

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
УДК 636.5(075)

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження

Каплун В.В.

(підпис)

« » 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

Жильцов А.В.

(підпис)

« » 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Розроблення та дослідження електрообладнання для проведення
ремонтів та післяремонтних випробувань асинхронних двигунів»

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма «Енергетика сільськогосподарського виробництва»

Магістерська програма «Енергоінжиніринг в АПК»

Програма підготовки освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

Нормоконтроль

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Консультант

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Чуєнко Р.М.

(підпис)

(ПІБ)

Кочубей С.А.

(підпис)

(ПІБ)

Книжка Т.С.

(підпис)

(ПІБ)

Чуєнко Р.М.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2021

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

д.т.н., проф. _____ Жильцов А.В.

(підпис)

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Кочубею Сергію Анатолійовичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Енергетика сільськогосподарського виробництва

Магістерська програма «Енергоінжиніринг в АПК»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: **„Розроблення та дослідження електрообладнання для проведення ремонтів та післяремонтних випробувань асинхронних двигунів”**

затверджена наказом ректора НУБіП України від

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської роботи

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз виробничо-господарської діяльності та стану електрифікації ТОВ

«Табунівське кар'єроуправління»

2. Виконати проектування електрифікації технологічних процесів у майстерні з ремонту автотракторної техніки

3. Провести вибір технологічного обладнання для ремонту електрообладнання

4. Виконати розрахунок системи електропостачання ремонтної майстерні.

5. Обґрунтувати заходи з монтажу та налагодження електрообладнання у майстерні з ремонту автотракторної техніки.

6. Розробити заходи з охорони праці у ремонтній майстерні.

7. Провести техніко-економічне обґрунтування електрифікації технологічних процесів у ремонтній майстерні.

Дата видачі завдання _____ 2021 р.

Керівник магістерської роботи

_____ (підпис)

Чусько Р.М.

_____ (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Кочубей С.А.

_____ (ПІБ)

Магістерська робота: 133 с., 29 рис., 19 табл., 28 джерел.

Мета роботи. Проектування комплексної електрифікації технологічних процесів у майстерні з ремонту автотракторної техніки, удосконалення технологічних процесів обслуговування і ремонту автотракторної техніки, запровадження ефективних форм експлуатації і підвищення експлуатаційної надійності силового електрообладнання, розробка засобів для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням.

Об'єкт дослідження. Технологічне обладнання майстерні з ремонту та технічного обслуговування автотракторної техніки, технічні засоби для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням.

Предмет дослідження. Процеси в силовому електрообладнанні та його технічний стан, технічні засоби для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням, технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту автотракторної техніки.

Методи дослідження. Під час виконання роботи застосовані метод ефективного числа електроприймачів при розрахунку навантаження майстерні з ремонту силового електрообладнання, метод коефіцієнту використання світлового потоку, точковий та питомої потужності при розрахунку електричного освітлення, метод коефіцієнта використання при розрахунку заземлювального пристрою споживчої трансформаторної підстанції та інші методи виконання електричних розрахунків.

У випускній магістерській роботі на тему: «Удосконалення технологічних процесів у ремонтній майстерні ТОВ «Пальнівське кар'єроуправління» Черкаської області» на достатньому методичному та інженерному рівні вирішені питання: електрифікації технологічних процесів у майстерні з ремонту та обслуговування автотракторної техніки; розробки питань енергопостачання та енергозбереження; розробки засобів для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням; організації охорони та безпеки праці на пункті технічного обслуговування.

Проведений розрахунок електроприводу, взяті відповідні електродвигуни. Здійснено розрахунок та вибір апаратів керування і захисту та перевірка їх по умовам відповідності.

Здійснений розрахунок освітлення, проведено розрахунок основного приміщення методом коефіцієнта використання світлового потоку, а також у

допоміжних приміщеннях методом питомої потужності. Проведено вибір проводів, кабелів та освітлювальних щитів, ламп та світильників.

Положення що виносяться на захист:

- Вибір технологічного обладнання різних технологічних процесів на дільниці ремонту та технічного силового електрообладнання;

- Розрахунок та вибір електротехнічного обладнання різних технологічних процесів на дільниці ремонту та технічного силового електрообладнання;

- Розрахунок електроосвітлення і вибір освітлювальних установок;

- Розрахунок електричних навантажень, вибір джерел живлення і розрахунок зовнішніх електричних мереж;

- Організація обліку та раціонального використання електроенергії;

- Заходи з охорони праці та пожежної безпеки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вступ

5

1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА І СТАН ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

6

1.1 Виробничо-господарська характеристика господарства

6

1.2 Стан електрогосподарства підприємства

8

1.3 Характеристика виробничого об'єкту і вихідні дані для виконання магістерської роботи

9

1.4 Вихідні дані для проектування електрифікації технологічних процесів у ремонтній майстерні

9

2. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РЕМОНТНІЙ МАЙСТЕРНІ

12

2.1 Характеристика технологічних процесів

12

2.2 Види основного технологічного і силового електрообладнання

13

2.3 Вибір технологічного обладнання

16

2.4 Вибір і перевірка електропривода до силового електрообладнання

19

2.5 Вибір пуско-захисної апаратури

26

2.6 Розрахунок і вибір внутрішніх силових електропроводок. Вибір розподільчих пристроїв

27

2.7 Розрахунок електричного освітлення ремонтної майстерні

29

2.8 Розрахунок і вибір освітлювальних проводок. Вибір освітлювальних щитів

35

2.9 Захист трифазних асинхронних двигунів від роботи на двох фазах

37

3. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

41

3.1 Споживачі реактивної потужності

41

3.2 Баланс реактивної потужності асинхронного двигуна

42

3.3 Розрахунки плати за перетоки реактивної електроенергії за наявності його обліку

47

3.4 Експериментальне дослідження індивідуальної ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів

56

4. ПІДРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ОБГРУНТУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ТП

62

4.1 Підрахунок електричних навантажень і вибір джерела живлення

62

4.2 Розрахунок зовнішніх електричних мереж

67

4.3 Перевірка можливості пуску і нормальної роботи асинхронних електродвигунів

69

4.4 Перевірка апаратів захисту за граничною вимикаючою здатністю

73

5. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	76
5.1 Прийом електромонтажних робіт. Організація ремонтної служби	76
5.2 Визначення об'єму ремонтних робіт та кількості обслуговуючого персоналу	77
5.3 Облік і раціональне використання електричної енергії	81
5.4 Споживання та визначення втрат електричної енергії	82
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	85
6.1 Перелік основних нормативних документів	85
6.2 Аналіз стану безпеки праці у господарстві	88
6.3 Розробка заходів, щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів	93
7. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ	
Висновок	113
Список літератури	114

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Сільське господарство являється розвинутою галуззю народного господарства. Розвиток супроводжується збільшенням споживання

електроенергії, в загальному балансі якої значну і швидко зростаючу частину

НУБІП України

займає електрична енергія. З всіх видів енергії вона найбільш легко транспортується, перетворюється і використовується. З кожним роком з'являється все більше методів і технологій їх використання.

Намічено прискорити розвиток індустріальної бази сільського

НУБІП України

господарства, а також продовжити його технічну переозброєність, на базі нової техніки. Крім цього необхідно підвищити матеріально-технічне постачання сільського господарства.

Одним з найбільш діючих засобів утримання в належному технічному

НУБІП України

стані і продовженні строку служби машинно-тракторного парку являється своєчасне і якісне технічне обслуговування і ремонт. Існуюча організація ремонту тракторів та іншої сільськогосподарської техніки передбачає створення ремонтних підприємств, які все більше спеціалізуються.

В даний час реконструюються діючі ремонтні підприємства з урахуванням

НУБІП України

можливості застосування передової технології ремонту і автоматизації технологічних процесів.

НУБІП України

НУБІП України

1 ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА І СТАН ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Виробничо-господарська характеристика господарства

Клімат у даній місцевості помірно-вологий. Опадів випадає за рік в середньому 500... 550 мм. Найбільша їх кількість припадає на червень-липень. Середньорічна температура повітря складає +8,1°C. Максимальна температура самого теплого місяця (липня) +36°C. Мінімальна температура самого холодного місяця (січня) – мінус 28°C. Осінь в основному суха, тепла. Найраніші заморозки трапляються 15 жовтня, найпізніші заморозки – 15 листопада. Літо характеризується великою кількістю сонячних днів. Тип ґрунту – в основному чорнозем.

В межах господарства рельєф місцевості має слабонересічний характер.

Район електропостачання, в якому знаходиться господарство характеризується такими кліматичними умовами при повторюваності 1 раз на 10 років:

- за вітром II;
- за товщиною стінки ожеледі III;

Підприємство займається виробництвом борошна та висівок (табл. 1. 1). За рік підприємство переробляє 38-40 тисяч тон пшеничного зерна і отримує 25 тисяч тон борошна.

1.2 Стан електрогосподарства підприємства

На території підприємства встановлено шість споживчих трансформаторних підстанцій загальною потужністю 3690 кВА. Стан трансформаторних підстанцій задовільний. Резервні джерела електроживлення відсутні.

Для виконання усіх видів технологічних процесів у виробництві господарства встановлено 500 електродвигунів загальною потужністю 1100 кВт.

Зовнішні електричні мережі на території підприємства прокладені кабелями в землі. Зовнішнє освітлення здійснюється світильниками з лампами ДРЛ.

Облік електроенергії здійснюється за допомогою лічильників активної енергії типу Альфа А1R-1-OL-C4-T, повірка лічильників здійснюється один раз у 8 років.

Силові електропроводки у виробничих приміщеннях виконані кабелем марки АВВГ, а внутрішні освітлювальні електропроводки проводом марки АПВ на тросу та в трубах.

1.3 Характеристика виробничого об'єкту і вихідні дані для виконання магістерської роботи

Для ремонту і технічного обслуговування тракторів, автомобілів, а також енергетичного обладнання у господарстві є ремонтна майстерня. Рівень електрифікації технологічних процесів у ремонтній майстерні недостатній, зокрема відсутня дільниця діагностування автомобілів, що затрудняє своєчасне проведення технічного обслуговування та пошук технічних несправностей і неполадок.

Відсутнє також на лінії важких машин переміщення вздовж ремонтно-монтажної дільниці за допомогою електричної лебідки.

Роботи з поточного ремонту проводяться на тупикових постах, обладнаних застарілим технологічним обладнанням.

Зважаючи на зазначені обставини у випускній магістерській роботі передбачається електрифікація і автоматизація технологічних процесів шляхом реконструкції ремонтної майстерні і застосування нового технологічного обладнання.

Вихідними даними для виконання магістерської роботи є матеріали обстеження підприємства та завдання кафедри.

1.4 Вихідні дані для проектування електрифікації технологічних процесів у ремонтній майстерні

З метою проведення поточного ремонту і технічного обслуговування тракторів, автомобілів та іншої техніки на підприємстві побудована ремонтна майстерня виробничою площею 864 м².

Живлення електроенергією ремонтної майстерні здійснюється від КТП потужністю 400 кВА по кабельній лінії.

Внутрішні силові електропроводки виконані проводом марки АПВ в сталевих трубах і кабелем АВВГ. Розподіл електроенергії в майстерні здійснюється за допомогою розподільчих пристроїв типу ПР-9242, ОПУ-62 та ін.

Захист електропроводок споживачів здійснюється автоматичними вимикачами типу ВА-51 і запобіжниками типу ПН-2. Керування електродвигунами машин та обладнання виконується за допомогою магнітних пускачів типу ПМЛ.

Освітлювальна мережа виконана проводом АПВ, а також кабелем АВВГ на скобах. В адміністративній будівлі проводка виконана під штукатуркою проводами АПВ та АППВ. Люмінесцентні світильники, які встановлені в ремонтному пункті, дозволяють економити значну частину електричної енергії.

Заземлення технологічного обладнання виконане за допомогою сталевих штабів поперечним перерізом 25x3 мм. В якості заземлювальних провідників використовується нульовий провід, металеві конструкції будівлі, оболонки кабелів, сталеві трубопроводи. Блискавкозахист повітряної лінії, по якій підходить електрична енергія, а також блискавкозахист самої будівлі виконаний у відповідності з вимогами ПУЕ, ПБЕЕС та інструкції з улаштування блискавкозахисту будівель і споруд.

При виконанні розрахунків враховані кліматичні умови, які характерні для даного району, а також умови навколишнього середовища в середині кожного

приміщення. Ці умови визначають вибір електрообладнання, спосіб його захисту і спосіб прокладання електропроводки.

Класи і категорії приміщень ремонтної майстерні наведені в таблиці 1.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 1 – Класи і категорії виробничих приміщень ремонтної майстерні

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Кислота	-/-	особливо-небезпечне	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	A
Дітний заряджання акумуляторів	-/-	підвищ. небезпечки	-/-	B-1a	-/-	-/-	-/-	T
Спосарна дітний	-/-	особливо-небезпечне	-/-	П-11	-/-	-/-	-/-	T
Склад запчастин	запалене	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	T
Строарно-механічна дітний	сухе	-/-	-/-	П-1	-/-	-/-	-/-	T
Дітний резонанс с-г. машин	-/-	підвищ. небезпечки	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	T
Зварювальна дітний	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	T
Ковальська дітний	-/-	-/-	-/-	П-4	-/-	-/-	-/-	T

НУБІГ Українни

Найменування пристроїв	Категорії за умовами навколишнього середовищем	Клас по можливості ураження електричним струмом	Категорія приміщення за блискавкозахист.	Клас вибухо і пожежо небезпеки приміщень	Ступінь вогнестійкості	Характеристика матеріалів та конструкцій	Категорія по вибухо і пожежо небезпеки
Діяння хиття і розбирання	особливо вологе	особливо небезпечне	III	-	II	неслабкий	Д
Діяння діагностування і ТО	сухе	підвищ. небезпеки	-/-	П-20	-/-	-/-	Д
Ремонтно-монтажна діяльність	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	Г
Діяння ремонту авторакторних двигунів	-/-	-/-	-/-	П-1	-/-	-/-	Г
Діяння випробувань і регулювання паливної апаратури	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	А
Діяння відновлення зношених деталей	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	Г
Діяння заправки і обкатки машин	-/-	-/-	-/-	П-20	-/-	-/-	А
Діяння ремонту силового електрообладнання	-/-	-/-	-/-	П-11	-/-	-/-	Г

2 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

2.1 Характеристика технологічних процесів

Ремонт тракторів, автомобілів та іншої сільськогосподарської техніки здійснюється в ремонтній майстерні, яка являє собою будівлю розміром 48х18 метрів.

Типовим проектом 816-218 в майстерні передбачено сучасні методи виконання ремонтних робіт, в тому числі:

- агрегатно-вузловий метод поточних ремонтів машин і обладнання;
- механізація підйомно-транспортних робіт і трудомістких процесів;

Технологічний процес ремонту починається з очищення машин від бруду, миття, злиття відпрацьованого масла та продування порожнин агрегату паром або стисненим повітрям.

Після очищення і часткового розбирання машини надходять на ремонтну монтажну дільницю, де агрегати повністю розбираються на вузли та деталі і

підйомним краном передаються в мийну машину ОМ-4610. Після миття вони

направляються на відповідні дільниці для проведення ремонту і випробування на спеціальних стендах.

Відремнтовані машини направляються на дільницю заправки і обкатування де від стаціонарного поста змащування ОЗ-4967 заправляються маслами, а паливо-роздавальних колонок ТК-40 – паливом. Тут же перевіряється спільна робота агрегатів і вузлів машин.

Остаточна заправка машин і їх обкатка відбувається поза приміщенням майстерні.

Для заряджання акумуляторних батарей і пуску двигунів в холодну пору року в майстерні є спеціальна установка, яка значно зменшує затрати праці і полегшує працю механізаторів.

Технічне обслуговування машин здійснюється на дільниці діагностування

і ТО.

2.2 Види основного технологічного і силового електрообладнання

З метою покращення якості робіт, зростання продуктивності праці, зниження собівартості продукції в ремонтній майстерні слід встановити прогресивне технологічне обладнання з електроприводом, яке повинно мати достатньо високу ступінь автоматизації.

В перелік основного технологічного обладнання ремонтної майстерні входять:

- очисник пароводоструменевий;
- стаціонарний пост змащування ОЗ-4610;
- компресорна установка КУ-150;
- підвісні крани АЗ-108-9-6;
- електрична таль ТЭЗ-511;
- установка для діагностування двигунів тракторів КИ-4935;
- машина для миття ОМ-4610;
- стенд для розбирання і збирання підвісних кареток тракторів;
- вертикально-свердильний верстат;
- контрольно-випробувальний стенд КИ-968;
- відцентрові вентилятори типу Ц4-70;
- автомат наплавний А-580М;
- установка для відновлення шийок колінвалів ОКС;
- стапок для притирання клапанів ОПР-1041;
- станок для шліфування фасок клапанів ПТ-823;
- стенд для випробування паливної апаратури КИ-521.

Характеристики електродвигунів технологічного обладнання, яке задіяне в ремонтній майстерні, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Перелік технологічного обладнання з електроприводом

Назва обладнання	Електродвигун							Апарат керування і захисту	
	Тип	К-ть (шт.)	P _{ном} кВт	n, об/хв	I, А	ккд, %	cos φ	Тип ел.маг. пускача	Тип тепл. реле
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Очищувач пароводоструменевий	AHP80B2Y2	1	2,2	2850	4,7	83,0	0,87	ПМЛ1220О4А	РТЛ1010-О4
2. Стационарний пост змащування ОЗ-4967	AHP100A6Y2	3	2,2	945	5,6	81,0	0,74	ПМЛ1220О4А	РТЛ1012-О4
3. Електромеханічний пост змащування	AHP71B6Y2	1	0,55	915	1,74	68,5	0,71	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
4. Установка для діагностування двигунів тракторів КИ-4935	АКБ-82-4У3	1	55	1430	98,5	87,5	0,88	ПМЛ6220О4А	РТЛ3125-О4
5. Машина для миття ОМ-4610	AHP132S4Y2	1	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	ПМЛ2220О4А	РТЛ1021-О4
6. Стенд для ремонту підкарок тракторів	AHP132S4Y2	1	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	ПМЛ2220О4А	РТЛ1021-О4
7. Стенд для шліфування фасок клапанів ПТ-823	AHP71A4Y2	1	0,55	1360	1,7	70,5	0,7	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
8. Універсальний станок для притирання фасок клапанів ОНР-1041	AHP80B6Y2	1	1,1	920	3,05	74,0	0,74	ПМЛ1220О4А	РТЛ1008-О4
	AHP71B6Y2	1	0,55	915	1,74	68,5	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
9. Компресорна установка КУ-150	AHP100L4Y2	1	4,0	1410	8,6	85,0	0,84	ПМЛ1220О4А	РТЛ1010-О4
10. Автомат наплавний А-580М	АКД 4-3У2	1	0,2	1450	0,7	75,0	0,68	ПМЛ1220О4А	РТЛ1005-О4
11. Установка для відновлення шийок колінвалів ОКС	AHP132S4Y2	1	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	ПМЛ2220О4А	РТЛ1021-О4
12. Установка для заряджання акумуляторних батарей і пуску двигунів	---	1	42 кВА	---	200	---	---	---	---
13. Універсальний стенд для випробування паливної апаратури КИ-521	AHP80B4Y2	1	1,5	1395	3,52	78,0	0,83	ПМЛ1220О4А	РТЛ1008-О4
14. Стенд обкатувально-гальмівний	AHP250S6Y2	1	45	950	87	92,5	0,87	ПМЛ6220О4А	РТЛ3105-О4
15. Паливно-роздавальна колонка ТК-40	AHP63B4Y2	2	0,37	1320	1,2	68,0	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1006-О4
16. Станок заточний настільний ЗТ-62	AHP56B2Y2	2	0,25	2770	0,74	68,0	0,77	ПМЛ1220О4А	РТЛ1005-О4
17. Станок свердильний настільний НС-12	AHP71B2Y2	1	0,55	920	1,74	67,5	0,71	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
18. Трансформатор для паяння проводів	---	1	5 кВА	---	22,8	---	---	---	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19. Універсальний стелт КИ-968	АНР90А4У2	1	2,2	1410	5,0	80,0	0,83	ПМЛ1220О4А	РТЛ1010-О4
20. Селеновий випрамляч	---	1	4,0	---	6,1	---	---	---	---
21. Електродистиллятор Д-1	---	1	1,6	---	7,3	---	---	---	---
22. Вертикально-свердильний станок	АНР100Л6У2	1	2,2	950	5,65	81,0	0,73	ПМЛ1220О4А	РТЛ1012-О4
23. Комбінований станок	АНР56А4У2	1	2,2	950	5,65	81,0	0,73	ПМЛ1220О4А	РТЛ1012-О4
24. Токарно-гвинторізний станок	АНР100Л6У2	1	3,0	1410	6,7	82,0	0,83	ПМЛ1220О4А	РТЛ1012-О4
25. Стелт для обкатки с. г. машин	АНР100С4У2	1	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	ПМЛ1220О4А	РТЛ1021-О4
26. Пристрій для обкатки задніх мостів	АНР132С4У2	1	7,5	1440	15,1	87,5	0,86	ПМЛ1220О4А	РТЛ1021-О4
27. Молот пневматичний	АНР132М4У2	1	11,0	1450	22,0	87,5	0,87	ПМЛ2220О4А	РТЛ1022-О4
28. Ел.шліфувальна машина	АНР71В2У2	1	1,1	2890	2,48	77,5	0,87	ПМЛ1220О4А	РТЛ1008-О4
29. Обдирочно шліфувальний станок	АНР100Л4У2	1	4,0	1410	8,6	85,0	0,84	ПМЛ1220О4А	РТЛ1014-О4
30. Вентилятор дуттєвий	4АНР56В4У2	1	0,18	1350	0,63	64,0	0,68	ПМЛ1220О4А	РТЛ1004-О4
31. Кран підвісний АЗ-108-9-6	АНР112М4У2	3	5,5/2	1425	11,5	85,0	0,85	ПМЛ2511О4А	РТЛ1016-О4
32. Лебідка електрична	АНР112М4У2	3	5,5/2	1425	11,5	85,0	0,83	ПМЛ2511О4А	РТЛ1016-О4
33. Витяжна система ВУ-15	АНР71А4У2	1	0,55	1360	1,7	70,5	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
34. Витяжна система ВУ-14	АНР71А4У2	1	0,55	1360	1,7	70,5	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
35. Витяжна система ВУ-13	АНР71А4У2	1	0,55	1360	1,7	70,5	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
36. Витяжна система ВУ-12	АНР80А6У2	1	0,75	920	2,25	69,0	0,74	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
37. Витяжна система ВУ-11	АНР71А4У2	1	0,55	1360	1,7	70,5	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
38. Витяжна система ВУ-10	АНР71А4У2	1	0,55	1360	1,7	70,5	0,70	ПМЛ1220О4А	РТЛ1006-О4
39. Витяжна система ВУ-9	АНР71А6У2	1	0,37	915	1,31	64,5	0,86	ПМЛ1220О4А	РТЛ1006-О4
40. Витяжна система ВУ-8	АНР71А6У2	1	0,37	915	1,31	64,5	0,86	ПМЛ1220О4А	РТЛ1006-О4
41. Витяжна система ВУ-7	АНР63В2У2	1	0,55	2730	1,33	75,0	0,85	ПМЛ1220О4А	РТЛ1006-О4
42. Витяжна система ВУ-6	АНР80А6У2	1	0,75	920	2,25	69,0	0,65	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
43. Витяжна система ВУ-5	АНР63А4У2	1	0,25	1320	0,83	68,0	0,67	ПМЛ1220О4А	РТЛ1005-О4
44. Витяжна система ВУ-4	АНР71В4У2	1	0,75	1365	2,2	73,0	0,73	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
45. Витяжна система ВУ-3	АНР71В4У2	1	0,75	1365	2,2	73,0	0,73	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4
46. Витяжна система ВУ-2	АНР80А4У2	1	1,1	1395	2,75	75,0	0,81	ПМЛ1220О4А	РТЛ1008-О4
47. Витяжна система ВУ-1	АНР71В4У2	1	0,75	1365	2,2	72,0	0,73	ПМЛ1220О4А	РТЛ1007-О4

2.3 Вибір технологічного обладнання

З метою забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці в усіх приміщеннях ремонтної майстерні передбачено встановлення вентиляційних систем.

