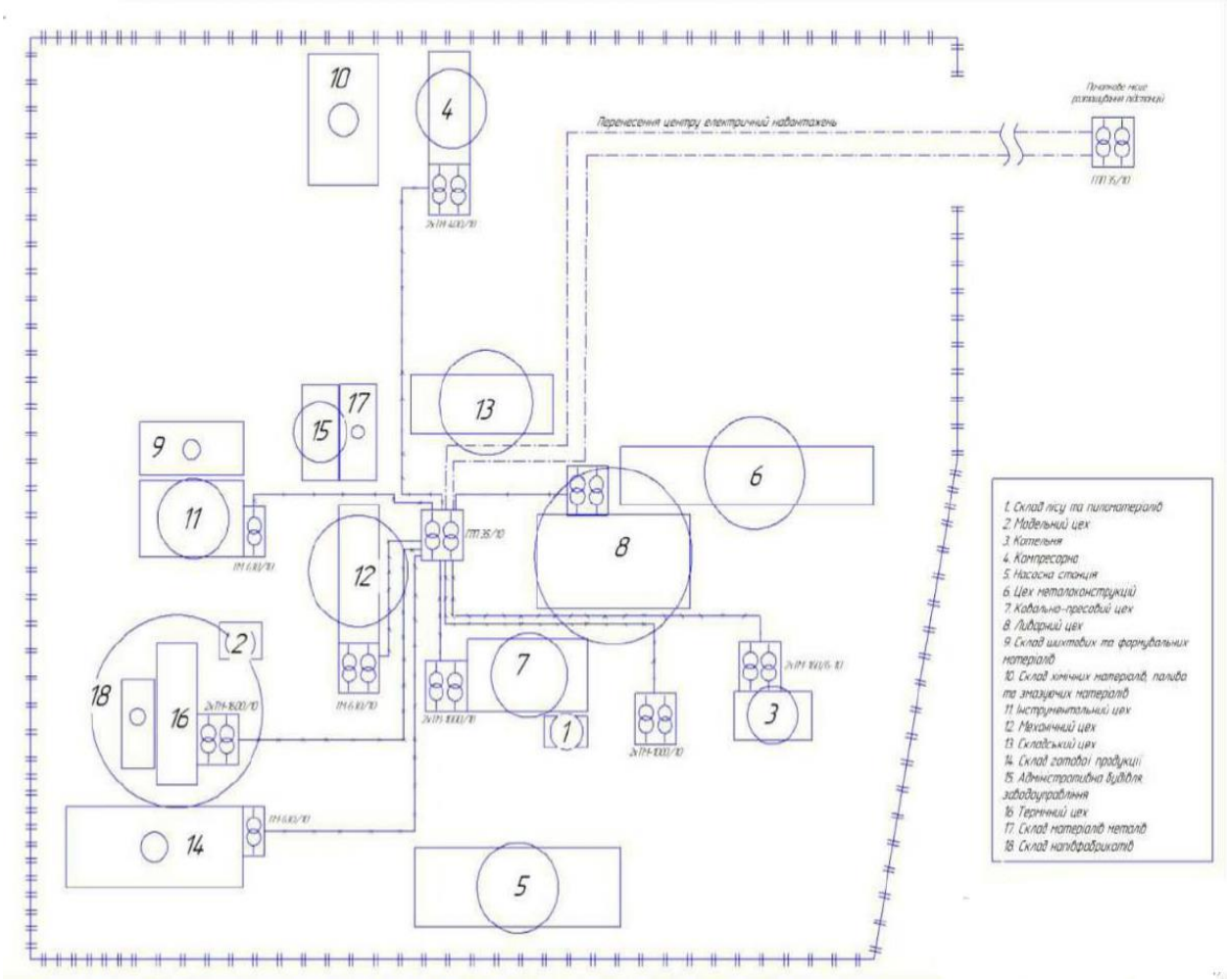


Рисунок 1 - Генеральний план версатобудівельного заводу

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Розрахунок електричного навантаження заводу

Розрахунок електричних навантажень проводимо методом коефіцієнта попиту. Значення коефіцієнта попиту і коефіцієнта потужності вибираємо для кожного цеху.

Розрахункову активну і реактивну потужність споживання по тривало-допустимому нагріву для кожного цеху визначаємо відповідно до наступних формул :

$$P_{p\,i} = P_{ном\,i} \cdot K_{c\,i}\ , \text{кВт}; \tag{2.1}$$

$$Q_{p\,i} = P_{p\,i} \cdot \cos\varphi_i\ , \text{кВАр}, \tag{2.2}$$

де $P_{ном\,i}$ – номінальна потужність цеху, кВт;

K_c – коефіцієнт попиту цеху, кВт;

$\cos\varphi_i$ – коефіцієнт потужності цеху, в. о.

Повне розрахункове навантаження цехів, кВА:

$$S_{p\,i} = \sqrt{Pp\ i^2 + Qp\ i^2}. \tag{2.3}$$

Розрахунок наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати визначення розрахункового навантаження об’єктів заводу

№	Назва споживачів	$P_{ном}$, кВт	$K_{с а}$	cosφ	tgφ	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Склад лісу та пиломатеріалів	110	0,3	0,85	0,62	33	28,05	43,3
2	Модельний цех	520	0,6	0,6	1,3	312	187,2	363,8
3	Котельня	420	0,5	0,75	0,88	210	157,5	262,5
4	Компресорна	800	0,7	0,8	0,75	560	420	700
5	Насосна станція	580	0,6	0,8	0,75	348	278,4	445,6
6	Цех металоконструкцій	1100	0,7	0,65	1,17	770	500,5	918,4
7	Ковальсько-пресовий цех	900	0,65	0,75	0,88	585	438,75	731,25
8	Ливарний цех	1550	0,7	0,8	0,75	1085	868	1389,5
9	Склад шихтових та формувальних матеріалів	110	0,4	0,8	0,75	44	35,2	56,3
10	Склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	80	0,4	0,8	0,75	32	25,6	40,9
11	Інструментальний цех	950	0,5	0,6	1,3	475	285	553,9
12	Механічний цех	1300	0,55	0,6	1,3	715	429	833,8
13	Складальний цех	1050	0,5	0,7	1,02	525	367,5	640,8
14	Склад готової продукції	70	0,5	0,7	1,02	35	24,5	42,7

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Адміністративна будівля, заводоуправління	400	0,7	0,8	0,75	280	224	358,6
16	Термічний цех	1700	0,8	0,85	0,62	1360	1156	1784,9
17	Склад матеріалів металів	28	0,4	0,5	1,73	11,2	5,6	12,5
18	Склад напівфабрикатів	40	0,33	0,55	1,52	13,2	7,26	15,1
Сума						7393,4	5438,06	9193,85

Розрахункова повна потужність споживання електричної енергії об’єктами підприємства представлена на рисунку 2.1.

Розрахункова активна потужність підприємства, кВт:

$$P_р = \Sigma P_{р\,і} \cdot К_{рм\,а}, \qquad (2.4)$$

де $\Sigma P_{р\,і}$ - сумарна розрахункова потужність підприємства, кВт;

$К_{рм\,а}$ - коефіцієнт різночасності максимумів, приймаємо 0,9.

$$P_р = 7393,4 \cdot 0,9 = 6654,06 .$$

Розрахункова реактивна потужність споживання підприємства, кВАр:

$$Q_р = \Sigma Q_{р\,і} \cdot К_{рм\,а}, \qquad (2.5)$$

де $\Sigma Q_{р\,і}$ – сумарна розрахункова потужність підприємства, кВАр.

