

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Поліс Олексій Борисович**

УДК 621.359.4

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Обґрунтування вибору заходів енергозбереження арматурного цеху  
заводу огорожувальних конструкцій  
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Поліс О.Б.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Денисюк Анатолій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри електрифікації,  
автоматизації виробництва та інженерної екології

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2024

## АНОТАЦІЯ

Полінс О.Б. Обґрунтування вибору заходів енергозбереження арматурного цеху заводу огорожувальних конструкцій. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Основною метою роботи є обґрунтування та розробка заходів енергозбереження арматурного цеху заводу огорожувальних конструкцій.

Результатом роботи є розробка та розрахунок установок компенсації реактивної потужності з визначенням мінімально необхідної кількості трансформаторів в цеховій ТП, а також реактивної потужності, яка передається в мережу.

**Ключові слова:** арматурний цех, установка компенсації, реактивна потужність, трансформатор, заходи енергозбереження.

## ABSTRACT

Polins O.B. Justification of the choice of energy-saving measures of the reinforcement shop of the plant of fencing structures. Qualifying work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The main goal of the work is the substantiation and development of energy-saving measures of the rebar shop of the fencing structures plant.

The result of the work is the development and calculation of reactive power compensation units with the determination of the minimum necessary number of transformers in the workshop TP, as well as the reactive power that is transmitted to the network.

**Key words:** reinforcement shop, compensation installation, reactive power, transformer, energy saving measures.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. СКЛАД ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АРМАТУРНОГО ЦЕХУ ПАТ ЗОК	6
Склад електрообладнання публічного акціонерного товариства Завод огороджувальних конструкцій.	6
Висновки по розділу 1	11
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	12
2.1. Розрахунок компенсації реактивної потужності	12
2.2. Енергозбереження в ході технологічного процесу	14
2.3. Запровадження автоматизованої системи контролю і обліку електроенергії	16
Висновки по розділу 2	19
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	20
3.1. Заходи безпеки при роботі з підйомно-транспортними пристроями	20
3.2. Пожежна безпека на підприємстві	20
Висновки по розділу 3	21
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	23

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Заходи енергозбереження відіграють провідну роль у розвитку національної економіки, технологічного прогресу й підвищенні рівня життя людей. Розробка заходів енергозбереження пов'язане з економічною складовою діяльності підприємства. Чим вище відсоток енергетичних затрат, тим вище собівартість вироблення товару.

**Метою роботи** є розробка заходів енергозбереження, щодо арматурного цеху заводу огорожувальних конструкцій.

Досягнення поставленої мети у роботі вирішуються наступні задачі:

1. Аналіз споживачів електричної енергії, споживачі промислових підприємств, структура та склад електрообладнання типового цеху, підходи та методи щодо вибору значення напруги живлення

2. Розробка заходів енергозбереження арматурного цеху заводу огорожувальних конструкцій з застосуванням установок компенсації реактивної потужності, для знаходженням типу яких визначається мінімально необхідна кількість трансформаторів в цеховій ТП також реактивна потужність, яка передається в мережу.

**Об'єктом дослідження** є аналіз промислових споживачів електричної енергії, щодо вибору заходів енергозбереження розглядаємого арматурного цеху.

**Предметом дослідження** є система електропостачання арматурного цеху промислового підприємства з розробкою та розрахунком заходів енергозбереження шляхом застосування установок компенсації реактивної потужності.

**Методи досліджень.** При виконанні досліджень, використовувалися методи системного аналізу, методи математичного моделювання, методи розрахунку систем електропостачання, методи вибору компромісних рішень, засновані теорії ігор (теорія контрактів).

**Практична значимість результатів роботи:**

Розроблені методичні засади, математичні моделі та методи оптимізації вибору системи енергозбереження промислового об'єкту, що дозволяють ефективно вирішувати такі практичні завдання:

1. Оптимізувати вибір заходів енергозбереження типового промислового об'єкту в залежності від його профілю, можливостей по встановленню відповідного обладнання, обсягу виробництва тощо.

2. У перспективі реалізувати можливість вдосконалення та нарощування системи енергозбереження за мірою розширення та модернізації виробництва.

**Перелік публікацій автора за темою дослідження :**

**Полінс О.Б. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ХОДІ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ПРИКЛАДІ АРМАТУРНОГО ЦЕХУ**

Збірник тез науково-практичної конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ» 20 березня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 109-110.