Природна вентиляція застосовується в тих випадках, коли згідно встановлених норм, кратність повітрообміну в приміщенні менша 3-х. В

приміщеннях, де кратність вища 3-х передбачається застосування примусової або комбінованої системи вентиляції.

Вибір технологічного обладнання майстерні покажемо на прикладі розрахунку вентиляційної системи стола для зварювальних робіт на кувально-зварювальній дільниці.

Для розрахунку використовуємо норми повітрообміну, які встановлені СНиПМ3-86.

Необхідний обмін повітря за годину визначаємо за формулою:

$$L_n = V \cdot K_p, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.3.1)$$

де, $V = 50,5 \text{ м}^3$ - об'єм приміщення для якого розраховується вентиляційна система;

K_p - кратність повітрообміну. Для даної ділянки вентиляційна система повинна забезпечити 2..2,5 кратний обмін повітря за годину.

Приймаємо $K_p = 2,5$.

$$L_n = 50,5 \cdot 2,5 = 126,25 \text{ м}^3/\text{год}$$

Місцеве відсмоктування повітря на робочому місці виконане у вигляді витяжної шафи.

Кількість повітря, що видаляється із шафи, визначаємо за формулою:

$$L_{ш} = 3600 \cdot V_{сер} \cdot F, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.3.2)$$

де, $V_{\text{сер}}$ - середня швидкість повітря у робочому отворі, $V_{\text{сер}} = 1,5 \text{ м/с}$;

F - площа поперечного перерізу робочого отвору, $F = 0,6 \text{ м}^2$.

$$L_{\text{ш}} = 3600 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 3240 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо шафу, яка буде використовуватися на зварювальному посту, розмірами $2020 \times 800 \times 2100$.

Кількість повітря, яке видаляється із шафи – $3240 \text{ м}^3/\text{год}$.

Сумарний повітрообмін визначається:

$$\sum L = L_n + L_{\text{ш}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.3.3)$$

$$\sum L = 126,25 + 3240 = 3366,25 \text{ м}^3/\text{год}$$

Видалення повітря із приміщення здійснюється із верхньої або нижньої зони. По розміру витяжної шафи приймаємо повітропровід квадратного перерізу

276×276 мм із оцинкованої сталі

Опір мережі повітропроводів визначаємо за формулою:

$$H_c = 0,0825 \cdot (\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \beta) \cdot \frac{L^2 \cdot \gamma}{d^4}, \text{ кг/м}^2 \quad (2.3.4)$$

де λ – коефіцієнт опору на прямолінійних ділянках мережі, $\lambda = 0,015$ [5];

l – довжина повітропроводу, $l = 7 \text{ м}$;

d – діаметр повітропроводу. Для квадратних повітропроводів

приймається рівновеликий діаметр. В нашому випадку приймаємо

$$d = 0,315 \text{ м};$$

L – секундна витрата повітря, $L = \frac{3371,1 \text{ м}^3/\text{год}}{3600} = 0,94 \text{ м}^3/\text{с}$;

γ – густина повітря в повітропроводі, при $t = 180^\circ\text{C}$ – $\gamma = 1,21 \text{ кг/м}^3$;

$\sum \beta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів;

$$\sum \beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7, \quad (2.3.5)$$

де β_1 – коефіцієнт опору конічного розтруба з кутом $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 0,22$ [5];

β_2 і β_4 – коефіцієнти опору відводів, $\beta_2 = \beta_4 = 0,25$;

β_3 і β_5 – коефіцієнти опору бокових входів, $\beta_3 = \beta_5 = 0,25$;

β_6 – коефіцієнт опору прямокутного тритника, $\beta_6 = 1,0$;

β_7 – коефіцієнт опору зонти звичайного, $\beta_7 = 1,3$.

$$\sum \beta = 0,22 + 0,25 + 0,6 + 0,25 + 0,6 + 1,0 + 1,3 = 4,22$$

$$H_c = 0,0825 \cdot \left(0,015 \cdot \frac{7,0}{0,315} + 4,22 \right) \cdot \frac{0,94^2 \cdot 1,21}{9,84 \cdot 10^{-3}} = 40,82 \text{ кг/м}^2$$

Приведений тиск, який повинен забезпечувати вентилятор, визначимо за формулою:

$$P = H_c \cdot \frac{273+t}{273+t_1}, \text{ кг/м}^2 \quad (2.3.6)$$

де t – розрахункова температура в приміщенні, $t = 20^\circ\text{C}$;

t_1 – температура повітря в системі, $t_1 = 18^\circ\text{C}$;

$$P = 40,9 \cdot \frac{273+20}{273+18} = 41,2 \text{ кг/м}^2$$

Враховуючи підсмоктування повітря, подача вентилятора повинна бути збільшена в порівнянні з розрахунковою на 10% (вимога СНиП 11-17-62):

$$L_g = 1,1 \cdot 3366,25 = 337029, \text{ м}^3 / \text{год}$$

За приведеним тиском і дійсною подачею повітря вибираємо відцентровий вентилятор типу Ц4-70 №5.

Його подача $L_g = 1,43 \cdot 8,3 \text{ м}^3 / \text{год}$, тиск $P = 180 \cdot 830 \text{ Па}$,

$$n = 930 \cdot 1420 \text{ об/хв}; \quad P = 1,0 \cdot 1,7 \text{ кВт.}$$

Таблиця 3.2 Витяжна вентиляція ремонтної майстерні

Найменування обладнання	К-ть повітря, що видаляється		Тип електродвигуна	Тип місцевого відсмоктування	Кількість	Тип вентилятора
	віднош.	всього				
Очишувач пароводоструменевий	1500	1500	АІР71В4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№3
Ванна для загартовування	1750	1750	АІР80А6У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№4
Спін для паяння радіаторів	3900	3900	АІР80А4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№5
Шафа для зберігання електроліту	1010	1010	АІР63В4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№3
Машина для миття	170	170	АІР63А4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№2
Ванна для миття деталей в гасі	600	600	АІР63А4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№2,5
Електроувулкианізатор	620	620	АІР63А4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№2,5
Ванна для миття деталей	1370	1370	АІР71В4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№3
Спін для електрозварювальних робіт	3700	3700	АІР80А4У2	Витяжна шафа	1	Ц4-70№5
Горн кувальний	4500	4500	АІР80А4У2	ЗОНТ з ГТ	1	Ц4-70№5
Верстак для збирання і розбирання агрегатів	1970	1970	АІР80А6У2	ПРВ	1	Ц4-70№4
Обдирально-шліфувальний верстат	1400	1400	АІР63А4У2	ЗІЛ-900М	1	Ц4-70№3

Резьба технологічного обладнання поставляється комплектно.

2.4 Вибір і перевірка електропривода до силового електрообладнання

Вибір силового електрообладнання покажемо на прикладі розрахунку електропривода вентилятора Ц4-70№5, що входить в комплект витяжної установки ВУ-2 шафи електрозварювальних робіт.

Встановлену потужність електродвигуна вентилятора визначаємо за формулою:

$$P_{\text{в}} = \frac{K_{\text{в}} \cdot P_{\text{в}}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{л}}}, \text{ кВт} \quad (2.4.1)$$

де, K_3 – коефіцієнт запасу потужності, $K_3 = 1,2$;

P – приведений тиск, який створює вентилятор, $P = 41,1 \text{ кг/м}^2$
[див. п. 2.3];

L_d – дійсна подача вентилятора, $L_d = 3702,9 \text{ м}^3/\text{год}$ [див. п. 2.3];

η_e – К.К.Д. вентилятора, $\eta_e = 0,6$;

η_n – К.К.Д. передачі, $\eta_n = 1$;

$\eta_{\text{ш}} = \eta_{\text{шд}}$ – К.К.Д. підшипників, $\eta_{\text{шд}} = 0,98$;

$$P_y = \frac{1,2 \cdot 3702,9 \cdot 41,1}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,98} = 0,92 \text{ кВт}$$

Двигун вентилятора працює в тривалому режимі роботи з постійним навантаженням.

Номінальну потужність електродвигуна вибираємо виходячи з умови:

$$P_{\text{ном}} \geq P_y$$

Вибираємо електродвигун для приводу вентилятора АИР80А4У2 з такими технічними даними:

потужність- $P_{\text{н}} = 1,1 \text{ кВт}$

частота обертання – $n_{\text{н}} = 1395 \text{ об/хв}$;

номінальний струм- $I_{\text{н}} = 2,75 \text{ А}$.

У відповідності з ГОСТ 2479-79 по конструктивному виконанню і способу монтажу приймаємо електродвигун ІМ1001.

Перевіримо електродвигун по умовам запуску при пониженій напрузі і з врахуванням розкиду параметрів електродвигуна.

Визначимо час пуску графоаналітичним методом і перевіримо електродвигун по нагріву за час пуску.

Механічну характеристику вентилятора визначаємо розрахунковим шляхом. Для цього скористаємося формулою:

$$M_c = M_{co} + (M_{cn} - M_{co}) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^x, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.4.2)$$

де, M_{co} – статичний момент зрушення робочого органу, який не залежить від зміни швидкості, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$M_{ст}$ – момент статичних опорів вентилятора при номінальній швидкості, Н·м;

ω – миттєве значення кутової швидкості, c^{-1} ;

ω_n – номінальне значення кутової швидкості, c^{-1} ;

x – коефіцієнт, який характеризує степінь залежності момента статичних опорів від швидкості. Для вентиляторів $x=2$.

$$M_{ст} = 9550 \cdot \frac{P_y}{n_n} \quad \text{Н·м} \quad (2.4.3)$$

$$M_{ст} = 9550 \cdot \frac{0,77}{1395} = 5,27 \text{ Н·м}$$

$$\omega_n = \frac{2\pi \cdot n_n}{60}, \text{ c}^{-1} \quad (2.4.4)$$

$$\omega_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1395}{60} = 146 \text{ c}^{-1}$$

$$M_{\omega} = 0,15 \cdot M_{ст}, \text{ Н·м} \quad (2.4.5)$$

$$M_{\omega} = 0,15 \cdot 5,27 = 0,79, \text{ Н·м}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.4

Таблиця 2.4 Дані для побудови механічної характеристики вентилятора

$\omega, \text{ c}^{-1}$	0	31,4	62,8	94,2	125,1	146	157
$M_c, \text{ Н·м}$	0,79	0,99	1,61	2,65	4,08	5,27	5,97

Користуючись каталожними даними нашого електродвигуна розрахуємо його механічну характеристику.

AIP80A4Y2

$P_{II} = 1,1 \text{ кВт}; \quad n_{II} = 1395 \text{ об/хв}; \quad I_{II} = 2,75 \text{ А}; \quad \eta = 75\%; \quad \cos\phi = 0,81;$

$\mu_{рук} = 2,2; \quad \mu_{min} = 1,6; \quad \mu_{max} = 2,2; \quad K_I = 5,5; \quad J_{об} = 0,0032 \text{ кг·м}^2.$

$$M_{II} = 9550 \cdot \frac{P_{II}}{n_{II}}$$

$$M_{II} = 9550 \cdot \frac{1,1}{1395} = 7,5 \text{ Н·м}$$

$$M_{max} = \mu_{max} \cdot M_{II};$$

$$M_{max} = 2,2 \cdot 7,5 = 16,56 \text{ Н·м}$$

$$M_{\min} = \mu_{\min} \cdot M_n; \quad M_{\min} = 1,6 \cdot 7,5 = 12 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{пуск}} = \mu_{\text{пуск}} \cdot M_n; \quad M_{\text{пуск}} = 2,2 \cdot 7,5 = 16,56 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Номінальне ковзання двигуна визначаємо за формулою:

$$S_n = \frac{n_c - n_n}{n_c}, \quad (2.4.6)$$

де n_c – синхронна швидкість обертання валу електродвигуна,

$$n_c = 1500 \text{ об/хв.}$$

n_n – номінальна швидкість обертання валу електродвигуна.

$$S_n = \frac{1500 - 1395}{1500} = 0,07$$

Механічну характеристику двигуна будемо записувати за її двома характерними точками:

$$1. S = 0;$$

$$M = 0$$

$$2. S = S_n;$$

$$M = M_n = 7,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$3. S = S_{\text{кр}} = 0,49;$$

$$M = M_{\text{кр}} = M_{\text{max}} = 16,56 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$4. S = S_{\min} = 0,8;$$

$$M = M_{\min} = 12 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$5. S = 1;$$

$$M = M_{\text{пуск}} = 16,56 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Згідно ГОСТ 123-79 допускається зменшення максимального моменту на 10%, мінімального – на 20%, пускового – на 15% від номінальних значень:

$$1. S = 0;$$

$$M' = 0$$

$$2. S_n;$$

$$M'_n = M_n = 7,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$3. S_{\text{кр}};$$

$$M'_{\text{кр}} = 0,9 \cdot M_{\text{кр}} = 14,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$4. S_{\min} = 0,8;$$

$$M'_{\min} = 0,8 \cdot M_{\min} = 9,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$5. S = 1;$$

$$M'_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot M_{\text{пуск}} = 14,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Допускається також відхилення напруги на затискачах двигуна $\Delta U = \pm 5\%$,

як відомо момент на валу асинхронного двигуна прямо пропорційний квадрату прикладеної напруги:

$$1. S = 0;$$

$$M'' = 0$$

2. $S_{\text{ис}}$

3. $S_{\text{кр}}$

4. $S_{\text{мин}} = 0,8$;

5. $S = 1$;

$$M''_{\text{н}} = 0,95^2 \cdot M'_{\text{н}} = 6,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M''_{\text{тр}} = 0,95^2 \cdot M'_{\text{тр}} = 3,44 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M''_{\text{мин}} = 0,95^2 \cdot M'_{\text{мин}} = 8,66 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M''_{\text{пуск}} = 0,95^2 \cdot M'_{\text{пуск}} = 12,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 Дані для побудови механічних характеристик електродвигуна

S	0	0,07	0,49	0,8	1
$M, \text{Н} \cdot \text{м}$	0	7,5	16,56	12	16,56
$M, \text{Н} \cdot \text{м}$	0	7,5	14,9	9,6	14,1
$M, \text{Н} \cdot \text{м}$	0	6,75	13,44	8,66	12,7

Динамічний момент двигуна визначаємо по формулі:

$$M_{\text{дин}} = M_{\text{ос}} - M_c, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.4.7)$$

де, $M_{\text{ос}}$ – момент, що розвиває двигун, $\text{Н} \cdot \text{м}$,

M_c – момент опору вентилятора.

Оскільки при пуску динамічний момент весь час змінюється, то для визначення часу розгону системи електродвигун – вентилятор будемо брати невеликі прирости швидкості, протягом яких динамічний момент змінюється мало і дорівнює середньому значенню за час Δt , який необхідний для приросту швидкості на $\Delta \omega$ (рис.2.1).

Формула для підрахунку приросту часу має такий вигляд:

$$\Delta t = \frac{J_{\text{пр}} \cdot \Delta \omega}{M_{\text{дин.ср}}} \quad (2.4.8)$$

Момент інерції робочої машини приведений до валу електродвигуна

визначаємо за формулою.

$$J_{\text{пр}} = J_{p,\text{дв}} + J_c \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.4.9)$$

де, $J_{p,\text{дв}}$ – момент інерції ротора двигуна, $J_{p,\text{дв}} = 0,0032 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ [15];

J_c – момент інерції вентилятора, $J_c = 0,009 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ [14].

$$J_{\text{пр}} = 0,0032 + 0,009 = 0,0122 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 = 0,122 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 Дані для визначення часу пуску системи електродвигун – вентилятор

$J, \text{Н}\cdot\text{м}$	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122
$\Delta\omega, \text{с}^{-1}$	31,4	31,4	31,4	31,4	22,8
$M_{\text{шт}}, \text{Н}\cdot\text{м}$	9,7	8,8	10,9	8,2	3,5
$\Delta t, \text{с}$	0,39	0,43	0,35	0,46	0,8

Час пуску електродвигуна буде дорівнювати:

$$t_i = \sum \Delta t_i = 2,43, \text{с} \quad (2.4.10)$$

Нагрівання двигуна за час пуску можна визначити за формулою:

$$\Theta = \Theta_c + v_i + t_n, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.4.11)$$

де, Θ_c - температура навколишнього середовища, $\Theta_c = 20^\circ\text{C}$;

v_i - швидкість зростання температури, $v_i = 7,2^\circ\text{C}/\text{с}$ [22];

t_n - час пуску електродвигуна, $t_n = 2,43 \text{ с}$.

$$\Theta = 20 + 7,2 + 2,43 = 37,5^\circ\text{C}$$

Повинна виконуватися така умова:

$$\Theta_{\text{доп}} \geq \Theta$$

де $\Theta_{\text{доп}}$ - допустиме перевищення температури обмотки над оточуючим середовищем, $^\circ\text{C}$;

Θ - перевищення температури під час пуску, $^\circ\text{C}$.

В зв'язку з тим, що у всіх габаритах асинхронних двигунів серії АІ

використовують клас ізоляції F, а допустиме значення температури приймають по класу В, яке становить 130°C , то $\Theta_{\text{доп}}$ визначаємо:

$$130 - 40 = 90^\circ\text{C}$$

$$90 \geq 37,5$$

Нагрівання двигуна за час пуску незначне. Отже двигун цілком підходить для приводу даного вентилятора.

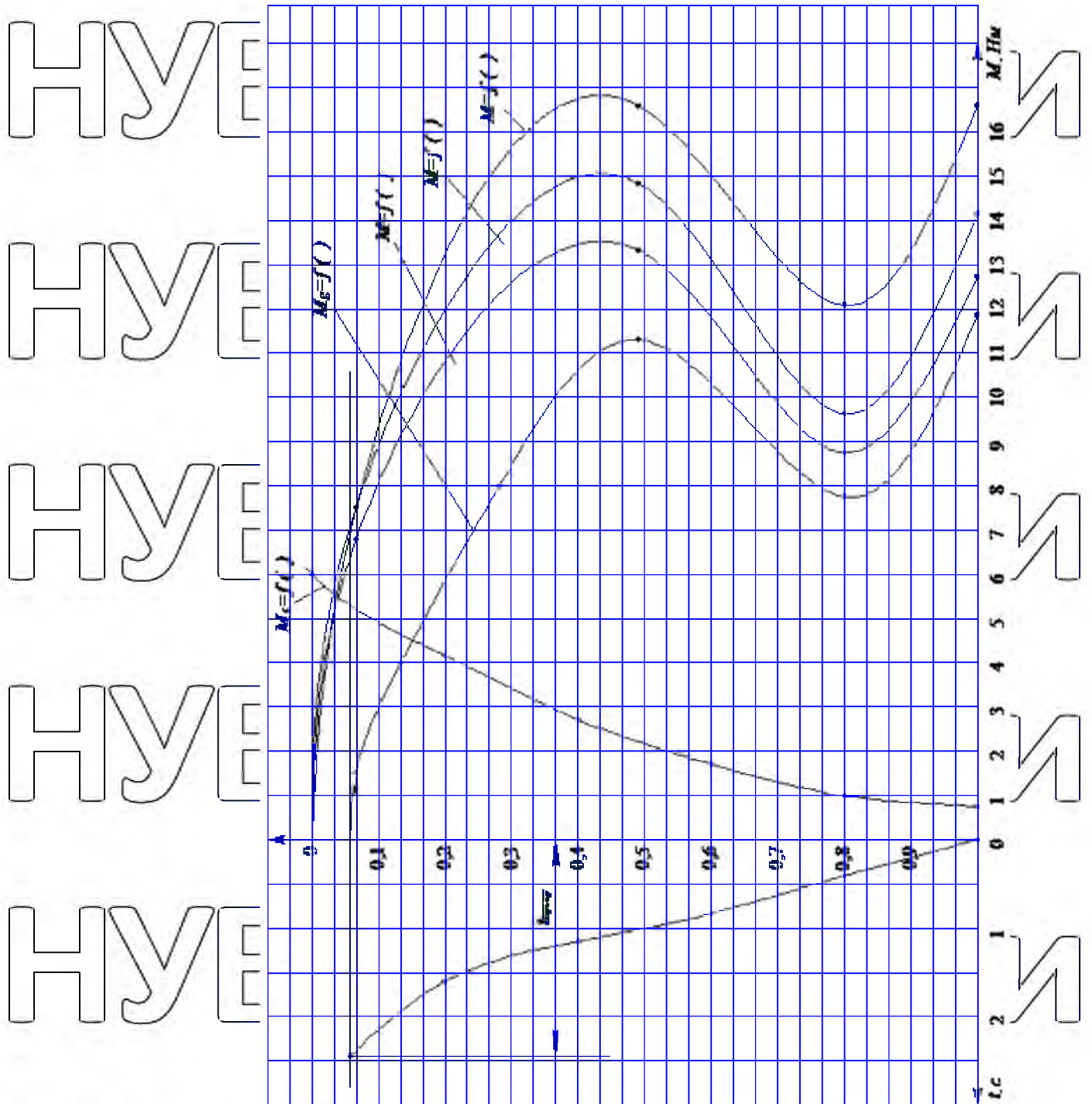


Рис. 2.1 – Побудова кривої розгону електродвигуна приводу вентилятора

НУБІП України

НУБІП України

2.5 Вибір пуско-захисної апаратури

Апаратуру керування і захисту вибираємо виходячи із номінальних даних споживача, тобто враховуємо рід струму, напругу мережі живлення, частоту вмикання контактів, її комутаційну здатність, ступінь захисту від впливу навколишнього середовища та від потрапляння бризок води, кліматичне виконання та категорію розміщення.

Проведемо вибір апаратури керування і захисту для електродвигуна вентилятора Ц4-70N5 AIP80A4Y2.

Вибір автоматичного вимикача проводимо за умовами:

$$1. U_{AB} \geq U_n = 380\text{В}$$

$$2. I_n \geq I_{н.об.} = 2,75\text{А}$$

$$3. I_{роз.} \geq I_{н.дв.} = 2,75\text{А}$$

$$4. I_{ел.м.відс.} \geq (1,45 \dots 1,65) \cdot I_{пуск.} = 21,93\text{А}$$

$$5. I_{гр.вим.зд.} \geq I_{кз}^{(3)}$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА51Г25-340010P30УХЛ,

ТУ16.522.157-83, який має такі технічні характеристики: $U_n = 660\text{В}$, $I_n = 25\text{А}$, $I_{т.роз.}$

$$= 3,15\text{ А}, I_{ел.м.відс.} = 14 \cdot I_{н.р.} = 14 \cdot 3,15 = 44\text{ А}, I_{гр.вим.} = 1,5\text{ кА} [15]$$

$$1. 660\text{В} > 380\text{В}$$

$$2. 25\text{А} > 2,75\text{А}$$

$$3. 3,15\text{А} > 2,75\text{А}$$

$$4. 44\text{А} > 21,93\text{А}$$

Умови вибору виконуються. Автоматичний вимикач вибраний вірно.

Для дистанційного керування електродвигуном і для захисту його від перевантажень вибираємо магнітний вимикач за наступними умовами:

$$1. U_{м.п.ном.} \geq U_m = 380\text{В}$$

$$2. U_{кот.} = U_{кола.кер} = 220\text{В}$$

$$3. I_{м.п.ном.} \geq I_{н.об.} = 2,75\text{А}$$

$$4. I_{тр.ном.} \geq I_{н.дв.} = 2,75\text{А}$$

Вибираємо магнітний пускач типу ПМЛ 122004А, 220 В, ТУ16.644.001-83 і реле електротеплове РТЛ100804, ТУ16.523.549-82.

Перевіримо виконання умов вибору:

1. $380 В = 380 В$

2. $220 В = 220 В$

3. $10 А > 2,75 А$

4. $2,75 А = 2,75 А$

Умови вибору виконуються, отже магнітний пускач з тепловим реле вибрані правильно.