$$Q_р = 5438,06 \cdot 0,9 = 4894,254.$$

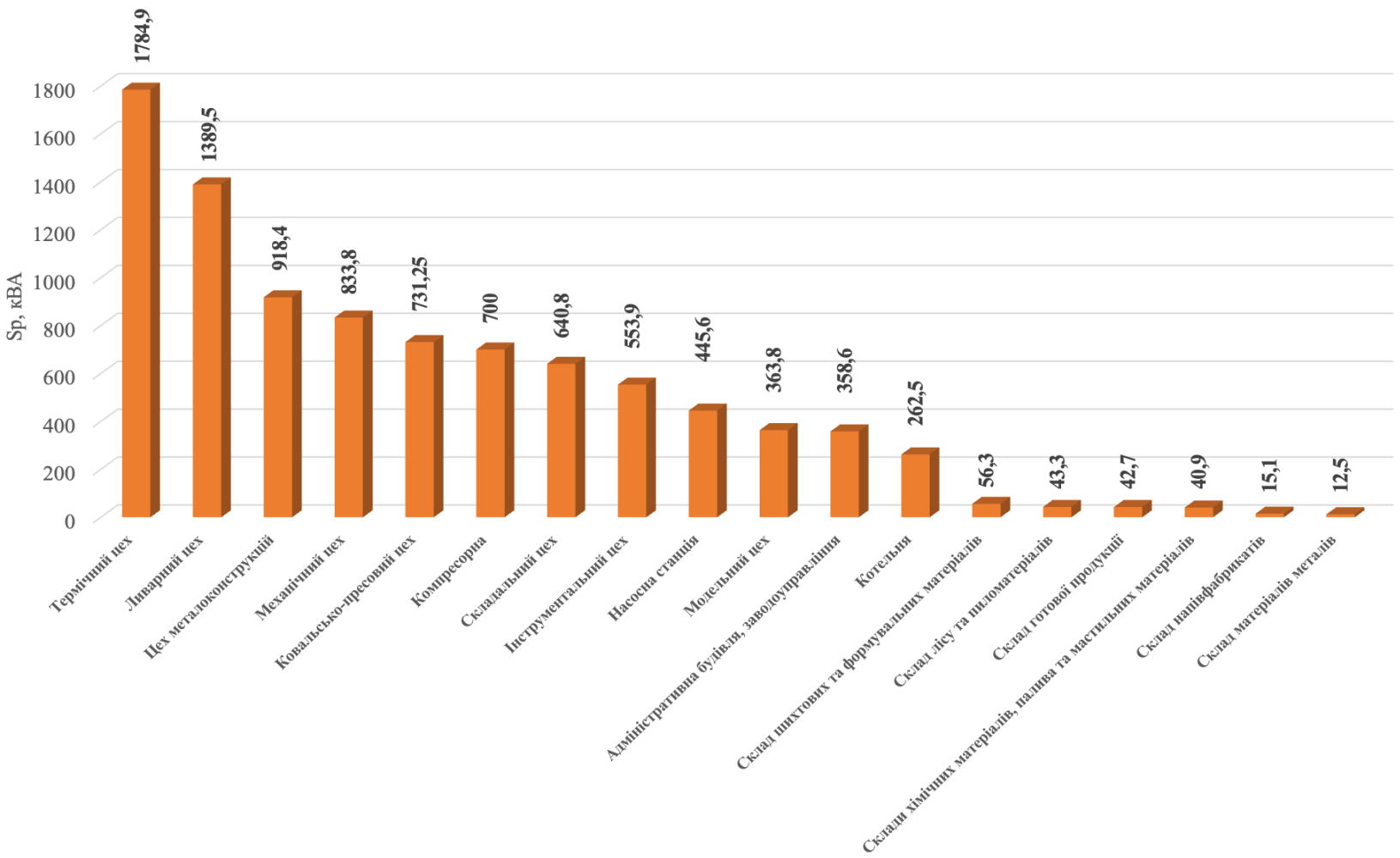


Рисунок 2.1 - Розрахункова повна потужність споживання електричної енергії об’єктами підприємства

Розрахункова повна потужність споживання підприємства, кВА:

$$S_p = \sqrt{Pp^2 + Qp^2}; \quad (2.6)$$

$$S_p = \sqrt{6654{,}06^2 + 4894{,}254^2} = 8260{,}15.$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Розрахункова потужність підприємства

Розрахункова активна потужність підприємства, P_p	6654,06	кВт
Розрахункова реактивна потужність споживання, Q_p	4894,254	кВАр
Розрахункова повна потужність споживання, S_p	8260,15	кВА

3 ФОРМУВАННЯ СХЕМИ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1 Вибір напруги живлячої мережі підприємства і джерела живлення

При проєктуванні системи електропостачання вирішується ряд основних питань, таких, як вибір джерела електропостачання, напруги і траси ліній електропередачі від джерела до промислового майданчика і їх конструктивного виконання, числа, потужності і розташування понижувальних підстанцій, напруги і способу виконання розподільної мережі по території промислового підприємства і таке інше. Напруга мереж зовнішнього електропостачання зазвичай визначається технічними умовами енергосистеми на підключення і залежить від потужності підприємства, його віддаленості від джерела живлення, напруги і вільних потужностей джерел живлення, перспектив розвитку мереж енергосистеми і промислових підприємств в даному районі. При цьому повинен враховуватися також характер навантаження – наявність потужних електротермічних і перетворювальних установок, великих електродвигунів.

Тим часом вибір напруги зовнішніх мереж промислових підприємств проводиться на основі невеликої кількості чітко встановлюваних чинників (навантаження, відстані від джерела живлення, можливих трас ліній електропередачі, характеру споживачів).

Напругу зовнішньої мережі промислового підприємства визначаємо за формулою, кВ:

$$U = 4.34 \cdot \sqrt{L + 0{,}016 \cdot Pp}, \quad (3.1)$$

де L = 15 км – довжина від джерела живлення до підприємства;

$$U = 4.34 \cdot \sqrt{15 + 0{,}016 \cdot 6654{,}06} = 11{,}02 \longrightarrow 10 \text{ кВ}.$$

3.2 Формування схеми внутрішньозаводської електричної мережі

Системою електропостачання (СЕС) - називають сукупність пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електроенергії. Системи електропостачання промислових підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією промислових приймачів, до яких відносяться електродвигуни різних машин і механізмів, електричні печі, електролізні установки, апарати і машини для електричного зварювання, освітлювальні установки та інше.

Систему електропостачання поділяють на систему зовнішнього електропостачання (лінії від енергосистеми до головної знижувальної підстанції ГЗП або розподільчого пункту ЦРП) і систему внутрішнього електропостачання (розподільні лінії від ГЗП або ЦРП до цехових трансформаторів). Системи зовнішнього і внутрішнього електропостачання виконують з урахуванням особливостей режиму роботи споживачів, можливостей подальшого розширення виробництва, зручності обслуговування і т. д.

Завод збудований більше 20 років тому. На той період в планах було розширення території підприємства, тому центр електричних навантажень (ГЗП 110/35/10) був споруджений за межами заводу. Але з плином часу і зміною економічних та політичних факторів, розширення не відбулося.

З метою зниження втрат електричної енергії, доцільно буде перенести розподільчий пункт на територію підприємства.

Живлення від енергетичної системи виконується кабельними лініями марки ААШв напругою 10 кВ (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 Кабель ААШв напругою 10 кВ

Силовий броньований кабель марки ААШв призначено для передавання і розподілу енергії в стаціонарних мережах постійного і змінного струму напругою 1, 6 і 10 кВ. Застосовується в промисловості та енергетиці, підходить для помірного і холодного клімату. Може використовуватися тільки для прокладання горизонтальних електроліній. Монтаж здійснюється в сухих і вологих виробничих приміщеннях, відкритим способом і в ґрунті з низьким і середнім рівнем корозійної активності.

Струмопровідна жила виконана з алюмінію. Вона може бути одно і багатодротовою. Для захисту кожної жили і всього сердечника наноситься подвійна ізоляція з кабельного паперу з просоченням в'язким складом. Під захисною алюмінієвою оболонкою прокладається захисний паперовий екран. Зовнішня оболонка кабелю являє собою шланг з ПВХ-пластикату. З'єднання окремих ділянок кабелів проводиться муфтами.

Характерні особливості:

1.Високі експлуатаційні характеристики.

2. Тривале збереження цілісності ізоляційного покриття.

3. При одинарному прокладанні не поширює горіння.

4. Жили витримують температуру до +80 °С.

Розподільчий пункт (РП) розташовується в центрі електричних навантажень. Розрахунок центру електричних навантажень проводимо за наступними формулами:

$$X_o = \frac{\sum(Pi \cdot xi)}{\sum Pi}; \quad (3.2)$$

$$У_o = \frac{\sum(Pi \cdot yi)}{\sum Pi}, \quad (3.3)$$

де P_i – активне навантаження і-го цеху, кВт;

X_i – координата і-го цеху на плані,м;

$У_i$ - координата і-го цеху на плані,м.