**Полінс О.Б., Хамазенко О.О. ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ І ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ**

Збірник тез науково-практичної конференції за підсумками I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ» 20 березня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 113-114.

## **РОЗДІЛ 1**

### **СКЛАД ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АРМАТУРНОГО ЦЕХУ ПАТ ЗОК**

#### **Склад електрообладнання Публічного акціонерного товариства Завод огороджувальних конструкцій**

Публічне акціонерне товариство Завод огороджувальних конструкцій [3] виготовляє каркаси для таких промислових будівель:

- станцій технічного обслуговування;
- торгівельно-розважальних комплексів;
- спортивних споруд;
- конструкцій мостових переходів;
- торгівельно-офісних комплексів;
- логістичних центрів.

Підприємство розташоване на площі 14,5 гектарів, де розташовані наступні корпуси та ділянки:

- виробничий корпус;
- адміністративно-побутовий корпус;
- ремонтно-будівельна ділянка;
- склад готової продукції;
- котельня.

Виробничий корпус складається з наступних ділянок та цехів:

- арматурного цеху;
- ділянки зберігання металу;
- ділянки готової продукції.

Схему розміщення технологічного обладнання цеху наведено на рис 1.1.

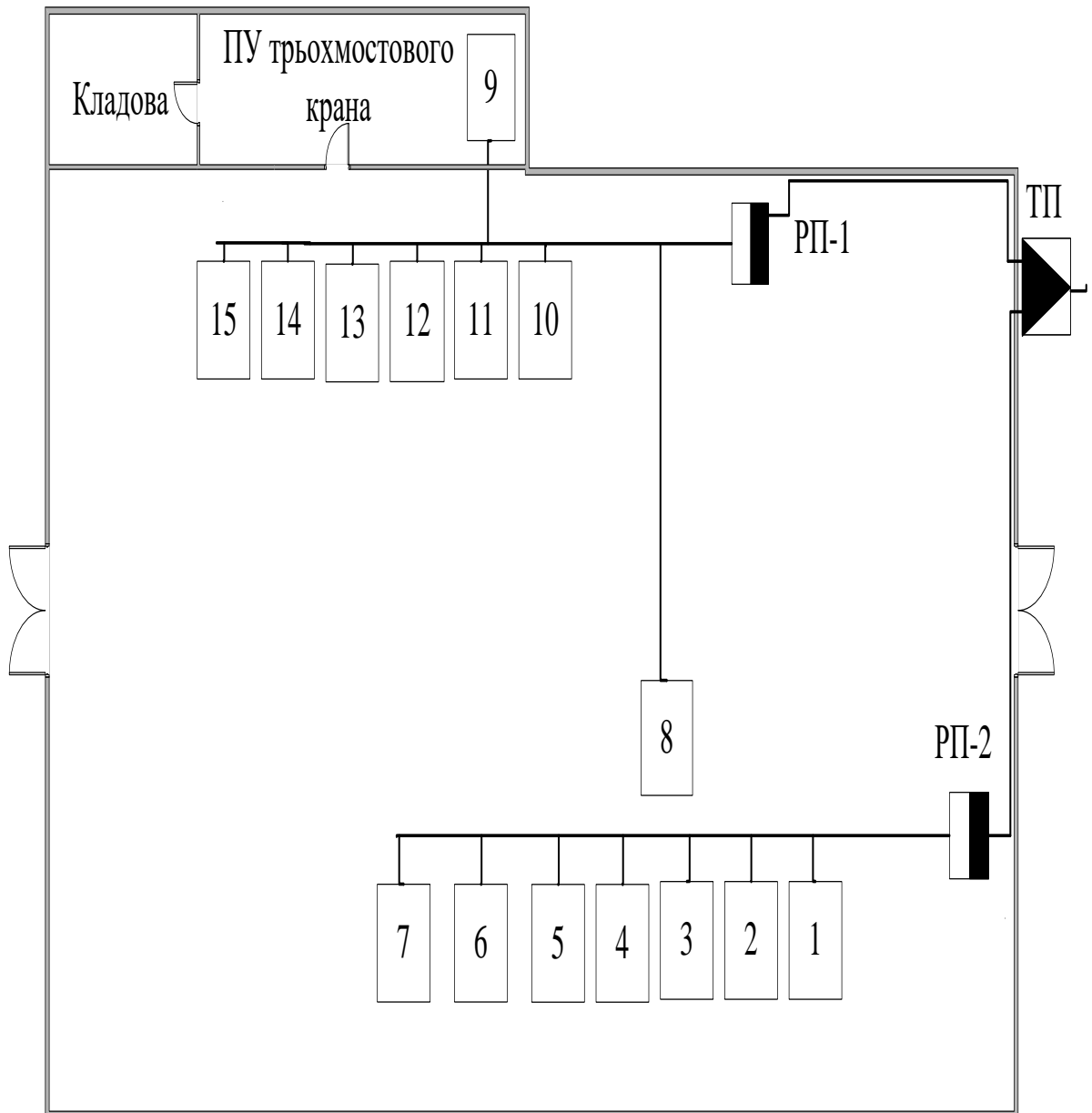


Рисунок 1.1- Розміщення технологічного обладнання цеху

Склад обладнання арматурного цеху наведений у таблиці 1.1:

№ РП	Кіл-сть	$n_{ef}$	$K_M$	Розрахункове навантаження		
				$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВар	$S_p$ , кВА
РП-1						
1,2	2	5	1,8	149	62,8	161
3,4,5	3					
6,7	2					
РП-2						
8	1	7	1,85	203	11,8	203
9	1					
10,11,12	3					
13,14,15	3					
Разом				397	77	369

Центри електричних навантажень і радіуси кругів навантаження для кожної ділянки цеху наведені на рисунку 1.2