Аналогічно вибираємо апаратуру захисту та керування і для всіх інших електроприймачів (аркуш 2 графічних документів роботи).

2.6 Розрахунок і вибір внутрішніх силових електропроводок. Вибір розподільчих пристроїв

При прокладанні внутрішніх електропроводок у відповідності з вимогами (ПУЕ, ПБЕЕС) повинні враховуватись такі фактори:

- умови навколишнього середовища;
- довжина ліній;
- забезпечення пожежо- та вибухобезпечних умов праці персоналу;
- зручність експлуатації.

З врахуванням вищесказаного приймаємо такі основні рішення:

- силові мережі до стаціонарних споживачів прокладаємо проводом АПВ в сталевих трубах, а також кабелем марки АВВГ відкрито;
- пересувні електроприймачі будемо живити за допомогою кабеля марки КРПТ.

Розрахунок і вибір силової електропроводки від розподільного щита до двигуна машини для миття, виконуємо по:

1. Умові нагрівання проводів тривало допустимим струмом:

2. Умові відповідності струму відсічки електромагнітного розчіплювача тривало допустимому струму проводу:

$$\frac{I_{\text{від.ел.магн.розч.}}}{I_{\text{т.доп.пр.}}} \leq 4,5$$

Враховуючи те, що використаний автоматичний вимикач з комбінованим розчіплювачем, розрахунки будемо вести відносно номінального струму теплового розчіплювача:

$$\frac{I_{\text{н.тепл.розч.}}}{I_{\text{т.доп.пр.}}} \leq 1$$

Згідно [15] для живлення двигуна машини для миття (АИР132S4У2) з $I_{\text{н}} = 15,1 \text{ А}$, прокладаємо кабель марки КРТП 4×2,5 з перерізом жил $F = 2,5 \text{ мм}^2$.

Його тривало допустимий струм дорівнює $I_{\text{т.доп.пр}} = 25 \text{ А}$.

Як бачимо умова 1 виконується.

Для даного електродвигуна встановлений автоматичний вимикач типу ВА51Г-25-340010Р30УХЛ3, у якого номінальний струм $I_{\text{н}} = 25 \text{ А}$, струм теплового розчіплювача $I_{\text{н.т.р.}} = 16 \text{ А}$.

$$\frac{16}{25} = 0,64 < 1$$

Отже умова узгодження з автоматичним вимикачем також виконується.

В якості розподільчих пристроїв приймаємо розподільчі щити серії ПР-11.

Результати розрахунків і вибору внутрішніх силових проводок приведені в розрахунково-монтажній таблиці (аркуш 2 графічних документів роботи).

2.7 Розрахунок електричного освітлення ремонтної майстерні

Розрахунок освітлення виконаємо для ремонтно-монтажної дільниці методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Ремонтно-монтажна дільниця має розміри:

- довжина $A = 20,5$ м;
- ширина $B = 11,5$ м;
- висота $H = 6,5$ м.

Нормована освітленість (згідно галузевих норм) для газорозрядних ламп повинна дорівнювати 200 Лк. Зважаючи на значну висоту приміщення і порівняно високе значення нормованої освітленості, вибираємо для освітлення ремонтної дільниці світильники типу РСР05-250У3 з лампами ДРЛ-250, які мають великий світловий потік і значний строк служби.

Коефіцієнти відбиття:

- стелі $\rho = 50$ %;
- стін $\rho = 30$ %;
- робочої поверхні $\rho = 10$ %.

Індекс приміщення визначаємо за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)} \quad (2.7.1)$$

де A – довжина приміщення, $A = 20,5$ м;

B – ширина приміщення, $B = 11,5$ м;

h_p – розрахункова висота підвішування світильника, $h_p = 6$ м.

$$i = \frac{20,5 \cdot 11,5}{6 \cdot (20,5 + 11,5)} = 1,22$$

Користуючись таблицею 5-11 [15], в залежності від коефіцієнтів відбиття і індексу приміщення, для світильників РСР05-250-У3, приймаємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 45$ %.

Середню величину освітленості з врахуванням коефіцієнту запасу визначаємо за формулою:

$$E_{\text{сер}} = \frac{N \cdot \Phi \cdot \eta}{K_3 \cdot S}, \text{ Лк} \quad (2.7.2)$$

де Φ – світловий потік однієї лампи, Лм;

N – кількість світильників, шт;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, %

K_3 – коефіцієнт запасу, для приміщень з газорозрядними лампами

$K_3 = 1,3$;

S – площа приміщення, $S = 20,5 \cdot 11,5 = 236 \text{ м}^2$.

Якщо скористатись, замість середньої величини освітленості, нормативною освітленістю, то можна вести розрахунок з врахуванням коефіцієнта мінімальної освітленості:

$$Z = \frac{E_{\text{сер}}}{E_{\text{min}}} \geq 1 \quad (2.7.2)$$

Виходячи з вищенаведеного застосовуємо формулу для визначення необхідного сумарного світлового потоку:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\eta}, \text{ Лм} \quad (2.7.4)$$

де E – нормована освітленість, $E = 200 \text{ Лк}$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,1$ [15];

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,3$;

S – площа приміщення, м^2 ;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta = 0,47$;

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 236 \cdot 1,1}{0,47} = 143456 \text{ Лм}$$

Кількість світильників визначаємо із співвідношення:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_0}, \text{ шт} \quad (2.7.5)$$

де Φ – необхідний сумарний світловий потік, Лм;

Φ_0 – світловий потік одного світильника, Лм.

Згідно паспортних даних, світловий потік лампи ДРЛ-250, яка використовується у вибраних світильниках, дорівнює 12000 Лм.

Тоді кількість світильників марки РСН05-250-У3 з лампами ДРЛ-250

для освітлення ремонтно-монтажної ділянки буде дорівнювати:

$$n = \frac{143456}{12000} = 12, \text{ шт.}$$

Розміщення світильників на ділянці показано на рисунку 1.2

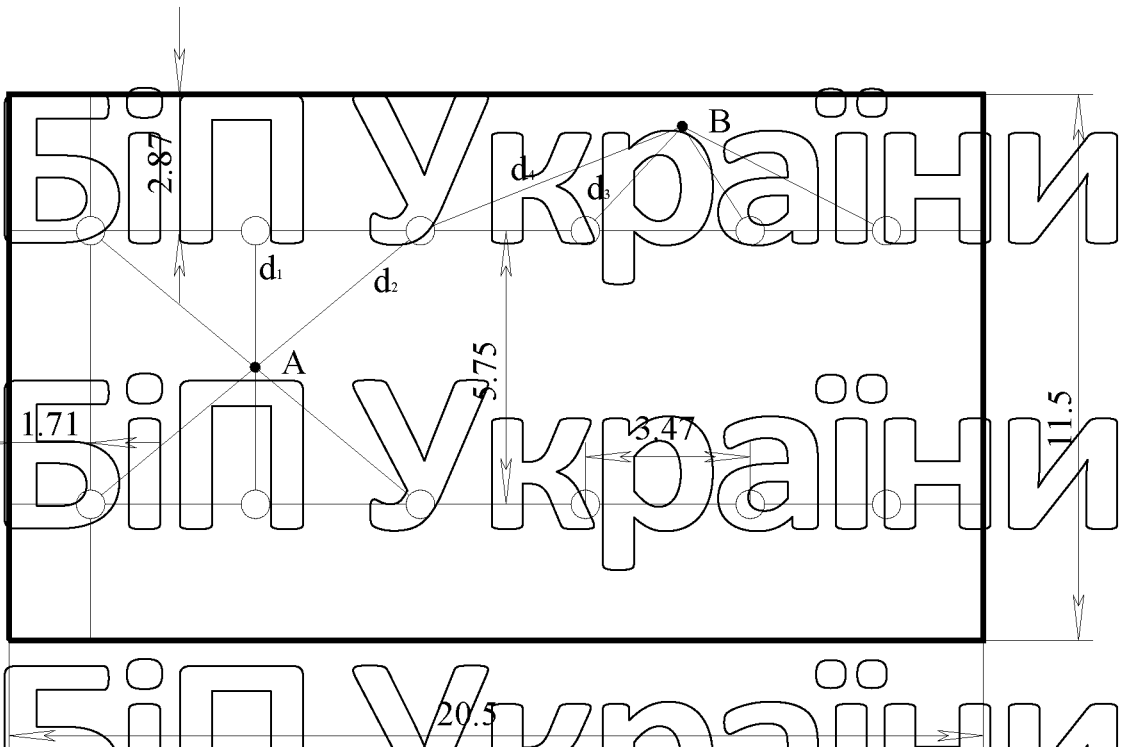


Рис. 1. 2 Розміщення світильників у приміщенні ремонтно-монтажної дільниці.

Для перевірки правильності розрахунку освітлення скористаємося точковим методом. Розрахункова формула має вигляд.

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{H_p^2 \cdot K} \quad (2.7.6)$$

де E - горизонтальна освітленість в точці розрахунку, Лк;

I_{α} - сила світла від світильника в напрямку до точки розрахунку, Кд;

α - кут між віссю симетрії світильника та напрямком до точки розрахунку, град;

$$\alpha = \arctg \frac{d}{H_p} \quad (2.7.7)$$

де d – відстань від розрахункової точки до проєкції осі симетрії світильника на площу, яка їй перпендикулярна і проходить через розрахункову точку, м;

H_p – розрахункова висота підвішування світильника, м;

K_3 – коефіцієнт запасу світильника. Приймаємо $K_3 = 1,3$

Виконаємо розрахунок для точки А з імовірною максимальною освітленістю:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{2,88}{6} = 25,6^\circ$$

$$\cos^3 \alpha_1 = 0,73$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{4,47}{6} = 36,6^\circ$$

$$\cos^3 \alpha_2 = 0,52$$

Визначимо силу світла в т. А:

$$I_a = (I_a)_T \cdot \frac{\Phi}{1600}$$

де $(I_a)_T$ – сила світла при умовній лампі 1000 Лм, Кд.

$$I_{a1} = 205 \cdot \frac{12000}{1000} = 3180 \text{ Кд}$$

$$I_{a2} = 235 \cdot \frac{12000}{1000} = 2820 \text{ Кд}$$

Визначимо освітленість в т. А:

$$E_1 = \frac{3180 \cdot 0,73}{6^2 \cdot 1,3} = 49,6 \text{ Лк}$$

$$E_2 = \frac{2820 \cdot 0,52}{6^2 \cdot 1,3} = 31,3 \text{ Лк}$$

Сумарна освітленість в т. А:

$$E_A = 2 \cdot E_1 + 4 \cdot E_2 = 2 \cdot 49,6 + 4 \cdot 31,3 = 224,5 \text{ Лк}$$

Відхилення від нормованої освітленості становить:

$$\Delta E_A = \frac{E_A - E}{E} \cdot 100\% = \frac{224,5 - 200}{224,5} \cdot 100\% = 10,9\%$$

що в межах норми (- 10 % ... + 20 %)

Аналогічно проводимо розрахунок для т. В з імовірною найгіршою освітленістю:

$$\alpha_3 = 20,8^\circ$$

$$\cos^3 \alpha_3 = 0,82$$

$$\alpha_4 = 41,6^\circ$$

$$\cos^3 \alpha_4 = 0,42$$

Визначимо силу світла в т. В:

$$I_{a3} = 275 \cdot \frac{12000}{1000} = 3300 \text{ Кд}$$

$$I_{a4} = 225 \cdot \frac{12000}{1000} = 2520 \text{ Кд}$$

Визначимо освітленість в т. В:

$$E_3 = \frac{3300 \cdot 0,82}{6^2 \cdot 1,3} = 66,4 \text{ Лк}$$

$$E_4 = \frac{2520 \cdot 0,42}{6^2 \cdot 1,3} = 24,6 \text{ Лк}$$

Сумарна освітленість в т. В:

$$E_B = 2 \cdot E_3 + 4 \cdot E_4 = 2 \cdot 66,4 + 4 \cdot 24,6 = 182 \text{ Лк}$$

Відхилення від нормованої освітленості становить:

$$\Delta E_B = \frac{E_B - E}{E} \cdot 100\% = \frac{182 - 200}{200} \cdot 100\% = -9\%$$

що не перевищує норми, розрахунок виконано вірно.

Аналогічно проводимо розрахунки для інших приміщень ремонтної майстерні (таблиця 2.3).

Для приміщень з малою площею використовуємо метод питомої потужності.

Таблиця 2.3- Світлотехнічна відомість

Найменування приладдя	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Площа, м ²	Коефіцієнт відбиття стелі, %	Коефіцієнт відбиття стін, %	Коефіцієнт відбиття поверхні, %	Нормована освітленість, Лк	Тип світлоприладу	Кількість світлоприладів	Тип лампи	Потужність лампи, Вт	Світловий потік, Лм	Сумарна потужність приладдя, Вт	Питома потужність, Вт/м ²
Ділянка для заправки і обслуговування машин	14,8	5,7	4,0	84,36	50	30	10	150	ЛСПІВ-2-40	4	ДВ-40	40	3000	0,32	3,79
Міністерство-жестянищевка ділянка	2,8	5,7	4,0	15,66	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	2	ДВ-40	40	3000	0,16	10
Ділянка ремонту ситового обладнання	5,7	5,8	4,0	33,06	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	2	ДВ-40	40	3000	0,16	4,85
Ділянка ремонту ст. машин	8,6	5,7	4,0	49,02	50	30	10	300	ЛСПІВ-2-40	6	ДВ-40	40	3000	0,48	9,8
Венткамера	2,7	5,7	7,0	15,39	50	30	10	75	ЛСПІВ-2-40	2	ДВ-40	40	3000	0,16	10,4
Ковальсько-зварювальна ділянка	7,4	5,71	4,0	42,18	30	10	10	200	ЛСПІВ-2-40	4	ДВ-40	40	3000	0,32	7,6
Кілогодня	3,3	2,0	4,0	6,6	50	30	10	75	ЛСПІВ-2-40	1	ДВ-40	40	3000	0,08	12,1
Склад запарастин	5,7	5,7	4,0	32,49	50	30	10	75	ЛСПІВ-2-40	1	ДВ-40	40	3000	0,08	2,5
Строосарно-механічна ділянка	5,7	5,7	4,0	32,49	50	30	10	300	ЛСПІВ-2-40	4	ДВ-40	40	3000	0,32	9,6
Ділянка зарядки акумуляторів	3,4	2,8	4,0	6,8	50	30	10	50	ЛСПІВ-2-40	1	ДВ-40	40	3000	0,08	11,8
Ділянка випрооб. і рег. звітунів	5,7	5,7	4,0	32,49	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	2	ДВ-40	40	3000	0,16	4,9
Ділянка ТО і діагностування машин	11,6	5,8	4,0	67,28	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	4	ДВ-40	40	3000	0,32	4,76
Ділянка відновлення зношених деталей	2,7	5,8	4,0	15,66	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	2	ДВ-40	40	3000	0,16	10,2
Ремонтно-монтажна ділянка і ділянка ремонту двигунів	20,5	11,5	6,5	236	50	30	10	200	РСІП05	12	ДРЛ-250	250	12000	3	12,7
Ділянка ремонту і регулювання паливної апаратури	2,8	5,8	4,0	16,24	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	2	ДВ-40	40	3000	0,16	9,85
Площова кімната	2,6	5,8	3,8	15,08	50	30	10	75	ЛСПІВ-2-40	1	ДВ-40	40	3000	0,08	5,3
Ділянка звітк. машин	11,6	5,8	4,3	67,28	50	30	10	200	ЛСПІВ-2-40	4	ДВ-40	40	3000	0,32	4,8

Найменування приладдя	Довжина, м	Ширини, м	Висота, м	Площа, м ²	Коефіцієнт відбиття стелі, %	Коефіцієнт відбиття стін, %	Коефіцієнт відбиття поверхні, %	Нормована освітленість, Лк	Тип світлодіода	Кількість світлодіодів	Тип лампи	Потужність лампи, Вт	Світловий потік, Лм	Сумарна встановлена потужність, кВт	Питома потужність, Вт/м ²
Лінійка для закривання і обслуговування машин	14,8	5,7	4,0	84,36	50	30	10	150	ЛСПД-2x40	4	ЛБ-40	40	3000	0,32	3,79
Міліметрово-жестянітьва лінійка	2,8	5,7	4,0	15,66	50	30	10	200	ЛСПД-2x40	2	ЛБ-40	40	3000	0,16	10
Лінійка ремонту силових обладнання	5,7	5,8	4,0	33,06	50	30	10	200	ЛСПД-2x40	2	ЛБ-40	40	3000	0,16	4,85
Лінійка ремонту ел. машин	8,6	5,7	4,0	49,02	50	30	10	300	ЛСПД-2x40	6	ЛБ-40	40	3000	0,48	9,8
Вефкшера	2,7	5,7	7,0	15,39	50	30	10	75	ЛСПД-2x40	2	ЛБ-40	40	3000	0,16	10,4
Ковальсько-зварювальна лінійка	7,4	5,71	4,0	42,18	30	10	10	200	ЛСПД-2x40	4	ЛБ-40	40	3000	0,32	7,6
Кисточки	3,3	2,0	4,0	6,6	50	30	10	75	ЛСПД-2x40	1	ЛБ-40	40	3000	0,08	12,1
Сетель записки	5,7	5,7	4,0	32,49	50	30	10	75	ЛСПД-2x40	1	ЛБ-40	40	3000	0,08	2,5
Спосорно-механічна лінійка	5,7	5,7	4,0	32,49	50	30	10	300	ЛСПД-2x40	4	ЛБ-40	40	3000	0,32	9,6
Лінійка зарядки акумуляторів	3,4	2,8	4,0	6,8	50	30	10	50	ЛСПД-2x40	1	ЛБ-40	40	3000	0,08	11,8
Лінійка вироб. і рет. двигунів	5,7	5,7	4,0	32,49	50	30	10	200	ЛСПД-2x40	2	ЛБ-40	40	3000	0,16	4,9
Лінійка ТО і діагностування машин	11,6	5,8	4,0	67,28	50	30	10	200	ЛСПД-2x40	4	ЛБ-40	40	3000	0,32	4,76
Лінійка виводження зношеної деталей	2,7	5,8	4,0	15,66	30	30	10	200	ЛСПД-2x40	2	ЛБ-40	40	3000	0,16	10,2
Ремонтно-монтажна лінійка і лінійка ремонту двигунів	20,5	11,5	6,5	236	50	30	10	200	РСДБ	12	ДР-Л-250	250	12000	3	12,7
Лінійка ремонту і рет. машин кельнової апаратури	2,8	5,8	4,0	16,24	50	30	10	200	ЛСПД-2x40	2	ЛБ-40	40	3000	0,16	9,85
Підставка кінгвета	2,6	5,8	3,8	15,08	50	30	10	75	ЛСПД-2x40	1	ЛБ-40	40	3000	0,08	5,3
Лінійка миття машин	11,6	5,8	4,3	67,28	30	30	10	200	ЛСПД-2x40	4	ЛБ-40	40	3000	0,32	4,8

2.8 Розрахунок і вибір освітлювальних проводок. Вибір

освітлювальних щитів

При проектуванні ремонтної майстерні приймаємо такі умови

прокладання освітлювальної проводки:

- освітлювальну мережу виробничих приміщень виконуємо кабелем АВВГ на скобах, на тросу, а також проводом АПВ під штукатуркою і в пустотах залізобетонних панелей;

- в адміністративно-побутових приміщеннях проводами АПВ, АПВ під штукатуркою і в пустотах залізобетонних панелей.

Розрахунок внутрішніх освітлювальних мереж зводиться до вибору перерізу проводу за тривало-допустимим струмом.

$$I_{пр. доп.} \geq I_{розр.} \cdot A \quad (2.8.1)$$

Сумарна потужність світильників, які встановлені в ремонтній майстерні, складає:

$$\sum P = 6,36 \text{ кВт}$$

Встановлена потужність освітлювальної мережі з урахуванням втрат у пускорегулювальній апаратурі люмінесцентних ламп і газорозрядних ламп високого тиску дорівнює.

$$P_{осв} = 7,36 \text{ кВт}$$

Освітлення в ремонтній майстерні розбите на групи:

1 група:	$P_1 = 0,48 \text{ кВт.}$	6 група:	$P_6 = 0,576 \text{ кВт.}$
2 група:	$P_2 = 1,65 \text{ кВт.}$	7 група:	$P_7 = 0,576 \text{ кВт.}$
3 група:	$P_3 = 1,65 \text{ кВт.}$	8 група:	$P_8 = 0,38 \text{ кВт.}$
4 група:	$P_4 = 0,48 \text{ кВт.}$	9 група:	$P_9 = 0,38 \text{ кВт.}$
5 група:	$P_5 = 0,576 \text{ кВт.}$	10 група:	$P_{10} = 0,546 \text{ кВт.}$

Оскільки найбільше навантаження у групі № 2, то вибір освітлювальної проводки проводимо за цією групою.

$$I_{p.рр} = \frac{P \cdot 10^3}{U \cdot \cos\varphi} \quad (2.8.2)$$

де P – потужність групи світильників, кВт;

U – напруга освітлювальної мережі, $U = 220$ В.

$$I_{p.рр} = \frac{1,65 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 8,33 \text{ А}$$

Для розрахованої ділянки освітлювальної мережі виберемо кабель марки АВВГ 2×2,5 з перерізом жил 2,5 мм².

Перевіряємо вибраний нами кабель:

$$I_{тр. доп. АВВГ} > I_{p.рр}$$

$$21 \text{ А} > 8,33 \text{ А}$$

Умова за тривало-допустимим нагрівом проводів струмами навантаження виконується, отже кабель вибрано правильно.

Момент навантаження ділянки обчислюємо за формулою:

$$M = P_{гр} \cdot l_{ц.н.} \quad (2.8.3)$$

де $P_{гр}$ – потужність групи світильників, кВт;

$l_{ц.н.}$ – відстань від щитка до центру навантаження (визначається з

плану освітлювальної мережі);

$$M = 1,65 \cdot 18 = 29,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Втрати напруги розраховуємо за формулою.

$$\varepsilon = \frac{M}{c \cdot F}, \% \quad (2.8.4)$$

де M – момент навантаження ділянки, кВт·м;

c – коефіцієнт, який залежить від напруги мережі і матеріалу проваду, для алюмінієвих проводів і напруги 220 В $c = 7,7$ [13];

F – переріз проваду, мм²;

$$\varepsilon = \frac{29,7}{7,7 \cdot 2,5} = 1,54 \%$$

Це менше встановлених ПУЕ норм: $1,54 \% < 2,5 \%$.

Для живлення груп світильників вибираємо освітлювальний щиток типу ЯОУ-8503 з автоматичним вимикачем типу ВА51-25-34 на вході та фідерними вимикачами типу ВА51-29-14.

Визначаємо розрахунковий струм на ввіді освітлювального щитка

(ЩО-1) за формулою:

$$I_{\text{роз.в.в.}} = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi}, A \quad (2.8.5)$$

де $\sum P$ - сумарна потужність груп світильників під'єднаних до освітлювального щитка, кВт;

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 5,41 \text{ кВт}$$

U_n - номінальна напруга мережі, В;

$\cos \phi$ - коефіцієнт потужності освітлювальної мережі.

$$I_{\text{роз.в.в.}} = \frac{5,41}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9} = 9,13 A$$

На ввіді в освітлювальний щиток приймаємо автоматичний вимикач серії ВА51-25-34-1101РУХЛЗ з номінальним струмом розніплювала 10 А.

За даним розрахунковим струмом, та виходячи з вимог ПУЕ

вибираємо кабель вводу до ЩО марки АВВГ 4×4.

Результати розрахунку освітлювальної мережі приведені на аркуші 2 графічних документів роботи.

3. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

3.1 Споживачі реактивної потужності

Найпоширенішими і найважливішими електроприймачами, для роботи яких необхідна реактивна індуктивна потужність, є однофазні і трифазні електродвигуни. Відомо, що реактивна потужність, яку споживає асинхронний двигун, практично не залежить від механічного навантаження на валу і визначається рівнем напруги живлення електродвигуна.