Розрахунок центру електричних навантажень приведено в таблицях 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Навантаження цехів та координати

№	Назва споживача	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	X_i, м	$У_i$, м
1	2	3	4	5	6
1	Склад лісу та пиломатеріалів	33	28,05	358,3	136,7
2	Модельний цех	312	187,2	140,0	205,0
3	Котельня	210	157,5	493,3	161,7
4	Компресорна	560	420	288,3	640,0
5	Насосна станція	348	278,4	326,7	61,7
6	Цех металоконструкцій	770	500,5	483,3	306,7
7	Ковальсько-пресовий цех	585	438,75	390,0	325,0
8	Ливарний цех	1085	868	390,0	256,7
9	Склад шихтових та формувальних матеріалів	44	35,2	108,3	318,3

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
10	Склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	32	25,6	213,3	633,3
11	Інструментальний цех	475	285	116,3	280,4
12	Механічний цех	715	429	220,0	248,3
13	Складальний цех	525	367,5	300,0	304,0
14	Склад готової продукції	35	24,5	85,0	85,0
15	Адміністративна будівля, заводоуправління	280	224	195,0	330,0
16	Термічний цех	1360	1156	100,0	165,0
17	Склад матеріалів металів	11,2	5,6	220,0	330,0
18	Склад напівфабрикатів	13,2	7,26	74,0	162,7
Сума		7393,4			

Таблиця 3.2 – Розрахунок центру електричних навантажень

№	Назва споживача	$P_i \cdot X_i$	$P_i \cdot У_i$
1	2	3	4
1	Склад лісу та пиломатеріалів	11823,9	4511,1
2	Модельний цех	43680	63960
3	Котельня	103593	33957
4	Компресорна	161448	358400
5	Насосна станція	113691,6	21471,6
6	Цех металоконструкцій	372141	236159
7	Ковальсько-пресовий цех	228150	190125
8	Ливарний цех	423150	278519,5
9	Склад шихтових та формувальних матеріалів	4765,2	14005,2

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
10	Склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	6825,6	20265,6
11	Інструментальний цех	55242,5	133190
12	Механічний цех	157300	177534,5
13	Складальний цех	157500	159600
14	Склад готової продукції	2975	2975
15	Адміністративна будівля, заводоуправління	54600	92400
16	Термічний цех	136000	224400
17	Склад матеріалів металів	2464	3696
18	Склад напівфабрикатів	976,8	2147,64
Сума		2036326,6	2017317,14

$$X_0 = \frac{2036326,6}{7393,4} = 275,4 \text{ м};$$

$$У_0 = \frac{2017317,14}{7393,4} = 272,8 \text{ м}.$$

Джерело живлення – це трансформаторна підстанція з трансформатором типу ТДТН-80000/110 (рисунок 3.2).

Трансформатор ТДТН-80000/110 є потужним та надійним пристроєм, здатним передавати значні обсяги електроенергії.

Цей трансформатор використовує систему охолодження, яка базується на природній циркуляції оливи. Це означає, що олива, яке охолоджує трансформатор, циркулює природним чином без потреби в додаткових насосах. Така система охолодження забезпечує стабільну роботу трансформатора навіть при високих навантаженнях, запобігаючи перегріву.

Він є трьохфазним, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження і ефективно передавати електроенергію. Його висока енергоефективність забезпечує мінімальні втрати енергії під час передачі та перетворення.



Рисунок 3.2 - Трансформатор ТДТН-80000/110

Використання високоякісних матеріалів і передових технологій виробництва гарантують його надійність і довговічність. Завдяки цьому трансформатор може служити довгі роки без частого обслуговування.

Окрім того, трансформатор має можливість регулювання напруги під навантаженням, що дозволяє стабілізувати напругу на виході. Це важливо для забезпечення стабільної роботи електричних мереж і запобігання перепадам напруги.

Переваги:

- Можливість запуску на максимальну потужність за короткий час.
- Ефективна робота за різних режимів навантаження.
- Стійкість до коротких замикань у мережі.
- Стійкість до низьких і високих температур, вологості, хімічних впливів.
- Низькі витрати на експлуатацію пристроїв.

РУ представлене комплектним пристроєм типу КУ-10Ц (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3. Комплектні розподільні пристрої серії КУ-10Ц

Електропостачання від розподільчого пункту до цехових трансформаторних підстанцій виконуємо кабельними лініями марки ААШв напругою 10 кВ. Схема електропостачання радіальна, що забезпечує надійність електропостачання і дає можливість застосовувати швидкодіючий захист і автоматику.

Живлення відбувається від шин розподільчого пристрою комплектних трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ. Шини цього пристрою захищаються від короткого замикання з боку нижчої напруги автоматичними вимикачами, а лінії, які живлять силові пункти – лінійними вимикачами, встановленими у шафах РУНН. Зовнішній вигляд шафи РУНН представлено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 - Приклад шафи РУНН

РУНН складається з шафи вводу низької напруги, шаф підходящих ліній, а також для двох трансформаторних підстанцій шафами секційними, які комплектуються автоматичними вимикачами типу ВА-53-37 і ВА-55-37 (рисунок 3.5). Електропостачання силових пунктів здійснюється по кабелях марки АВВГ, а від СП безпосередньо до електроприймачів – по проводам марки АПВ.



Рисунок 3.5 Автоматичний вимикач ВА55-37

Автоматичний вимикач ВА55-37 ідеально підходить для стандартних застосувань в інфраструктурі та промислових об'єктах. Обладнаний термомагнітним розчеплювачем і забезпечує надійний захист обладнання, установок і генераторів. При компактних розмірах і глибині всього лише 95

мм вимикач може бути розміщений навіть в умовах обмеженого простору. Ідеально підходить для розподільних щитів до 250 А.

3.3 Вибір номінальної потужності трансформаторів

З теорії електропостачання відомо, що розрахункова потужність трансформатора дорівнює, кВА:

$$S_{Тр} \geq \frac{Sp}{N \cdot Кз}, \quad (3.4)$$

.

де $S_р$ – розрахункова повна потужність;

N – кількість трансформаторів;

$К_з$ – коефіцієнт завантаження трансформатора.

Так як корисна потужність – активна, то за умови компенсації реактивної потужності на низькій стороні за розрахункову потужність можна прийняти активну розрахункову потужність, кВА:

$$S_{Тр} \geq \frac{Pp}{N \cdot Кз}. \quad (3.5)$$

Для забезпечення надійності та незалежності постачання електричною енергією кожного об’єкту на заводі встановлюємо окрему підстанцію, але навантаження деяких цехів мале, і встановлення окремих підстанцій для кожного призведе до не завантаження трансформаторів та завищення втрат та капіталовкладень, то доцільно об’єднати підстанції :

1) Котельня.

2) Компресорна.

3) Насосна станція, цех металоконструкцій.

4) Складальний цех, склад готової продукції.

5) Ливарний цех, склад шихтових та формувальних матеріалів.

6) Ковальсько-пресовий цех, модельний цех, склад лісу та пиломатеріалів.

7) Механічний цех, склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів.

8) Інструментальний цех, склад матеріалів металів, склад напівфабрикатів.

9) Термічний цех, адміністративна будівля.

В таблиці 3.3 наведено групування цехів та їх характеристика.

Таблиця 3.3 – Групування цехів та їх характеристика

№	Назва споживачів	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА	N	$Кз^{НУР}_{НОРМАТ}$
1	2	3	4	5	6	7
1	Котельня	210	157,5	262,5	2	0,7
2	Компресорна	560	420	700	2	0,7
3	Насосна станція та цех металоконструкцій	1118	778,9	1362,5	2	0,7
4	Складальний цех, склад готової продукції	560	392	683,5	1	1,0
5	Ливарний цех, склад шихтових та формувальних матеріалів	1129	903,2	1445,8	2	0,7
6	Ковальсько-пресовий цех, модельний цех, склад лісу та пиломатеріалів	930	654	1138,35	2	0,7

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
	Механічний цех, склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	747	454,6	847,8	2	1,0
8	Інструментальний цех, склад матеріалів металів, склад напівфабрикатів	499,4	297,86	581,5	1	1,0
9	Термічний цех, адміністративна будівля	1640	1380	2143,5	2	0,7

Приведемо розрахунок об’єкту №1:

$$Spm = \frac{210}{0,7 \cdot 2} = 150 \text{ кВА}.$$

Обираємо трансформатор ТМ – 160/6-10 (рисунок 3.6).

Трансформатор ТМ-160 — це стаціонарний силовий оливний трифазний двообмотувальний знижувальний трансформатор загального призначення. Його використовують для перетворення електроенергії з одного рівня напруги на інший і для живлення різних споживачів електроенергії. Трансформатори типу ТМ виготовляються в стандартному конструктивному виконанні, мають оливне природне охолодження та оснащені вбудованим пристроєм для регулювання напруги методом перемикання відгалужень без збудження.

Трансформатори типу ТМ можуть встановлюватися як всередині приміщень, так і зовні.