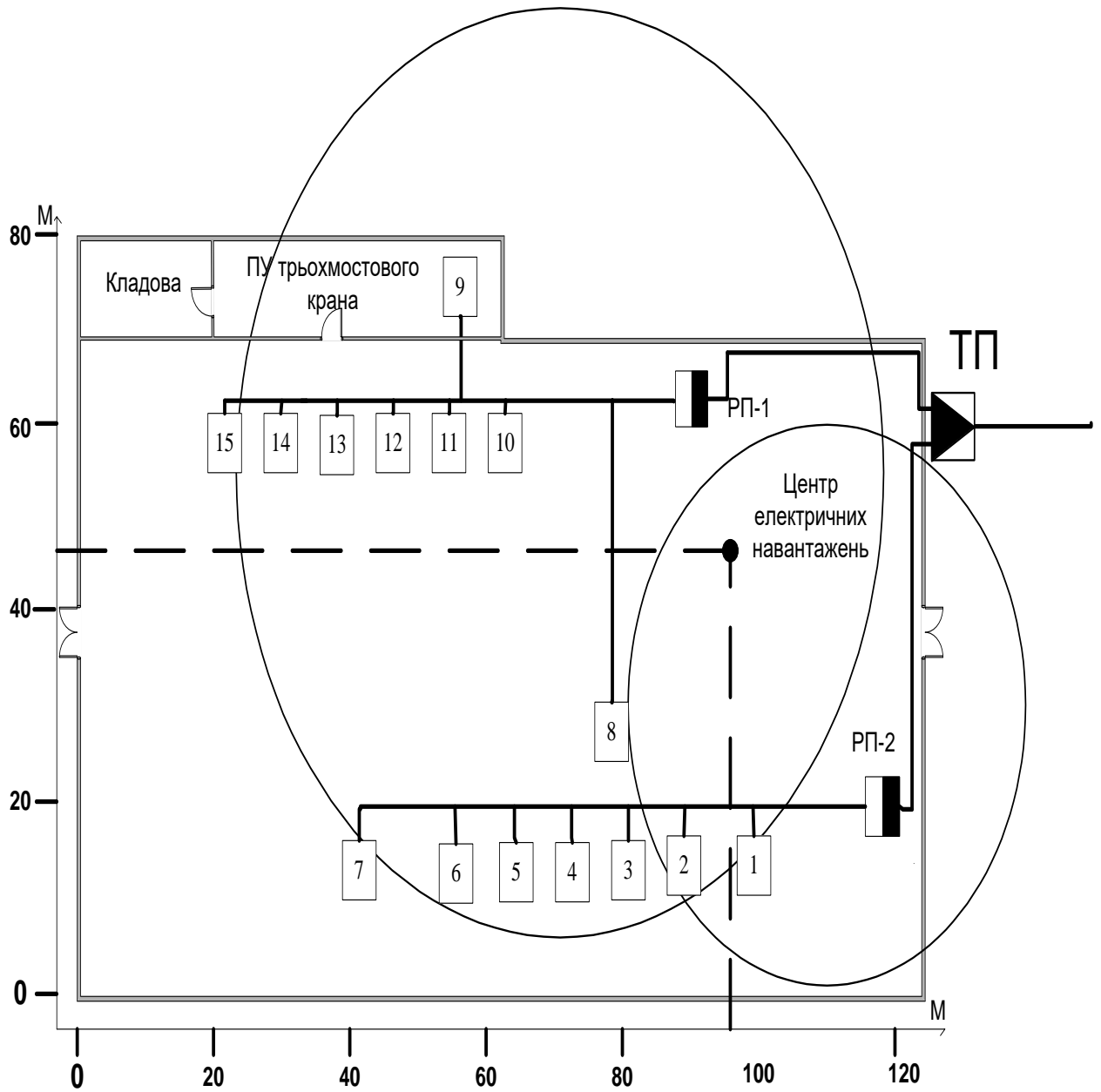


Рисунок 1.2. Картограма навантажень та схема розміщення основних елементів електропостачання цеху

