

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису **Наконечний Кирило Вікторович**

УДК 621.359.4

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування можливості автоматизації ділянки по ремонту двигунів  
внутрішнього згорання

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне  
джерело

Наконечний К.В.

Керівник роботи  
Голубенко А.А.  
Старший викладач  
Консультант  
Гончаренко Ю.П.  
к.т.н., доцент кафедри ЕАВ та ІЕ

Житомир – 2024

## АНОТАЦІЯ

**Наконечний К.В. Обґрунтування можливості автоматизації дільниці по ремонту двигунів внутрішнього згорання.** Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Ця робота спрямована на обґрунтування можливості автоматизації дільниці з ремонту двигунів внутрішнього згорання. З огляду на постійний розвиток автомобільної промисловості та зростання попиту на обслуговування транспортних засобів, ефективне використання технологій автоматизації стає ключовим для забезпечення конкурентоспроможності та якості послуг. У цьому дослідженні будуть розглянуті основні аспекти, пов'язані з автоматизацією ремонтної дільниці, включаючи вплив на продуктивність, якість роботи та економічну ефективність. Розглянуті висновки можуть бути корисними для автосервісів та підприємств, які спеціалізуються на обслуговуванні автотранспорту, для підвищення ефективності та конкурентоспроможності їхніх послуг.

**Ключові слова:** дільниця ремонту, автоматизація, стенд, електромережа.

## ABSTRACT

**Nakonechny K.V. Justification of the possibility of automation of the internal combustion engine repair department.** Qualifying work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polish National University, Zhytomyr, 2024.

This paper aims to justify the possibility of automating the engine repair section for internal combustion engines. Given the constant development of the automotive industry and the increasing demand for vehicle maintenance, effective utilization of automation technologies becomes crucial to ensure competitiveness and service quality. This study will examine the key aspects related to the automation of the repair section, including its impact on productivity, work quality, and economic efficiency. The findings discussed may be valuable for auto service centers and enterprises specializing in vehicle maintenance, aiming to enhance the efficiency and competitiveness of their services.

**Keywords:** repair station, automation, stand, electrical network.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1. ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ ДВЗ .....	6
1.1. Вибір технологічного устаткування.....	6
1.2. Вибір блок-схеми стенду для обкатки двигунів внутрішнього згоряння.....	7
1.3. Вибір принципової електричної схеми обкаточно-випробувального стенду для ДВЗ.....	11
Висновки до розділу 1. ....	13
Розділ 2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДІЛЬНИЦІ ПО РЕМОНТУ ДВИГУНІВ ВНІТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ..	14
2.1. Аналіз навантажень за переліком обладнання .....	14
2.2. Розрахунок активного навантаження.....	16
2.3. Вибір та розрахунки трансформаторної підстанції.....	21
Висновки по розділу 2 .....	30
Розділ 3. ТЕХНІКО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	31
3.1. Розрахунок електропостачання дільниці ремонту двигунів та підприємства в цілому .....	31
3.2. Вибір високовольтних вимикачів і перерізу кабелів.....	32
3.3 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі .....	34
3.4. Компенсація реактивної потужності.....	35
Висновки по розділу 3 .....	36
ВИСНОВКИ .....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	38

## ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів, в тому числі і дільниці по ремонту двигунів, є дуже важливою задачею для всіх сучасних підприємств. Автоматизація можлива тільки за високого рівня механізації та електрифікації робіт. Наслідком є актуальність питання підготовки електромереж до підвищеного навантаження, забезпечення стійкості електропостачання та стабільності характеристик струму.

Основними споживачами електроенергії на промисловому підприємстві є різного роду електрообладнання, укомплектоване електроприводом, системами автоматизації, підігріву та інше. Все це обладнання об'єднує безпосередня причетність до базового виробничого процесу. В інших галузях народного господарства застосовують такі ж самі електроприймачі, лише змінюється їхнє співвідношення.

**Актуальність теми:** У сучасному виробництві рівень автоматизації дуже важливий, він визначає потенціал розвитку даного виробництва. Але автоматизація пов'язана з рівнем енергоспоживання, тому неможлива без правильно облаштованої електромережі, розрахованої на задані навантаження.

**Об'єкт дослідження:** обладнання та система електропостачання дільниці ремонту ДВЗ.

**Предмет дослідження:** параметри обладнання та система електропостачання дільниці ремонту ДВЗ.

**Мета:** вибір обладнання з підвищеним рівнем автоматизації та розрахунок системи енергозабезпечення для нього.

**Завдання дослідження:** Необхідно виконати аналіз основних верстатів та пристосувань для дільниці ремонту ДВЗ, а також вибрати оптимальну схему автоматизації, визначивши основні її параметри.

**Методи дослідження:** У процесі вирішення поставленої проблеми використовувалися методи аналізу, розрахунково-аналітичні методи та методи літературного пошуку для дослідження теми.

**Практичне значення:** Підвищення рівня автоматизації дільниці ремонту ДВЗ.

**Наукові публікації автора за темою дослідження:**

Тези доповіді на тему «Вибір блок-схеми стенду для обкатки двигунів внутрішнього згоряння» Наконечний К.В. // Збірка тез наукової конференції «Студентські читання-2024».

Тези доповіді на тему «Вибір принципової електричної схеми обкаточно-випробувального стенду для ДВЗ» Наконечний К.В. // Збірка тез наукової конференції «Студентські читання-2024».

Структура та обсяг роботи: Робота містить анотацію, вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел. Обсяг 39 сторінок А4 друкованого тексту.

## **Розділ 1. ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЛЬНИЦІ РЕМОНТУ ДВЗ**

### **1.1. Вибір технологічного устаткування.**

Моторна ділянка призначена для ремонту механізмів та окремих частин двигуна. Характерними роботами при поточному ремонті двигуна є: заміна поршневих кілець, поршнів, поршневих пальців, заміна вкладишів шатунних і поршневих підшипників на вкладиші експлуатаційних розмірів, заміна прокладки головки блоку, усунення тріщин і пробоїв (у зварювальному відділенні), притирання та.

Після виконання поточного ремонту двигуна обов'язково необхідно проводити холодну та гарячу обкатку з метою забезпечення надійного притирання вузлів та деталей після ремонту без навантаження, що забезпечує більшу їхню довговічність в експлуатаційних умовах. Вибір технологічного обладнання обумовлюється видами виконуваних робіт та технічними характеристиками рухомого складу. Перелік технологічного обладнання наведено нижче.

#### **Відомість технологічного обладнання**

Стенд для випробування двигунів МПБ 32,7

Стенд для ремонту двигунів 2164

Кран-балка

Прилад універсальний для редагування шатунів мод. 2211

Верстат для розточування циліндрів двигунів мод. 2407

Верстат для полірування циліндрів 2291А

Верстат для шліфування клапанів 2414А

Універсальний прилад для шліфування клапанних мод. 2215

Настільно-свердлильний верстат НС-12А

Пневматичний дріль для притирання клапанів, 2213

Компресометр мод. 179

Пересувний гідравлічний кран, 423М

Мийна установка, мод. 196-П

Мийна установка, мод. ОМ-5359 ДЕРЖВИТИ

Прес гідравлічний ОКС-167ІМ

Пристрій для розбирання та збирання головок циліндрів, мод.

Верстат слюсарний на одне робоче місце, ОРГ-1468-01-060А

Верстат слюсарний на два робочі місця, ОРГ-1468-01-070А

Стенд обкатувально-гальмівний КІ-5540

Стенд для розбирання-складання V-подібних двигунів

Універсальний верстат для притирання клапанів

Верстат для шліфування фасок клапанів Р-108

Універсальний стенд для складання та контрольного огляду

## **1.2. Вибір блок-схеми стенду для обкатки двигунів внутрішнього згоряння**

Для технологічного обкатування двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) найчастіше використовують обкатувальні стенди.

Для підвищення якості та полегшення умов праці під час проведення обкатки необхідно вести роботи з автоматизації процесу, забезпечуючи індивідуальну обкатку кожного двигуна залежно від технічного стану. За критерій закінчення обкатки за час обкатки слід приймати час досягнення двигуном нормативних значень технічних параметрів [1].

Загальна тривалість процесу обкатки при індивідуалізації обкатки скорочується на 25-30% [2].

Необхідність автоматизації обкатки ДВЗ полягає в тому, що:

- швидкість обертання електродвигуна і величина гальмівної потужності залежать від напруги силової мережі, яка може коливатися;

- за значної кількості стендів на ремонтному підприємстві важко поєднати

максимальне завантаження обладнання зі зручністю його обслуговування;

- слюсар-випробувач під час обкатки виконує низку регулювальних робіт і в цей час не може постійно стежити за технологічними параметрами;
- на деяких підприємствах слюсар-випробувач обслуговує кілька стендів, тому ускладнений контроль ходу обкатки;
- праця робітників оплачується відрядно і не виключена можливість навмисного скорочення тривалості обкатки.

Порушення режимів обкатки призводить до зниження ресурсу двигуна до 30% [3].

Автотракторні дизелі після капітального ремонту мають значний розкид параметрів, тому й час припрацювання цих двигунів буде неоднаковим за тривалістю. Забезпечення індивідуалізації обкатки дає змогу розрахувати необхідну тривалість припрацювання деталей для кожного двигуна, пройшовши всі ступені обкатки зі швидкістю, необхідною і достатньою для досягнення потужності механічних втрат, що відповідає обкатаним.

Застосування в процесі обкатки системи автоматичного регулювання за частотою обертання і навантажувальним моментом забезпечує збільшення міжремонтного пробігу на 3%, а в разі автоматичного регулювання і раціонального режиму - на 4,8% [3].

З огляду на складність, велику вартість і часто недостатній рівень кваліфікації електротехнічного персоналу ремонтних підприємств, нами було розроблено пристрій управління обкаткою дизелів, яке захищене патентом на винахід [4].

Ця схема дає змогу реалізувати алгоритм вибору необхідної тривалості обкатки, тобто задавати і підтримувати тривалість режимів залежно від температури масла, середньої швидкості зміни потужності механічних втрат, потужності механічних втрат у момент вимірювання та автоматизувати процес обкатки.