Враховуючи те, що більшу частину електричної енергії, виробленої генераторами електростанції, споживають асинхронні електродвигуни, реактивна потужність в елементах системи централізованого

електропостачання загалом визначається кількістю цих електродвигунів, що працюють у даний момент.

Парк асинхронних електродвигунів, що експлуатуються в різних галузях народного господарства, та їх сумарна потужність досить великі, завантаженість протягом доби чи робочої зміни найрізноманітніша, а тому реактивна та індуктивна потужність, яку споживають асинхронні електродвигуни, теж досить значна і змінюється протягом доби.

Іншими споживачами реактивної індуктивної потужності є трансформатори різного призначення і дроселі, що також мають широке застосування у процесі перетворення й споживання електроенергії.

Ще одним споживачем реактивної індуктивної потужності є лінії електропередачі – повітряні і кабельні.

У разі централізованого електропостачання кількість одночасно працюючих споживачів електроенергії для кожного моменту часу складається випадково, а тому протягом доби і сезонів року відбувається зміна електричних навантажень. Добові графіки зміни активної потужності споживачів відрізняються від добових графіків зміни реактивної потужності.

3.2 Баланс реактивної потужності асинхронного двигуна

За принципом дії асинхронний двигун – споживач двох видів енергії: активної, яка перетворюється в механічну на валу двигуна та у теплові втрати, і реактивної, необхідної для створення обертового магнітного поля.

При цьому реактивна енергія не перетворюється в інші види, проте обмін нею з джерелом живлення завантажує обмотку статора двигуна, мережу живлення та джерело електричної енергії реактивним струмом, що призводить до збільшення загального струму двигуна і додаткових втрат активної енергії в усіх елементах електричної системи. Зокрема, в режимі номінального навантаження асинхронного електродвигуна реактивна потужність становить 60 – 80% всієї споживаної потужності, а в режимі холостого ходу – до 80% реактивної потужності, яка витрачається в номінальному режимі [16].

Основну частину реактивної потужності асинхронного електродвигуна складає потужність Q_M , яка витрачається на створення основного магнітного поля машини. Потужності q_1 та q_2 витрачаються на створення полів розсіювання відповідно статора і ротора (рис. 1.1).

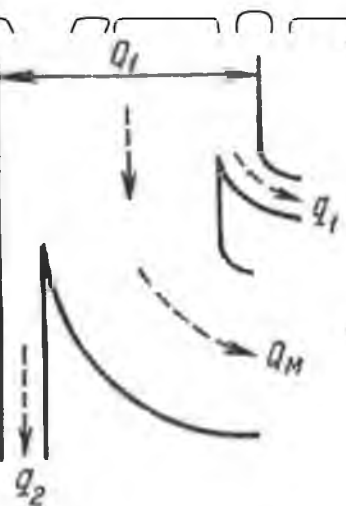


Рис. 3.1 Діаграма реактивних потужностей асинхронного двигуна

Значний обсяг Q_M пояснюється наявністю в асинхронних машинах повітряного зазору між статором і ротором. Як і у будь-якому феромагнітному пристрої, магнітний потік асинхронного двигуна визначається напругою,

підведеною до обмотки статора, а оскільки магнітний потік машини замикається не лише по магнітопроводах статора і ротора, але й по повітряному зазору, який має великий магнітний опір, в процесі роботи двигун споживає з мережі великий реактивний струм намагнічування.

Причому характерним є те, що величина Q_M та струму намагнічування асинхронного двигуна практично не залежить від навантаження. Зокрема, в режимі холостого ходу, коли корисний момент двигуна $M_2 = 0$, споживаний двигуном струм є практично реактивним і складає 20 – 50% від номінального струму, залежно від потужності машини.

Реактивна потужність, яка споживається асинхронним двигуном при холостому ході, визначається за формулою:

$$Q_{xx} = \sqrt{3} U_n I_{xx} \quad (3.1)$$

де I_{xx} – струм холостого ходу асинхронного двигуна.

Збільшення споживання реактивної потужності при повному навантаженні двигуна порівняно з холостим ходом пояснюється деяким збільшенням полів розсіювання статора та ротора, і становить:

$$\Delta Q_n = Q_n - Q_{xx} \approx \frac{P_n}{\eta_n} \operatorname{tg} \varphi_n - \sqrt{3} U_n I_{xx} \quad (3.2)$$

При навантаженні асинхронного двигуна меншому номінального приріст споживання реактивної потужності порівняно з холостим ходом пропорційний квадрату коефіцієнта завантаження k_z . Тому реактивна потужність, яка споживається двигуном при довільному навантаженні, буде:

$$Q = Q_{xx} + \Delta Q_n \cdot k_z^2 \quad (3.3)$$

Така умова призводить до збільшення загального споживаного двигуном струму як при пуску, холостому ході, номінальному навантаженні так і в інших режимах роботи, внаслідок чого збільшуються втрати енергії як в обмотках статора і ротора двигуна, так і в мережі живлення. Відповідно коефіцієнт корисної дії асинхронного двигуна за рахунок збільшення втрат енергії зменшується.

Споживання асинхронним двигуном реактивної потужності також негативно впливає на його коефіцієнт потужності, який становить 0,7 – 0,9 в номінальному режимі роботи та 0,1 – 0,2 – при холостому ході.

Коефіцієнт потужності асинхронного двигуна в робочому режимі визначається за формулою :

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + \left(\frac{Q_{\text{ск}} + \Delta Q_{\text{р}} k_s^2}{k_s P_{\text{н}}} \right)^2}} \quad (3.4)$$

де $P_1 = P_2 + \Delta P$ – активна потужність, яка споживається двигуном з мережі живлення і витрачається на створення корисного моменту на валу та покриття втрат; $Q_1 = Q_M + Q_{\sigma}$ – реактивна потужність, яка витрачається на створення основного магнітного потоку машини та полів розсіювання

Відповідно при холостому ході, коли корисний момент двигуна $M_2 = 0$ і активна потужність, споживана з мережі, витрачається лише на покриття

втрат, коефіцієнт потужності мінімальний. Зі збільшенням навантаження зростання $\cos \varphi$ пояснюється збільшенням споживання активної потужності та втрат, тоді як реактивна потужність за рахунок полів розсіювання збільшується несуттєво.

При зменшенні навантаження асинхронного двигуна зменшується його коефіцієнт потужності, що призводить до зменшення коефіцієнта потужності господарських об'єктів, оснащених асинхронними двигунами, які працюють з низьким середнім рівнем завантаження .

Серед причин підвищеного споживання реактивної потужності асинхронними двигунами (рис. 1.3) одні причини є об'єктивними факторами, які залежать від конструктивних особливостей асинхронних двигунів, інші – від експлуатаційного та ремонтного персоналу підприємств, а їх усунення обумовлюється вимогами ПТЕ електроустановок споживачів, ПУЕ та інструкцій заводів-виробників.



Рис. 3.2 Причини підвищеного споживання реактивної потужності асинхронними двигунами

Аналіз причин підвищеного споживання реактивної потужності

асинхронними двигунами за рис. 1.3 дозволяє зробити деякі висновки.

Конструктивне виконання асинхронних двигунів є таким, що чим менша їх номінальна потужність (при рівних інших умовах), тим більша відносна величина повітряного зазору, і, відповідно, має місце підвищене споживання реактивної потужності та низьке значення $\cos\varphi$. Внаслідок цього

підприємства, на яких встановлена велика кількість малопотужних асинхронних двигунів, вдалегідь знаходяться у несприятливому становищі щодо витрат на компенсацію реактивної потужності.

Асинхронні двигуни з малими частотами обертання виконуються з

великою кількістю полюсів порівняно з двигунами, що мають більш високі

частоти обертання. Наявність більшої кількості полюсів збільшує габарит двигуна, зокрема бокову поверхню ротора. Через це асинхронні двигуни з пониженими частотами обертання споживають більше реактивної

потужності та мають більш низький $\cos\varphi$.

Асинхронні двигуни закритого виконання через гірші умови охолодження порівняно з двигунами захищеного виконання працюють з меншою активною потужністю і, відповідно, споживають більше реактивної потужності.

Підвищене споживання реактивної потужності мають також високочастотні асинхронні електродвигуни, оскільки їх реактивна потужність залежить не лише від конструктивного виконання (довжини бокової поверхні ротора b , мм і величини повітряного зазору δ , мм), але і частоти мережі живлення f , Гц, що видно із залежності [19]:

$$Q = 0,25 f B^2 b \delta, \quad (3.5)$$

де B – магнітна індукція в сталі двигуна, Т.

Крім того, за рахунок більшого повітряного зазору підвищене споживання реактивної потужності мають кранові асинхронні двигуни та двигуни з фазним ротором, а також високовольтні асинхронні двигуни за рахунок більш низького коефіцієнта використання паза.

Завищена потужність приводних асинхронних двигунів ряду робочих машин і механізмів обумовлена важкими умовами пуску (пуск під навантаженням, тривалі або часті пуски), тому для забезпечення надійного пуску таких асинхронних двигунів їх, як правило, вибирають на ступінь вищої номінальної потужності.

3.4 Експериментальне дослідження індивідуальної ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів

Щодо ощадного використання електроенергії в усіх галузях

народного господарства, то першочерговим завданням є зменшення

технологічних втрат енергії в електричних мережах і підвищення енергетичних характеристик споживачів. Найбільш ефективним способом електрозбереження є компенсація реактивної потужності (КРП), яка

дозволяє отримати близько 80% сумарного ефекту від усіх заходів зі

зниження транспортних втрат електроенергії. Рівень оснащення

вітчизняних розподільчих електромереж компенсуючими пристроями

низький і становить до 0,6 квар/кВт, тоді як у розвинених країнах до 0,75квар/кВт. Рівень компенсації реактивної потужності в споживчих

сільських електромережах значно нижчий і вкрай недостатній [1]. У них

використовують, як правило, групову ємнісну компенсацію реактивної потужності, коли батарею конденсаторів встановлюють на шинах споживчої трансформаторної підстанції або в розподільному щиті.

Слід зазначити, що традиційні способи компенсації забезпечують

зменшення втрат електроенергії в частині мережі від джерела до місця

встановлення компенсуючих пристроїв і не впливають на величину струму

і на втраги електроенергії у частині мережі від споживача до компенсуючих пристроїв.

Об'єктом дослідження є серійний асинхронний двигун АІР 71В2

номінальною потужністю 1,1 кВт, до обмотки статора якого підключена батарея конденсаторів (рис. 3.3).

Дослідження проводились на лабораторному стенді, який розроблено

на кафедрі електричних машин та експлуатації електрообладнання [21].

Стенд забезпечує плавне регулювання напруги живлення двигуна в межах

$(0,2 \dots 1,5) U_n$, дає можливість проводити досліди і отримувати дані для

побудови характеристик холостого ходу та короткого замикання, знімати

робочі та механічні характеристики. Стенд, також, дозволяє створювати

емнісну компенсацію, симетрично у кожній фазі, в межах 0...0,84 мкФ через 2 мкФ, контролювати частоту обертання ротора двигуна, вимірювати електромагнітний момент та контролювати цілий ряд електричних параметрів досліджуваного двигуна.

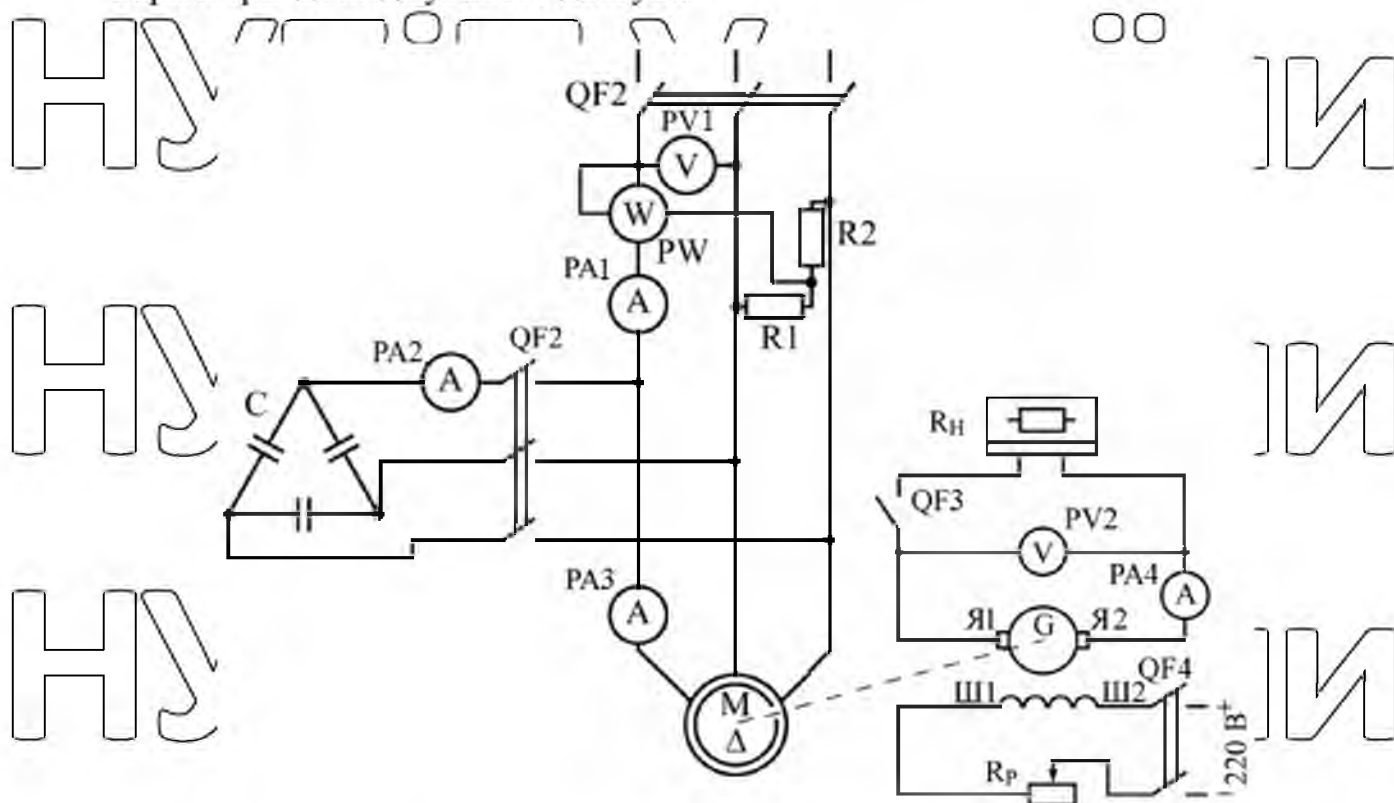


Рис. 3.3 Схема підключення ємностей до асинхронного двигуна

Живлення стенда здійснюється від електричної мережі трифазного змінного струму напругою 380/220. Регулювання трифазної напруги живлення асинхронного двигуна в широких межах досягається за допомогою індукційного регулятора пропускною потужністю 7,5 кВА.

Для створення гальмівного моменту на валу досліджуваного асинхронного двигуна використовується балансірна машина, яка являє собою навантажувальний генератор постійного струму (ІП) типу ПЗТ потужністю 1,5кВт, станина якого може повертатись в стоякових підшипниках [5]. Кут повороту станини залежить від навантаження і обмежується спеціальним пружним пристроєм. На корпусі навантажувального генератора закріплено стрілу, яка показує кут повороту

станини відносно нерухомої шкали залежно від величини гальмівного моменту.

Для зручності подальших розрахунків шкалу проградуїровано в ньютонметрах.

Величину ємності батареї конденсаторів на одну фазу двигуна у разі з'єднання трифазної батареї "зіркою" чи "трикутником" визначають відповідно за формулами:

$$C_Y = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot 10^6}{2\pi \cdot f \cdot U}, \text{ мкФ}; \quad (3.14)$$

$$C_{\Delta} = \frac{I_0 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 2\pi \cdot f \cdot U}, \text{ мкФ}; \quad (3.15)$$

де I_0 – лінійний струм намагнічування, величину якого беруть з дослідів холостого ходу при $P_2=0$, А;

U – лінійна напруга машини, В;

f – частота напруги мережі живлення ($f=50$ Гц).

Трифазну батарею конденсаторів доцільно з'єднувати в "трикутник", оскільки необхідна величина ємності у цьому разі буде в три рази меншою, ніж при з'єднанні в "зірку".

Попередньо було проведено дослід з експериментального визначення оптимальної величини ємності батареї конденсаторів.

Для цього, при роботі асинхронного двигуна в режимі холостого ходу і номінальній напрузі живлення, ємність батареї конденсаторів симетрично змінювали таким чином, щоб досягти мінімального значення лінійного струму живлення двигуна. У цьому разі батарея конденсаторів повністю забезпечує асинхронний двигун реактивним струмом намагнічування і звільняє від цього струму мережу живлення. При цьому асинхронний двигун разом з ємністю будуть споживати з електричної мережі лише активну потужність. Таке приєднання конденсаторів безпосередньо до запускатів двигуна є індивідуальною компенсацією реактивної потужності.

Дослідним шляхом встановлюємо, що оптимальна величина компенсаючої ємності на одну фазу складає 22 мкФ на 1кВт трифазної номінальної потужності асинхронного двигуна [15]. При знятті робочих характеристик двигуна величину ємності та значення напруги живлення підтримували постійними, а навантаження на валу змінювали від нуля до номінального значення.

Доследи зі зняття робочих характеристик асинхронного двигуна проводились за наявності компенсаючої ємності та без неї, результати дослідів зведені в табл. 3.2. і за цими даними побудовані графіки характеристик (рис.

3.4).

Таблиця 3.2. Експериментальні дані для побудови характеристик АД

№ пп	P_2 / P_n	Струм статора, I / I_n		Коеф. потужності, $\cos \varphi$	
		без компенсації	з компенсацією	без компенсації	з компенсацією
1	0	0,49	0,15	0,16	1
2	0,1	0,51	0,18	0,3	0,995
3	0,2	0,53	0,22	0,42	0,99
4	0,3	0,55	0,27	0,52	0,985
5	0,4	0,58	0,31	0,6	0,98
6	0,5	0,61	0,36	0,67	0,975
7	0,6	0,65	0,41	0,72	0,97
8	0,7	0,7	0,48	0,77	0,96
9	0,8	0,77	0,57	0,8	0,95
10	0,9	0,87	0,68	0,81	0,94
11	1	1	0,79	0,82	0,93

З рисунка 2.1 видно, що за рахунок підключення батареї конденсаторів, споживаний з мережі струм суттєво зменшується, порівняно з варіантом роботи двигуна без компенсації: в режимі холостого ходу на 69%, а в режимі номінального навантаження - на 21%. Таким чином, батарея конденсаторів, забезпечує асинхронний двигун реактивним струмом намагнічування і збільняє від цього струму всі елементи мережі живлення (лінії електропередачі, силові трансформатори і електричні станції). Це зумовлює зменшення плати та споживання реактивної енергії у разі використання асинхронних двигунів в електроприводі робочих машин.

Окрім цього, обмеження реактивної складової струму зумовлює зменшення загального струму живлення двигуна та збільшення його коефіцієнта потужності (рисунк 3.4), що в свою чергу суттєво зменшує втрати активної електроенергії в усіх елементах енергетичної системи та позитивно впливає на вирішення проблеми енергозбереження.

З рисунка 3.4 видно, що коефіцієнт потужності двигуна разом з приєднаною ємністю зростає в режимі холостого ходу з 0.16 до 1, а в режимі номінального навантаження з 0.82 до 0.93.

Коефіцієнт корисної дії асинхронного двигуна з ємністю та без неї практично однаковий при постійному навантаженні на валу. Це пояснюється тим, що втрати потужності в батареї конденсаторів порівняно з втратами в двигуні дуже малі (2...4 Вт на 1 квар), тому вплив їх на загальний ККД двигуна з ємністю незначний.

Що стосується енергетичного ККД η_e , який є добутком η на $\cos\phi$, то зі збільшенням навантаження на валу двигуна з ємністю, він суттєво зростає за рахунок збільшення коефіцієнта потужності. Проведені експерименти підтверджують доцільність використання зовнішньої індивідуальної ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів з метою обмеження величини реактивної потужності в електричній мережі та досягнення енергозбереження за рахунок зменшення витрат активної електроенергії в усіх елементах енергетичної системи.

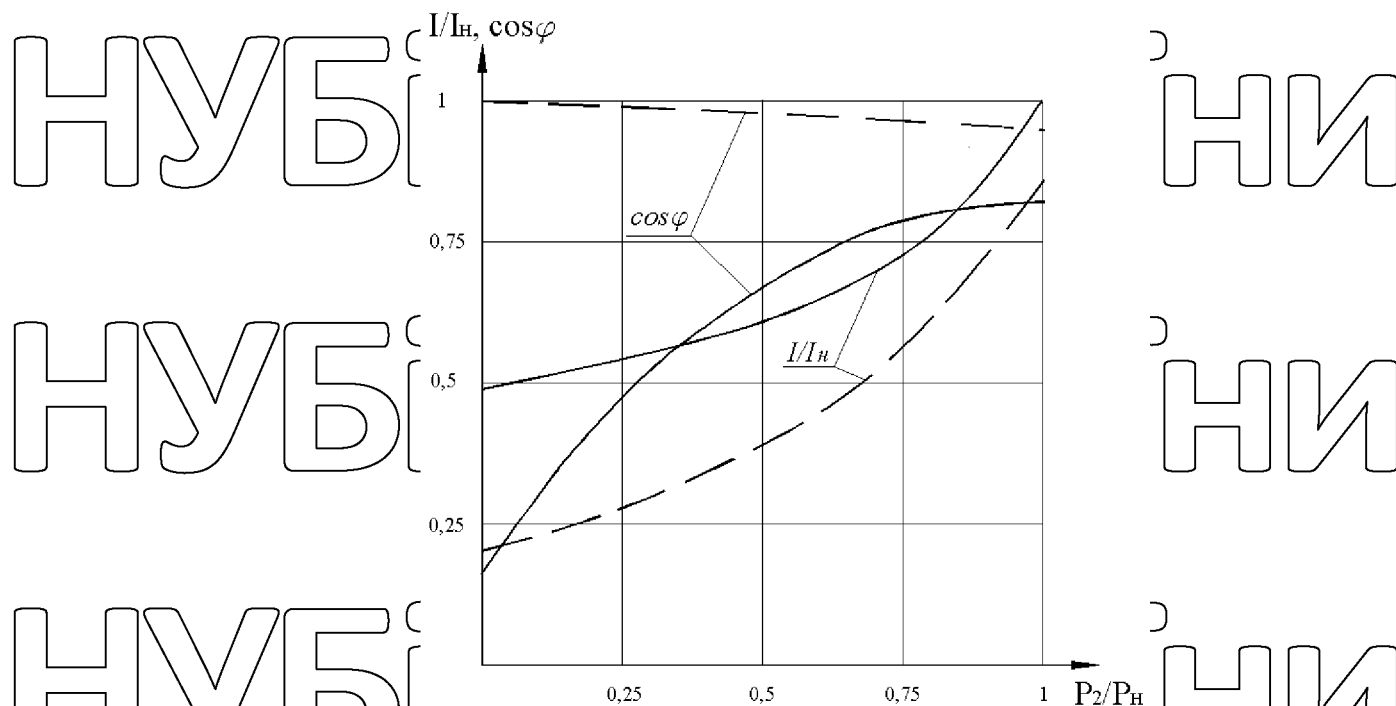


Рисунок 3.4. Залежності струму статора і коефіцієнта потужності від навантаження на валу асинхронного двигуна:

--- у разі зовнішньої компенсації;
 — без компенсації

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4 ПІДРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ОБҐРУНТУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ТП

НУБІП України

4.1 Підрахунок електричних навантажень і вибір джерела

живлення

НУБІП України

Підрахунок електричних навантажень методом ефективного числа струмоприймачів. Для електричних мереж розрахунковими являються

найбільш можливі навантаження тривалістю не менше 30 хв.