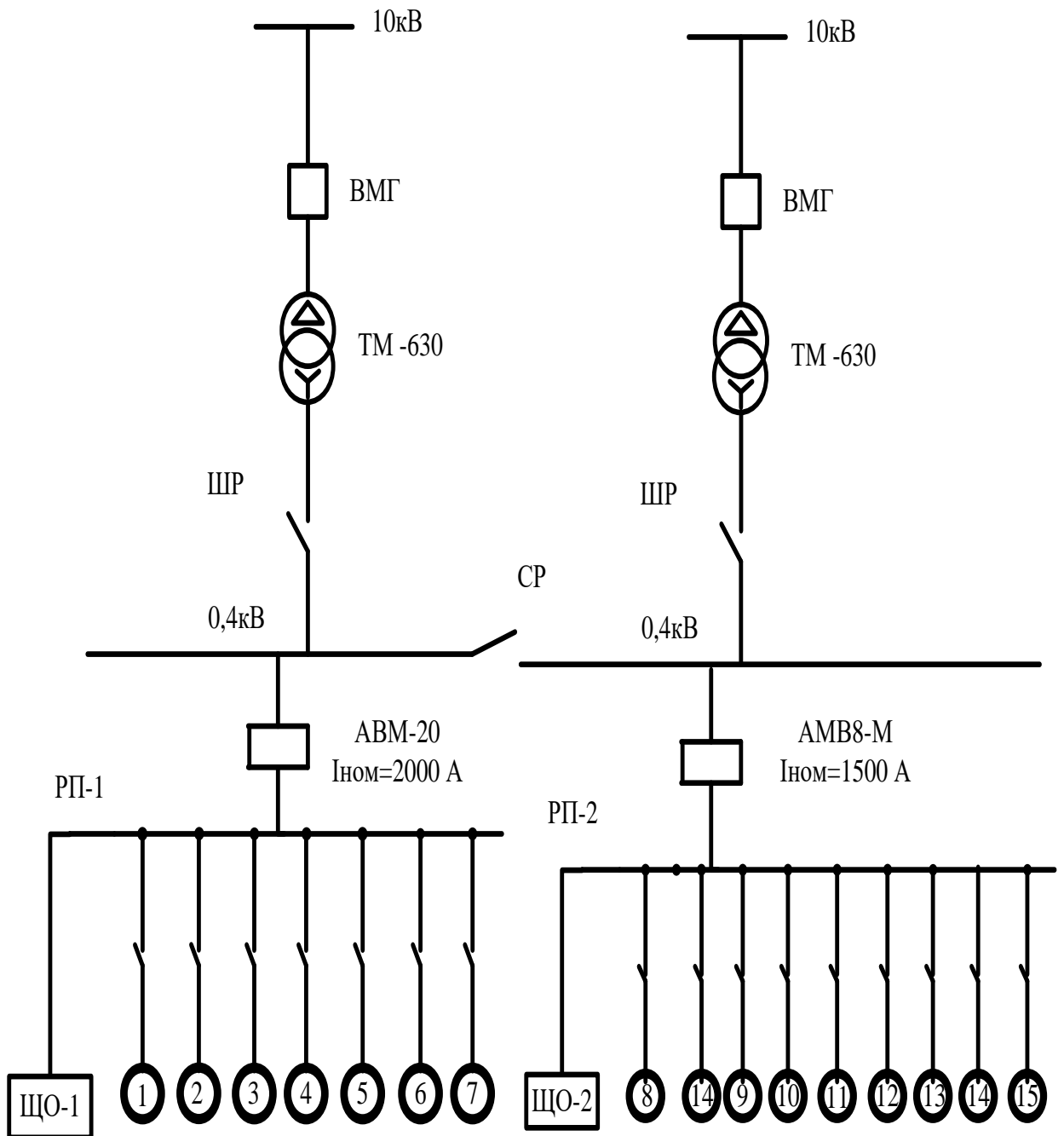


Рисунок 1.3. – Схема електропостачання цеху

## **Висновки по першому розділу**

В даному розділі було наведено схему розміщення технологічного обладнання цеху, склад обладнання цеху, центри електричних навантажень і радіуси кругів навантаження для кожної ділянки цеху та структурна схема електропостачання цеху.

Цех належить до другої категорії надійності через ту обставину, що тут здійснюється серійне виробництво.

## 2. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

### 2.1 Розрахунок компенсації реактивної потужності

Розроблення заходів енергозбереження пов'язане з економічною складовою діяльності підприємства. Чим вище відсоток енергетичних затрат, тим вище собівартість вироблення товару.

Електроприймачі, приєднані до електричних мереж підприємства, створюють у них активні й реактивні навантаження [4]. Коефіцієнт потужності установки залежить від характеру приєднаних приймачів, а іноді і від їхнього коефіцієнта навантаження. Так трифазні асинхронні двигуни в залежності від режиму роботи мають  $\cos \varphi = 0,10 \dots 0,95$ , електричні печі з резистивними елементами -  $\cos \varphi = 1$ , а освітлювальні установки з газорозрядними лампами -  $\cos \varphi = 0,85 \dots 0,95$ .

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної в мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивної потужності.

За формулою визначаємо число трансформаторів, яке мінімально необхідне [4].

$$N_o = \frac{P_{p\Sigma}}{\beta_{н.тр} \cdot S_{н.тр}}, \quad (2.1)$$

де  $\beta_{н.тр}$  – нормативний коефіцієнт завантаження трансформатора, який становить [6]  $0,5 \dots 0,98$ ;