Блок-схему розробленого пристрою керування обкатувальним стендом [5], наведено на рисунку 1.



Під час холодного обкатування режим роботи (частота обертання) встановлюється задатчиком 9 частоти обертання за сигналом із першого виходу блока 15 керування. На першому елементі 7, що віднімає, порівнюється сигнал задатчика 9 частоти обертання і датчика 3 частоти обертання. На виході першого від'ємного елемента 7 з'являється сигнал, що дорівнює різниці сигналів на входах, який подається через третій вхід перемикача 11 на виконавчий механізм 6 навантажувального пристрою (електродвигуна) 1.

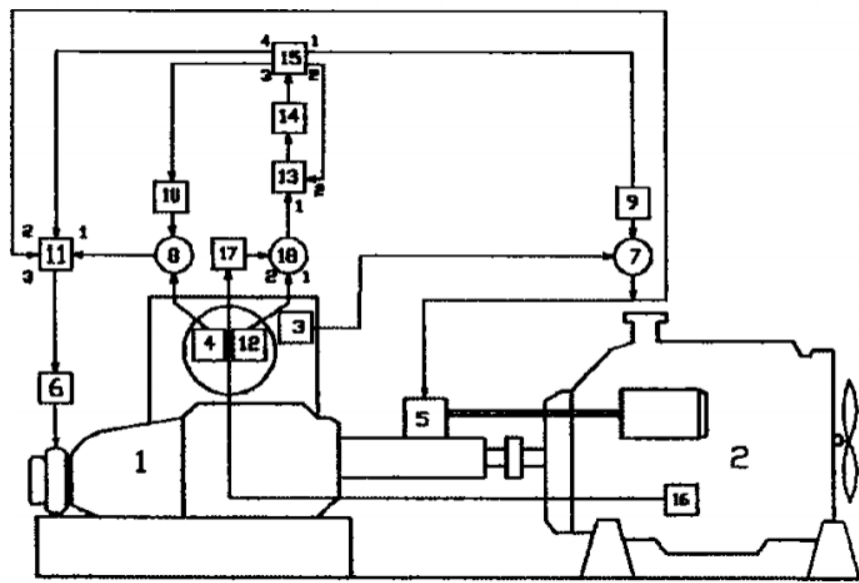


Рис. 1.1. Блок-схема пристрою керування стенда для обкатки двигуна внутрішнього згоряння. 1-навантажувальний пристрій; 2-двигун, що обкатується; 3-датчик частоти обертання; 4-датчик навантажувального моменту; 5-виконавчий механізм частоти обертання; 6-виконавчий механізм навантажувального пристрою; 7-перший від'ємний елемент; 8-другий від'ємний елемент; 9-задатчик частоти обертання; 10-задатчик навантажувального моменту; 11-перемикач; 12-датчик моменту опору прокручуванню; 13-пристрій опитування; 14-блок призначення тривалості припрацювання; 15-блок керування; 16-датчик температури; 17-лінеаризатор; 18-третій елемент віднімання.

Виконавчий механізм 6 навантажувального пристрою, переміщуючись пропорційно сигналу на вході, спричиняє збільшення або зменшення частоти

обертання навантажувального пристрою (електродвигуна) 1 і кінематично пов'язаного з ним двигуна 2, що обкатується.

Під час гарячого обкатування під навантаженням навантажувальним пристроєм (електродвигуном) 1 змінюється гальмівна потужність на валу обкатуваного двигуна 2, а частота обертання регулюється переміщенням штока виконавчого механізму 5 частоти обертання і, відповідно, важеля паливодозувального органу двигуна 2, що обкатується.

Якщо частота обертання двигуна 2, що обкатується, перевищує встановлене значення, то сигнал (напруга) на виході першого від'ємного елемента 7 спричиняє переміщення штока виконавчого механізму 5 та важеля паливодозуючого органу двигуна 2 на зменшення частоти обертання. Якщо частота обертання стає меншою за встановлене значення, то всі процеси відбуваються у зворотному напрямку.

Аналогічно працює контур керування гальмівною потужністю за навантажувальним моментом. На другому віднімаючому елементі 8 порівнюється сигнал задатчика 10 навантажувального моменту і датчика 4 навантажувального моменту. Сигнал з виходу другого від'ємного елемента 8 через перший вхід перемикача 11 надходить на виконавчий механізм 6 навантажувального пристрою, який, змінюючи опори або проти-ЕРС у колі фазного ротора, змушує навантажувальний пристрій (електродвигун) 1, що працює в режимі динамічного гальмування, змінювати величину гальмівної потужності (навантажувального моменту).

Необхідні частота обертання і навантажувальний момент встановлюються задатчиками 9 частоти обертання і 10 навантажувального моменту за командою з виходів 1 і 3 блоку 15 управління відповідно до режимів припрацювання після ремонту для даного підприємства.

Інформаційним параметром перебігу припрацювання є величина потужності механічних втрат, яка, своєю чергою, визначається за показанням датчика 12 моменту опору прокручуванню колінчастого вала на ваговому механізмі стенда на фіксованій частоті обертання.

Для того, щоб реалізувати алгоритм селективного встановлення тривалості режимів припрацювання, скоротивши загальний час, вимірюють датчиком 12 момент опору прокручуванню колінчастого вала на фіксованій частоті обертання двигуна, що обкатується, і датчиком 16 температуру оливи двигуна, що обкатується, обчислюють на лінеаризаторі 17 потужність механічних втрат за цієї температури. Потім на третьому від'ємному елементі 18 порівнюють потужність механічних втрат двигуна, що обкатується, з потужністю механічних втрат, що відповідає обкатаному.

Сигнал, що дорівнює різниці між величиною потужності механічних втрат двигуна, що обкатується, при даній температурі і величиною потужності механічних втрат обкатаного двигуна з урахуванням обраного раціонального значення середньої швидкості зміни потужності механічних втрат з виходу третього віднімаючого елемента 18 надходить на вхід пристрою 13 опитування, на якому і запам'ятовується. Залежно від величини цього сигналу блоком 14 призначається тривалість припрацювання. Чим менша ця різниця і вища середня швидкість зміни потужності механічних втрат, тим менший час, необхідний для припрацювання обкатуваного двигуна.

### **1.3. Вибір принципової електричної схеми обкаточно-випробувального стенду для ДВЗ**

Для обкатки ДВЗ використовують стенди ДОСНИТИ з асинхронними електродвигунами потужністю 4,5...160 кВт та частотою обертання 750...1500 хв<sup>-1</sup>. Електродвигуни використовують з контактними кільцями в ланцюзі ротора.

Змінюючи глибину занурення електродів рідину, регулюють частоту обертання.

Неширокий діапазон регулювання частоти обертання та мимовільне її відхилення через зміну опору реостату при електророзігріванні рідини – суттєві недоліки цих стендів.

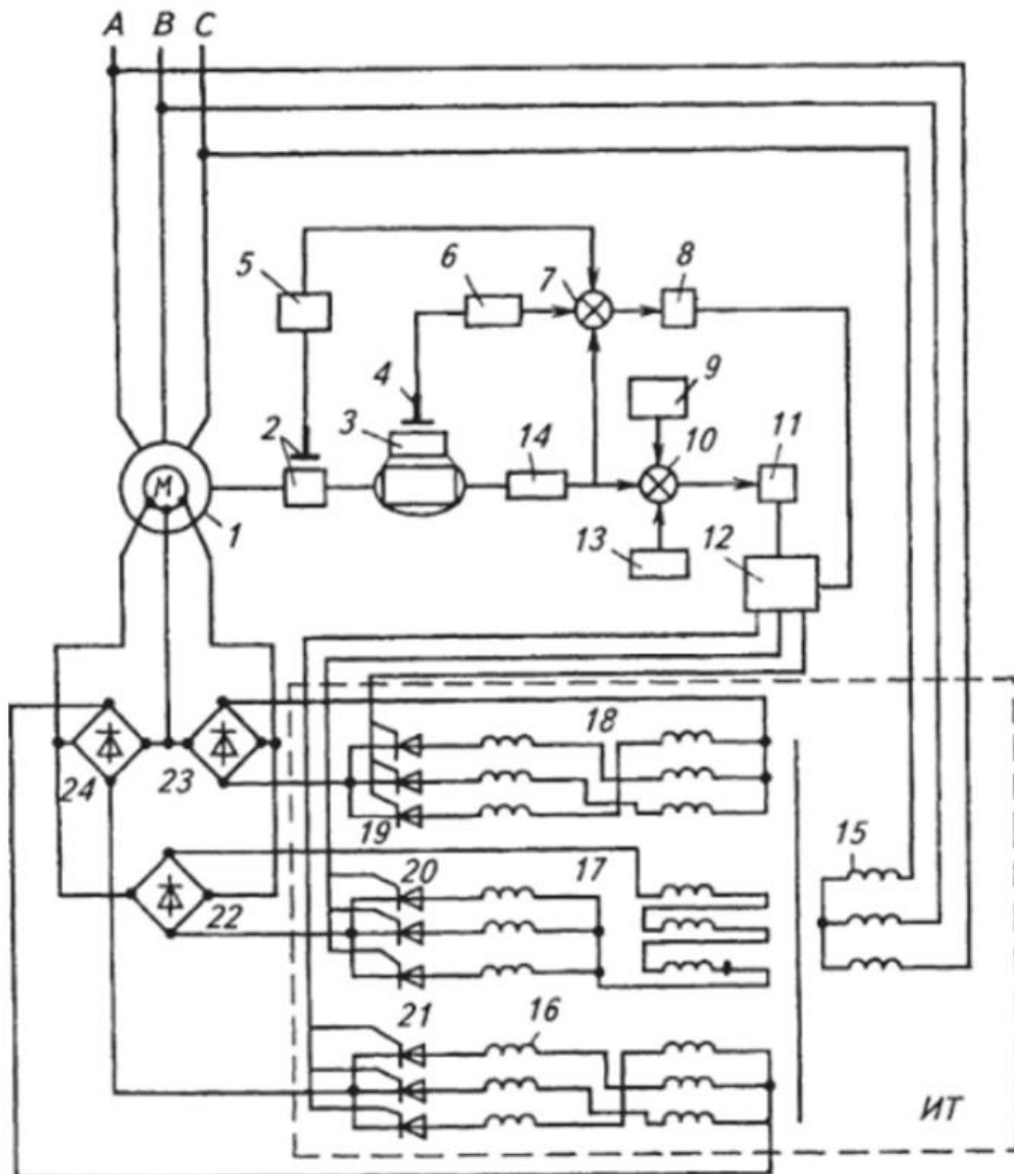


Рис. 1.2. Принципова електрична схема обкаточно-випробувального стенду з АВК: 1 - Електродвигун; 2-датчик крутного моменту; 3 двигун внутрішнього згорання; 4-датчик швидкості зміни температури олії; 5, 6, 8 та // - підсилювачі-перетворювачі; 7 і 10 елементи порівняння; 9 задатчик програми обкатки; 12 блок фазоімпульсного управління; 13 - задатчик крутного моменту; 14 - тахометр; 15 - первинна обмотка трансформатора; 16, 17 і 18 секційовані вторинні обмотки трансформатора; 19, 20 і 21 - вентиля інвертора струму; 22, 23 н 24 - мостові схеми реостатів.