Розрахункову потужність визначаємо за формулою:

$$P_{зо} = \sum P_{вст} \cdot K_{вик} \cdot K_{max} \cdot K_{Вт} \quad (4.1)$$

де $\sum P_{вст}$ – сумарна встановлена потужність на вводі в ремонтну

майстерню (див. таблиця 4.1);

$K_{вик}$ – коефіцієнт використання встановленої потужності для струмоприймачів майстерні;

K_{max} – коефіцієнт максимуму.

НУБІП України

$$K_{вик} = \frac{P_{ст.сп.}}{\sum P_{вст}} \quad (4.2)$$

де $P_{ст.сп.}$ – середнє навантаження за максимально навантаженою зміну, кВт;

НУБІП України

Наявні електроприймачі розбиваємо на групи з однаковими

коефіцієнтами використання активної потужності на основі аналізу роботи ремонтної майстерні та за довідниковими даними [22].

НУБІП України

Користуючись даними таблиці 4.1 обчислимо $K_{вик}$ для струмоприймачів майстерні:

$$K_{вик} = \frac{142,3}{284,7} = 0,5$$

НУБІП України

Коефіцієнт максимуму визначаємо залежно від значення коефіцієнта використання та ефективного числа струмоприймачів.

Ефективне число струмоприймачів визначаємо за формулою:

НУБІП України

$$N_e = \frac{(\sum P_{\text{вст.}i})^2}{\sum P_{\text{вст.}}} \quad (4.3)$$

де $P_{\text{вст.}i}$ — встановлена потужність i -го електроприймачі, кВт.

Таблиця 4.1 Підрахунок електричних навантажень в ремонтній майстерні

Назва обладнання	Кількість	$\sum P_i, \text{кВт}$	$K_{\text{вст.}}$	$P_{\text{м-г}}$
1	2	3	4	5
Очисник пароводоструменевий	1	2,2	0,3	0,66
Стаціонарний пост змашування	3	2,2	0,5	1,1
Електромеханічний пост змашування	1	0,55	0,5	0,3
Установка КИ-4935	1	55	0,4	22
Мийна машина	1	7,5	0,6	4,5
Стенд для розбирання і збирання підвісних кареток тракторів	1	7,5	0,6	4,5
Верстат для шліфування фасок клапанів	1	0,55	0,3	0,165
Верстат притирання фасок клапанів	1	1,65	0,3	0,5
Стенд обкатувально-гальмівний типу СТЭ	1	45	0,4	18
Стенд регулювання паливної апаратури	1	1,5	0,4	0,6
Паливно-роздавальна колонка ПК-40	2	0,34	0,3	1,02
Верстат заточний настільний	2	0,25	0,3	0,08
Верстат свердильний настільний	1	0,55	0,4	0,22
Трансформатор для паяння проводів	1	3,4	0,3	1,5
Компресорна установка	1	4	0,8	3,2
Універсальний стенд КИ-968	1	2,2	0,4	0,88
Селеновий випрямляч	1	4	0,8	3,2
Електровібраційні ножиці	1	0,38	0,3	0,11
Вертикально-свердильний верстат	1	2,2	0,5	1,10
Комбінований верстат	1	2,2	0,4	0,88
Токарно-гвинторізний верстат	1	2,0	0,32	0,96
Стенд для обкатування с.г. машин	1	7,5	0,4	3
Пристрій для обкатування задніх мостів	1	7,5	0,4	3
Перетворювач зварювальний	1	14	0,3	4,2
Однопостовий зварювальний трансформатор	1	16,3	0,3	5
Молот пневматичний	1	11	0,6	6,6
Е.л. шліфувальна машина	1	1,1	0,4	0,44
Обдирочно шліфувальний верстат	1	4	0,4	1,6
Вентилятор дугтевий відцентровий	1	0,18	0,75	0,135
Кран підвісний	3	7,5	0,5	3,75
Таль електрична	1	5,5	0,49	2,7
Установка для відновлення шийок колінватів	1	7,5	0,5	3,8
Автомат наплавний	1	0,2	0,4	0,1

	1	2	3	4	5
Установка для заряджання АКБ і пуску двигунів	1	-	0,6	-	
Електроводонагрівач САОС-400/90-ІП	1	12	1,0	12	
Освітлення			7,33	0,8	
Вентиляція			9,05	0,75	6,76
Всього на вводі			284,7		142,3

Підставивши дані з таблиці 4.1 отримуємо $N_c = 12$.

Визначимо коефіцієнт максимуму при $N_c = 12$ і $K_{\min} = 0,5$ – $K_{\max} = 1,28$

[13], тоді:

$$P_{so} = 284,7 \cdot 0,5 \cdot 1,28 = 182,2 \text{ кВт}$$

Виходячи з того, що коефіцієнти потужності електроприймачів в майстерні різні, то для визначення реактивної потужності приймаємо

середній коефіцієнт потужності всіх електроприймачів рівним $\cos \varphi = 0,75$

тоді:

$$Q_{so} = P_{so} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4.4)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \quad (4.5)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,75^2} = 0,66 \quad (4.6)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ – тангенс кута, що відповідає номінальному значенню

коефіцієнта потужності мережі

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0,66}{0,75} = 0,88$$

$$Q_{so} = 182,2 \cdot 0,88 = 160,3 \text{ квар}$$

Визначимо повний півгодинний максимум навантаження та повний півгодинний максимум струму навантаження:

$$S_{so} = \frac{P_{so}}{\cos \varphi}, \text{ кВА} \quad (4.7)$$

$$S_{so} = \frac{182,2}{0,75} = 242,9 \text{ кВА}$$

$$I_{so} = \frac{S_{so}}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ А} \quad (4.8)$$

$$I_{so} = \frac{242,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 373,6 \text{ А}$$

За [13] вибираємо кабель вводу в ремонтну майстерню ВРГ 4×120.

Потужність інших споживачів, які живляться від проектної станції наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Назва та потужність споживачів господарчого двору

№ п/п	Назва приміщення	P_{Σ} , кВт	$P_{\Sigma\epsilon}$, кВт
1	Диспетчерська	5	2,5
2	Гараж на 10 автомашин	45	20
3	Складське приміщення	6	2
4	Пункт ТО	60	60

Підсумування навантажень лінії трансформаторної підстанції проводимо за добулками. Розрахунок здійснюємо в табличній формі.

Таблиця 4.3 Підсумування розрахункових навантажень

Ділянка	Навантаження							
	Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
	$P_{\Sigma\epsilon}$	$P_{\Sigma\epsilon}$	$\Delta P(P_{\Sigma\epsilon})$	P_{Σ}	$P_{\Sigma\epsilon}$	$P_{\Sigma\epsilon}$	$\Delta P(P_{\Sigma\epsilon})$	P_{Σ}
Лінія I								
0 – 1	182,2	-	-	182,2	-	-	-	-
Лінія II								
0 – 1	60	-	-	60	60	-	-	60
Лінія III								
0 – 1	48,0	6	3,6	51,6	21,4	2	1,2	22,6

Оскільки денне навантаження більше за вечірнє, знайдемо розрахункову активну потужність по денному максимуму:

$$P_{розр} = P_{\text{дн1}} + \Delta P(P_{\text{дн2}}) + \Delta P(P_{\text{дн3}}) \quad (4.9)$$

$$P_{розр} = 182,2 + 41 + 34,8 = 258 \text{ кВт}$$

Визначимо повну розрахункову потужність трансформатора:

$$S_{розр} = \frac{P_{розр}}{\cos \varphi}, \text{ кВА} \quad (4.10)$$

де $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності трансформаторної підстанції, для

ТН з виробничим навантаженням $\cos \varphi = 0,7$.

$$S_{розр} = \frac{258}{0,7} = 368,5 \text{ кВА}$$

Приймаємо закриту трансформаторну підстанцію тупикового типу потужністю 400 кВА з урахуванням економічних інтервалів і допустимих систематичних перевантажень. Основні технічні характеристики трансформатора який встановлено на ТП наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4) Технічна характеристика трансформатора ТП 10/0,4 потужністю 400 кВА

Тип	Поєднання напруг, кВ		Схема і група з'єднань обмоток	Втрати, кВт		U _{к.з.} , %	I _{к.з.} , %
	ВН	НН		ΔP _{х.х.}	ΔP _{к.з.}		
ТМ-400	10	0,4	Y/Y _к - 0	0,95	5,5	4,5	2,1

Розміщуємо ТП в центрі електричних навантажень, враховуючи зручність монтажу і експлуатації. У шафі розподільчого пристрою нижчої напруги підстанції, знаходиться трифазний чотирипровідний лічильник активної енергії типу "Каскад", увімкнений через трансформатори струму Т-0,66, та апаратура керування лінією вуличного освітлення з фотореле ФР-2. Підстанція має захист устаткування від грозових перенапруг вентильними розрядниками РВО-10У1 (з боку лінії 10 кВ) і РВН-0,5МУ1 (з боку лінії 0,4 кВ).

Визначимо силу струму на ввіді 10 кВ в ТП:

$$I = \frac{S_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}}, \text{ А} \quad (4.11)$$

де $S_{\text{н}}$ – номінальна потужність ТП, $S_{\text{н}} = 400$ кВА,

$U_{\text{л}}$ – напруга кабельної лінії електропередач, $U_{\text{л}} = 10$ кВ

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,09 \text{ А}$$

Вибір перерізу проводів кабельної лінії електропередач напругою 10 кВ проводимо за економічною густиною струму:

НУБІП України

де $j_{ек}$ – економічна густина струму, А/мм². Для підземних проводів

$$j_{ек} = 1,3 \text{ А/мм}^2 \text{ [18].}$$

НУБІП України

$$F_{ек} = \frac{23,09}{1,3} = 17,8 \text{ мм}^2$$

Для ПЛ-10 кВ приймаємо проводи ЗАС-25.

НУБІП України

4.2 Розрахунок зовнішніх електричних мереж

Вся лінія 0,38 кВ від трансформаторної підстанції до ремонтної майстерні виконується силовим кабелем. Вибір перерізу струмоведучих жил кабеля ведемо за умовою тривалого допустимого струму (нагрів).

НУБІП України

$$I_{тр. доп.} \geq I_{max розр.} \quad (4.8)$$

де $I_{max розр.}$ - максимальний розрахунковий струм, А.

НУБІП України

$$I_{max.p''Kp.} = \frac{S_{p''Kp.}}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (4.9)$$

де $S_{розр.}$ - розрахункова максимальна потужність, кВ•А.

НУБІП України

$$I_{max.p''Kp.} = \frac{242,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 373,6 \text{ А}$$

Приймаємо силовий кабель з поперечним перерізом 2,5 мм² марки

АВРГ (4 × 2,5), для якого тривало допустимий струм через струмоведучі жили складає 19А.

НУБІП України

Результати розрахунків зведемо в таблицю 4.6

Таблиця 4.5 Визначення допустимих втрат напруги

Елемент мережі електропостачання	Режим роботи	
	100%	25%
Шини 10 кВ РТП	+3	+1
Лінія 10 кВ	-2	-0,5
Трансформатор 10/0,4:		
постійна надбавка	+5	+5
регульована надбавка	0	0
втрати в трансформаторі	-4	-1
Втрати напруги в лінії 0,38 кВ	-7	0
Споживач	-5	-4,5
Допустиме відхилення напруги у споживача	-5	-5

Таблиця 4.6 Вибір перерізів проводів

Ділянка лінії	P_p , кВт	S_p , кВА	$S_{\text{взе}}$, кВА	Марка провoda
Лінія 1				
0 – 1	182,2	242,9	170,03	3А50–А50
Лінія 2				
0 – 1	60	85,7	60	3А50–А50
Лінія 3				
0 – 1	51,8	74	51,8	3А50–А50

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi}, \text{кВА} \quad (4.15)$$

де P_p – розрахункове навантаження споживача, який живиться від проектуваної ТП, кВт;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності споживача, $\cos \varphi = 0,75$ – для

споживачів

ремонтних майстерень, $\cos \varphi = 0,7$ – для всіх інших споживачів, яких живить ТП по денному максимуму навантаження.

Таблиця 4.7 Визначення фактичної втрати напруги

Ділянка лінії	l , км	S_{pr} , кВА	P , кВт	Q , квар	$r=r_0 \cdot l$, Ом	$x=x_0 \cdot l$, Ом	Втрата напруги на ділянці		Втрати від джерела	
							В	%	В	%
Лінія 1										
0 – 1	0,03	242,9	182,2	160,6	0,0092	0,012	9,6	2,52	9,6	2,52
Лінія 2										
0 – 1	0,105	85,7	60	61,2	0,06	0,042	16,1	4,3	16,1	4,3
Лінія 3										
0 – 1	0,05	74	51,8	52,8	0,0294	0,02	6,77	1,8	6,77	1,8

4.3 Перевірка можливості пуску і нормальної роботи асинхронних електродвигунів

Величина допустимого зниження напруги на затискачах електродвигунів визначається з умов його пуску. Необхідно, щоб пусковий момент електродвигуна був більший за момент зрушення робочої машини

$$M_{\text{пуск}} = M_{\text{зр.р.н.}} + M_{\text{надл.}}, \text{ Нм} \quad (4.15)$$

де $M_{\text{пуск}}$ – пусковий момент електродвигуна при номінальній напрузі, Нм;

$M_{\text{зр.р.н.}}$ – момент зрушення робочої машини, Нм.

$M_{\text{надл.}}$ – необхідний надлишковий момент при пуску, Нм

$$M_{\text{надл.}} = (0,2..0,3) \cdot M_n, \text{ Нм} \quad (4.16)$$

Момент асинхронного електродвигуна пропорційний квадрату напруги на його затискачах. Допустиме зниження напруги по умовам можливості розгону електропривода визначаємо за формулою

$$\Delta U_{\text{доп\%}} = \left(1 - \sqrt{\frac{M_{\text{зр}} + M_{\text{надл.}}}{M_{\text{пуск}}}} \right) \cdot 100 \quad (4.17)$$

Визначимо зниження напруги при пуску найбільш віддаленого електродвигуна приводу станда для розбирання кареток підвіски тракторів АІР132S4У2:

$$P_n = 7,5 \text{ кВт}, \quad I_n = 15,1 \text{ А}, \quad \cos\varphi = 0,86 \quad \eta = 0,875,$$

$$n = 1455 \text{ об/хв}, \mu_{\text{пуск}} = 2,2, \mu_{\text{мах}} = 3,0.$$

Пуск електродвигуна і нормальна робота раніше ввімкнених споживачів будуть можливі, якщо виконується наступна умова:

$$\Delta U_{\text{факт}\%} \leq \Delta U_{\text{д}\%} \quad (4.18)$$

Зниження напруги на затискачах двигуна, що запускається:

$$\Delta U_{\text{факт}\%} = \Delta U_{\text{факт.т}\%} + \Delta U_{\text{л.л}\%} - U_{\text{надтр.т}\%} \pm U_{\text{вл.л.л}\%} \quad (4.19)$$

де $U_{\text{надтр.т}\%}$ - надбавна напруги трансформатора, $U_{\text{надтр.т}\%} = 7,5$;

$U_{\text{вл.л.л}\%}$ - відхилення напруги на шинах первинної напруги

трансформатора, $U_{\text{вл.л.л}\%} = 0$.

$$\Delta U_{\text{факт.л}\%} = \Delta U_{\text{л}\%} + \frac{Z_{\text{дв}}}{Z_{\text{л}} + Z_{\text{дв}}} 100 \quad (4.20)$$

де $Z_{\text{л}} = \sqrt{R_{\text{л}}^2 + X_{\text{л}}^2}$ - повний опір лінії, Ом;

$U_{\text{л}\%}$ - втрата напруги в лінії до пуску електродвигуна, %;

див. п. 4.2, табл. 4.7.

$Z_{\text{дв}}$ - повний опір короткого замикання електродвигуна, Ом.

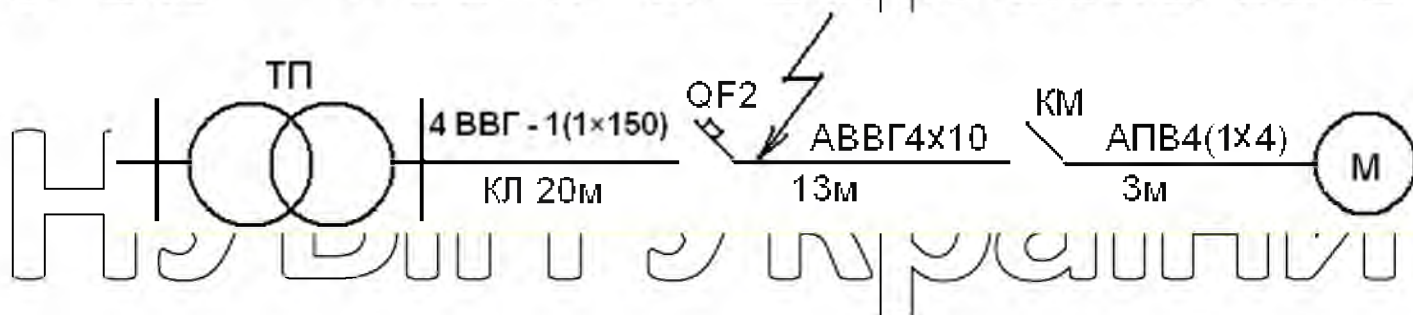


Рис. 4.1. Розрахункова схема мережі

$$Z_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot K_1 \cdot I_{\text{ном}}}$$

$$Z_{\text{л}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7,5 \cdot 15,1} = 1,94 \Omega$$

Повний активний опір лінії:

$$R_{\text{л}} = R_{\text{каб}} + R_{\text{сп}} + R_{\text{роз}} \quad \text{Ом} \quad (4.20)$$

де $R_{\text{каб}}$, $R_{\text{гр}}$, $R_{\text{роз}}$ — відповідно активні опори кабельного вводу, групової лінії і відгалуження виконаного проводом АПВ 4×4.

Опір ділянок лінії, виконаних кабелем і проводом знаходимо за формулою:

$$R = r_{01} \cdot l_1 + r_{02} \cdot l_2 + r_{03} \cdot l_3 \quad (4.23)$$

$$R = 0,195 \cdot 0,021 + 1,95 \cdot 0,13 + 7,81 \cdot 0,03 = 0,05287 \text{ Ом}$$

Втрати напруги в трансформаторі при пуску двигуна з врахуванням впливу інших підключених до трансформатора електроприймачів:

$$U_{T\%} = \frac{100}{S_k} \cdot \sqrt{(R_{\text{факт}} \cdot S_{\text{об}} \cdot \cos \varphi_n + S_{\text{нагр}} \cdot \cos \varphi_{\text{нав}})^2 + (R_{\text{факт}} \cdot S_{\text{об}} \cdot \sin \varphi_n + S_{\text{нагр}} \cdot \sin \varphi_{\text{нав}})^2} \quad (4.24)$$

де S_k — потужність короткого замикання трансформатора, кВА;

$\cos \varphi_n$ — коефіцієнт потужності електродвигуна в перший момент пуску;

$S_{\text{дв}}$ — номінальна потужність електродвигуна, кВА;

$S_{\text{нагр}}$ — сумарна потужність інших електроприймачів, підключених до шин нижчої напруги трансформатора, кВА;

$R_{\text{факт}}$ — фактична кратність пускового струму електродвигуна з врахуванням впливу джерела живлення і машин;

$\cos \varphi_{\text{нав}}$ — середньозважений коефіцієнт потужності навантаження інших електроприймачів.

$$S_k = \frac{S_n \cdot 100}{U_{k\%}} \quad (4.25)$$

$$S_k = \frac{400 \cdot 100}{4,5} = 8888,8 \text{ кВА}$$

де $U_{k\%}$ — напруга короткого замикання трансформатора.

Для ТМ-400 $U_{k\%} = 4,5$.

$$\cos \varphi_n = \frac{\eta_n \cdot \cos \varphi_n \cdot (\mu_{\text{мех}} + 0,025 \cdot K_i^2)}{(1 - S_n) \cdot K_i} \quad (4.26)$$

де η_n , $\cos \varphi_n$, S_n — відповідно номінальні значення коефіцієнта корисної дії, потужності і ковзання електродвигуна.

$$\cos \varphi_n = \frac{0,875 \cdot 0,86 \cdot (2,2 + 0,025 \cdot 7,5^2)}{(1 - 0,03) \cdot 7,5} = 0,373$$

$$R_{\text{факт}} = \frac{100 \cdot K_i \cdot Z_{\text{дв}}}{100 + U_{\%} \cdot K_i \cdot \frac{S_{\text{дв}}}{S_n}} \quad (4.27)$$

де Z – повний опір кола електрична мережа – обмотка двигуна, Ом;

$$Z = \sqrt{(R_{\text{дв}} + R_{\text{л}})^2 + (X_{\text{дв}} + X_{\text{л}})^2} \quad (4.28)$$

де $R_{\text{дв}}$, $X_{\text{дв}}$ – активна і реактивна складова опору короткого замикання електродвигуна, Ом;

$$R_{\text{дв}} = Z_{\text{дв}} \cdot \cos \varphi_n \quad (4.29)$$

$$R_{\text{дв}} = 1,94 \cdot 0,373 = 0,72 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{дв}} = Z_{\text{дв}} \cdot \sin \varphi_n \quad (4.30)$$

$$X_{\text{дв}} = 1,94 \cdot 0,93 = 1,8 \text{ Ом}$$

$$Z = \sqrt{(0,72 + 0,052)^2 + (1,8 + 0,132)^2} = 2,1 \text{ Ом}$$

$$S_{\text{дв}} = \frac{P_n}{\cos \varphi_n \cdot \eta_n} \quad (4.31)$$

$$S_{\text{дв}} = \frac{7,5}{0,86 \cdot 0,875} = 9,9 \text{ кВА}$$

$$R_{\text{факт}} = \frac{100 \cdot 7,5}{100 + 4,5 \cdot 7,5 \cdot \frac{9,9}{400}} \cdot \frac{1,94}{2,1} = 6,86 \text{ Ом}$$

Приймаємо

$$S_{\text{нагр}} = S_{\text{р.тн.}} - S_{\text{дв}} \quad (4.32)$$

$$S_{\text{нагр}} = 242,9 - 9,9 = 233 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_{\text{наг}} = 0,7$$

$$U_{\%} = \frac{100}{8888,8} \cdot \sqrt{(6,86 \cdot 9,9 \cdot 0,373 + 233 \cdot 0,7)^2 + (6,86 \cdot 9,9 \cdot 0,93 + 233 \cdot 0,7)^2} = 3,31\%$$

Зниження напруги на затискачах двигуна, що запускається.

$$\Delta U_{\text{факт}\%} = 5,62 + 3,31 - 7,5 \pm 0 = 1,43\%$$

Визначимо допустиме зниження напруги по умовам можливості розгону електроприводу.

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_n}, \quad M_n = 9550 \cdot \frac{7,5}{1455} = 49,2 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{пуск}} = M_n \cdot \alpha_n, \quad M_{\text{пуск}} = 49,2 \cdot 2,2 = 108,2 \text{ Нм},$$

$$M_{\text{надл}} = (0,2 \cdot 0,3) M_n, \quad M_{\text{надл}} = (0,2 \cdot 0,3) 49,2 = 9,84 \cdot 14,76 \text{ Нм}.$$

Величину моменту зрушення приймаємо:

$$M_{\text{зр}} = 0,6 \cdot M_n$$

$$M_{\text{зр}} = 0,6 \cdot 49,2 = 29,5 \text{ Нм}$$

Тоді допустиме зниження напруги:

$$\Delta U_{\text{доп.}\%} = \left(1 - \sqrt{\frac{29,5 + 14,7}{108,2}} \right) \cdot 100 = 37\%$$

Таким чином $\Delta U_{\text{факт}\%} < \Delta U_{\text{доп}\%}$, $1,43\% < 37\%$.

Робимо висновок, що пуск двигуна при даних умовах відбудеться.