Їх слід експлуатувати за наступних умов:

1.Встановлення повинно проводитися на висоті до 1000 м над рівнем моря.

2.Температура зовнішнього середовища повинна бути від -45 °С до +40 °С (для кліматичного виконання "У") або від -60 °С до +40 °С (для виконання "ХЛ").



Рисунок 3.6 Трансформатор ТМ-160/6-10

3.Відносна вологість повітря на місці встановлення не повинна перевищувати 80 % при температурі 25 °С.

Бак трансформатора типу ТМ — зварний, прямокутної або овальної форми. Радіатори на стінках бака забезпечують покращене охолодження. На нижній частині бака є корок для взяття проби та спускання оливи, а також

болт для заземлення, оскільки бак трансформатора повинен бути заземлений. До дна бака приварюється жорстка рама з наскрізними отворами для кріплення трансформатора до поверхні. Трансформатор ТМ-160 підіймають за допомогою гаків, розміщених під верхньою рамою бака.

Результати розрахунків по об’єктах зведемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків та вибору трансформаторів

№	Назва споживачів	Spm, кВА	$К_з$	N	Тип обраного трансформатору
1	2	3	4	5	6
1	Котельня	150	0,7	2	ТМ-160/6-10
2	Компресорна	400	0,7	2	ТМ-400/10
3	Насосна станція та цех металоконструкцій	798,5	0,7	2	ТМ-1000/10
4	Складальний цех, склад готової продукції	622	0,9	1	ТМ-630/10
5	Ливарний цех, склад шихтових та формувальних матеріалів	806,4	0,7	2	ТМ-1000/10

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
6	Ковальсько-пресовий цех, модельний цех, склад лісу та пиломатеріалів	664,3	0,7	2	ТМ-1000/10
7	Механічний цех, склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	533,6	0,7	2	ТМ-630/10
8	Інструментальний цех, склад матеріалів металів, склад напівфабрикатів	554,9	0,9	1	ТМ-630/10
9	Термічний цех, адміністративна будівля	1171,4	0,7	2	ТМ-1600/10

В таблиці 3.5 наведена характеристика обраних трансформаторів.

Таблиця 3.5 – Характеристика трансформаторів

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8
ТМ-160/6-10	160	6, 10	0,4	0,5	2,8	4,5	2,4
ТМ-400/10	400	10	0,4;0,69	1	5,7	4,5	2,5

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8
ТМ-630/10	630	10	0,23;0,4	1,5	8	5,5	2,5
ТМ-1000/10	1000	10	0,4;0,69	2,3	11,8	5,5	2
ТМ-1600/10	1600	10	0,4	3	18	5	2

3.4 Вибір потужності компенсуючих пристроїв

Реактивна потужність – це фіктивна величина потужності, обумовлена зсувом між струмом і напругою, яка необхідна для створення електромагнітного потоку трансформаторів, двигунів, а також обумовлена реактивним опором передачі. Передача реактивної потужності по електромережі приводить до ряду негативних явищ:

1. Зменшення пропускної спроможності ліній мережі і трансформаторів, завантажених реактивною потужністю.
2. Збільшення втрат потужності і електричної енергії в мережі при передачі енергії споживачеві.
3. Додаткове зниження напруги на затискачах приймачів електричної енергії.

Таким чином, необхідно компенсувати реактивну потужність, що передається в мережі. У даному розділі наведений приклад компенсації реактивної потужності на низькій стороні.

Розрахуємо пропускну здатність трансформатора для реактивної потужності, кВАр:

$$Qт = \sqrt{(n \cdot Кзопт \cdot Sномт)^2 - Pp^2}, \quad (3.6)$$

де Qт – пропускна здатність трансформатора, кВАр;

n – кількість трансформаторів, шт.;

Кзопт – коефіцієнт завантаження трансформатора оптимальний;

Sномт – номінальна потужність трансформатора, кВА;

Pp - розрахункова активна потужність об'єкту на заводі, кВт.

Розрахункова потужність компенсуючих пристроїв, кВАр:

$$Qнку = Qт + n \cdot \Delta Qm - Qc, \quad (3.7)$$

де Qнку – потужність компенсуючих пристроїв, кВАр;

ΔQm – втрати реактивної потужності в трансформаторі, кВАр;

Qc – величина реактивної потужності, що може бути передана під енергосистеми до підстанції, кВАр (Pp · tgφ; tgφ = 0,25).

Втрати реактивної потужності в трансформаторі, кВАр:

$$\Delta Qm = \frac{Iхх + Кзопт2 \cdot Uк}{100} * Sномт, \quad (3.8)$$

де Iхх – струм холостого ходу трансформатора, %;

Uк – напруга короткого замикання, %.

Приведемо розрахунок об'єкту №1:

$$Qт = \sqrt{(2 \cdot 0{,}7 \cdot 160)^2 - 210^2} = 78 \text{ кВАр};$$

$$\Delta Qm = \frac{2{,}4 + (0{,}7)2 \cdot 4{,}5}{100} * 160 = 7{,}37 \text{ кВАр};$$

$$Q_{нку} = 78 + 2 \cdot 7{,}37 - 52{,}5 = 40{,}24 \text{ кВАр}.$$

Обираємо НКУ – 2хУКРП-0,4-25-5У3 (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 НКУ – 2хУКРП-0,4-25-5У3

Компенсатор реактивної потужності НКУ 0,4-25-5У3 призначений для компенсації реактивної потужності в мережі 0,4 кВ. Автоматичне регулювання конденсаторними секціями дає змогу підтримувати косинус фі в заданих межах. Необхідний косинус фі задається в налаштуваннях регулятора.

Результати розрахунків та вибору компенсуючих пристроїв зведемо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунків та обрані компенсуючі пристрої

№	Назва об’єкту	Qт, кВАр	ΔQm, кВАр	Qрнку, кВАр	Тип НКУ
1	Котельня	78	7,37	40,24	2хУКРП-0,4-25-5У3
2	Компресорна	0	18,4	-63,2	-
3	Насосна станція та цех металоконструкцій	843	46,95	657,4	2хУКРП-0,4-360-20У3
4	Складальний цех, склад готової продукції	89	43,8	-7,2	-
5	Ливарний цех, склад шихтових та формувальних матеріалів	827,9	46,95	639,55	2хУКРП-0,4-320-20У3
6	Ковальсько-пресовий цех, модельний цех, склад лісу та пиломатеріалів	1046,5	46,95	907,9	2хУКРП-0,4-475-25У3
7	Механічний цех, склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	469	32,75	347,75	2хУКРП-0,4-180-20У3
8	Інструментальний цех, склад матеріалів металів, склад напівфабрикатів	268,5	43,8	187,45	УКРП-0,4-200-20У3
9	Термічний цех, адміністративна будівля	1525,7	71,2	1230,1	2хУКРП-0,4-600-50У3

3.5 Вибір електричних апаратів і провідників живильної мережі

3.5.1 Вибір кабельних ліній

Вибір кабельних ліній виконаємо по економічній густині струму.

Переріз жили, мм^2:

$$Sек = \frac{Iнр}{jек}, \quad (3.9)$$

де jек = 1,2 для Тм ≥5000.

Допустимий тривалий струм, А:

$$Iнр = \frac{\sqrt{Pp^2+(Qp\sum+nт\cdot\Delta Qт-Qнку)^2}}{nт\cdot\sqrt{3}\cdot U}. \quad (3.10)$$

Приведемо розрахунок для об’єкту №1:

$$Iнр = \frac{\sqrt{210^2+(157,5+2*7,37-25)^2}}{2\cdot\sqrt{3}\cdot 10} = 7,4 \text{ А};$$

$$Sек = \frac{7,16}{1,2} = 3,7 \text{ мм}^2.$$

Приймається найближчий стандартний переріз КЛ F_e — 16 мм^2 з допустимим довготривалим струмом 75 А.