Більш перспективним є використання автоматичних випробувальних стендів з асинхронно-вентильним каскадом (АВК) (рис. 1.2) потужністю вище 60 кВт. Стенд містить кінематично з'єднаний з валом обкатуваного двигуна 3 асинхронний електродвигун/з фазним ротором. Струмки обмоток ротора випрямляються мостовими схемами 22, 23 і 24, інвертуються трифазним інвертором струму ІТ і через узгоджуючий трансформатор 15 направляються в мережу. Завдяки наявності АВК у мережу повертається (рекуперується) до 80% енергії, що забирається стендом.

Для автоматичного керування режимами обкатки стенд обладнаний відповідними приладами.

Вторинні обмотки 16 та 17 з'єднані за схемою «зігзаг», а обмотка 15 - за схемою «зірка» з додатковою обмоткою, з'єднаною у «відкритий трикутник». Це покращує форму кривої напруги на обмотці 15 та покращує узгодження паралельної роботи інвертора ІТ з мережею.

За датчиками 9 та 13 задаються тимчасові програми наростання частоти обертання та гальмівного моменту при обкатуванні двигуна з урахуванням температури нагрівання олії. В органах порівняння 10 та 7 відбувається порівняння фактичних величин частоти та моменту обертання із заданими значеннями. За допомогою підсилювачів 8, 11, блоку управління 12 та інвертора струму ІТ відбувається обробка заданої програми обкатки.

### **Висновки до розділу 1.**

Вибраний перелік обладнання дозволить суттєво підвищити рівень автоматизації, в тому числі і на етапі обкатки двигунів.

Перехід з одного режиму на наступний відбувається автоматично від датчика швидкості температури масла. Як тільки температура олії в системі мастила припиняє свій ріст, то при холодній обкатці збільшується на щабель частота обертання, а при гарячій - гальмівний момент, що крутить. При новій стабілізації температури виробляється сигнал переходу на наступну щабель обкатки.

## Розділ 2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДІЛЬНИЦІ ПО РЕМОНТУ ДВИГУНІВ ВНІТРИШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

### 2.1. Аналіз навантажень за переліком обладнання

Було проаналізовано відомості електричних навантажень силового обладнання цеху згідно переліку, представленого в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Перелік обладнання дільниці ремонту ДВЗ

№	Найменування ЕП	Навантаження ЕП,кВт	tgφ	Кв	Кп
1-2	Стенд для випробування двигунів МПБ 32,7	24	1,1	0,17	0,25
3-7	Стенд для випробування двигунів МПБ 32,7	12	1,1	0,17	0,25
8-9	Стенд для ремонту двигунів 2164	9	1,1	0,17	0,25
10-11	Прилад універсальний для редагування шатунів мод. 2211	8	1,1	0,17	0,25
12-15	Верстат для розточування циліндрів двигунів мод. 2407	2	1,1	0,17	0,25
16	Верстат для полірування циліндрів 2291А	6,6	1,1	0,17	0,25
17	Верстат для шліфування клапанів 2414А	6,6	1,1	0,17	0,25
18-19	Універсальний прилад для шліфування клапанних мод. 2215	1,4	1,1	0,17	0,25
20	Прес гідравлічний ОКС-167ІМ	4	1,1	0,17	0,25
21-23	Настільно-свердлильний верстат НС-12А	2	1,1	0,17	0,25
24	Мийна установка, мод. 196-ІІ	16	1,1	0,17	0,25
25-27	Верстат для шліфування фасок клапанів Р-108	11	1,1	0,17	0,25
26	Пристрій для розбирання та збирання головок циліндрів	11	1,1	0,17	0,25
27	Стенд обкатувально-гальмівний КІ-5540	11	1,1	0,17	0,25
28	Стенд для розбирання-складання двигунів	62	0,75	0,6	0,7
29	Кран-балка 25%	30	1,73	0,1	0,2

Визначаємо середню активну та реактивну потужність за найбільш завантажену схему за формулами(2.1) та (2. 2):

$$P_{см} = K_{в} \times P_{н}, \quad (2.1)$$

РП-1:

$$P_{см_{1-2}} = 48 \times 0,17 = 8,16 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{3-7}} = 60 \times 0,7 = 10,2 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{8-9}} = 18 \times 0,17 = 3,06 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{10-11}} = 16 \times 0,17 = 2,72 \text{ кВт}$$

РП-3:

$$P_{см_{20}} = 4 \times 0,17 = 0,68 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{21-23}} = 6 \times 0,17 = 1,02 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{24}} = 16 \times 0,17 = 2,72 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{25-27}} = 33 \times 0,17 = 5,61 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{28}} = 62 \times 0,6 = 37,2 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{29}} = 30 \times 0,1 = 3 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} \times \text{tg}\varphi. \quad (2.2)$$

РП-1:

$$Q_{см_{1-2}} = 8,16 \times 1,1 = 9,46 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{3-7}} = 10,2 \times 1,1 = 11,22 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{8-9}} = 3,06 \times 1,1 = 3,366 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{10-11}} = 2,72 \times 1,1 = 2,992 \text{ кВАр}$$

РП-3:

$$Q_{см_{20}} = 0,68 \times 1,1 = 0,748 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{21-23}} = 1,02 \times 1,1 = 1,122 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{24}} = 2,72 \times 1,1 = 2,992 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{25-27}} = 5,61 \times 1,1 = 6,171 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{28}} = 37,2 \times 0,75 = 27,9 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{29}} = 3 \times 1,73 = 5,19 \text{ кВАр}$$

де  $K_{в}$ -коефіцієнт використання;

РП-2:

$$P_{см_{12-15}} = 8 \times 0,17 = 1,36 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{16-17}} = 13,2 \times 0,17 = 2,244 \text{ кВт}$$

$$P_{см_{18-19}} = 2,8 \times 0,17 = 0,476 \text{ кВт}$$

РП-2:

$$Q_{см_{12-15}} = 1,36 \times 1,1 = 1,496 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{16-17}} = 2,244 \times 1,1 = 2,684 \text{ кВАр}$$

$$Q_{см_{18-19}} = 0,476 \times 1,1 = 0,5236 \text{ кВАр}$$

tgφ-значення tgφ для даної групи електроприймачів.

2. Визначаємо Кв для групи електроприймачів за формуламою (2.3);

$$K_{вгр.i} = \frac{\sum_1^n K_{в} \times P_{вст.i}}{\sum_1^n P_{вст.i}}, \quad (2.3)$$

$$K_{вгр.1} = \frac{8,16+10,2+30,6+2,72}{48+60+18+16} = \frac{24,14}{142} = 0,17$$

$$K_{вгр.2} = \frac{1,36+2,214+0,476}{8+13,2+2,8} = \frac{4,08}{24} = 0,17$$

$$K_{вгр.3} = \frac{0,68+1,02+2,72+5,61+37,2+3}{4+6+16+33+62+30} = 0,33$$

3. Визначаю коефіцієнт максимуму Км активної потужності. (додаток 3) за графіком  $K_m = f(K_v / ne\phi)$ ,

де  $ne\phi i$  – ефективна кількість електроспоживачів і-го розподільчого пристрою за (2.4):

$$ne\phi i = \frac{(\sum_1^n P_{hi})^2}{\sum_1^n P_{hi}^2}, \quad (2.4)$$

$$ne\phi 1 = \frac{(48 + 60 + 18 + 16)^2}{1152 + 720 + 162 + 128} = \frac{20164}{2162} = 9,3265$$

$$ne\phi 2 = \frac{(8 + 13,2 + 2,8)^2}{16 + 87,12 + 3,92} = \frac{517}{107,04} = 5,3811$$

$$ne\phi 3 = \frac{(4 + 6 + 16 + 33 + 62 + 30)^2}{16 + 12 + 256 + 363 + 3844 + 900} = \frac{22801}{5391} = 4,2295$$

Використовуючи таблицю 1 (додаток 3),

$$K_{м1} = 1,67$$

$$K_{м2} = 1,99$$

$$K_{м3} = 1,6$$

## 2.2. Розрахунок активного навантаження

Визначаю розрахункове активне навантаження, тобто максимальне середнє навантаження за інтервал усереднення за виразом (2.5):

$$P_{pi} = K_{mi} \times P_{смі}, \quad (2.5)$$

РП-1:

$$P_{р1-2} = K_{м1} \times P_{смі1-2} = 1,67 \times 8,16 = 13,6272 \text{ кВт}$$



$$P_{p3-7} = K_{M1} \times P_{cM3-7} = 1,67 \times 10,2 = 17,034 \text{ кВт}$$

$$P_{p8-9} = K_{M1} \times P_{cM8-9} = 1,67 \times 3,06 = 5,1102 \text{ кВт}$$

$$P_{p10-11} = K_{M1} \times P_{cM10-11} = 1,67 \times 2,72 = 4,5424 \text{ кВт}$$

РП-2:

$$P_{p12-15} = K_{M2} \times P_{cM12-15} = 1,99 \times 1,36 = 2,7064 \text{ кВт}$$

$$P_{p16-17} = K_{M2} \times P_{cM12-15} = 1,99 \times 2,244 = 4,4656 \text{ кВт}$$

$$P_{p18-19} = K_{M2} \times P_{cM18-19} = 1,99 \times 0,476 = 0,9472 \text{ кВт}$$