$S_{н.тр}$  – номінальна потужність одного трансформатора, МВА;

$P_{p\Sigma}$  – сумарна середня активна потужність, кВт.

$$Q_{\Sigma} = \sqrt{(N_o \cdot \beta_{н.тп} \cdot S_{н.тп})^2 - P_{p\Sigma}^2} . \quad (2.2)$$

Згідно наведених вище формул виконуємо розрахунок за такими вихідними даними:

-  $P_{p\Sigma} = 397 \text{ кВт} ;$

-  $Q_{p\Sigma} = 73 \text{ кВар} ;$

- вибрані два трансформатора з номінальною потужністю  $630 \text{ кВА}$ .

За формулою перевіримо  $N_o$  (2.1) [4].:

$$N_o = \frac{397}{0,9 \cdot 630} = 0,700 .$$

Обираємо  $N_o = 1$ .

Реактивна потужність, яка передається, визначається за формулою (2.2):

$$Q_{\Sigma} = \sqrt{(1 \cdot 0,6 \cdot 630)^2 - 369^2} = 65 \text{ кВар} .$$

Перевіряємо значення коефіцієнта потужності  $\cos \varphi$  [4]:

$$\cos \varphi = \frac{P_{p\Sigma}}{S} = \frac{397}{\sqrt{369^2 + 73^2}} = 0,8 .$$

Щоб уникнути суттєвих втрат треба, щоб  $\cos \varphi = 0,85 \dots 0,98$  [2].

Компенсувати потрібно різницю  $Q_{\text{ок}}$  :

$$Q_{\text{бк}} = (Q_{p\Sigma} - Q_v) = 73 - 65 = 8 \text{ кВар}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати щодо вибору конденсаторної установки

Найменування	$P_{p\Sigma}$ , кВт	$Q_{p\Sigma}$ , кВар	$Q_v$ , кВар	$Q_{\text{бк}}$ , кВар	Тип конденсаторної установки	Номінальна потужність, кВар	Число регулюючих ступенів, кВар
ТП	397	73	65	8	УК-0,38-110Н	110	1x110

## 2.2 Енергозбереження в ході технологічного процесу

Підвищити рівень енергозбереження на підприємстві можливо за рахунок зменшення споживаної потужності внаслідок заміни технологічно застарілого обладнання новим.