Результати розрахунку та вибору кабельних ліній зведемо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Вибір кабельних ліній

№	Назва об’єкту	Інр, А	Sек, мм^2	Ідт, А	Переріз жили, мм^2
1	Котельня	7,4	3,7	75	3х16
2	Компресорна	20,9	17,4	90	3х25
3	Насосна станція та цех металоконструкцій	35,5	29,6	115	3х35
4	Складальний цех, склад готової продукції	41	34,1	115	3х35
5	Ливарний цех, склад шихтових та формувальних матеріалів	38	31,7	115	3х35
6	Ковальсько-пресовий цех, модельний цех, склад лісу та пиломатеріалів	34	28,3	115	3х35
7	Механічний цех, склади хімічних матеріалів, палива та мастильних матеріалів	23,7	19,7	90	3х25
8	Інструментальний цех, склад матеріалів металів, склад напівфабрикатів	30	25	90	3х25
9	Термічний цех, адміністративна будівля	54,3	45,3	140	3х50

3.5.2 Вибір автоматичних вимикачів

Умови вибору автоматичних вимикачів:

$$U_{ном} \geq U_c; \quad (3.9)$$

$$I_{ном} \geq I_р; \quad (3.10)$$

$$I_{т\,р} \geq I_р; \quad (3.11)$$

$$I_{уст\,т\,р} \geq k * I_р; \quad (3.12)$$

$$I_{ел\,магн\,р} \geq 1{,}25 * I_{пик}; \quad (3.13)$$

$$I_{откл} \geq I''^{(3)}; \quad (3.14)$$

$$i_{дин} \geq i_у; \quad (3.15)$$

$$I_{ел\,магн\,р} \geq I''^{(1)}/k. \quad (3.16)$$

Виконавши необхідні розрахунки, пропоную виконати захист автоматичними вимикачами типу ВА51-35, ВА51-39, ВА52-35, ВА52-39 (рисунки 3.8-3.11).



Рисунок 3.8 Вимикач ВА 51-35 63А

Вимикач ВА 51-35 застосовується для ланцюгів постійного струму з напругою до 440 вольт і змінного струму до 690 вольт з частотою 50 або 60 Герц, при струмах від 63 до 400 ампер. Він забезпечує захист підключених пристроїв від коротких замикань за допомогою електромагнітного розчіплювача і від перевантажень за допомогою теплового розчіплювача. Також він підтримує до 3 включень і вимкнень на годину. ВА 51-35 використовується як складова частина в розподільних пристроях, на промислових підприємствах і в адміністративних будівлях.



Рисунок 3.9 Вимикач ВА 51-39

Автоматичний триполюсний вимикач ВА 51-39 на струми від 250А до 630А в основному застосовують в електричних колах змінного струму 400/690 В частотою не більше ніж 60 Гц і 440 В постійного струму, захищає від стрибків напруги та струмів КЗ, струмів перевантаження, неприпустимих знижень напруги, зокрема для періодичних увімкнення/вимкнення не більш ніж 6 на добу, а також для вимикання електричних кіл. Вимикач ВА 51-39 незалежний і пов'язаний з механізмом розчеплювача в момент подачі на котушку напруги. Так само в разі подачі струму від інших джерел енергії струм подається на котушку незалежного розчеплювача за рахунок замикаючих контактів.

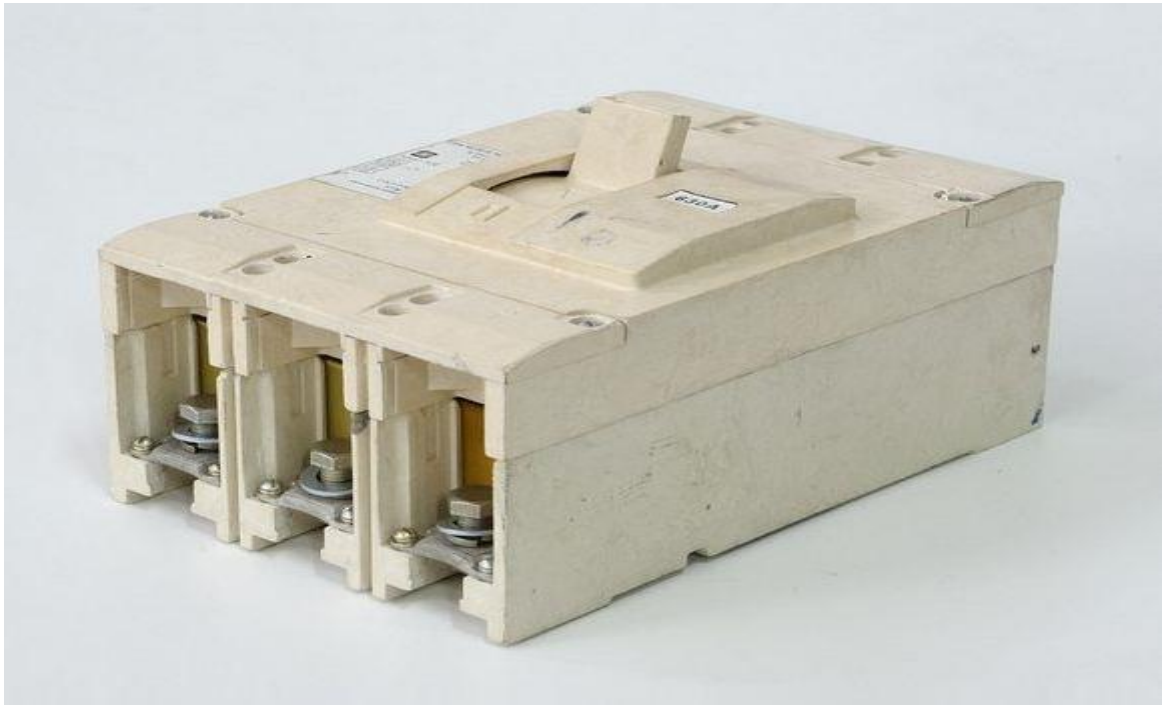


Рисунок 3.10 Вимикач ВА 52-35

Автоматичні вимикачі типу ВА 52-35. Сфера застосування - захист у комплексі розподільчих конструкцій в адміністративних приміщеннях і на виробництві. Забезпечують електроживлення у звичайному режимі та вимикають подачу напруги в разі її критичного зниження, перевантаження або короткого замикання. Оперативне вимкнення і ввімкнення електроланок до 6-ти/добу.



Рисунок 3.11 Вимикач ВА52-39

Автоматичні триполюсні вимикачі ВА 52-39 у литому корпусі на струми від 250А до 630А. Автомати ВА 52-39 призначені для застосування в електричних колах з напругою 400/690 В змінного струму частотою 50 і 60 Гц і 440 В постійного струму, їхнього захисту від струмів короткого замикання, струмів перевантаження, неприпустимих знижень напруги, а також для нечастих оперативних увімкнень і вимкнень.

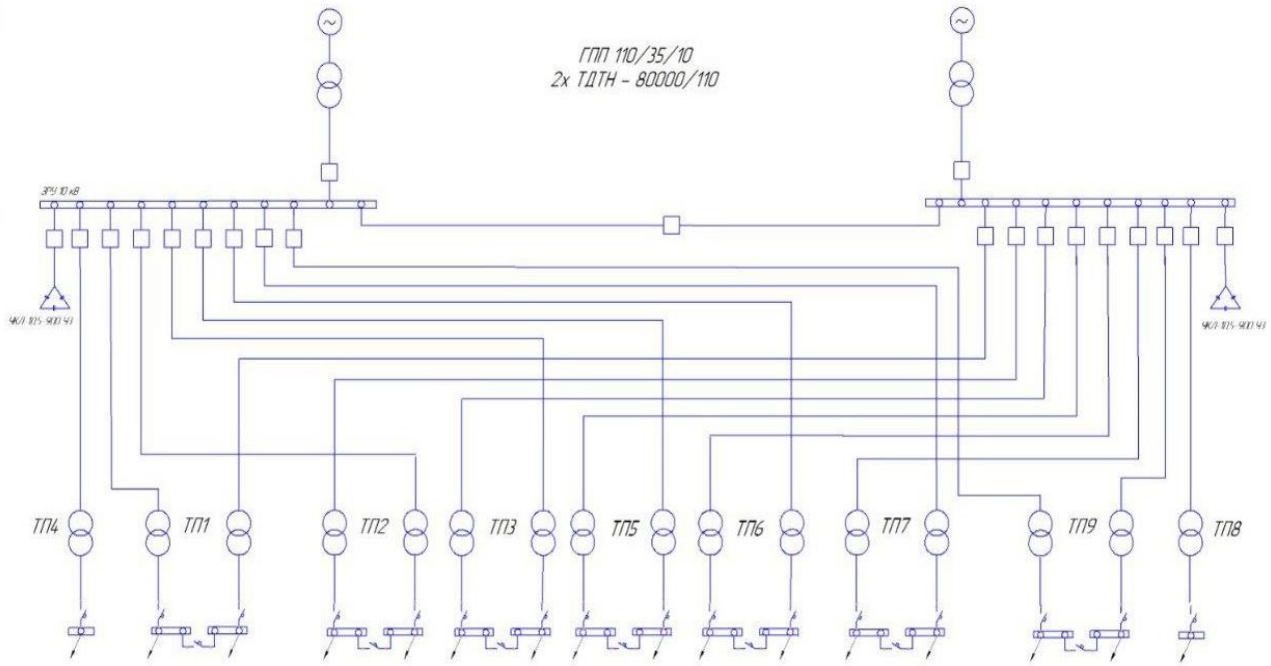
Характеристики обраних вимикачів наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Характеристика вимикачів

№	Тип автомата	$U_{ном}$, кВ	$I_{ном\ а}$, А	$I_{уст\ тр}$, А	$I_{вимик}$, кА
1	ВА51-35	0,4	250	200	22
2	ВА51-39	0,4	630	400	40
3	ВА52-35	0,4	250	200	42
4	ВА52-39	0,4	630	400	60

Таким чином, перенесення центру електричного навантаження на територію заводу, вибір нових трансформаторів, кабельних ліній, автоматичних вимикачів значно зменшив втрати в мережі і матеріальні кошти на обслуговування в подальшому часі, тому компенсуючи пристрої на високій стороні не потрібні.