РП-3:

$$P_{p20} = K_{M3} \times P_{cM20} = 1,6 \times 0,68 = 1,088 \text{ кВт}$$

$$P_{p21-23} = K_{M3} \times P_{cM21-23} = 1,6 \times 1,02 = 1,632 \text{ кВт}$$

$$P_{p24} = K_{M3} \times P_{cM24} = 1,6 \times 2,72 = 4,352 \text{ кВт}$$

$$P_{p25-27} = K_{M3} \times P_{cM25-27} = 1,6 \times 5,61 = 8,976 \text{ кВт}$$

$$P_{p28} = K_{M3} \times P_{cM28} = 1,6 \times 37,2 = 59,52 \text{ кВт}$$

$$P_{p29} = K_{M3} \times P_{cM29} = 1,6 \times 3 = 4,8 \text{ кВт}$$

5. Визначаю розрахункове реактивне навантаження за формулою (2.6):

$$Q_r = Q_{cM}, \text{ якщо } \text{не}\phi \geq 10, \quad (2.6)$$

$$Q_r = 1,1 \times Q_{cM}, \text{ якщо } \text{не}\phi < 10$$

В моєму випадку  $\text{не}\phi < 10$ , тоді

РП-1:

$$Q_{r1-2} = 1,1 \times Q_{cM1-2} = 9,46 \times 1,1 = 10,406 \text{ кВАр}$$

$$Q_{r3-7} = 1,1 \times Q_{cM3-7} = 11,22 \times 1,1 = 12,342 \text{ кВАр}$$

$$Q_{r8-9} = 1,1 \times Q_{cM8-9} = 3,366 \times 1,1 = 3,7026 \text{ кВАр}$$

$$Q_{r10-11} = 1,1 \times Q_{cM10-11} = 2,992 \times 1,1 = 3,2912 \text{ кВАр}$$

РП-2:

$$Q_{r12-15} = 1,1 \times Q_{cM12-15} = 1,496 \times 1,1 = 1,6456 \text{ кВАр}$$

$$Q_{r16-17} = 1,1 \times Q_{cM16-17} = 2,4684 \times 1,1 = 2,7152 \text{ кВАр}$$

$$Q_{r18-19} = 1,1 \times Q_{cM8-9} = 0,5236 \times 1,1 = 0,576 \text{ кВАр}$$

РП-3:

$$Q_{r20} = 1,1 \times Q_{cM20} = 0,748 \times 1,1 = 0,823 \text{ кВАр}$$

$$Q_{p21-23} = 1,1 \times Q_{см21-23} = 1,122 \times 1,1 = 1,2342 \text{ кВАр}$$

$$Q_{p24} = 1,1 \times Q_{см24} = 2,992 \times 1,1 = 3,2912 \text{ кВАр}$$

$$Q_{p25-27} = 1,1 \times Q_{см25-27} = 6,171 \times 1,1 = 6,7881 \text{ кВАр}$$

$$Q_{p28} = 1,1 \times Q_{см28} = 27,9 \times 1,1 = 30,69 \text{ кВАр}$$

$$Q_{p29} = 1,1 \times Q_{см29} = 5,19 \times 1,1 = 5,709 \text{ кВАр}$$

6. Визначаю повне розрахункове навантаження за формулою (2.7) :

$$S_i = \sqrt{\sum P_{pi}^2 + \sum Q_{pi}^2}, \quad (2.7)$$

$$\sum P_p = P_{p1} + P_{p2} + P_{p3} = 40,3138 + 8,1192 + 80,368 = 128,8 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} = 29,7418 + 4,9368 + 48,536 = 83,23 \text{ кВт}$$

$$S_{РП1} = \sqrt{P_{p1}^2 + Q_{p1}^2} = \sqrt{40,3138^2 + 29,7418^2} = 50,1 \text{ кВА}$$

$$S_{РП2} = \sqrt{P_{p2}^2 + Q_{p2}^2} = \sqrt{65,92 + 24,38} = 9,5 \text{ кВА}$$

$$S_{РП3} = \sqrt{P_{p3}^2 + Q_{p3}^2} = \sqrt{6459 + 2355,74} = 93,9 \text{ кВА}$$

Вихідні дані та результати розрахунку заносу в таблицю 2.2:

Таблиця 2.2. Вихідні дані та результати розрахунку

Найменування РП та ЕП	кількість	Рвст.		Кв	tg φ	Середня потужність		неф	Км	Розрахункове навантаження		
		Одно од, кВт	∑ P, кВт			Рсм, кВт	Qсм, кВАр			Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, А
<b>РП1</b>												
1-2	2	24	48	0,17	1,1	8,16	9,46	9,3265	1,67	40,3138	29,7418	50,1
3-7	5	12	60	0,17	1,1	10,2	11,22					
8-9	2	9	18	0,17	1,1	3,06	3,366					
10-11	2	8	16	0,17	1,1	2,72	2,992					
Разом	11	53	142	0,1		24,14	27,04					
<b>РП3</b>												
20	1	4	4	0,17	1,1	0,68	0,748	4,2295	1,6	80,368	48,536	93,9
21-23	3	2	6	0,17	1,1	1,02	1,122					
24	1	16	16	0,17	1,1	2,72	2,992					

25-27	3	11	33	0,17	1,1	5,61	6,171					
28	1	62	62	0,6	0,75	37,2	27,9					
29	1	30	30	0,1	1,73	3	5,19					
Разом	10	125	151			50,23	44,123					
<b>РП2</b>												
12-15	4	2	8	0,17	1,1	1,36	1,496	5,3811	1,99	8,1192	4,9368	9,5
16-17	2	6,6	13,2	0,17	1,1	2,244	2,4684					
18-19	2	1,4	2,8	0,17	1,1	0,476	0,5236					
разом	8	10	24			4,08	4,488					

Визначаю розрахункове активне навантаження електроприймачів методом коефіцієнта попиту за формулою (2.8):

$$P_p = K_p \times P_{вст}, \quad (2.8)$$

де  $P_p$  - розрахункова потужність цеху, кВт;

$K_p$  - коефіцієнт попиту (табл.2, додаток 3);

$P_{вст}$  - встановлена потужність цеху, кВт;

РП-1:

$$P_{p1-2} = K_{p1-2} \times P_{вст. 1-2} = 0,25 \times 34 = 8,5 \text{ кВт}$$

$$P_{p3-7} = 0,25 \times 60 = 15 \text{ кВт}$$

$$P_{p8-9} = 0,25 \times 18 = 4,5 \text{ кВт}$$

$$P_{p10-11} = 0,25 \times 16 = 4 \text{ кВт}$$

РП-2:

$$P_{p12-15} = 0,25 \times 8 = 2 \text{ кВт}$$

$$P_{p16-17} = 0,25 \times 13,2 = 3,3 \text{ кВт}$$

$$P_{p18-19} = 0,25 \times 2,8 = 0,7 \text{ кВт}$$

РП-3:

$$P_{p20} = 0,25 \times 4 = 1 \text{ кВт}$$

$$P_{p21-23} = 0,25 \times 6 = 1,5 \text{ кВт}$$

$$P_{p24} = 0,25 \times 16 = 4 \text{ кВт}$$

$$P_{p25-27} = 0,25 \times 33 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$P_{p28} = 0,7 \times 62 = 43,4 \text{ кВт}$$

$$P_{p29} = 0,2 \times 30 = 6 \text{ кВт}$$

Аналогічно визначаю розрахункове активне навантаження електроприймачів і заносу в таблицю 2.3.

Визначаю розрахункове навантаження електричного освітлення по питомій потужності за формулою(1.9).

$$P^o_p = P_{пит} \times K^o_p \times S, \quad (2.9)$$

де  $P^{\circ p}$ -розрахункова потужність, необхідна для освітлення цеху, кВт;

$R_{\text{пит}}$ -питома норма освітленості цеху,  $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ ;  $R_{\text{пит}}=0,01 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ ;

$S$ -площа цеху,  $\text{м}^2$ ;

$K^{\circ \text{п}}$ -коефіцієнт попиту освітлювального навантаження:

$K^{\circ \text{п}}=1,5$  для люмінесцентних ламп.

$$P^{\circ p}=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 5400=81 \text{ кВт}$$

$$P_{\Sigma 1-2}=P_{p 1-2}+P^{\circ p}=13,6272 \times 81=1103,8032 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 3-7}=17,034 \times 81=1379,754 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 8-9}=5,1102 \times 81=413,9262 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 10-11}=4,5424 \times 81=367,9344 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 12-15}=2,7064 \times 81=219,2184 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 16-17}=4,4656 \times 81=361,7136 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 18-19}=0,9472 \times 81=76,7232 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 20}=1,088 \times 81=88,128 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 21-23}=1,632 \times 81=132,192 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 24}=4,352 \times 81=352,512 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 25-27}=8,976 \times 81=727,056 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 28}=59,52 \times 81=4821,12 \text{ кВт};$$

$$P_{\Sigma 29}=4,8 \times 81=388,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{p \Sigma 1-2}=P_{\Sigma 1-2} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=1103,8032 \times 0,22=242,8367 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 3-7}=P_{\Sigma 3-7} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=303,5459 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 8-9}=P_{\Sigma 8-9} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=91,0637 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 10-11}=P_{\Sigma 10-11} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=80,9456 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 12-15}=P_{\Sigma 12-15} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=48,2281 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 16-17}=P_{\Sigma 16-17} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=79,5769 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 18-19}=P_{\Sigma 18-19} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=16,8791 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 20}=P_{\Sigma 20} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=19,3882 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 21-23}=P_{\Sigma 21-23} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=29,0822 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p \Sigma 24}=P_{\Sigma 24} \times \text{tg} \varphi_{\text{cp}}=77,5526 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 25-27} = P_{p\Sigma 25-27} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 159,9523 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 28} = P_{p\Sigma 28} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 1060,6464 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 29} = P_{p\Sigma 29} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 85,536 \text{ кВАр};$$

$$S_p = \sqrt{P_p \Sigma^2 + Q_p \Sigma^2} = \sqrt{128,801^2 + 83,2146^2} \times 1 = 153,3 \text{ кВА}$$