В арматурному цеху дві гільйотини, рекомендується замінити першу гільйотину фірми “XRL” потужністю 45 кВт на станок для згинання арматури фірми “ZMM”, моделі ZT-46 потужністю 3 кВт. Другу гільйотину такої самої фірми і такої самої потужності рекомендується замінити на станок для різання арматури фірми “ZMM” моделі ZT-SCA потужністю 3 кВт.

Обґрунтування заміни застарілого обладнання на станки для згинання і різання:

- розрахунок для РП-1 з використанням станків фірми ZMM:

1) розраховуємо за формулою (2.1) активну потужність електроприймачів:

$$P_{P1} = 4 \cdot 0,7 = 2,8 \text{ кВт};$$

$$P_{P2} = 4 \cdot 0,7 = 2,8 \text{ кВт};$$

$$P_{P3} = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ кВт};$$

$$P_{P4} = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ кВт};$$

$$P_{P5} = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ кВт};$$

$$P_{P6} = 3 \cdot 0,6 = 3,6 \text{ кВт};$$

$$P_{P7} = 3 \cdot 0,6 = 3,6 \text{ кВт};$$

$$\Sigma P_{Pi} = 30,8 \text{ кВт};$$

2) визначаємо розрахункове навантаження електричного освітлення:

$$P_P^0 = P_{num} \cdot K_{\Pi}^0 \cdot S = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 1500 = 25 \text{ кВт}$$

3) знаходимо сумарну активну розрахункову потужність групи електроприймачів:

$$P_{p\Sigma} = \Sigma P_P + \dots + P_P^0 = 55,8 \text{ кВт}$$

4) за формулою (2.11) визначаємо реактивну розрахункову потужність групи електроприймачів:

$$Q_{p\Sigma} = 55,8 \cdot 0,7 = 39,06 \text{ кВар}$$

5) знаходимо повну розрахункову потужність групи електроприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_{pE}^2 + Q_{pE}^2} \cdot K_{pm} = \sqrt{55,8^2 + 39,06^2} \cdot 1,0 = 68,11 \text{ кВА};$$

Як видно з результатів розрахунків при використанні станків нового типу активна потужність електроприймачів в цеху менша на 40 кВт, а повна розрахункова потужність менша на 100 кВА.

Заміна гільйотин “XRL” станками для згинання і різання арматури “ZMM” дозволить значно знизити собівартість продукції і завдяки багатопрофільності нових станків дозволить виробити додаткову продукцію.

### **2.3 Застосування автоматизованої систему обліку і контролю електроенергії**

Введення автоматизованої системи обліку і контролю електроенергії дозволить підвищити ефективність контролю електропостачання та електроспоживання підприємства.

Згідно договору на користування електричною енергією Публічне акціонерне товариство Завод огорожувальних конструкцій має в сумі дві точки комерційного обліку.



Автоматизована система обліку і контролю електроенергії забезпечує регулярне надходження даних комерційного обліку електроспоживання підприємства до служби головного енергетика підприємства.

Упровадження автоматизованої системи обліку і контролю електроенергії дозволяє знизити вірогідність порушення договірних умов електропостачання, перевищення потужності заявленої підприємством в години максимальних навантажень та дозволить знизити ризик нарахування штрафів.