Схему електропостачання верстатобудівельного заводу показано на рисунку 3.12.



Номер ТП	ТП1	ТП2	ТП3	ТП4	ТП5	ТП6	ТП7	ТП8	ТП9
Номінальна потужність трансформаторів, кВт	150	400	798,5	622	806,4	664,3	533,6	554,9	1171,4
Тип трансформаторів	ТМ-160/6-10	ТМ-400/10	ТМ-1000/10	ТМ-630/10	ТМ-1000/10	ТМ-1000/10	ТМ-630/10	ТМ-630/10	ТМ-1600/10
Рроз, кВт	210	560	1118	560	1129	930	747	499,4	1640
Qроз, кВт	157,5	420	778,9	392	930	654	456,4	297,86	1380

Рисунку 3.12 Схема електропостачання верстатобудівельного заводу

4 ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЇХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

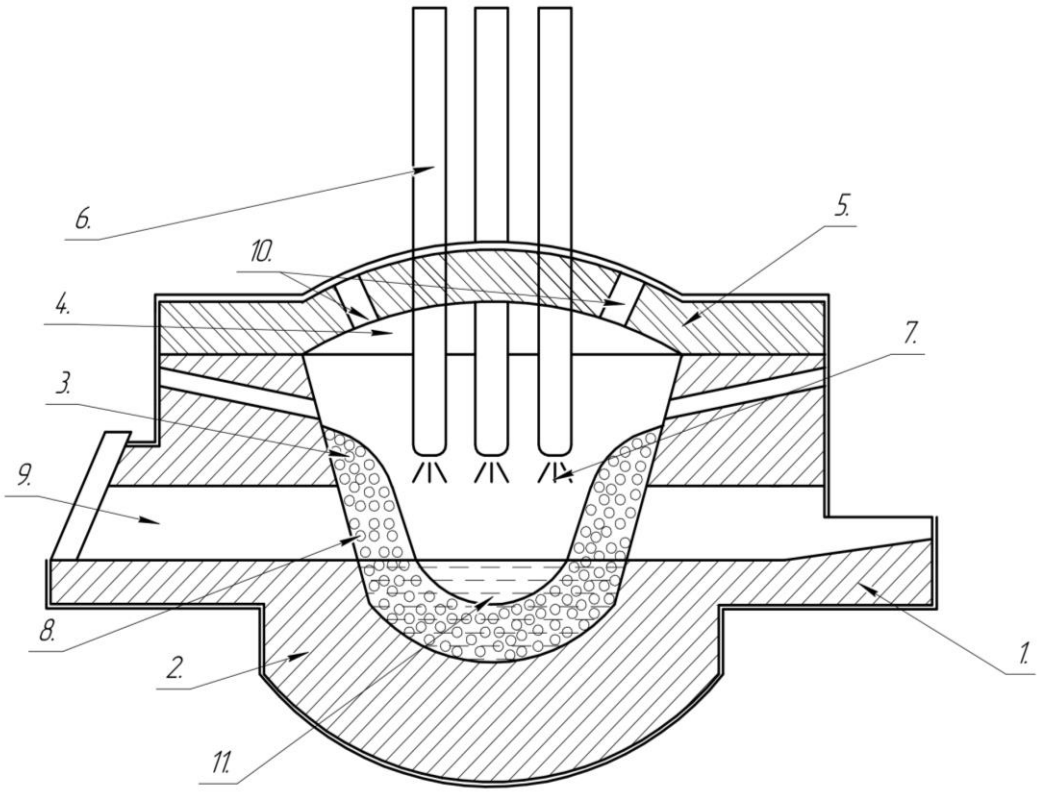
4.1 Реконструкція застарілої печі ДСВ-20

Діючі електродугові печі ДСВ-20, морально та фізично застаріли, мають великі питомі витрати електроенергії. Застаріла конструкція печей не дозволяє їх обладнати новою автоматикою. Відсутність ефективного вловлювання та асиміляції відхідних димових газів приводить до викидів шкідливих речовин у робочу зону й атмосферу.

З метою зниження витрат енергоносіїв і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, пропоную реконструювати 2 застарілі печі ДСВ-20 потужністю по 8,5 МВА кожна на нові ДППТУ-20 (універсальні дугові печі постійного струму нового покоління), потужність яких збільшена з 8,5 МВА до 10,79 МВА. На кожній печі встановлено водо охолоджуване склепіння .

В даній роботі передбачається збереження без збільшення пропускної спроможності системи електропостачання, збереження всіх основних елементів механічної системи печі, заміну джерел електричного живлення, пультів та щитів керування з розміщенням їх на існуючих площах, збереження існуючого технологічного процесу плавлення без використання кисню, газокисневих пальників, установки печі-ковшу, спіненого шлаку. Зменшення пило-газових викидів після реконструкції дозволить зберегти існуючу систему евакуації газів.

Загальний вигляд дугових сталеплавильних печей та дугових печей постійного струму (ДППТ) представлено на рисунках 4.1. та 4.2, відповідно.



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Детали		
		1		Корпус	1	
		2		Металева оболонка з футерованим подом	1	
		3		Водоохолоджувані стіни	1	
		4		Водоохолоджуваний звід	1	
		5		Футерована частина	1	
		6		Звідовий електрод	1	
		7		Електрична дуга	1	
		8		Шихта	1	
		9		Канал донного випуску	1	
		10		Подові електроди	2	
		11		Ванна металу	1	