### 2.3. Вибір та розрахунки трансформаторної підстанції

Для вибору місця розташування підстанції будую картограму навантаження заводу і визначаю центр електричних навантажень заводу. Приймаю радіус кола навантажень інструментального цеху  $r_1 = 100 \text{ м}$ . тоді масштаб картограми навантажень визначаю за формулою (2.10):

$$m_p = \frac{P_p \Sigma 1}{\pi \times r_1^2} \quad (2.10)$$

$$m_p = \frac{209,801}{3,14 \times 100^2} = 0,00668 \text{ (кВт/м}^2\text{)};$$

Таблиця 2.3. Відомості електричних навантажень

№	Найменування ЕП	$P_n$ , кВт	Сума $P_n$ , кВт	Коеф. попиту, $K_p$	$P_{pi}$ , кВт	$P^o_p$	$Q_p \Sigma$	$S_p$	$r_{11}$ , м	$X^\circ$	$Y^\circ$
1,2	Стенд для випробування двигунів МПБ 32,7	24	48	0,25	8,5	81	83,22	153,3	107	63	7
3-7	Стенд для випробування двигунів МПБ 32,7	12	60	0,25	15						
8,9	Стенд для ремонту двигунів 2164	9	18	0,25	4,5						
10,11	Прилад універсальний для редагування шатунів мод. 2211	8	16	0,25	4						
12-15	Верстат для розточування циліндрів двигунів мод. 2407	2	8	0,25	2						

16,17	Верстат для полірування циліндрів 2291А	6,6	13,2	0,25	3,3						
18,19	Верстат для шліфування клапанів 2414А	1,4	2,8	0,25	0,7						
20	Універсальний прилад для шліфування клапанних мод. 2215	4	4	0,25	1						
21-23	Прес гідравлічний ОКС-167ІМ	2	6	0,25	1,5						
24	Настільно-свердлильний верстат НС-12А	16	16	0,25	4						
25-27	Мийна установка, мод. 196-ІІ	11	33	0,25	8,25						
28	Верстат для шліфування фасок клапанів Р-108	62	62	0,7	43,4						
29	Пристрій для розбирання та збирання головок циліндрів	30	30	0,2	6						
Разом			317		102,15						

Визначаю розрахункове активне навантаження цехів заводу методом коефіцієнта попиту за формулою (2.8):

$$P_{p1}=2150 \times 0,8=1720 \text{ кВт};$$

$$P_{p2}=1900 \times 0,25=475 \text{ кВт};$$

$$P_{p3}=900 \times 0,25=225 \text{ кВт};$$

$$P_{p4}=150 \times 0,2=30 \text{ кВт};$$

$$P_{p5}=300 \times 0,6=180 \text{ кВт};$$

$$P_{p6}=1200 \times 0,8=960 \text{ кВт};$$

$$P_{p7}=420 \times 0,2=84 \text{ кВт};$$

$$P_{p8}=1200 \times 0,8=960 \text{ кВт};$$

$$P_{p9}=700 \times 0,8=560 \text{ кВт};$$

$$P_{p10}=170 \times 0,5=85 \text{ кВт};$$

$$P_{p11}=128 \text{ кВт};$$

$$P_{p12}=65 \times 0,2=13 \text{ кВт};$$

Визначаю розрахункове навантаження електричного освітлення по питомій потужності за формулою (1.9):

$$P^{\circ}p_1=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 17700=265,5 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_2=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 5029=75,435 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_3=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 5029=75,435 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_4=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 4830=72,45 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_5=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 10074=151,11 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_6=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 4700=70,5 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_7=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 4347=65,205 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_8=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 2162=32,43 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_9=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 3294=49,41 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_{10}=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 9522=142,83 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_{11}=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 7452=111,78 \text{ кВт};$$

$$P^{\circ}p_{12}=10 \times 10^{-3} \times 1,5 \times 8618=129,27 \text{ кВт};$$

Визначаю середню реактивну потужність за найбільш завантажену схему за формулою (2.14):

$$Q_{p\Sigma} = P_{p\Sigma} \times \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.14)$$

$$\text{де } P_{p\Sigma} = P_{pi} + P^{\circ}p$$

$$P_{p\Sigma 1}=P_{p1} + P^{\circ}p_1=1720+265,5=1985,5 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 2}=P_{p2} + P^{\circ}p_2=475+75,435=550,435 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 3}=P_{p3} + P^{\circ}p_3=225+75,435=300,435 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 4}=P_{p4} + P^{\circ}p_4=30+72,45=102,45 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 5}=P_{p5} + P^{\circ}p_5=180+151,11=331,11 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 6}=P_{p6} + P^{\circ}p_6=960+70,5=1030,5 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 7}=P_{p7} + P^{\circ}p_7=84+65,205=149,205 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 8}=P_{p8} + P^{\circ}p_8=960+32,43=992,43 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 9}=P_{p9} + P^{\circ}p_9=560+49,41=609,41 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 10} = P_{p10} + P^{\circ}p_{10} = 85 + 142,83 = 227,83 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 11} = P_{p11} + P^{\circ}p_{11} = 128 + 111,78 = 239,78 \text{ кВт};$$

$$P_{p\Sigma 12} = P_{p12} + P^{\circ}p_{12} = 13 + 129,27 = 142,27 \text{ кВт};$$

$$Q_{p\Sigma 1} = P_{p\Sigma 1} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 1985,5 \times 0,74 = 1469,27 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 2} = P_{p\Sigma 2} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 550,435 \times 1,1 = 605,4785 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 3} = P_{p\Sigma 3} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 300,435 \times 1,1 = 330,4785 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 4} = P_{p\Sigma 4} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 102,45 \times 1,3 = 133,185 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 5} = P_{p\Sigma 5} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 331,11 \times 1,3 = 430,443 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 6} = P_{p\Sigma 6} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 1030,5 \times 0,74 = 762,57 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 7} = P_{p\Sigma 7} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 149,205 \times 1,3 = 193,9665 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 8} = P_{p\Sigma 8} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 992,43 \times 0,74 = 734,3982 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 9} = P_{p\Sigma 9} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 609,41 \times 0,74 = 450,9634 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 10} = P_{p\Sigma 10} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 227,83 \times 0,73 = 168,5942 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 11} = P_{p\Sigma 11} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 239,78 \times 1,3 = 311,714 \text{ кВАр};$$

$$Q_{p\Sigma 12} = P_{p\Sigma 12} \times \operatorname{tg}\varphi_{cp} = 142,27 \times 1,3 = 184,951 \text{ кВАр};$$

Визначаю радіус круга навантаження для ділянки при даному масштабі за формулою (2.15):

$$r = \sqrt{\frac{P_{p\Sigma 1}}{I \times m_p}}, \quad (2.15)$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{1985,5}{3,14 \times 0,00668}} = 307,8 \text{ м}; \quad r_9 = \sqrt{\frac{609,41}{3,14 \times 0,00668}} = 170,5 \text{ м};$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{550,435}{3,14 \times 0,00668}} = 162 \text{ м}; \quad r_{10} = \sqrt{\frac{227,83}{3,14 \times 0,00668}} = 104,2 \text{ м};$$

$$r_3 = \sqrt{\frac{300,435}{3,14 \times 0,00668}} = 119,7 \text{ м}; \quad r_{11} = \sqrt{\frac{239,78}{3,14 \times 0,00668}} = 107 \text{ м};$$

$$r_4 = \sqrt{\frac{102,45}{3,14 \times 0,00668}} = 69,9 \text{ м}; \quad r_{12} = \sqrt{\frac{142,27}{3,14 \times 0,00668}} = 82,4 \text{ м};$$

$$r_5 = \sqrt{\frac{331,11}{3,14 \times 0,00668}} = 125,7 \text{ м};$$



$$r_6 = \sqrt{\frac{1030,5}{3,14 \times 0,00668}} = 221,7 \text{ м};$$

$$r_7 = \sqrt{\frac{149,205}{3,14 \times 0,00668}} = 84,4 \text{ м};$$

$$r_8 = \sqrt{\frac{992,43}{3,14 \times 0,00668}} = 217,5 \text{ м};$$

Розраховую координати центра електричних навантажень цехів за формулами(2.16) та (2.17):

$$X^{\circ} = \frac{\sum_{i=1}^n P_p \sum i \times X_i}{\sum_{i=1}^n P_p \sum i}, \quad (2.16)$$

$$Y^{\circ} = \frac{\sum_{i=1}^n P_p \sum i \times Y_i}{\sum_{i=1}^n P_p \sum i}. \quad (2.17)$$

$$X^{\circ} = \frac{1985,5 \times 113 + 605,4785 \times 89 + 330,4785 \times 88 + 133,185 \times 66 + 430,443 \times 30 + 762,57 \times 116 +$$

$$6661,41$$

$$+ 193,9665 \times 30 + 734,3982 \times 50 + 450,3634 \times 134 + 168,5942 \times 49 + 311,714 \times 63 + 184,951 \times 82$$

$$= 84,6$$

$$Y^{\circ} = 40$$

Результати розрахунку можна звести в таблицю 2.4:

Таблиця 2.4. Результати розрахунків навантажень по підприємству в цілому

№	Найменування цехів	Рвст., кВт	Кп	Рр., кВт	Р <sup>ор</sup> , кВт	РрΣ	S, м <sup>2</sup>	tgφ	QpΣ	г, м	X °	Y °
1	Ливарний	2150	0,8	1720	265,5	1985,5	17700	0,74	1469,3	308	84,6	40
2	Механічний	1900	0,25	475	75,435	550,435	5029	1,1	605,48	162		
3	Штамповачний	900	0,25	225	75,435	300,435	5029	1,1	330,48	120		
4	Деревообробний	150	0,2	30	72,45	102,45	4830	1,3	133,19	70		
5	Складальний	300	0,6	180	151,11	331,11	10074	1,3	430,44	126		
6	Ковальний	1200	0,8	960	70,5	1030,5	4700	0,74	762,57	222		

7	Експеремен тальний	420	0,2	84	65,205	149,2	4347	1,3	193,97	84		
8	Компресорн а 10 кВ	1200	0,8	960	32,43	992,43	2162	0,74	734,4	218		
9	Насосна	700	0,8	560	49,41	609,41	3294	0,74	450,96	171		
10	Лабораторія	170	0,5	85	142,83	227,83	9522	0,73	168,59	104		
11	Ремонтно- механічний	230	0,2	128	111,78	239,78	7452	1,3	311,71	107		
12	Заводоупра вління	65	0,2	13	129,27	142,27	8618	1,3	184,95	82		

Визначаю число та тип трансформаторів. Намічаю число трансформаторів, беручі до уваги категорію споживача. Знаходжу реактивну потужність цеху та повну потужність, попередньо визначивши значення  $\text{tg}\phi$  по кожному цеху:

Першу ТП-1 встановлюю на цех №1,2,12,9 де:

$$P_p\Sigma = 3287,615 \text{ кВт}; Q_p\Sigma = 2710,663 \text{ кВАр}; S_p = 4260 \text{ кВА}$$

Встановлюю два трансформатори з  $S_{\text{нтр}} = 4000 \text{ кВА}$ .