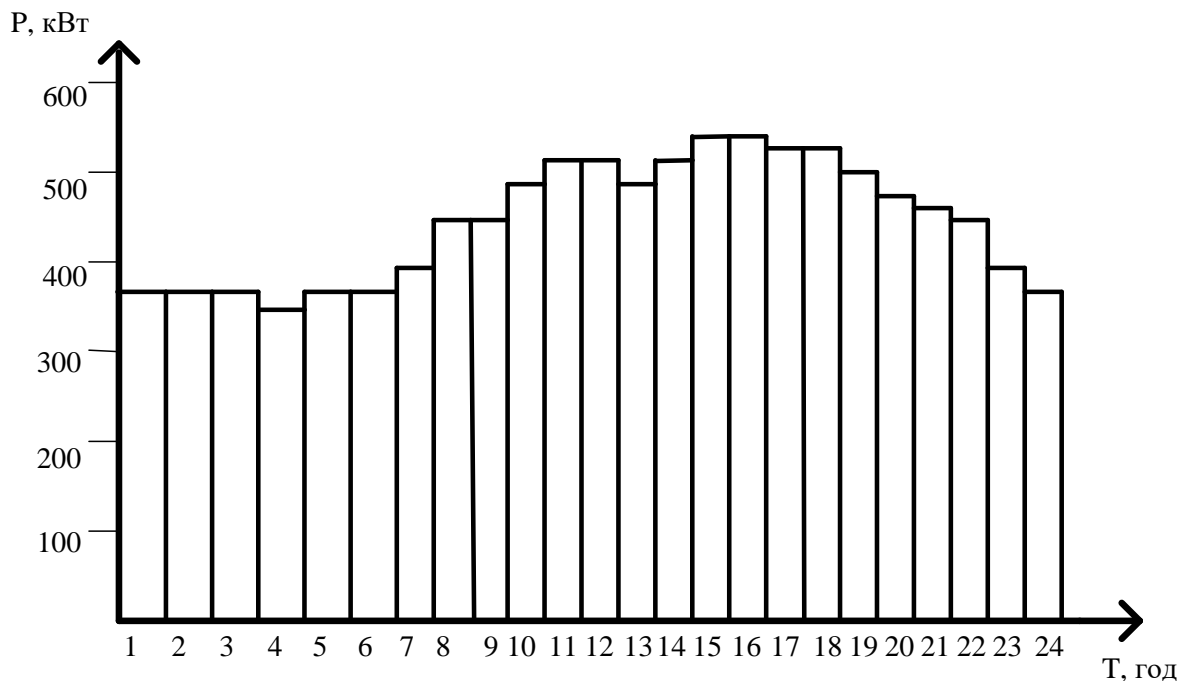


Рисунок 2.1 Графік добового навантаження арматурного цеху в травні 2014 року

Середньодобове навантаження арматурного цеху за характерну добу травня 2014 року склало:

$$P_c = \sum \frac{P_k}{m} = 450 \text{ кВт},$$

Де  $m = 24$  – число ступенів в графіку,  $P_k$  – значення навантаження.

Розраховуємо середньоквадратичне значення, яке за цю добу склало:

$$P_{\text{СК}} = \sqrt{\sum \frac{P_k^2}{m}} = 466,45 \text{ кВт};$$

$$D_p = P_{\text{СК}}^2 - P_c^2 = 466,45^2 - 450^2 = 15075 \text{ кВт};$$

$$\sigma_p = \sqrt{D_p} = \sqrt{15075} = 122 \text{ кВт};$$

Окрім дисперсії нерівномірність графіка навантаження оцінюється за значеннями коефіцієнта форми:

$$K_{\text{Ф}} = \frac{P_{\text{СК}}}{P_c} = 1,03;$$

Коефіцієнт форми досліджуваного графіка близький до 1, що свідчить про практичне рівномірне навантаження підприємства протягом доби.

Коефіцієнт заповнення графіка навантаження:

$$K_z = \frac{P_c}{P_{\text{макс}}} = 0,86 \text{ кВтг},$$

де  $P_{\text{макс}} = 520$  – максимальне значення середнього динного навантаження підприємства протягом досліджуваної доби, кВт.

Аналіз навантаження арматурного цеху показав, що основне споживання електроенергії припадає на період піку та напівпіку, протягом яких споживається майже вдвічі більше електроенергії, ніж в нічній зоні.

### **Висновки по другому розділу**

На підставі вищезазначеного можна зробити такі висновки:

- енергозбереження в системі електропостачання здійснено внаслідок компенсації реактивної потужності;
- енергозбереження в ході технологічного процесу здійснено внаслідок модернізації електрообладнання арматурного цеху;
- за рахунок точного зведення балансів, знаходження втрат встановлені сучасні лічильники електроенергії;
- аргументовано встановлення на підприємстві автоматизованої системи контролю і обліку електроенергії.