4.4 Перевірка апаратів захисту за граничною вимикаючою

здатністю

Умови перевірки апаратів захисту за граничною вимикаючою здатністю, наступні:

$$I_{\text{гр.відкл}} \geq I_{\text{кз}}^{(3)}, \text{ А} \quad (4.33)$$

$$I_{\text{гр.відкл}} \geq I_{\text{уд}} \text{ А} \quad (4.34)$$

де $I_{\text{гр.відкл}}$ – граничний струм, який відключає апарат, А;

$I_{\text{кз}}^{(3)}$ – струм трифазного короткого замикання, А;

$I_{\text{уд}}$ – ударний струм трифазного короткого замикання, А.

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{кз}}^{(3)}, \text{ А} \quad (4.35)$$

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}, \text{ А} \quad (4.36)$$

де $U_{\text{л}}$ – лінійна напруга, В;

$\sum R$ – сума активних складових опорів кола трифазного короткого замикання, Ом;

$\sum X$ – сума реактивних складових опорів кола трифазного короткого замикання, Ом;

$$\Sigma R = R_T + R_{cp}, \text{ Ом} \quad (4.37)$$

$$\Sigma X = X_T + X_{cp}, \text{ Ом} \quad (4.38)$$

де R_T і X_T – відповідно активна і реактивна складова повного опору трансформатора при трифазному короткому замиканні, Ом;

R_{cp} і X_{cp} – відповідно активний і реактивний опір проводів до точки короткого замикання, Ом.

Значення параметрів Z_T , R_T , X_T визначаємо за формулами:

$$Z_T = \frac{U_{к\%} \cdot U_n^2}{100 \cdot S_n} \quad (4.39)$$

$$R_T = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_n^2}{S_n^2} \quad (4.40)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (4.41)$$

де S_n – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$\Delta U_{к\%}$ – напруга короткого замикання трансформатора;

$\Delta P_{кз}$ – втрати короткого замикання трансформатора.

Проведемо перевірку автоматичного вимикача ВА51-37320010-Р30УХЛЗ, встановленого на вводі в розподільчий щит силової мережі

ремонтної майстерні. Гранично вимикаючий струм для цього вимикача $I_{гр.відкл} = 25 \text{ кА}$.

Значення $\Delta P_{кз}$ для трансформатора ТМ-400-5500 Вт

$$Z_T = \frac{4,5 \cdot 400^2}{100 \cdot 400000} = 0,018 \text{ Ом}$$

$$R_T = \frac{5500 \cdot 400^2}{160000} = 0,0055 \text{ Ом}$$

$$X_T = \sqrt{0,018^2 - 0,0055^2} = 0,0171 \text{ Ом}$$

Тоді

$$\Sigma R_k = 0,0134 + 0,0055 = 0,0189 \text{ Ом}$$

$$\Sigma X_k = 0,0108 + 0,0171 = 0,0279 \text{ Ом}$$

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,0189)^2 + (0,0279)^2}} = 6853 \text{ А}$$

Отже
 $I_{сп.відст} \geq I_{кз}^{(3)} \cdot A$
 $25 \text{ кА} > 0,8 \text{ кА}$

НУБІП України

Автоматичний вимикач задовольняє умовам перевірки за гранично

вимикаючою здатністю.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

5.1 Прийом електромонтажних робіт. Організація ремонтної служби

Здача-прийом в експлуатацію закінчених об'єктів повинна здійснюватись у відповідності із вимогами СНіП. Головний енергетик, який здійснює технічний нагляд за монтажем електрообладнання ремонтної майстерні, на етапі здачі-приймання в експлуатацію повинен:

- бути присутнім при проведенні прихованих робіт та прийняти їх по акту від монтажної організації;
- перевірити відповідність виконаних електромонтажних робіт проекту і вимогам ПУЕ;
- контролювати проведення випробувань електрообладнання у масштабах відповідних вимогам СНіП та ПУЕ;
- прийняти від монтажної організації комплект технічної документації, виконаної в процесі проведення монтажу і випробувань електроустановок.

Електротехнічний персонал, якому доведеться експлуатувати електрообладнання ремонтної майстерні разом із електромонтажною та налагоджувальною організаціями проводить комплексні випробування електрообладнання на холостому ході протягом 24 годин.

Присутність під час монтажу, при проведенні випробувань, запуску окремих машин, ліній, цехів значно покращить кваліфікацію експлуатаційно-ремонтного персоналу і забезпечить надійний рівень обслуговування.

Враховуючи кількість електрообладнання, змонтованого при будівництві ремонтної майстерні (329 у.о.), штатну кількість персоналу, а також фінансові можливості СТОВ, служба головного енергетика розраховує об'єм робіт для організації його експлуатації та ремонту.

Об'єм робіт з експлуатації та ремонту енергетичного обладнання визначаємо у відповідності із нормативами трудоемності технічного

обслуговування і ремонту електрообладнання (за системою умовних одиниць).

Базові нормативні дані беремо із офіційно затверджених документів

”Технічне обслуговування і ремонт електрообладнання в АПК” та ”Система

ПЗР і ТО”, у яких є номенклатура електро- і теплотехнологічного

обладнання, яке використовується в сільському господарстві та річні витрати праці на його ремонт і технічне обслуговування.

Система ПЗР і ТО передбачає в процесі експлуатації

електрообладнання виконувати такі роботи:

- технічне обслуговування;
- поточний ремонт;
- капітальний ремонт;
- контрольні вимірювання і випробування.

5.2 Визначення об'єму ремонтних робіт та кількості обслуговуючого персоналу

При плануванні робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту електрообладнання ремонтної майстерні послідовно визначаємо: об'єм робіт, річну трудоемність, кількість електротехнічного персоналу, вартість виконаних робіт.

Вихідними даними для виконання планового об'єму робіт є річний графік технічного обслуговування і ремонту електрообладнання; дані, що враховують середовище в якому працює кожна одиниця обладнання та тривалість її роботи.

Річний графік технічного обслуговування і ремонту – це основний документ, який з урахуванням вимог системи ПЗР і ТО визначає комплекс організаційно-технічних заходів, які дозволяють підтримувати електрообладнання і електричну мережу у стані повної робото здатності, попереджає її раптовий вихід з ладу та зношування.

Чисельність електротехнічного персоналу з обслуговування ремонтної майстерні визначається виходячи із сумарної кількості умовних одиниць електрообладнання, яке перебуває в експлуатації, та річного навантаження на одного електрика. Загальну кількість обслуговуючого персоналу

визначаємо за формулою:

$$N_{en} = \frac{A}{100} \quad (5.1)$$

де A – об'єм робіт з обслуговування електрообладнання, у.о.;

100 – середньорічне навантаження на одного електрика, у.о.

$$N_{en} = \frac{329}{100} = 3,29$$

Приймаємо кількість обслуговуючого персоналу 3 чоловіка.

Враховуючи, що перших 2-3 місяці після здачі в експлуатацію ремонтної майстерні можливі непередбачені випадки, у тому числі і аварії, слід запланувати витрати на їх усунення. Для цього необхідно мати деякий запас

матеріальних і грошових цінностей, а також передбачити можливість залучення електротехнічного персоналу з інших ділянок товариства.

ТАБЛИЦЯ 5.1 –РІЧНИЙ ГРАФІК ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Електрообладнання та місце його розташування	Кількість, шт.	Річна кількість затрат						Місяці 2007 р.											
		Трудоємність, люд/год			Вартість, грн.														
		ГО	ПР	КР	ГО	ПР	КР	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Дільниця миття і розбирання машин																			
Очищувач водоструминний	1	3	0,5	-	1,2	2,8	-	4-6											
Дільниця ГО і діагностики																			
Стационарний пост мащення	6	3	0,5	-	6,6	12,9	-	3-6											
Установка КИ-4935	1	3	0,5	-	2,7	7,3	-	6-8											
Ремонтно-монтажна дільниця																			
Мийна машина	1	4	0,5	-	2,7	4,3	-			3,6			9-11			21-24			15-17
Стенд збирання передніх підвісок тракторів	1	4	0,5	-	5,46	4,28	-			6-8			12-14			25-27			18-20
Стенд для шліфування клапанів	1	4	0,5	-	1,86	3,71	-			14-16			20-22			3-5			24-26
Стенд притирання фасок	1	4	0,5	-	3,32	5,5	-				10-12								
Дільниця випробування і регулювання двигунів																			
Стенд обкатувально-гальмівний	1	2	0,5	-	5	8,7	-								3,5				
Дільниця ГО і регулювання паливної апаратури																			
Стенд випробувальний	1	2	0,5	-	4,8	6,2	-					2-4							
Установка для відновлення шийок валів	1	4		0,5	-	5,3	4,8	-	11-14			1-4						2-4	
Автомат наплавочний	1	3	0,5	-	2,5	2,8	-	15-17			5-8				5-8				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Пристрій для шліфування кілець	1	3	0,5	-	2,5	2,8	-	15-17			5-8				5-8				
Дільниця для заправки та обкатки машин																			
Паливно-роздавальна колонка	2	2	0,5	-	1,46	6,92	-								8-10				
Дільниця ремонту силового електрообладнання																			
Верстат заточний	1	2	0,5	-	1,72	4,88	-								6-8				
Верстат свердловальний	1	3	0,5	-	3,9	5,4	-							20	20				
Трансформатор для пайки	1	3	0,5	-	4,5	8,0	-							7	5	5			
Стационарний компресор	1	3	0,5	-	4,8	7,2	-							8	6	5			
Стенд КИ-968	1	3	0,5	-	6,4	9,3	-							10	12	12			
Слюсарно механічна дільниця																			
Свердловальний верстат	1	4	0,5	-	3,8	6,2	-					17		20			25		
Заточний верстат	1	4	0,5	-	2,8	4,3	-						19		24			27	
Комбінований верстат	1	5	0,5	-	4,5	6,8	-						18		19		23		
Токарно-гвинторізний верстат	1	4	0,5	-	4,5	6,4							17		11		23		
Дільниця ремонту с.г. машин																			
Стенд для обкатки машин	1	3	0,5	-	6,4	8,3	-							18	22		27		
Дільниця зарядки акумуляторів																			
Селеновий випрямляч	1	12	1	-	4,5	7,0	-	1-3						10-12	3-5	8-10			4-6
Електродистильатор	1	12	1	-	3,7	5,7	-	6-8						14-16	8-10	12-14			8-10
Зарядка акумуляторів та пуск двигунів	1	12	1	-	5,2	8,1	-	4-5						12	6-7	6-8			6-9
Дільниця зварювання																			
Зварювальний перетворювач	1	6	0,38	-	1,5	19,2	-	2-3		5-6		3-4		5-6		7-8			10-1
Зварювальний трансформатор	1	4	0,5	-	0,8	4,0	-			4-6		7-8				4-3			

5.3 Облік і раціональне використання електричної енергії

Облік активної електричної енергії, яка споживається ремонтною майстернею, здійснюється лічильником активної енергії типу "Каскад", встановленим безпосередньо на трансформаторній підстанції на стороні 0,4 кВ. Облік реактивної енергії здійснюється лічильником "Каскад" який забезпечує можливість визначення ефективності роботи пристроїв компенсації реактивної потужності.

Установка лічильників активної і реактивної енергії була здійснена у відповідності із вимогами ПУЕ.

З метою забезпечення зниження собівартості продукції та послуг, наданих товариством, а також беручи до уваги зростання вартості енергоносіїв, однією з головних задач енергетичної служби є раціональне використання та боротьба із втратами електричної енергії.

Контролюючи покази лічильників активної і реактивної енергії персонал енергетичної служби може активно впливати на один із головних показників ефективності роботи енергетичної системи товариства – коефіцієнт потужності.

Коефіцієнт потужності на окремих ділянках виробництва за певний відрізок часу (доба, місяць, рік) можна визначити за формулою:

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W_p}{W_a}\right)^2}}, \quad (5.2)$$

де W_p, W_a – відповідно сумарне споживання реактивної (квар·год) та активної (кВт·год) електроенергії.

З урахуванням результатів регулярних перевірок роботи споживачів та електричних мереж господарства головний енергетик розробляє організаційно-технічні заходи щодо раціонального і безперебійного електропостачання.

Головними організаційно-технічними заходами є:

– організація належного обліку електричної енергії та інших енергоносіїв на окремих ділянках виробництва та преміювання персоналу за їх економію, раціональне використання і боротьба із втратами стисненого повітря, кисню, води та інших енергоносіїв;

– оптимізація режимів роботи та підвищення продуктивності окремих агрегатів;

– регулярне підвищення кваліфікації робітників та інженерно-технічних працівників;

– застосування системи заходів, що збільшують коефіцієнт потужності електроприймачів;

– рівномірний розподіл навантаження між фазами;

– застосування новітніх технологій та передового досвіду у виробничих процесах.

5.4 Споживання та визначення втрат електричної енергії

Кількість електричної енергії, яку споживає ремонтна майстерня за рік визначається за формулою:

$$W_c = S_m \cdot T_{\text{вик на в}} \quad (5.3)$$

де $S_m = 185,04$ кВА – максимальна потужність на шинах ТП напругою 0,4 кВ;

$T_{\text{вик на в}} = 2200$ год – час використання максимуму навантаження.

Тоді

$$W_c = 185,04 \cdot 2200 = 407088 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Втрати електричної енергії у мережах 0,38 кВ визначаємо за формулою:

$$\Delta W_n = 3 I_{cp}^2 R T \cdot 10^{-3} \quad (5.4)$$

де I_{cp} – середнє значення струму в мережі за розрахунковий період, А;

R – активний опір однієї фази, Ом;

T – кількість годин роботи мережі із навантаженням за розрахунковий період,

ГОДИН.

Звідси

$$\Delta W_{л1} = 3 \cdot 385,7^2 \cdot 0,0095 \cdot 8760 \cdot 10^{-3} = 36729 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{183,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,7} = 385,7 \text{ А};$$

$$R = r_0 l = 0,315 \cdot 0,03 = 0,0095 \text{ Ом};$$

$$\Delta W_{л2} = 3 \cdot 58,5^2 \cdot 0,64 \cdot 0,07 \cdot 2880 \cdot 10^{-3} = 1327,1 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{л3(0-1)} = 3 \cdot 12,4^2 \cdot 1,08 \cdot 0,05 \cdot 6480 \cdot 10^{-3} = 296 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{лв(1-2)} = 3 \cdot 100,3^2 \cdot 0,05 \cdot 0,64 \cdot 8760 \cdot 10^{-3} = 8460 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{лв(2-3)} = 3 \cdot 107^2 \cdot 0,05 \cdot 0,64 \cdot 9250 \cdot 10^{-3} = 9564 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{л} = 36729 + 1327,1 + 296 + 8460 - 9564 = 56439 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Річні втрати електричної енергії в трансформаторі визначаються за

формулою:

$$\Delta W_{тр} = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_{макс}}{S_n} \right) \cdot t_{в} + \Delta P_{хх} t_{р}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.5)$$

де $S_{макс}$ – максимальна трифазна потужність трансформатора, кВА;

$S_n = 250$ кВА – номінальна потужність трансформатора;

$\Delta P_{кз}, \Delta P_{хх}$ – втрат у трансформаторі відповідно при короткому замиканні та холостому ході, кВт;

$t_{в} = 1500$ – річний час втрат, год;

$t_{р} = 8760$ – час роботи трансформатора, год.

$$\Delta W_{тр} = 3,7 \left(\frac{370}{250} \right) \cdot 1500 + 0,78 \cdot 8760 = 89132,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарні втрати у трансформаторі та у мережі живлення дорівнюють:

$$\Sigma \Delta W = \Delta W_{л} + \Delta W_{тр} = 56439 + 89132,8 = 145571,8 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

що від загальної кількості спожитої споживачами електричної енергії

становить:

НУБІП України

$$W_{\%} = \frac{\sum \Delta W}{W_c} \cdot 100\% = \frac{1455718}{407088} \cdot 100\% = 3,9\%$$

Питомі витрати електричної енергії на один умовний ремонт складають:

НУБІП України

$$W_{num} = \frac{W_c}{Q_{k.p}} = \frac{407088}{150} = 2713,92 \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{к.р.}$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Перелік основних нормативних документів

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1. Закон України "Про охорону праці". Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 №2595-ХІІ.

2. Закон України "Про пожежну безпеку" Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 №3747-ХІІ.

3. Закон України "Про дорожній рух". Постанова Верховної Ради України від 28.01.93

4. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" Постанова Верховної Ради України від 24.02.94

5. ГОСТ 12.1.009-76 ССБТ "Електробезопасность. Термины и определения".

6. ССБП ДСТУ 2293-93. "Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення".

7. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.

8. ДБН А 3.1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів.

9. Єдина державна система показників обліку умов і безпеки праці. Затверджена наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 31.03.94 №27.

10. НАПБ А.01.001.-95. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 22.06.95 №400, зареєстровані Мін'юсті України 14.07.95 за №219/95.

11. Типове положення про службу охорони праці: затв. наказом Держнаглядохоронпраці України від 03.08.93 № 73, зареєстроване в Мін'юсті України 30.09.93 за № 140.

12. ДНАОП 0.00-4.12-94. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці України від 04.04.94 №30, зареєстровано в Мін'юсті України 12.05.94 за №95/309.

13. Положення про медичний огляд працівників певних категорій: затв.

наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 № 45, зареєстроване в Мін'юсті України 21.06.94 за № 136/345.

14. Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, установах і організаціях: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 10.08.93 №623.

15. ДНАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Мін'юсті України 18.11.96 №667/1692. Введене в дію 29.11.96

16. ДНАОП 0.03-3.30-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Зареєстровано в Мін'юсті України 29.08.96 №488/1513. Введене в дію 29.11.96

17. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР. - 6-е изд. перераб. и доп. С изменениями N1 й N2 - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 640с.

18. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей /Минэнерго СССР. - 14-е изд. перераб. и доп. С изменениями №1 й №2 РД 34.20.501- М.: Энергоатомиздат, 1989. -288с.

19. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 260с.

20. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.

21. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1.10-01-97. Держнагляд охорони праці України. - К.: Основа, 1997. - 265с.

22. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. Держнаггчдохоронпраці України.: - К.: Основа, 1998. - 380с.

23. ГКД 34.03.103-96. Система управління охороною праці в Міненерго України. Положення: затверджене Міненерго України 24.04.96.

24. ГКД 34.12.102-9/5. Навчання, інструктаж та перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міненерго України з питань охорони

праці та експлуатації обладнання. Положення.

25. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках /ПО Союзтехэнерго. - 7-е изд., перераб. й доп. - М.: Энергоатомиздат. 1983-, -64с.

26. Инструкция по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями при обслуживании энергетического оборудования /Упр. по техн. безопасности и пром. санитарии Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат. 1987. - 64с.

27. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87. - М.: „ Энергоатомиздат, 1989. -56с.

28. Правила пожежної безпеки у кампаніях, на підприємствах і в організаціях енергетичної галузі України.

29. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями. ДНАОП 1.1.10-1.04.-01. Держенергонагляд України.: - К.: Форт, 2001.-176 с.

6.2 Аналіз стану безпеки праці у господарстві

Безпекою праці вважається такий стан умов праці, при якому виключена можливість дії на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Безпека праці можлива лише за умови виконання заходів з охорони праці.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів та засобів, необхідних для забезпечення безпеки і збереження здоров'я працівників в процесі праці.

Безпечні умови праці повинні бути забезпечені всіма підприємствами, установами та організаціями, незалежно від форми власності та роду занять. Охорону життя і здоров'я громадян в процесі трудової діяльності забезпечує законодавство з охорони праці, основні принципи якого ґрунтуються на

положеннях, закріплених Конституцією України. Зокрема, закон України "Про охорону праці", введений в дію 24 листопада 1992 року, який регулює взаємовідносини між власниками підприємств і працівниками та встановлює єдиний порядок організації праці на Україні.

В цьому законі визначається порядок організації, управління, обов'язки і відповідальність як власника (керівника), так і працівника в сфері охорони праці на підприємстві.

Керівництву підприємства необхідно створити умови для роботи кожного члену колективу і забезпечити функціонування системи управління охороною праці на всіх дільницях, в цехах та бригадах.

Службу охорони праці підприємства очолює старший інженер по охороні праці і техніці безпеки.

Останнім часом велика увага приділяється заходам, направленим на підвищення безпеки праці, на вивчення безпечних методів виконання робіт. За допомогою цих заходів вдається знизити рівень травматизму, а значить, зменшиться кількість втрачених по непрацездатності днів. Це є найкращим прикладом необхідності виконання всіх вимог ПБЕЕС.

У відповідності до розділу III закону "Про охорону праці" керівництво підприємства намагається створити максимально можливі умови для роботи кожного члена колективу і забезпечення функціонування системи управління охороною праці на всіх дільницях підприємства з якомога більшою ефективністю.

Безпосередньо в цехах при виробництві слідкує за безпечними умовами завідувач майстернею. Оформлення новоприйнятих робітників проводиться тільки після медичного огляду. Без ввідного інструктажу адміністрація не може підписати наказ про зарахування на роботу. Обов'язково проводиться інструктаж на робочому місці, проведення інструктажу реєструється в журналі.

Стан безпеки праці на підприємстві зображено в таблиці 6.1.

За останні п'ять років випадків травматизму не було зареєстровано, бо стан безпеки праці і трудової дисципліни задовольняє всім вимогам щодо уникнення травм.

Таблиця 6.1 Показники стану безпеки праці на підприємстві

Показник	Умовне позначення, розмірність	Рік		
		2003	2004	2005
Середньооблікова чисельність працюючих	Р, чоловік	30	30	30
Заплановані асигнування на номенклатурні заходи	$A_{\text{пл}}$, тис. грн.	15	12	15
Фактично витрачено на одного робітника	$A_{\text{ф}}$, грн.	100	60	40
Кількість нещасних випадків	T, шт.	0	0	0

6.2.1 Організація роботи з безпеки праці та аналіз рівня і причин

Н травматизму

Протягом цього року службою охорони праці були проведені наступні

заходи:

інструктажі з ППБ (планові, позачергові, вступні, цільові);
атестація працівників по правилам безпеки, ПТЕ об'єктів підвищеної безпеки;

перевірена присутність, кількість, "якість" існуючої документації на

ділянках;

забезпечення працюючих посадовими інструкціями, засобами індивідуального захисту, засобами безпечного виконання робіт, тощо;

забезпечення профілактичного (планового) медогляду;

забезпечення працівників, які мають вади здоров'я, путівками до санаторно-лікувальних закладів.

6.2.2 Аналіз умов праці в ремонтній майстерні

Для проведення аналізу умов праці в ремонтній майстерні виділимо окремі дільниці, на яких при виконанні технологічних операцій мають місце шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

Аналіз умов праці приведено в таблиці 6.1.2.

Кількісна оцінка рівня умов праці на робочих місцях здійснюється на основі категорій тяжкості праці залежно від впливу умов праці на функціональний стан організму робітників. Середньозважена величина індексу категорій тяжкості визначається за формулою:

$$K_{mi} = \sum_{i=1}^n (K_{mp} \cdot P_p) \cdot P_u \quad (6.1)$$

де: $K_{тц}$ – ґеховий індекс категорії тяжкості праці;

$K_{тр}$ – індекс категорії тяжкості праці на робочому місці;

P_{p1} і P_{p2} – чисельність робітників відповідно на робочому місці і в цеху ;

n – кількість робочих місць.