Визначаю коефіцієнт завантаження трансформаторів в нормальному і аварійному режимах за формулами (2.18) та (2.19):

$$K_{\text{знр}} = S_p / 2 \times S_{\text{нтр}}, \quad (2.18)$$

$$K_{\text{зар}} = S_p / S_{\text{нтр}}. \quad (2.19)$$

де  $S_p$  і  $S_{\text{нтр}}$  - розрахункове навантаження і номінальна потужність трансформатора, кВ А;

$$K_{\text{знр}} = 4260 / 2 \times 4000 = 0,53, \quad K_{\text{зар}} = 4260 / 4000 = 1,065;$$

З урахуванням можливого збільшення навантаження вибираю два трансформатори ( $S_{\text{нтр}} = 4000 \text{ кВА}$ . З характеристиками:  $\Delta P_{\text{хх}} = 5,6 \text{ кВт}$ ;  $\Delta P_{\text{кз}} = 33,5 \text{ кВт}$ ;  $I_{\text{хх}} = 0,9 \%$ ;  $U = 6,5 \%$ ;  $K_e = 0,12$ .)

Визначаю втрати потужності в трансформаторах за формулами (2.20) та (1.21):

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \times (\Delta P_{\text{хх}} + K_e \times 0,01 \times I_{\text{хх}} \times S_{\text{нтр}}) + \quad (2.20)$$

$$+\frac{\Delta P_{кз}+K_e \times 0,01 \times I_{хх} \times U_{кз} \times S_{нтр}}{n} \times \left(\frac{S_p}{S_{нтр}}\right)^2,$$

$$\Delta Q_{тр} = n \times 0,01 \times I_{хх} \times S_{нтр} + \frac{U_{кз} \times S_p^2}{n \times 100 \times S_{нтр}}. \quad (2.21)$$

де  $\Delta P_{тр}$  і  $\Delta Q_{тр}$  - втрати активної і реактивної потужності в трансформаторах, кВт, кВАр.;

$\Delta P_{хх}$  і  $\Delta P_{кз}$  - втрати холостого ходу і короткого замикання, кВт;

$I_{хх}$  і  $U_{кз}$  - струм холостого ходу і короткого замикання в відсотках от номінальних значень;

$n$  – кількість трансформаторів, шт.;

$K_e$  - економічній еквівалент реактивної потужності, кВт/кВАр. Для трансформаторів напругою 35-110 кВ він дорівнює  $K_e = 0,6-0,8$ , для трансформаторів напругою 6-10 кВ  $K_e = 0,12$ .

$$\Delta P_{тр} = 2 \times (5,6 + 0,12 \times 0,01 \times 0,9 \times 4000) + \frac{33,5 + 0,12 \times 0,01 \times 6,5 \times 4000}{2} \times \left(\frac{4260}{4000}\right)^2 =$$

$$= 19,84 + 32,35 \times 1,13422 = 56,532 \text{ кВАр};$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \times 0,01 \times 0,9 \times 4000 + \frac{6,5 \times 4260^2}{2 \times 100 \times 4000} = 72 + 147,45 = 219,45 \text{ кВАр};$$

Другу ТП-2 встановлюю на цех №3,6,4,11 де:

$$S_p = 2289,9 \text{ кВА};$$

Встановлюю два трансформатори з  $S_{нтр} = 1600$  кВА.

$$K_{зпр} = 2289,9 / 2 \times 1600 = 0,71, \quad K_{зар} = 2289,9 / 1600 = 1,39;$$

З урахуванням можливого збільшення навантаження вибираю два трансформатори ( $S_{нтр} = 1600$  кВА. З характеристиками:  $\Delta P_{хх} = 2,9$  кВт;  $\Delta P_{кз} = 17$  кВт;  $I_{хх} = 1,4$  %;  $U = 6$  %;  $K_e = 0,12$ .)

Визначаю втрати потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_{тр} = 2 \times (2,9 + 0,12 \times 0,01 \times 1,4 \times 1600) + \frac{17 + 0,12 \times 0,01 \times 6 \times 1600}{2} \times \left(\frac{2289,9}{1600}\right)^2 =$$

$$= 5,588 + 9,86 \times 2,04827 = 25,784 \text{ кВАр};$$

$$\Delta Q_{тр} = 2 \times 0,01 \times 1,3 \times 1600 + \frac{5,5 \times 2289,9^2}{2 \times 100 \times 1600} = 131,73 \text{ кВАр};$$

Третю ТП-3 встановлюю на цех №10,5,7,8 де:

$$S_p=2307 \text{ кВА};$$

Встановлюю два трансформатори з  $S_{\text{Тр}}=1600 \text{ кВА}$ .

$$K_{\text{нр}}=2307/2 \times 1600=0,72, \quad K_{\text{зар}}=2307/1600=1,4;$$

З урахуванням можливого збільшення навантаження вибираю два трансформатори ( $S_{\text{Тр}}=1600 \text{ кВА}$ . З характеристиками:  $\Delta P_{\text{хх}}=2,9 \text{ кВт}$ ;  $\Delta P_{\text{кз}}=17 \text{ кВт}$ ;  $I_{\text{хх}}=1,4 \%$ ;  $U=6 \%$ ;  $K_e=0,12$ .)

Визначаю втрати потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_{\text{Тр}}=2 \times (2,9+0,12 \times 0,01 \times 1,4 \times 1600) + \frac{17+0,12 \times 0,01 \times 5,5 \times 1600}{2} \times \left(\frac{2307}{1600}\right)^2 =$$

$$=34,24 \text{ кВАр};$$

$$\Delta Q_{\text{Тр}}=2 \times 0,01 \times 1,3 \times 1600 + \frac{5,5 \times 2307^2}{2 \times 100 \times 1600} =133 \text{ кВАр};$$

Визначаю навантаження з розрахунком втрат за формулами (1.22),(1.23),(1.24):

$$P^*=P_p \Sigma + \Delta P_{\text{Тр}}, \quad (1.22)$$

$$Q^*=Q_p \Sigma + \Delta Q_{\text{Тр}}, \quad (1.23)$$

$$S^*=\sqrt{P^{*2} + Q^{*2}}. \quad (1.24)$$

Для ТП-1:

$$P^*=3287,615+56,532=3344,147 \text{ кВт};$$

$$Q^*=2930,113 \text{ кВАр};$$

$$S^*=\sqrt{3344,147^2 + 2930,113^2}=4446,2 \text{ кВА};$$

Для ТП-2:

$$P^*=25,784+1673,165=1698,949 \text{ кВт};$$

$$Q^*=1537,9475+13,73=1669,676 \text{ кВАр};$$

$$S^*=\sqrt{1698,949^2 + 1669,676^2}=2382,1 \text{ кВА};$$

Для ТП-3:

$$P^*=1700,575+34,24=1734,815 \text{ кВт};$$

$$Q^*=1527,4019+133=1660,4019 \text{ кВАр};$$

$$S^* = \sqrt{1734,815^2 + 1660,4019^2} = 2401,4 \text{ кВА};$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.5:

Таблиця 2.5

№ з/п	№ цеху	Розрах. Навантаж.			Кільк. трансформ.	Sнгр, кВА	Кзпр	Кзап	Втрати в трансф.		Навантаж з урахув. втрат		
		PpΣ, кВт	QpΣ, кВАр	Sp, кВА					ΔPт, р,кВт	ΔQт, р,кВАр	P*, кВт	Q*, кВАр	S*,кВА
1	1	1985,5	1469,27	2470	2	4000	0,53	1,065	56,532	219,45	3344,147	2930,113	4446,2
	2	550,43	605,478	818,3									
	5		5										
	9	609,41	450,963	758,2									
	12	142,27	184,951	233,4									
2	3	300,43	330,48	446,6	2	1600	0,71	1,39	25,784	131,73	1698,949	1669,676	2382,1
	4	102,45	133,185	168									
	6	1030,5	762,57	1282									
	11	239,78	311,714	393,3									
3	5	331,11	430,443	543	2	1600	0,72	1,4	34,24	133	1734,815	1660,4019	2401,4
	7	149,20	193,966	245									
	5		5										
	8	992,43	734,398	1235									
	10	227,83	168,594	284									
разом		6706,3	5746,2	8876,8	6	7200	1,96	3,855	25875	484,2	3777,911	6260,1909	9229,7

Визначаю повну потужність підприємства:

$$S = \sqrt{6777,911^2 + 6260,1909^2} = 9226,6 \text{ кВА};$$

Встановлюю на ГПП два трансформатори з номінальною потужністю 6300 кВА. При цьому коефіцієнти завантаження в нормальному і аварійному режимах:

$$K_{зп} = 9226,6 / 2 \times 6300 = 0,73; \quad K_{зап} = 9226,6 / 6300 = 1,4;$$

Таким чином, на ГПП і ТП створюємо в таблицю 2.6., в яку зведемо всі дані обраних трансформаторів):

Таблиця 2.6. Результати підбору трансформаторів

№ п/п	Найменування	Номін. Потужн. кВт	Верхній рівень номін. напруги. кВ	Нижній рівень номін. напруги. кВ	Втрати ХХ,кВ т	Втрати КЗ,кВт	Напруга КЗ в % номін. напруги	Струм ХХ в % номін. Струму
1	ГПП	6300	115	6,6	14	58	10,5	1,2
2	ТП-1	4000	10	0,69	5,7-5,45	33,5	7,5-6,5	1,0-0,9
3	ТП-2	1600	10	0,69	3,1-2,8	18,0-16,5	6,5-5,5	1,4-1,3
4	ТП-3	1600	10	0,69	3,1-2,8	18,0-16,5	1,4-1,3	1,4-1,3

### Висновки по розділу 2

Проведено розрахунок навантажень ділянки ремонту двигунів і в цілому по підприємству. За результатами розрахунків обрано на ГПП два трансформатори з номінальною потужністю 6300 кВА. При цьому коефіцієнти завантаження в нормальному і аварійному режимах складає  $K_{зп} = 9226,6 / 2 \times 6300 = 0,73$  та  $K_{зап} = 9226,6 / 6300 = 1,4$ .