Рисунок 4.1 – Конструкція дугових сталеплавильних печей

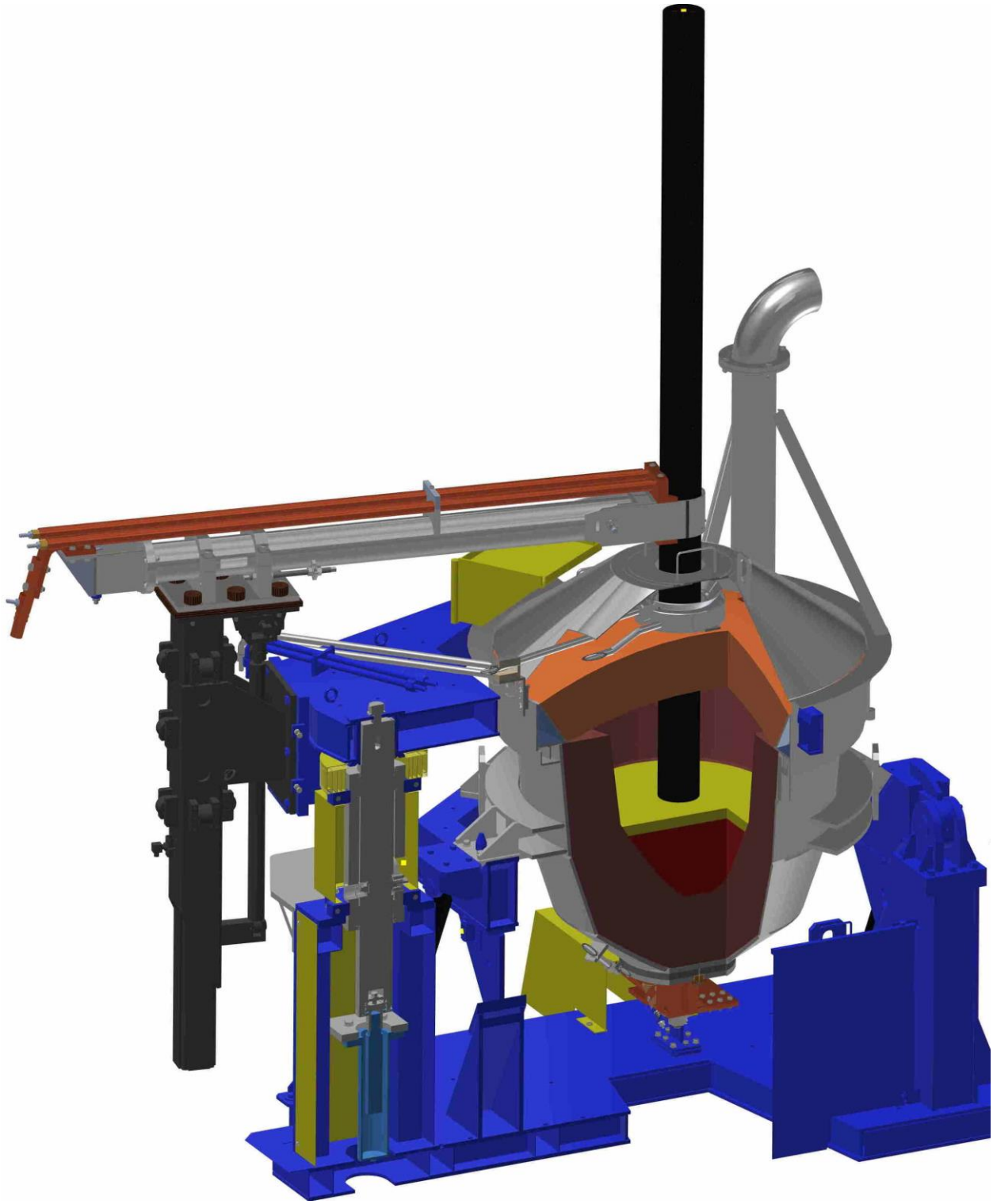


Рисунок 4.2 - Загальний вигляд дугових печей постійного струму (ДППТ)

Нова модернізована піч зображена на рисунку 4.3 та рисунку 4.4.



Рисунок 4.3 – Піч нового покоління ДППТУ-20



Рисунок 4.4– Піч ДСВ-20 після модернізації

В результаті реконструкції, отримаємо порівняльні показники, які наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Показники печей ДСВ-20 та після модернізації ДППТУ-20

Показники	ДСВ-20	ДППТУ-20
Пил, мг/м^3	27,2	9,9
Шум, дБ (загальний рівень)	98	84
Витрата електричної енергії на 1т рідкої сталі загальна/при розплавленні, кВт·год	880/535	740/450
Продуктивність рідкої сталі, т/год.	4,54	7,16
Середня тривалість по плавкам, год.	4,92	3,0
Середня тривалість плавки по плавкам, год.	2,75	2,05
Угар металу загальний, %	7 – 7,5	3,5 - 5
Витрата кг/т рідкого :		
Графітованих електродів	14,0	2,12
Fe Si	12,5	11,2
Si Mn	13,0	11,8
Fe Mn	11,5	10,6
Fe Cr	11,2	9,6
Fe V	7	4,7
Fe Mo	2,1	2,1
Вапняку	48,0	20,7
Шамота (для наведення шлаку)	12,1	2,7
Розкислювальної суміші (вапняк, Fe Si 45, кокс)	272, 78, 22	192, 46, 18
Магнетизована цегла на кладку	22	12
Кількість проб в процесі плавки, од.	4 - 5	3 - 4
Кількість шлаку на плавку, т.	1,31	0,46
Річний випуск рідкої сталі (злитки, фасон), т.	12000	20600

В процесі плавлення відбувається активне перемішування металу та його активна взаємодія зі шлаком, що дозволяє значно легше, ніж на печі постійного струму, проводить процеси десульфурації та дефосфації. Забезпечується однорідність хімічного складу металу, покращуються умови видалення газу та неметалічних включень з металу.

З'явилась можливість використовувати більш крупну та більш дрібну шифту в поєднанні з конкретними технологічними прийомами. Зменшилась кількість зламаних електродів.

Експлуатація печі забезпечує:

- можливість повного та часткового зливу металу;
- ведення повного металургійного процесу;
- простоту догляду за футеровкою;
- економію електроенергії;
- скорочення витрат електродів більш, ніж в 3 рази;
- скорочення витрат феромарганцю та феровanадію.

Деякий проміжок часу експлуатації печі постійного струму показує, що покращилась цехова екологія та культура виробництва. На плавильному відділені з'явилась комп'ютерна техніка, яка дозволяє проводити операції подальшої автоматизації процесів плавлення, його оптимізації.

З початку експлуатації ДППТУ-20 підприємство припинило отримувати претензії від постачальників електроенергії по якості експлуатації плавильного устаткування. Повністю відсутні кидки, стрибки напруги при комутаціях на печі.

В процесі роботи покращується технологічна дисципліна зі сторони обслуговуючого персоналу. Підвищується рівень кваліфікації працівників та майстерного складу, скорочуються невиробничі, організаційні простої, що також впливає на покращення показників роботи.

Термін окупності інвестицій – час, необхідний для повернення первісної інвестиції за рахунок приросту чистого прибутку та реновацій від інвестицій. Термін окупності є показником пов'язаного із проєктом ризику :

при великому терміні окупності – проєкт ризикований, при перевищенні строку життя проєкту – проєкт не може бути прийнятий.

За результатами розрахунків технічної ефективності реконструювання застарілих електродугових печей ДСВ-20 на ДППТУ-20 для існуючого річного обсягу виробництва сталі, річна економія електричної енергії складе : W_e = 14531,6 тис. кВт год./рік.

Економія палива за рік складе :

$$\Delta B = \Delta W \cdot Ц_e, \qquad (4.1)$$

де ΔW – зекономлена електроенергія за рік, кВт ·год./рік ;

$Ц_e$ – вартість електроенергії, $Ц_e$ = 2,5 грн./кВт·год.

Зекономлена електроенергія за рік :

$$\Delta W = \Delta P \cdot T_{год}, \qquad (4.2)$$

де ΔP – економія потужності, кВт·год. ;

$T_{год}$ – час використання устаткування за рік.

$$\Delta W = W_e = 14531,6 \text{ тис. кВт·год./рік.}$$

Вартість зекономленої електроенергії становить, грн :

$$\Delta B = 14531,6 \cdot 2,5 = 36329000.$$

Загальна вартість впроваджувального устаткування, грн :

$$C_{\text{загал устатк}} = 54000000.$$

Вартість пуско - налагоджувальних робіт становить 3 %,

будівельно-монтажних робіт становить 5%, д
опоміжних матеріалів 7 % від вартості устаткування, грн :

$$С_{пнр} = 0,03 \cdot 54000000 = 1620000.$$

$$С_{бмр} = 0,05 \cdot 54000000 = 2700000.$$

$$С_{дм} = 0,07 \cdot 54000000 = 3780000.$$

Капітальні вкладення, грн :

$$КВ = С_{загал\ устати} + С_{пнр} + С_{бмр} + С_{дм}, \quad (4.3)$$

$$КВ = 54000000 + 1620000 + 2700000 + 3780000 = 62100000 .$$

Термін експлуатації нових печей ДППТУ-20 – 20 років.

Амортизаційні відрахування, грн :

$$А = С_{загал\ устатк} \cdot Н_а, \quad (4.4)$$

$$А = 54000000 \cdot 0,05 = 27000000.$$

Витрати на технічне обслуговування та ремонт становлять $З._{то.тр}$ = 150000 грн. у рік (за даними фірми – постачальника).

Повні витрати на експлуатацію устаткування, грн. :

$$З_е = А + З_{то} + З_{тр}, \quad (4.5)$$

$$З_{е} = 27000000 + 150000 = 27150000 .$$

Розрахунки економічної ефективності капітальних вкладень, грн./1грн КВ :

$$E = \frac{\Delta В - Зе}{КВ} , \quad (4.6)$$

$$E = \frac{36329000 - 27150000}{27150000} = 0{,}338,$$

$$E_{норм} = 0{,}12,$$

$$E > E_{норм.}$$

Термін окупності капітальних вкладень, років :

$$T = \frac{1}{E} , \quad (4.7)$$

$$T = \frac{1}{0{,}338} = 2{,}96 .$$

Основні техніко-економічні показники наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники впровадження заходу

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
Річна економія електроенергії	кВт · год / рік грн	14531600 36329000
Капітальні вкладення в т.ч. :	грн.	62100000
Вартість устаткування	грн.	54000000
Вартість пуско – налагоджувальних робіт	грн.	1620000
Вартість будівельно-монтажних робіт	грн.	2700000
Вартість допоміжних матеріалів	грн.	3780000
Амортизаційні відрахування	грн.	27150000
Витрати на технічне обслуговування та ремонт	грн.	150000
Строк життя проєкту	років	20
Економічна ефективність	грн/1 грн. КВ	0,338
Термін окупності	років	2,96

4.2 Заміна прес-форм

Прес-форми є незамінним інструментом для отримання виборів майже будь-якої форми та ступеню складності. Від якості даної установки залежить якість та точність продукції.