### **3. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

#### **3.1 Заходи безпеки при роботі з підйомно-транспортними пристроями**

Підйомно-транспортні пристрої необхідні при переміщенні заготовок та готової продукції зі складу до цеху обробки, з цеху обробки до складу . Тому розглянемо вимоги безпеки, пропоновані при роботі підйомно-транспортних пристроїв:

- всі частини, деталі, допоміжні пристосування підйомно-транспортних механізмів відносно виготовлення, матеріалів, якості зварювання, міцності, устрою, установки, експлуатації повинні відповідати технічним умовам, нормам і вимогам;

- при експлуатації підйомно-транспортні пристрої варто обгороджувати всі доступні що рухаються або обертаються частини механізмів;

- необхідно виключити непередбачуваний контакт працюючих з переміщуваними вантажами й самими механізмами при їхньому переміщенні;

- для забезпечення безпечної експлуатації підйомно-транспортні пристрої забезпечуються засобами захисту, включаючи системи дистанційного керування.

#### **3.2 Пожежна безпека на підприємстві**

Питання забезпечення пожежної безпеки виробничих будинків і споруд мають велике значення й регламентуються спеціальними постановами й рішеннями. Проектована у дипломному проекті ділянка, згідно Сніп-2-80 (механічні, шліфувальні, складальні цехи заводів) належить до Д категорії (обробляються негорючі речовини й матеріали в холодному стані).

Будинки й споруди арматурного цеху - 2-го ступеня вогнестійкості. Межа вогнестійкості несучих стін, стін сходових кліток колон - не менш 2-х годин.

### **Висновки по розділу**

В даному розділі роботи роботи розглянуто:

- заходи безпеки при роботі з підйомно-транспортними пристроями;
- заходи пожежної безпеки на підприємстві;
- заходи безпеки при загрозі чи вчиненні терористичного акту.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

В даній кваліфікаційній роботі було наведено схему розміщення технологічного обладнання заводу, центри електричних навантажень і радіуси кругів навантаження для кожної ділянки цеху та структурна схема електропостачання цеху.

Цех належить до другої категорії надійності через ту обставину, що тут здійснюється серійне виробництво.

В ході виконання роботи були отримані наступні результати, а саме: енергозбереження в системі електропостачання здійснено внаслідок компенсації реактивної потужності; енергозбереження в ході технологічного процесу здійснено внаслідок модернізації електрообладнання арматурного цеху; за рахунок точного зведення балансів, знаходження втрат встановлені сучасні лічильники електроенергії; аргументовано встановлення на підприємстві автоматизованої системи контролю і обліку електроенергії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю.Ф. Романюк. Електричні мережі та системи. Навчальний підручник. – Київ: “Знання”, 2007. – 292 с.
2. Лисяк В.Г. Оптимальні режими вузлів навантаження електропостачальних систем. Навчальний посібник, – Львів: “ННІ” 2007. – 251 с.
3. П.М. Монтік Електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник – Львів: “Новий Світ”, 2011. – 487 с.
4. Електричні мережі та системи.: Навч. посібник для студ. електроенерг. спец. / М. С. Сегеда; Державний ун-т "Львівська політехніка". - Л.: Каменяр, 1999. - 296 с. - Бібліогр.: с.292-296. - ISBN 5-7745-0766-1
5. Конструкції повітряних ліній електропередачі. Курсове проектування: навч. посібник для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 107 с.: рис. - Бібліогр.: с. 106-107
6. Експлуатація повітряних ліній електропередачі: навч. посіб. для студ. спец. 7.090602 "Електричні системи і мережі" / М. О. Головатюк; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2001. - 129 с.: рис. - Бібліогр.: с. 129
7. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні: навч. посібник для студ. спец. 7.090601 - "Електричні станції, 7.090602 - "Електричні системи і мережі" / Ю. В. Лук'яненко [та др.]; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 111 с.: рис. - Бібліогр.: с.111.
8. Попова І.О., Курашкін С.Ф., Вовк О.Ю. Теоретичні основи електротехніки, частина 3: Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти – Мелітополь: “Люкс”, 2020. – 211 с.

9. Загальна електротехніка. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти / В.В. Овчаров, О.Ю. Вовк О.Ю. – – Мелітополь: ВПЦ “Люкс”, 2018. – 310 с.

10. Електроніка та мікросхемотехніка. Підручник / Квітка С.О. – – Мелітополь: ВПЦ “Люкс”, 2019. – 223 с.