### Розділ 3. ТЕХНІКО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

#### 3.1. Розрахунок електропостачання дільниці ремонту двигунів та підприємства в цілому

Вибір схеми електропостачання представлений на рис.3.1.

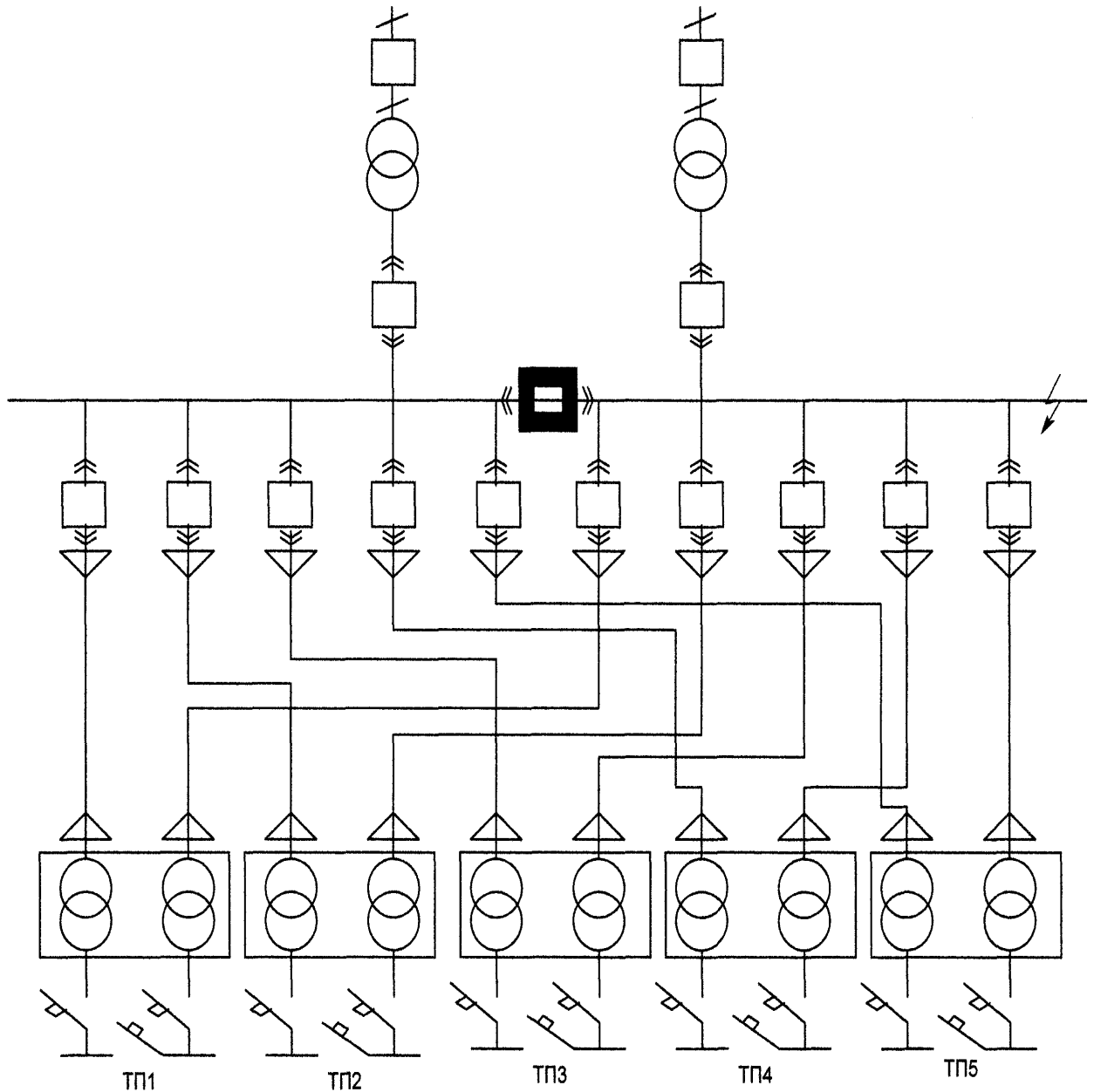


Рис. 3.1. Радіальна схема електропостачання.

### 3.2. Вибір високовольтних вимикачів і перерізу кабелів

Високовольтні вимикачі вибираю за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів за формулою(3.1):

$$\begin{aligned} U_{ном.в} &\geq U_{ном.мережі} \\ I_{ном.в} &\geq I_{max}. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Переріз провідників вибираю за економічною густиною струму за формулою(2.3.2):

$$S_{ек} = \frac{I_M}{J_{ек}}, \quad (3.2)$$

де  $J_{ек}$  – економічна густина струму.

Визначаю струм для нормального і післяаварійного режимів для ліній підприємства напругою 110 кВ за формулою(3.3):

$$\begin{aligned} I_l &= \frac{S_\delta}{2 \times \sqrt{3} \times U_{\text{нн}}}, \\ I_l &= \frac{9226,6}{2 \times \sqrt{3} \times 110} = 24,3 \text{ А}, \\ I_{\text{max}} &= 2 \times I_l = 2 \times 24,3 = 48,6 \text{ А}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Для установки на стороні 110 кВ вибираю масляні вимикачі типу ВМК – 110 в якого  $I_{ном.} = 1000$  (А). Повний час відключення вимикача 0,05 с.

Перевіряю вибраний вимикач за умовою:

$$\begin{aligned} I_{\text{дон}} &\geq I_{\text{max}} \\ 1000 \text{ А} &\geq 48,6 \text{ А}. \\ I_\delta &= \frac{S_\delta}{2 \times \sqrt{3} \times U_{\text{нн}}} = \frac{9226,6}{2 \times \sqrt{3} \times 10} = 256,9 \text{ А}. \end{aligned}$$

$$I_{\text{max}} = 2 \times I_m = 2 \times 265,98 = 531,8$$

Для вибору провідників заводської мережі та захисної апаратури визначаю струми приєднань за формулою(2.3.3):

$$\begin{aligned} \text{a). ТП 1: } I_M &= \frac{S_p}{2 \times \sqrt{3} \times U_{ном}} = \frac{4446,2}{2 \times \sqrt{3} \times 10} = 128,2 \text{ А}, \\ I_{\text{max}} &= 2 \times I_M = 2 \times 128,2 = 256,4 \text{ А}. \end{aligned}$$



$$б). \text{ ТП 2: } I_M = \frac{S_p}{2 \times \sqrt{3} \times U_{ном}} = \frac{2382,1}{2 \times \sqrt{3} \times 10} = 68,7 \text{ А,}$$

$$I_{max} = 2 \times I_M = 2 \times 68,7 = 137,4 \text{ А.}$$

$$з). \text{ ТП 3: } I_M = \frac{S_p}{2 \times \sqrt{3} \times U_{ном}} = \frac{2401,4}{2 \times \sqrt{3} \times 10} = 69,2 \text{ А,}$$

$$I_{max} = 2 \times I_M = 2 \times 69,2 = 138,4 \text{ А.}$$

Вибір провідників виконую за економічною густиною струму. Для ізольованих провідників з паперовою ізоляцією  $j_{ек} = 1,2$  при  $T_m > 5000$  год.

Визначаю економічний переріз для лінії живлення за формулою(2.3.2):

$$\text{ТП 1: } S_{ек.} = \frac{I_{роз.}}{j_{ек.}} = \frac{128,2}{1,2} = 106,83(\text{мм}^2);$$

$$\text{ТП 2: } S_{ек.} = \frac{I_{роз.}}{j_{ек.}} = \frac{68,7}{1,2} = 57,25(\text{мм}^2);$$

$$\text{ТП 3: } S_{ек.} = \frac{I_{роз.}}{j_{ек.}} = \frac{69,2}{1,2} = 57,66(\text{мм}^2);$$

$$\text{ГПП: } S_{ек.} = \frac{I_{роз.}}{j_{ек.}} = \frac{256,9}{1,2} = 214,08(\text{мм}^2);$$

За результатами розрахунків підбираємо рекомендований переріз кабелів, з урахуванням критичних струмів та температурного режиму.

Згідно ПУЕ в землі рекомендується прокладати броньовані кабелі, наприклад АСБ. Результати розрахунків представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати розрахунків та вибору кабелів

Лінія	S <sub>розр.</sub> , кВА	I <sub>розр.</sub> ,А	I <sub>max.</sub> ,А	S <sub>ек.</sub> ,мм <sup>2</sup>	Марка проводу	I <sub>доп.</sub> ,А	Марка вимикача
ТП1	4446,2	77,7	155,4	106,83	АСБ-70	165	ВМП-10
ТП2	2382,1	66,8	133,6	57,25	АСБ-50	140	ВМП-10
ТП3	2401,4	71,5	143	57,66	АСБ-50	140	ВМП-10
ГПП	9226,6	316,4	632,8	214,08	АСБ- 3×120+1×35	720	ВМП-10

### 3.3 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі

Обираємо між радіальною та магістральною мережами. Для цього проводимо аналіз розміщення обладнання в цеху. Зважаючи на те, що метою є мінімізація провідникового матеріалу та оптимізація мереж, в нашому випадку доцільно обрати комбіновану (змішану) схему. Передбачається використання комплектних розподільних шинопроводів; кабелі від ТП до шинопроводів і РП прокладені в землі у трубах. Приєднання ЕП до шинопровода (РП) здійснюється проводом, прокладеним в трубах.