На момент до заміни прес-форм на заводі встановлений гідравлічний прес ДА2238, зусиллям 630 тон, 1983 року випуску. Він зображений на рисунку 4.5.

За роки експлуатації прес ДА2238 морально та фізично застарів, до того ж основне його призначення – пресування виробів із пластмас в закритих прес-формах і лише деяке виконання операцій неглибокої витяжки, згинання, рихтування металічних виробів.



Рисунок 4.5 – Гідравлічний прес ДА2238

Для виробництва токарних верстатів необхідні більш сучасніші моделі прес-форм, які б мали більше функцій і завдяки цьому скорочували не лише техніко-економічні показники, а також полегшували роботу по його обслуговуванню.

Зваживши усі показники якості та економічності, обираємо гідравлічний пробивний прес серії Kingsland Punch.

Його можна охарактеризувати як :

- великий робочий стіл з багатофункціональною під штамповою плитою. Частина столу цього пресу знімається – для пробивання стінки швелерів та двотаврів : профіль при пробиванні може частково виходити за межі столу станка і впиратися нижнім краєм в паз під столом. Стіл облаштований лінійками, направляючими, упорами;
- регулюючий хід штампу (кінці верхнього та нижнього положення);
- можливість повільного (поетапного) опускання штампу;
- швидкозамінюване оснащення (перехідники штампу, знімачі, тримачі штампів та матриць);

- у випадку переустановлення та встановлення допоміжного оснащення станок може бути багатофункціональним : пробивання отворів великого діаметру, згинання смуги та невеликих листових заготовок, висічка пазів на кінцях труб та ін.;
- великий виліт верстата, під замовлення можливе виконання з збільшеним вильотом;
- захист гідравлічної системи від перенавантаження;
- безпечні огородження робочої секції;
- верстат поставляється заповненим гідравлічним маслом;
- набір для обслуговування верстата, інструкція з експлуатації та обслуговування українською мовою.

На рисунку 4.6 зображено гідравлічний пробивний прес



Рисунок 4.6 – Гідравлічний пробивний прес серії Kingsland Punch

Наведемо характеристики пресів серії Kingsland Punch у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Характеристики пресів серії Kingsland Punch

Модель	Сила, т	Max можливість пробивання : діаметр х товщина, мм	Max можливість при висічці квадратних кутів. Сторона х товщина, мм	Max можливість при згинанні смуги, мм	Max можливість при згинанні листової заготовки, мм	Потужність двигуна, кВт	Розміри станка, см
Punch 60	60	57x8	250x6	250x12	500x3	5,5	164x71x168
Punch 70	70	57x9	250x6	250x13	500x3	5,5	164x71x180
Punch 80	80	57x10	250x6	250x15	500x3	7,5	176x71x183
Punch 95	95	57x12	250x6	250x20	500x3	7,5	190x79x191
Punch 125	125	57x16	250x6	250x22	700x3	7,5	200x80x203
Punch 175	175	57x22	250x6	250x25	700x4	11,0	270x112x216

Таким чином, замінимо застарілий прес ДА2238 на 5 нових зусиллям 125 т. кожний. В результаті отримаємо нове обладнання, більш функціональне, має менші габарити, при потребі можливість вільного переносу прес-форми, що дає змогу скоротити робочу силу та час.

ВИСНОВКИ

У першому розділі кваліфікаційної роботи дана характеристика підприємства та технологічного процесу.

У другому розділі проведено розрахунок електричного навантаження заводу. Наведені активні, реактивні та повні потужності споживання електричної енергії об’єктами підприємства.

У третьому розділі представлено схеми внутрішньозаводської електричної мережі. Джерелом живлення обрано трансформаторну підстанцію з трьохфазним трансформатором типу ТДТН-80000/110. Розподільчий пристрій представлено комплектним пристроєм типу КУ-10Ц. РУНН складається з шафи вводу низької напруги, шаф підходящих ліній, а також для двох трансформаторних підстанцій шафами секційними, які комплектуються автоматичними вимикачами. Для забезпечення надійності та незалежності постачання електричною енергією кожного об’єкту на заводі було виконано групування цехів та запропоновано встановити окремі підстанції. Також проведено розрахунок потужності компенсуючих пристроїв.Таким чином, перенесення центру електричного навантаження на територію заводу, вибір нових трансформаторів, кабельних ліній, автоматичних вимикачів значно зменшив втрати в мережі і матеріальні кошти на обслуговування в подальшому часі.

У четвертому розділі запропоновані заходи щодо підвищення енергетичної ефективності пічного обладнання. Діючі електродугові печі ДСВ-20 морально та фізично застаріли, мають великі питомі витрати електричної енергії. З метою зниження витрат енергоносіїв і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, в роботі в пропонується реконструювати 2 застарілі печі ДСВ-20 потужністю по 8,5 МВА кожна на нові ДППТУ-20 (універсальні дугові печі постійного струму нового покоління), потужність яких збільшена з 8,5 МВА до 10,79 МВА. Витрата

електричної енергії на 1т рідкої сталі знизиться з 880 до 740 кВт·год. Розраховані техніко-економічні показники модернізації печей. Річна економія електричної енергії складе 14531,6 тис. кВт·год за рік. Термін окупності заходу - близько 3 років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг : веб сайт. URL:http://www.nerc.gov.ua/?id=189 (дата звернення: 12. 10. 2022).

2. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : веб сайт. URL: http://www.saee.gov.ua/uk/news/2270 (дата звернення: 12. 10. 2016).

3. Енергогосподарство підприємства та напрями енергозбереження [Електронний ресурс] / Lectures 7mile.net. – Режим доступу : \WWW/ URL: https://lectures.7mile.net/enerhozberezhennia/energogospodarstvo-pidpriemstva-ta-napryami-energozberezhennya.html – Загол. з екрану.

4. Мастрюков Б. С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей / Б. С. Мастрюков. М.: Высшая школа. – 1978. – 342 с.

5. Кривандин В. А. Металлургические печи/ В. А. Кривандин, Н. Г. Молчанов: М.: Высшая школа. – 1962. – 600 с.

6. Тымчак В. М. Расчет нагревательных и термических печей: Справ. изд. Под ред. Тымчака В. М. и Гусовского В. Л. - М.: Металлургия, 1983. – 480 с.

7. Бирюков А. Б. Энергоэффективность и качество тепловой обработки материалов в печах [Текст] : монография / А.Б. Бирюков. - Донецк : Ноулидж, 2012. - 247 с.

8. Найдек, В.Л. Интенсификация электроплавильных процессов [Текст] / В. Л. Найдек, А. А. Костяков, А. А. Волошин, Соврем. электрометаллургия. – 2009. – № 2.

9. Ткаченко, С. С. Проблемы модернизации литейного производства станкостроения [Текст] / С. С. Ткаченко, В. С. Кривицкий, Литейное производство – 2012. – № 5.

10. Регулювання тиску в робочому просторі дугової сталеплавильної печі [Електронний ресурс] Режим доступу: \WWW/ URL: https://works.doklad.ru/view/7g4mLWNVKZY/all.html – Загол. з екрану;

11. Система евакуації та очистки пічного газу [Електронний ресурс] Режим доступу: \WWW/ URL: https://steeltimes.ru/minizavod/236/236.php – Загол. з екрану;

12. Спосіб відводу газів у дуговій сталеплавильній печі та пристрій для використання [Електронний ресурс] Режим доступу: \WWW/ URL: http://www.findpatent.ru/patent/242/2426799.html – Загол. з екрану.

13. Разумний, Ю.Т. Енергозбереження [Текст]: навч. посібник / Ю.Т. Разумний, В.Т. Заїка, Ю.В. Степаненко. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 166 с.

14. Праховник, А.В. Контроль і нормалізація енергоспоживання [Текст]/А.В. Праховник, Г.Р. Трапп // Управління енерговикористанням: зб. доп. – К.: Изд-во Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 387 – 397.