Для прикладу розрахуємо для ремонтно-монтажного відділення:

$$K_{тц} = 4(1-4) \cdot 4 = 64$$

Таблиця 6.1.2 Аналіз умов праці

Найменування цехів, ділянки	К-сть роб. місць	Чисельність робітників	Розподіл робітників за умовами праці								Індекс
			Нормальні		Несприятливі		Шкідливі		Особливо шкідливі		
			чол.	%	чол.	%	чол.	%	чол.	%	
Ремонтно-монтажне відділення	4	4	4	13	-	-	-	-	-	-	I
Ділянка високовольних випробувань	3	3	3	10	-	-	-	-	-	-	I
Ділянка ремонту пускорегулюючої апаратури	4	4	4	13	-	-	-	-	-	-	I
Ділянка КВП і засобів зв'язку	4	4	4	13	-	-	-	-	-	-	I
Слюсарно механічна ділянка	4	4	4	13	-	-	-	-	-	-	I
Ділянка просочування і сушіння	4	4	-	-	-	-	4	13	-	-	IV
Компресорна	1	1	1	3	-	-	-	-	-	-	IV
Ділянка фарбування	3	3	-	-	-	-	3	10	-	-	IV
Ковальсько-зварювальна ділянка	3	3	-	-	-	-	3	10	-	-	IV

6.2.3 Визначення класів та категорій приміщень

Для визначення класів та категорій приміщень майстерні по електробезпеці і оточуючому середовищу розглядаємо кожну виробничу ділянку окремо і дані зводимо до таблиці 6.1.3.

Таблиця 6.1.3 Класи та категорії приміщень підприємства

Найменування об'єктів	Салітарний клас підприємства	Категорія приміщення за характером шаровидного середовища	Клас приміщення за можливістю вгадування електрострумом	Клас вибухо- і пожежобезпечних зон приміщення	Категорія виробництва за вибухо- і пожежобезпечністю	Ступінь вогнестійкості будівель, інструментів	Категорія пристроїв захисту від блискавок
Ремонтно-монтажна ділянка	IV	запилене	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	II	II
Ділянка високовольтних випробувань	IV	сухе	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	II	II
Ділянка ремонту ПРА	IV	сухе	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	II	II
Ділянка ремонту КВП і засобів зв'язку	IV	сухе	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	II	II
Слюсарно-механічна ділянка	IV	сухе	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	нормальні	II
Ділянка просочування і сушіння	IV	сухе	без пилв. небезпечні	безпечні	В	I	II
Компресорна	IV	запилене	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	нормальні	II
Ділянка фарбування	IV	сухе	без пилв. небезпечні	безпечні	Д	I	II
Ковальсько-зварювальна ділянка	IV	запилене	без пилв. небезпечні	безпечні	Г	нормальні	II

6.3 Розробка заходів, щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Враховуючи велику кількість технологічних процесів з шкідливими та небезпечними виробничими факторами, керівник підприємства та завідувачий ремонтною майстернею повинні проводити комплекс заходів, направлених на створення безпечних умов праці, експлуатації енергообладнання.

Необхідно (ще на стадії проектування) розробити комплекс припливно-витяжної вентиляції, так як велика кількість технологічних процесів зв'язана з виділенням токсичних речовин. На таких робочих місцях змонтовані витяжні вентиляційні установки з місцевим відсосом.

Серед шкідливих виробничих факторів слід відмітити шум. Для боротьби з шумом необхідно вентиляційні системи встановити в окремому приміщенні або ж ззовні приміщення. Повітропроводи з'єднувати з вентагрегатами за допомогою штучних вставок. Необхідно особливо старанно збалансувати робоче колесо вентиляційного обладнання, а самі вентагрегати встановлювати на віброізоляторах.

Робоче місце зварювальника має бути закритим світлонепроникним екраном.

Робочі місця, де використовується полум'я, необхідно оснастити переносними вогнегасниками, ящиками з піском, войлочними ковдрами, ємкостями з водою тощо.

Технічний персонал, обслуговуючий, експлуатуючий чи ремонтуючий енергообладнання повинен мати II-V кваліфікаційну групу з техніки безпеки, повинен знати вимоги ПУЕ, ПБЕЕС в необхідному обсязі.

Потрібно вчасно забезпечувати необхідною кількістю засобів індивідуального захисту технічний персонал, а саме: - респіратори (Ф-62Ш; "Астра-2"); захисні окуляри (ЗП", ЗИУ);

навушники протишумні;
брзентові костюми і рукавиці зварювальника;
кислотезащитні рукавиці, килими, боти.

Забезпечення засобами індивідуального захисту робітників і службовців необхідно здійснювати у відповідності до інструкції і типових галузевих норм.

6.3.1 Перелік технічних та організаційних заходів щодо усунення небезпечних та шкідливих факторів

Передусім необхідно утримувати в справному стані технічне обладнання, а саме блокуючі пристрої, захисні кожухи, заземлюючі пристрої, припливно-витяжну систему вентиляції.

Серед основних технічних заходів слід виділити:

- проведення відключень, прийняття мір проти помилкового включення та самоспрацювання комутуючих апаратів;
- необхідність вивішених застережувальних табличок та плакатів на приводах ручного та ключах дистанційного керування;

- перевірка відсутності напруги та струмоведучих частинах обладнання,
- в разі необхідності встановити переносне заземлення;
- встановлення переносного заземлення, включення стаціонарних заземлюючих ножів,

огороження струмоведучих частин.

Організаційні заходи:

- виконання роботи за нарядом, розпорядженням,
- видача дозволу на підготовку робочого місця;
- підготовка робочого місця на допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- перевід на інше робоче місце;
- оформлення перерв та закінчення роботи.

6.3.2 Розрахунок індивідуальних засобів захисту і необхідної кількості електрозахисних засобів для ремонтної майстерні

Розрахунок індивідуальних засобів захисту і необхідної кількості електрозахисних засобів на 1 рік, необхідних для нормальної експлуатації електричних установок, виконаємо на основі ПТБ-87. Дані розрахунку зводимо в таблиці 6.2.2.1 і 6.2.2.2

Таблиця 6.2.2.1 Розрахунок індивідуальних засобів захисту

Назва	Тип чи марка	ГОСТ, ОСТ чи ТУ	Необх. кількість	Місце знаходження
Показчик напруги	УНН-1 ДЮ	ТУ 34-09-101-30-88	4	Рем. ділянка
Ізолюючі кліщі	К-1000	ТУ 34-13-16-32	4	Ел.об.
Вимірювальні кліщі	Ц-90	ТУ 25-04-857-76	2	Ел.об.
Переносні заземлення		ГОСТ 13-385-78	2	Ел.об.
Діелектричні рукавички		ТУ 38-06-350-79	2	Ел.об.
Комплекс слюсарно-монтажний ізольованою ручкою	КСММ-2	ТУ 38-28-1 00-72	2	Ел.об.
Пояс запобіжний	АСКЦ	ГОСТ 571 8-77	2	Склад
Діелектричні килимки		ГОСТ 4997-75	2	Ел.об.
Плакати та знаки		ГОСТ 12.4.026-76	10	Ел.об.
Огорожа переносна			2	Склад
Захисні окуляри	ЗП1-80	ГОСТ 124-013-75	4	Ел.об.
Противіг		ГОСТ 10-182-78	2	Склад

Таблиця 6.2.2.2 Розрахунок необхідної кількості спецодягу та спецвзуття на рік

Професія	Кількість працюючих	Найменування захисних засобів			
		Костюм бавовняний	Халат	Черевики шкіряні	Чоботи гумові
Електромонтер	2	2	-	2	-
Токар	6	-	6	6	-
Інструментальник	8	8	-	-	8
Фрезерувальник	4	-	4	4	-
Коваль	2	2	-	2	-
Зварювальник	2	-	2	2	-
Обмотувальник	2	-	2	2	-
Оператор мийки	1	1	-	-	1
Зварювальник	1	-	1	-	1
Зварювальник	1	1	-	1	-

6.3.3. Розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції

Вихідними даними для розрахунку є характеристики установки – ТМФ-400-10/0,4 кВ (потужність трансформатора $S_n = 400$ кВА);

величина струму замикання на землю:

$$I_{zz} = \frac{U_n (35I_{л1} + L_{пл})}{350} \quad (6.2)$$

де: U_n – лінійна напруга мережі; $U_n = 10$ кВ

$L_{к1}$, $L_{пл}$ – загальна довжина електрично зв'язаних відповідно кабельних і повітряних ліній;

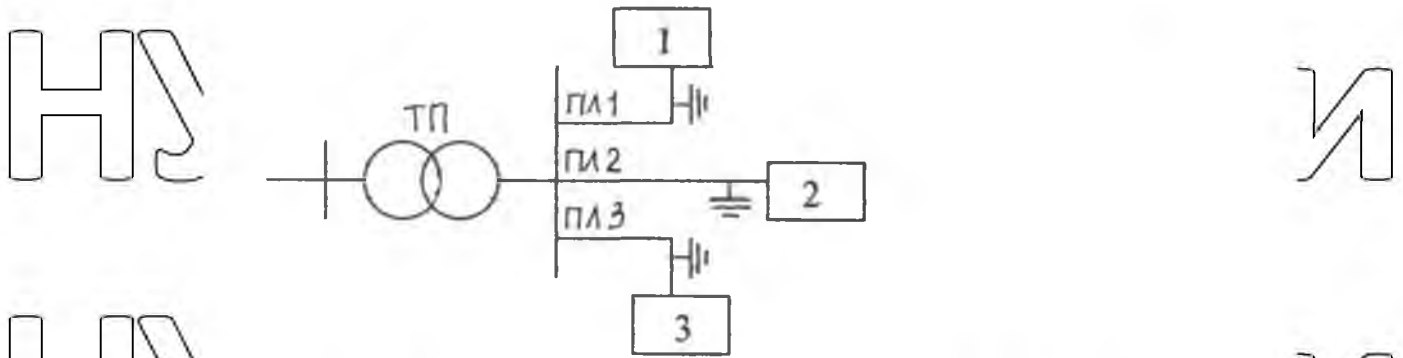
$$L_{к1} = 17 \text{ км}; L_{пл} = 35 \text{ км}.$$

$$I_{zz} = \frac{10 \cdot (35 \cdot 17 + 35)}{350} = 18,0 \text{ А}.$$

питомий опір ґрунту: для дворашового ґрунту – $\rho_1 = 270$ Ом·м;

$\rho_2 = 140$ Ом·м з товщиною верхнього шару $h = 3,5$ м.

план розміщення електрообладнання



Мал. 6.2.3 – Розрахункова схема мережі 0,38 В.

1 - ремонтна майстерня;

- котельня;

- адміністративне відділення.

5) заземлення виконане із залізної полоси перерізом 40x4 мм² з

привареними вертикальними стержнями діаметром близько 0,012 м, довжиною 50 м, забитими на глибину 0,8 м від поверхні ґрунту в попередньо вириту канаву.

Розрахунок заземлюючого пристрою ведемо методом коефіцієнта одночасності.

Оскільки на трансформаторній підстанції використовуються електроустановки до і понад 1000 В, то до заземлюючого пристрою висуваємо такі вимоги: вимоги мережі 0,38 кВ, що працює з глухозаземленою нейтраллю; вимоги мережі 10 кВ що працює з ізольованою нейтраллю.

1. Висуваємо вимоги мережі 0,38 кВ.

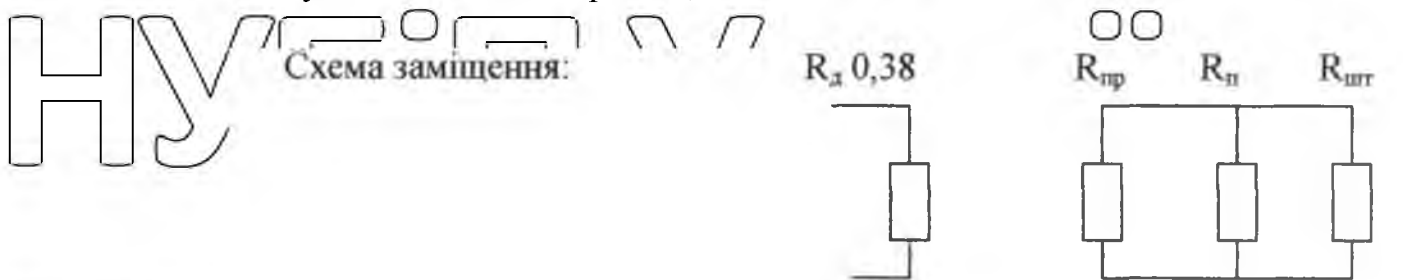


Схема заміщення:

Для визначення допустимої величини опору заземлюючого пристрою вираховуємо еквівалентний питомий опір двошарового ґрунту за формулою:

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \epsilon \cdot \ell}{\rho_1 \cdot (t + \epsilon \cdot L - h) + \rho_2 \cdot (h_1 - t)}, \quad (6.3)$$

де: κ - коефіцієнт, який дорівнює 1, коли $\zeta_1 > \zeta_2$;

ℓ - довжина стержнів, м; $\ell = 5,0$ м;

t - висота заглиблення, м; $t = 0,8$ м.

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{270 \cdot 140 \cdot 1 \cdot 5}{270 \cdot (0,8 + 1,5 - 3,5) + 140 \cdot (3,5 - 0,8)} = 189 \text{ Ом.}$$

Оскільки ρ більше 100 Ом, то приймаємо допустимий опір заземлення лінії:

$$R_{\text{доп. л.}} = 0,1 \cdot \rho_{\text{екв}} = 18,9 \text{ Ом} \quad (6.4)$$

Допустимий опір заземлення підстанції:

$$R_{\text{доп.}} = 0,04 \cdot \zeta_{\text{екв}} = 7,567 \text{ Ом} \quad (6.5)$$

Визначаємо величину опору природнього заземлення:

$$R_{\text{іо}} = 0,5 \frac{\rho_{\text{іо}}}{\sqrt{S}} \quad (6.6)$$

де: S - площа фундаменту; $S = 48 \text{ м}^2$;

$\rho_{\text{іо}}$ - питомий еквівалентний опір землі, Ом;

$$\rho_{\text{іо}} = \rho_1 \cdot \left(1 - a^{-\frac{h}{\sqrt{S}}}\right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\beta \sqrt{S}}{h}}\right), \quad (6.7)$$

де: $\alpha = 3,6$; $\beta = 0,1$ - безрозмірні коефіцієнти.

$$\rho_{\text{іо}} = 270 \cdot \left(1 - a^{-\frac{3,6 \cdot 3,5}{\sqrt{48}}}\right) + 140 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0,1 \cdot \sqrt{48}}{3,5}}\right) = 251,33 \text{ Ом}$$

Визначаємо величину сумарного опору всіх заземлюючих пристроїв мережі 0,38 кВ. Для цього необхідно на схемі (мал. 6.2.3) розставити заземлюючі пристрої за умови захисту від перенапруги і повторного заземлення

нульового проводу. Допустима величина сумарного опору всіх заземлюючих пристроїв кожної повітряної лінії 0,38 кЕ з урахуванням питомого опору ґрунту не повинна перевищувати 27 Ом, а кожного повторного заземлення – 31 Ом.

Визначаємо загальний опір заземлюючих пристроїв в окремих лініях:

в лінії №1:

$$R_{n1} = \frac{R_{np}}{n_{n1}} \quad (6.8)$$

де: n_{n1} – кількість повторних заземлювачів:

$$n_{n1} = 2; n_{n2} = 1; n_{n3} = 3.$$

$$R_{n1} = \frac{18,14}{2} = 9,07 \text{ Ом};$$

в лінії №2:

$$R_{n2} = \frac{R_{np}}{n_{n2}} = \frac{18,14}{1} = 18,14 \text{ Ом};$$

в лінії №3 :

$$R_{n3} = \frac{R_{np}}{n_{n3}} = \frac{18,14}{3} = 6,05 \text{ Ом}.$$

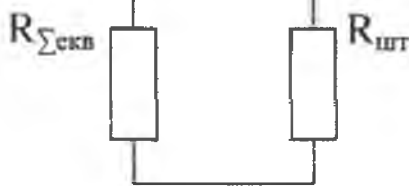
Визначаємо загальний опір повторного заземлення по всім лініям:

$$\frac{1}{R_{n.заз.}} = \frac{1}{R_{n1}} + \frac{1}{R_{n2}} + \frac{1}{R_{n3}} \quad (6.9)$$

$$R_{n.заз.} = \frac{R_{n1} \cdot R_{n2} \cdot R_{n3}}{R_{n1} \cdot R_{n2} + R_{n1} \cdot R_{n3} + R_{n2} \cdot R_{n3}} = 3,02 \text{ Ом}.$$

Знаходимо сумарний еквівалентний опір повторного природного заземлення:

$$R_{\Sigma экв.} = \frac{R_{np} \cdot R_{n.заз.}}{R_{np} + R_{n.заз.}} = \frac{18,04 \cdot 3,02}{18,04 + 3,02} = 2,59$$



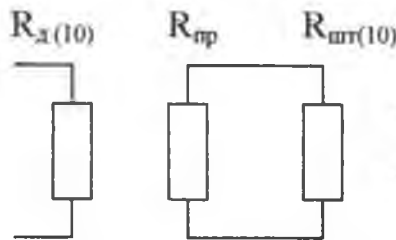
Якщо $R_{\Sigma \text{екв}} < R_{\delta} (2,59 < 7,33)$ то опір штучного заземлення приймаємо
максимально допустимим $R = 30 \text{ Ом}$.

2. Висуваємо вимоги мережі 10 кВ. Знаходимо допустимий опір мережі
10 кВ:

$$R_{\text{доп}(10)} = \frac{125}{I_{\text{ном}}} \leq 10 \text{ Ом} \quad (6.10)$$

$$R_{\text{доп}(10)} = \frac{125}{18} = 6,94 \leq 10 \text{ Ом}$$

Схема заміщення заземлювача:



Знаходимо опір штучного заземлення:

$$R_{\text{шт}(10)} = \frac{R_{\text{доп}(10)} \cdot R_{\text{гр}}}{R_{\text{доп}(10)} + R_{\text{гр}}} = 11,25 \text{ Ом} \quad (6.11)$$

Порівнявши опір штучних заземлювачів лінії 0,38 кВ і 10 кВ

приймаємо для розрахунку менший з них - 11,25 Ом.

Розрахунок заземлюючих пристроїв ТИ

Визначаємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_{\text{рад}} = \frac{\rho_{\text{адд}} \cdot \epsilon_n}{2\pi \cdot \ell} \cdot \left(\ln \frac{2\ell}{d} + \ln \frac{4h + \ell}{4h - \ell} \right) \quad (6.12)$$

де: ϵ_n – коефіцієнт сезонності, враховуючий відхилення опору від пори року, $\epsilon_n = 1,5$

d – діаметр стержня, м; $d = 0,012$ м;

$\ell = 5,0$ м;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня, м;

$h = 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 5,5 = 3,55$ м.

Знаходимо провідність вертикального стержня:

$$R_{\text{вер}} = \frac{189 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \ln \frac{4 \cdot 3,55 + 5}{4 \cdot 3,55 - 5} \right) = 57,33 \text{ Ом}$$

$$g_v = \frac{1}{R_{\text{вер}}} = \frac{1}{57,33} = 0,01555 \text{ См} \quad (6.13)$$

Визначаємо кількість вертикальних стержнів:

$$n_v = \frac{R_{\text{вер}}}{R_{\text{ум.}}} = \frac{57,33}{11,25} \approx 6 \quad (6.14)$$

Визначаємо опір горизонтальних стержнів:

де: $l_{\Gamma} = 50 \text{ м}$; $к.с. \Gamma = 2$; $\zeta_2 = 1,695$ Звідси $\rho_{\text{екв.г.}} = 237,3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$R_{\text{гор}} = \frac{2 \cdot 237,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \cdot \ln \frac{2 \cdot 50^2}{0,04 \cdot 0,8} = 18,086 \text{ Ом}$$

Знаходимо провідність горизонтального зажиму:

$$g_z = \frac{1}{R_{\text{гор}}} = \frac{1}{18,086} = 0,05535 \text{ См} \quad (6.16)$$

Знаходимо опір штучного заземлення:

де: η – коефіцієнт використання ; $\eta = 0,5518$ – знайшли по таблиці, вико-

ристовуючи співвідношення:

$\frac{a}{l_v} = \frac{8,66}{5} = 1,666$; $\frac{h_1}{l_v} = \frac{3,5}{5} = 0,7$

$$R_{\text{шт}} = \frac{1}{0,05518 \cdot (4 \cdot 0,01555 + 0,05535)} = 8,14 \text{ Ом} \quad (6.18)$$

8,14 Ом < 11,25 Ом – виконаний розрахунок заземлюючих пристроїв

задовольняє умовам.

Знаходимо опір штучного заземлення:

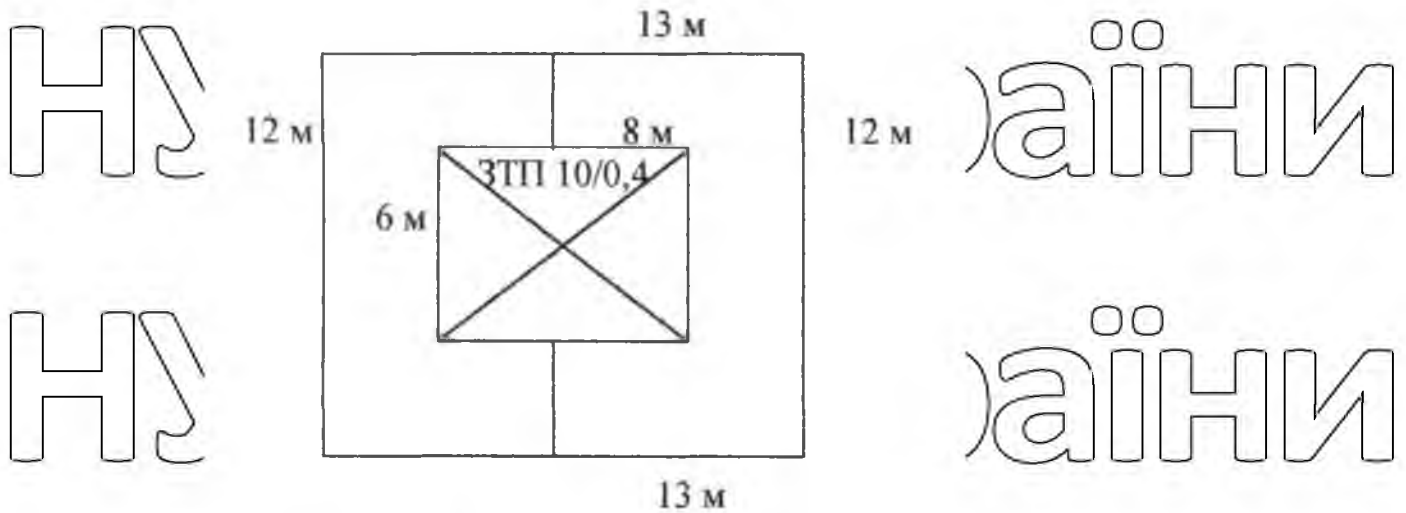


Рис. 6.2.3. Схема розміщення заземлюючих вертикальних стержнів та горизонтальної зв'язувальної полоси

6.3.4 Блискавкозахист

Розраховується захист об'єкта проектування від прямих ударів блискавки, а також захист електроустановок від хвиль-перенапруги. Спроектована майстерня підлягає блискавкозахисту по третій категорії.