Для захисту ліній живлення електроприймачів передбачаємо використання селективних вимикачів.

Лінія ТП-РП1:

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_i = \frac{S_i}{\sqrt{3}U_{\text{нн}}} = \frac{50,1 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 76,2 \text{ А},$$

де  $S_M = 50,1$  кВА - розрахункова максимальна потужність РП-1.

Найбільший пусковий струм:

$$I_{\text{п.макс}} = \frac{S_{\text{ентах}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{4,3}{0,6574} = 7,2 \text{ А},$$

де  $I_{\text{н.макс}}$  - номінальний струм ЕП в РП-1, пусковий струм якого найбільший.

Піковий струм лінії ТП-РП1:

$$I_{\text{п}} \approx I_M + I_{\text{п.макс}} = 76,2 + 7,2 = 83,4 \text{ А}.$$

Вибираю автоматичний вимикач АВМ-4 з номінальним струмом

$$I_{\text{ном.в}} = 400 \text{ А і номінальним струмом розчеплювача } I_{\text{н.розч}} = 200 \text{ А}.$$

Для АВМ -4 струм спрацювання миттєвого розчеплювача 20 кА.

Вибираю кабель типу ААБГ  $3 \times 185 + 1 \times 120$ .

Лінія ТП-РП2:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{9,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 14,4 \text{ А},$$

$$I_{\text{п.макс}} = \frac{S_{\text{ентах}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{1,5}{0,6574} = 2,3 \text{ А}$$

$$I_{\Pi} \approx I_M + I_{\Pi.\text{макс}} = 14,4 + 2,3 = 16,7 \text{ А}$$

Лінія ТП-РПЗ:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{93,9 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 142,7 \text{ А},$$

$$I_{\Pi.\text{макс}} = \frac{Sen_{max}}{\sqrt{3} U_{ном}} = \frac{46,5}{0,6574} = 70,7 \text{ А}$$

$$I_{\Pi} \approx I_M + I_{\Pi.\text{макс}} = 142,7 + 70,7 = 213,4 \text{ А}$$

Таблиця 3.2. Результати розрахунків

Лінія	$I_M$ , А	$I_{\Pi}$ , А	Тип захисного апарата	$I_{ном.в}$ , А	$I_{н.розч}$ , А	$I_{н.відк}$ , кА	Тип прові-	Спосіб прокла-	$S$ , мм <sup>2</sup>	$I_{опт}$ , А
ТП-РП1	76,2	83,4	АВМ-4	400	200	20	ААБГ	КРІПЛЯТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СКОБ	3×110 + 1×35	110
ТП-РП2	14,4	16,7	АВМ-10	1000	500	20	ААБГ		3×65+1×15	65
ТП-РП3	142,7	213,4	АВМ-4	400	200	20	ААБГ		3×185+1×120	165

### 3.4. Компенсація реактивної потужності

Початкові дані попереднього розділу по 1-ій ТП:

$$P^* = 3344,147 \text{ кВт};$$

$$Q^* = 2930,113 \text{ кВАр}.$$

Вибрані два трансформатори з  $S_{н.тр} = 4000 \text{ кВ А}$ , з яких один робочий, другий резервний.

Перевіряємо мінімально необхідне число трансформаторів в цеховій ТП за формулою (3.4):

$$N_o = \frac{P_{p\Sigma}}{\beta_{н.тр} \cdot S_{н.тр}}, \quad (3.4)$$

де  $P_{p\Sigma}$  - сумарна середня активна потужність, споживана в найбільш завантажену зміну в мережах напругою до 1000 В, МВт;  $\beta_{н.тр}$  - нормативний коефіцієнт завантаження трансформаторів;  $S_{н.тр}$  - номінальна потужність одного трансформатора, МВ А, яка вибирається залежно від густини навантаження в цеху.

$$N_o = \frac{3344,147}{0,5325 \cdot 4000} = 1,6. \text{ Вибираю } N_o = 2.$$

Реактивна потужність, яка передається визначається за формулою (3.5):

$$Q_{\sigma} = \sqrt{(N_{\sigma} \cdot \beta_{н.мп} \cdot S_{н.мп})^2 - P_{\Sigma}^2}, \quad (3.5)$$

$$Q_{\sigma} = \sqrt{(2 \cdot 0,5325 \cdot 4000)^2 - 3344,147^2} \approx 2639 \text{ кВАр.}$$

Перевіряю значення коефіцієнта потужності  $\cos\varphi$  за формулою (3.6):

$$\cos\varphi = \frac{D_{\Sigma}}{S_1} = \frac{3344,147}{\sqrt{3344,147^2 + 2639^2}} = \frac{3344,147}{4260} = 0,89. \quad (3.6)$$

Даний коефіцієнт потужності задовольняє умову  $\cos\varphi = 0,85 - 0,98$ , але коли він менший за допустиме значення, то слід підвищувати потужність батарей конденсаторів, щоб добитися цього співвідношення.

Знаходжу різницю реактивних потужностей, яку необхідно компенсувати за формулою (3.7):

$$Q_{\text{БК}} = (Q_{\Sigma} - Q_{\text{В}}), \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{БК}} = 2930,13 - 2639 = 291,113 \text{ кВАр.}$$

Обираємо тип конденсаторної установки для мережі

$U = 380 \text{ В}$ , найближчу по потужності до 291,113 кВАр.:

УК - 0,38 - 320Н.

Таблиця 3.3. Розрахунки по інших ТП і ГПП

Найменування	$P^*$ кВт	$Q^*$ , квар	$Q_{\text{В}}$ , кВАр.	$Q_{\text{БК}}$ , кВАр.	Тип конденсаторної установки	Ном. потужність, кВАр	Число $x$ потужність регульованих ступенів, квар.
ТП1	3344,147	2930,113	2639	291,113	УК-0,38-320Н	320	3x110
ТП2	1698,949	1669,676	1508,5	161,176	УК-0,38-220Н	220	2x110
ТП3	1734,815	1660,4019	1516,2	144,2	УК-0,38-220Н	220	2x110
ГПП	9226,6	6260,1909	6218	42,119	УК-6/10-450 ЛУЗ ПУЗ	110	1x110

### Висновки по розділу 3

Були проведені необхідні розрахунки електромереж, обрано трансформатори для ТП, обґрунтовано заходи по компенсації реактивної потужності.

## ВИСНОВКИ

Автоматизація виробничих процесів, в тому числі і дільниці по ремонту двигунів, є дуже важливою задачею для всіх сучасних підприємств. Автоматизація можлива тільки за високого рівня механізації та електрифікації робіт. Наслідком є актуальність питання підготовки електромереж до підвищеного навантаження, забезпечення стійкості електропостачання та стабільності характеристик струму.

У сучасному виробництві рівень автоматизації дуже важливий, він визначає потенціал розвитку даного виробництва. Але автоматизація пов'язана з рівнем енергоспоживання, тому неможлива без правильно облаштованої електромережі, розрахованої на задані навантаження.

Вибраний перелік обладнання дозволить суттєво підвищити рівень автоматизації, в тому числі і на етапі обкатки двигунів.

Перехід з одного режиму на наступний відбувається автоматично від датчика швидкості температури масла. Як тільки температура олії в системі мастила припиняє свій ріст, то при холодній обкатці збільшується на щабель частота обертання, а при гарячій - гальмівний момент, що крутить. При новій стабілізації температури виробляється сигнал переходу на наступну щабель обкатки.

Одним з найбільш важливих елементів для системи електропостачання підприємства є ГПП, яка забезпечує електроенергією всіх споживачів підприємства. Метою курсового проекту є здійснення розрахунку та вибір силового трансформатора для ГПП. В ході виконання роботи було здійснено розроблення та вибір принципової електричної схеми електропостачання середнього-машинобудівництва заводу при цьому було розглянуто порядок вибору системи електропостачання.

Були проведені необхідні розрахунки електромереж, обрано трансформатори для ТП, обґрунтовано заходи по компенсації реактивної потужності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акімов М.Ю. Розробка системи диференційованого коригування нормативів технічного обслуговування і ремонту автомобільних двигунів (на прикладі двигунів автомобілів КамАЗ): Авто реф. дис. канд. техн. наук., 1993. - 21 с.
2. Андріанов Ю.В. Дослідження впливу дорожніх і транспортних умов на ефективність технічної експлуатації автомобілів. - Дис канд.техн.наук.,1979.-178с.
3. Анікєєв В.В. Коригування нормативів ресурсу автомобільних двигунів з урахуванням сезонної варіації інтенсивності та умов експлуатації. - Дис. канд. техн. наук, 2002. - 165 с.
4. Антонець Д.А. Дослідження роботи дизельного двигуна з безпосереднім уприскуванням при експлуатації в умовах низьких температур навколишнього повітря: Автореф. дис. канд. техн. наук.,1973 .-25 с.
5. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
6. Гончаренко Ю.П. та ін. Проектування систем електропостачання та енергозбереження. Методичні рекомендації по курсовому проектуванні. Ж.: - ПНУ,2021р.-136 С.
7. Долганов К.Е., Говорун А.Г., П'ятничко О.І. Автомобілі з бензиновими двигунами і газодизелями: особливості конструкції і технічного обслуговування. К.: Техніка. 1991. – 127 с.
8. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. — К.: Вища школа, 1994.
9. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник – К.: Вища школа. 2007. – 527 с.
10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.

11. Мартиненко І.І., В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко , І.М. Болбот, П.В. Олійник Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник. – К., 2008. – 330 с.
12. Правила улаштування електроустановок// Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості №476 від 21.07.2017р.
13. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.
14. Технічне обслуговування, ремонт і зберігання автотранспортних засобів / В.Є. Канарчук, А.А. Лудченко, І.П. Курники, І.А. Луйк: Підручник: У 3-х кн. - Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія. - К .: Вища школа, 1991. - 359 с.
15. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. М.: - ФОРУМ ИНФА - М, 2005.- 214 С.