Розрахунок захисту від прямих ударів блискавки виконується у такій послідовності:

за габаритними розмірами будівель і споруд та питомою щільністю ударів блискавки у землю у місці знаходження споруди визначається оцінювана

кількість уражень блискавки протягом року:

$$N = [(s + 6h) \cdot (\ell + 6h) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (6.19)$$

де: h - найвища висота будівлі чи споруди, $h = 9,5$ м;

s і ℓ - відповідно довжина і ширина будівлі, $s = 18$ м; $\ell = 36$ м;

n - середньорічне число ударів блискавки на площі 1 км² земної поверхні

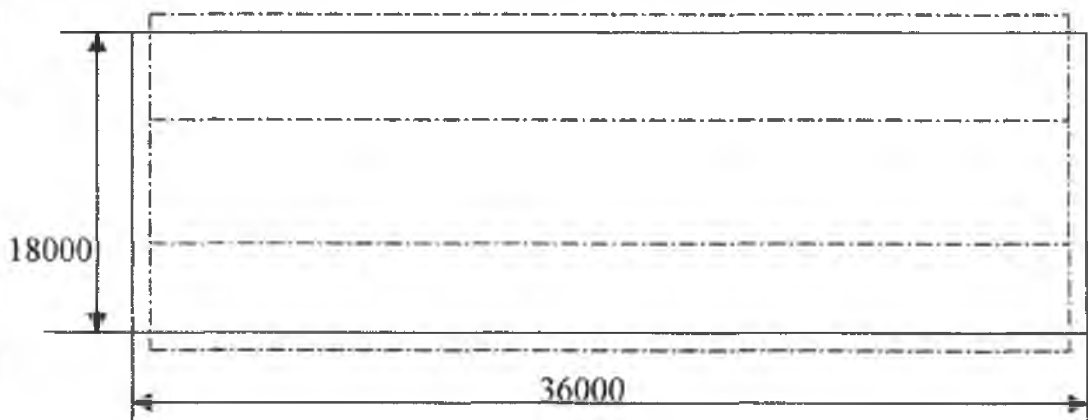
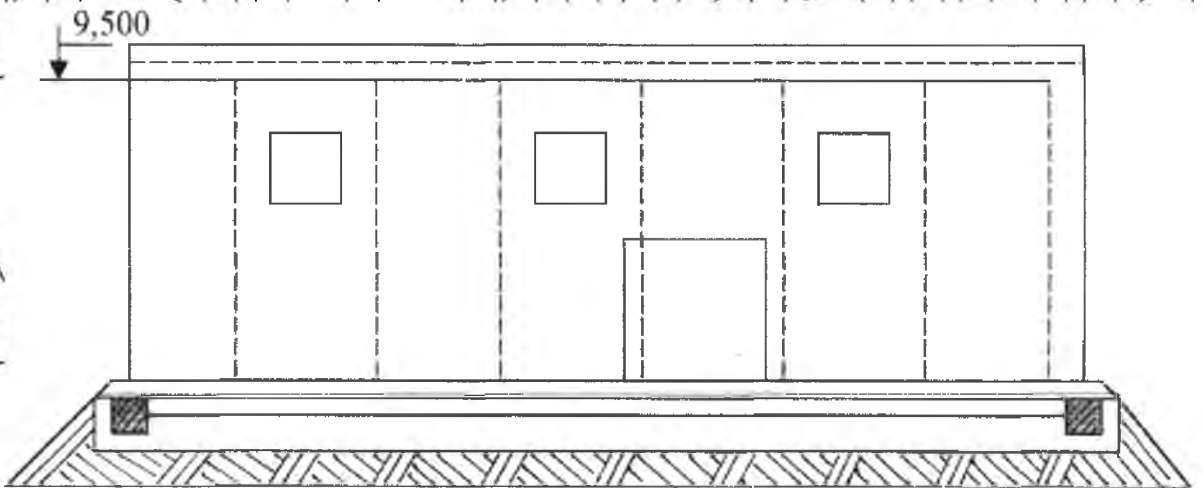
у місці знаходження будівель чи споруд $n = 5,5$ при 60-80 ударах в рік.

$$N = [(18 + 6 \cdot 9,5) \cdot (36 + 6 \cdot 9,5) - 7,7 \cdot 9,5^2] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 0,035,$$

$$N < 2.$$

Отже, майстерня повинна бути забезпечена блискавкозахистом в межах зони "Б", де захист від прямих ударів буде забезпечуватись з ймовірністю 95%. Блискавкозахист передбачено виконати шляхом накладання блискавкозахисної металевої сітки, розміщеної на даху майстерні. Сітка виконана із сталевого дроту і вкладається під шар гідроізоляції. Розмір чарунки приймаємо 12x12 м.

Вузли сітки зв'язані



----- блискавоприймач на стінки ;
 - - - - - струмовідвідні спуски.

Рис. 6.2.3. Ескіз контура блискавкозахисту майстерні

електричної зваркою, металеві частини вентиляційних установок, розміщених на даху, приєднуються до металевої сітки. В якості струмовідводів використовується арматура залізобетонних колон, яка приєднується до сітки за допомогою зварки, а в якості заземлювача – залізобетонний фундамент

майстерні, що допустимо в грунтах з питомим опором $\zeta = 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. При використанні споруди в якості заземлювача опір розтікання струму заземлюючого пристрою розраховується за формулою:

$$R_{з.у.} = 0,5 \frac{\zeta_e}{\sqrt{S}}, \quad (6.20)$$

де: S – площа огорожі периметром споруди; $S = 648 \text{ м}^2$;
 ζ_e – питомий еквівалентний опір землі; $\zeta_e = 240,79 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (розраховано вище).

$$R_{з.у.} = 0,5 \frac{240,79}{\sqrt{648}} = 4,73 \text{ Ом}$$

6.3.5 Пожежна безпека

На основі аналізу категорії виробництва і виробничих приміщень по вибухо- і пожежобезпеці проектом передбачено встановлення відповідного обладнання для зменшення небезпеки пожежі і вибуху. Для виявлення і знешкодження місць пожеж в майстерні передбачено наступні заходи:

встановлення у виробничих приміщеннях комбінованого повідомлювача КИ-1, в приміщеннях, які відносяться до пожежо- і вибухонебезпечних, встановити вуглекислотні вогнегасники ОУ-2 чи ОУ-5, які призначені для гасіння пожежі в електроустановках;

найбільш небезпечні в пожежному відношенні виробничі дільниці – цех фарбування, цех просочування і сушіння, розмістити біля зовнішніх стін;

для дільниць майстерні передбачено первинні засоби гасіння пожежі:

обладнати щити, вогнегасники, ящики з піском і інші;

де виникає пожежа, слід обов'язково вимкнути все електрообладнання від мережі.

Проведемо розрахунок необхідної кількості води на гасіння пожежі:

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot t_{п}}{1000} \quad (6.21)$$

де: $t_{п}$ – тривалість пожежі, $t_{п} = 1$ год ;

q – затрати води на одну пожежу, $q = 10\%$.

$$Q = \frac{3600 \cdot 10 \cdot 1}{1000} = 36,0 \text{ м}^3$$

Таблиця 6.2.5 Розрахунок необхідної кількості засобів пожежегасіння

Найменування пристрою і засобу пожежегасіння	Тип, марка	Необхідна кількість	Місце встановлення
Вогнегасники:			
- вуглекислотні	ОУ-2	4	в приміщеннях класу В-І, п-ІА, ПШ-ІА
- пінні	ОХП-10	16	ремонтно-монтажна і слюсарна ділянки
Ящик з піском (не менше 0,5 м ³) і совкова лопата		4	на території і в ремонтно-монтажній
Азбестабо кошма (1x1; 2x1,5; 2x2)		2	ділянки фарбування і миття
Ломи		2	на території
Бугри		3	на території
Сокири		2	на території
Лопати		2	не території

На території майстерні розміщене пожежне водосховище об'ємом 500 м³.

7. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Економічний ефект від використання технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних електродвигунів досягається за рахунок зменшення втрат потужності у мережі живлення, а також зниження плати за перетоки реактивної електроенергії.

Споживачі електроенергії вносять плату за спожиту активну електроенергію і втрати у споживчій мережі до точки обліку згідно з діючими тарифами. При використанні технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів втрати активної електроенергії у мережі живлення зменшуються на 30-35%, відповідно зменшується плата за спожиту активну електроенергію.

Як визначено діючою методикою розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії між електропостачальною організацією та її споживачами користувачі електричної енергії мають вносити плату за споживання і генерацію реактивної електроенергії. Величина плати

визначається трьома складовими:

$$P = P1 + P2 - P3$$

де $P1$ - основна плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії;

$P2$ - надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача

засобами компенсації реактивної потужності (КРП);

$P3$ - знижка плати за споживання і генерацію реактивної електроенергії у разі участі споживача в оптимальному добовому/регульованні режимів мережі енергопостачальної організації в розрахунковий період.

Основна плата за спожиту і генеровану реактивну електроенергію для споживачів визначається формулою:

$$П1 = \sum^n (wQ_{cn} + K wQ_2) \cdot D \cdot T, \text{ грн.},$$

де n - число точок розрахункового обліку реактивної енергії;

wQ_{cn} - споживання реактивної енергії в точці обліку за розрахунковий період,

квар·год;

wQ_2 - генерація реактивної енергії в мережу енергопостачальної організації в точці обліку за розрахунковий період, квар·год;

$K = 3$ - нормативний коефіцієнт урахування збитків енергопостачальної організації від генерації реактивної електроенергії з мережі споживача;

D - економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), що характеризує частку впливу реактивного перетоку в точці обліку на техніко-економічні показники в розрахунковому режимі, кВт/квар;

T - середня вартість активної електроенергії за розрахунковий період, грн/кВт·год.

Значення ЕЕРП, базового коефіцієнта стимулювання капітальних вкладень в засоби КРП і коефіцієнта збитків від генерації реактивної потужності із мережі споживача обумовлюються Договором на поставку електроенергії (ДПЕ).

Надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності визначається формулою:

$$П2 = П1 \cdot C_{\text{баз}} (K_{\varphi} - 1), \text{ грн.}, \quad (9)$$

де $П1$ - сумарна основна плата;

$C_{\text{баз}}$ - нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання капітальних вкладень в засоби КРП в електричних мережах споживача;

K_{φ} - коефіцієнт, що вибирається з Методики розрахунку плати за споживання і перетоки реактивної потужності залежно від фактичного коефіцієнта реактивної потужності споживача ($\cos \varphi$) в середньому за розрахунковий період.

У таблицях цієї Методики введено зони нечутливості надбавки до споживання реактивної потужності, які обмежені значеннями коефіцієнтів потужності:

– для промислових та прирівняних до них споживачів, залізничного і міського електротранспорту - $\cos \varphi_2 = 0,97$ ($\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,25$);

– для непромислових, у тому числі сільськогосподарських, споживачів $\cos \varphi_2 = 0,8$ ($\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,75$).

Надбавка починає діяти, якщо фактичний коефіцієнт потужності менший наведених значень $\cos \varphi_2$.

Фактичний коефіцієнт потужності споживача в середньому за розрахунковий період визначається формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{wQ_{cn}}{wP}$$

де wP - споживання активної електроенергії за розрахунковий період, кВт-год;

wQ_{cn} - споживання реактивної електроенергії за той же період, квар-год.

Знижка плати за споживання та генерацію реактивної електроенергії можлива за умов достатнього оснащення електричної мережі споживача засобами КРП, наявності зонного обліку спожитої і генерованої електроенергії, виконання споживачем обумовленого енергопостачальною організацією добового графіка споживання і генерації електроенергії та наявності його оперативного контролю. Графіки споживання і генерації та розміри знижки обумовлюються в ДПЕ.

Застосування технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів забезпечує зменшення споживаної асинхронним двигуном реактивної електроенергії та зниження плати за її перетоки.

Вихідні дані для визначення економічної ефективності використання технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів ремонтної майстерні наведені у табл. 1. Приймаємо точку обліку енергії на шинах нижчої напруги споживчої трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ

Потужність споживана окремим двигуном становить.

активна $P_i = \frac{P_{ni}}{\eta_{ni}} \cdot k_{zi}$, кВт; реактивна $Q_{li} = \left[\frac{P_{ni}}{\eta_{ni}} \cdot \text{tg} \varphi_{ni} - Q_{xxi} \right] \cdot k_{zi}^2$, квар,
 де P_{ni} - номінальна потужність і-го двигуна, кВт;
 η_{ni} - номінальний коефіцієнт корисної дії і-го двигуна;

k_{zi} - коефіцієнт завантаження і-го двигуна;
 $Q_{xxi} = \frac{P_{ni}}{\eta_{ni}} \cdot \left[\text{tg} \varphi_{ni} - 1,25 \cdot k_{zi} - \text{tg} \varphi_{ni} \right]$ - реактивна потужність холостого ходу і-го
 двигуна, квар,

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для визначення ефективності технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів ремонтної майстерні

№ пп	Тип	$P_{н.}$ кВт	$I_{н.}$ А	$\cos\varphi_{н.}$	$\eta_{н.}$ %
1	2	3	4	5	6
1	AIP80B2Y3	2,2	4,7	0,87	83
2	AIP71B6Y3	0,55	1,74	0,71	67,5
3	AIP132S4Y3	7,5	15,1	0,86	87,5
4	AIP132S4Y3	7,5	15,1	0,86	87,5
5	AIP71A4Y3	1,1	1,7	0,7	70,5
6	AIP80B6Y3	1,5	3,05	0,74	74
7	AIP80B4Y3	1,5	3,6	0,84	77
8	4AK250M6Y3	0,37	1,1	0,87	90,5
9	AIP63B6Y3	0,37	1,2	0,69	68
10	AIP56B2Y3	0,25	0,74	0,77	68
11	AIP71B6Y3	0,55	1,74	0,71	67,5
12	AIP90L2Y3	2,2	5	0,8	83
13	AIP100S4Y3	3	6,7	0,85	82
14	AIP132S4Y3	7,5	15,1	0,86	87,5
15	AIP132S4Y3	7,5	15,1	0,86	87,5
16	AIP132M6Y3	7,5	16,5	0,81	85,5
17	AIP71B2Y3	1,1	2,5	0,85	77,5
18	AIP100L4Y3	4	8,6	0,84	84
19	AIP56B2Y3	0,18	0,66	0,64	64
20	AIP112M4Y3	5,5	11,5	0,85	85
21	AIP112M4Y3	5,5	11,5	0,85	85
22	AIP71B6Y2	0,55	1,74	0,71	67,5
23	AIP80B2Y2	1,1	3,05	0,74	74
24	AIP100L4Y3	2,2	5,65	0,76	81
25	AIP100L4Y3	2,2	5,65	0,81	83
26	AIP80A4Y3	1,1	2,75	0,75	81

	1	2	3	4	5	6
1	AIP56A4Y3	0,12	0,44	0,66	63	
2	AIP100L4Y3	2,2	5,65	0,81	83	
3	AIP63A4Y3	0,25	0,85	0,63	68	
4	AIP71A4Y3	0,55	1,69	0,7	70,5	
5	AIP71A4Y3	0,55	1,69	0,7	70,5	
6	AIP80A6Y3	0,75	2,26	0,72	70	
7	AIP71A4Y3	0,55	1,69	0,7	70,5	
8	AIP71B4Y3	0,75	2,14	0,73	73	
9	AIP71B6Y3	0,55	1,74	0,7	68	
10	AIP71A6Y3	0,37	1,31	0,65	65	
11	AIP56B2Y3	0,37	1,26	0,86	64	
12	AIP80A6Y3	0,55	2,26	0,72	80	
13	AIP63A4Y3	0,25	0,83	0,67	68	
14	AIP71B4Y3	0,75	2,17	0,73	72	
15	AIP80A4Y3	1,1	2,75	0,81	75	
16	AIP71A4Y3	0,75	2,17	0,73	72	
17	AIP71A4Y3	0,55	1,69	0,7	70,5	

Потужність, споживана усіма двигунами ремонтної майстерні, дорівнює:

$$\text{активна } P_1 = \sum_{i=1}^{21} P_{1i}, \text{ кВт; реактивна } Q_1 = \sum_{i=1}^{21} Q_{1i}, \text{ квар.}$$

Сумарні втрати активної потужності у провідниках живлення двигунів обчислюються за формулою:

$$\Delta P_{\text{пр}} = 3 \sum_{i=1}^{21} \left(\frac{P_i \cdot k_{\text{пр}}}{\sqrt{3} U_n \eta_{\text{дв}}} \right)^2 R_{\text{пр}i}, \text{ кВт.}$$

Потужність на ввіді у ремонтну майстерню дорівнює:

$$\text{активна } P_e = P_1 + \Delta P_{\text{пр}}, \text{ кВт; реактивна } Q_e = Q_1, \text{ квар;}$$

$$\text{повна } S_e = \sqrt{P_e^2 + Q_e^2}, \text{ кВА.}$$

Струм на ввіді у ремонтну майстерню складає: $I_e = \frac{S_e}{\sqrt{3} U_n} \cdot 10^3, \text{ А.}$

Втрати у провідниках вводу (від опори до розподільчого щита майстерні)

становить:

$$\Delta P_e = 3 \cdot I_e^2 \cdot R_e \cdot 10^3, \text{ кВт,}$$

де R_e — опір провідників вводу, Ом

Втрати у лінії (від підстанції до майстерні) складають:

$$\Delta P_{\text{л}} = 3 \cdot I_{\text{л}}^2 \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

де $R_{\text{л}}$ - опір лінії, Ом.

Отже, сумарна споживана асинхронними двигунами майстерні

потужність становить:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{л}} + P_{\text{д}} + P_{\text{л}}, \text{ кВт}.$$

Середній час роботи асинхронних двигунів ремонтної майстерні за добу буде становити 5,1 год., а за рік – $5,1 \cdot 365 = 1861$ год.

Таким чином, річне споживання електроенергії асинхронними двигунами ремонтної майстерні становитиме:

$$\text{активної } wP = P_{\text{сум}} \cdot 1861, \text{ кВт} \cdot \text{год}; \quad \text{реактивної } wQ = Q_{\text{л}} \cdot 1861, \text{ квар} \cdot \text{год}.$$

Коефіцієнт потужності майстерні визначається за формулою:

$$\cos \varphi = \frac{wP}{\sqrt{wP^2 + wQ^2}}.$$

Плата за спожити асинхронними двигунами майстерні активну електроенергію становить:

$$\Pi_a = wP \cdot T, \text{ грн.},$$

де $T = 0,33$ - середня вартість активної електроенергії за розрахунковий період, грн/(кВт·год).

Розраховуючи плату за перетоки реактивної електроенергії приймаємо $Q_2 = 0$, оскільки генерація реактивної електроенергії у мережу

електропостачальної організації в точці обліку за розрахунковий період

відсутня. У відповідності із Методикою для низьковольтної розподільчої

мережі економічний еквівалент реактивної потужності буде рівним $D = 0,125$

кВт/квар.

Результати розрахунку ефективності застосування внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів зведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Результати розрахунку ефективності технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів ремонтної майстерні

Показник	Без компенсації	З компенсацією
Споживана асинхронними двигунами активна потужність, кВт	48,94	48,94
Споживана асинхронними двигунами реактивна потужність, квар	32,06	6,320
Втрати активної потужності у провідниках живлення двигунів, кВт	0,946	0,67
Загальний струм споживаний асинхронними двигунами, А	90,09	75,3
Коефіцієнт потужності рем. майстерні	0,67	0,993
Втрати активної потужності у провідниках вводу, кВт	0,779	0,545
Втрати активної потужності у мережі живлення (до ТП), кВт	2,72	1,9
Загальне споживання активної електроенергії за розрахунковий період, тис. кВт-год	99,36	96,14
Загальне споживання реактивної електроенергії, тис. квар-год	59,66	15,73
Плата за спожиту активну електроенергію, грн.	17620	17050
Основна плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії, грн.	2522	260
Надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП, грн.	489	23
Плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії, грн.	3011	283
Загальна плата за спожиту електроенергію, грн.	20631	17333

При проведенні розрахунку не враховувалось зменшення втрат активної електроенергії у трансформаторній підстанції та мережі від точки обліку до джерела живлення.

Розрахунки (табл. 7.2) показують, що при використанні технологічної компенсації асинхронних електродвигунів ремонтної майстерні річне споживання активної електроенергії зменшується на 3220 кВт-год (на 3,2%) і становитиме

96140 кВт·год, також суттєво знизиться споживання реактивної електроенергії з 59660 квар·год до 15730 квар·год (на 73,7%)

Транспортні втрати активної потужності у мережі живлення (від двигунів до шин нижчої напруги трансформаторної підстанції) зменшуються на 30% і становитимуть 1,9 кВт.

Основна плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії асинхронними двигунами майстерні зменшиться з 2522 грн. до 260 грн., тобто на 2262 грн.

Розрахунками встановлено, що за рахунок використання технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів ремонтної майстерні загальна річна плата за спожиту електроенергію зменшиться на 3298 грн. (15,9%).

Отримані результати підтверджують економічну доцільність використання технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів.

ВИСНОВОК

НУБІП України

У даній магістерській роботі було проведено розрахунок і комплектацію новим електрообладнанням ремонтної майстерні, що спеціалізується на ремонті автотракторної техніки.

НУБІП України

Також детально було розглянуто питання розробки заходів з використання технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів приводу робочих машин ремонтної майстерні.

НУБІП України

Застосування технологічної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів у ремонтній майстерні дозволяє:
зменшити плату за спожиту електричну енергію, що використовується на виробничі потреби у ремонтній майстерні.

НУБІП України

зменшити плату за перетоки реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та ремонтною майстернею.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року N 2388-VI

2. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 15, ст.126)

3. Закон України №555-IV від 20.02.2003р «Про альтернативні джерела енергії»

4. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - 6-е изд; перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 640 с.

5. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2014).

Розділ 1. Загальні правила. Глава 1.7 заземлення і захисні заходи електробезпеки

Глава 1.9 зовнішня ізоляція електроустановок

Розділ 2. Передавання електроенергії.

Глава 2.4 повітряні лінії електропередавання напругою до 1 кв

Глава 2.5 повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кв до 750 кв

Розділ 6. Електричне освітлення

6. ДНАОП 0.00. – 1.32 – 01. Правила будови електроустановок.

Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП „Фірма Гранмн”,

2001. – 117 с.

7. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказом Міністерства палива та енергетики України за № 258 від 25.07.2006

Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 1143/13017 від 25.10.2006.

8. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Основа, 1998. -380 с.

9. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий

/Госагропром СССР. -М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 191 с.

10. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі: Навчальний посібник для студентів вищих

навчальних закладів / Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Лут М.Т., Радько І.П. .
-К.: Аграр Медіа Груп, 2012.- 274 с.

11. Пястолов А.А., Ерошенко Г.И. Эксплуатация электрооборудования. - М.:
Агропромиздат, 1990. -287 с.

12. Г.П. Ерошенко, А.А. Пястолов. Курсовое и дипломное проектирование по
эксплуатации электрооборудования. - М.: Агропромиздат, 1988. - 160 с.

13. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова Т.М. Основи технічної експлуатації
енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків,
Факт, 2008. – 438 с.

14. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів
автоматизації. / М.Т. Лут, І.П. Радько, С.М. Волоштин -К.: Вид-во ТОВ "Аграр
Медіа Груп", 2012. - 878 с.

15. Електропривод: Підручник / Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І.
Савченко, О. Ю. Синявський, Д. Г. Войтюк, В. П. Лисенко; За ред.. Ю. М.
Лавріненка, Видавництво «Ліра-К». -К., 2009. – 504с

16. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві О.С. Марченко,
О.В. Дацішин, Ю.М. Лавріненко, та ін.; За ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай,
1995. – 416с.

17. Довідник сільського електрика. В.С. Олійник, В.С. Гайдук, В.Ф. Гончар та
ін.; За ред. В.С. Олійника. 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1989. – 264с.

18. Червинецький Л.С., Сторожук Л. О. Електричне освітлення та
опромінення: Посібник. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. -214с

19. Несправності силового електрообладнання /О.С.Марченко,
Ю.М.Лавріненко, Є.Л.Жулай, М.Т.Лут та ін. За ред. О.С.Марченка. - К.:
Урожай, 1994. - 288с.

20. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г.
Барыбина и др. М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.

21. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета
в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. Введ. в действие
с 01.01.1995. Минск: Изд-во стандартов, 1994. 63

22. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

23. Алякритский М.П., Мандрыкин С.А. Сушка электрических машин и трансформаторов. Изд. 2-е. М.: Энергия, 1974. – 72 с.

24. Корчемний Н.А., Машевский В.П. Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве. – К.: Урожай, 1998. – 176с.

25. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под. ред. Б.А.Князевского. – 2 – е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.

26. Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Защитное заземление и зануление электроустановок: Справочник. – СПб.: Политехника, 2005. – 400 с.

27. В.І.Гажаман. Електробезпека на виробництві. К., 2002. – 272 с.

28. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / М.Т.Лут, І.П.Радько, В.Г.Тракай, А.І.Чміль. – К.: Ви-д-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України