

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
„ _____ ” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПУНКТУ ДІАГНОСТУВАННЯ
КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ»**

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

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Синявський О.Ю.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Данільченко О.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Коробський В.В.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

ДОЦЕНТ, К.Т.Н. _____ /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” _____ ” 2025 р.
число місяць рік

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Данільченку Олегу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

Тема бакалаврської роботи: «Проектні рішення з розроблення електротехнічного обладнання пункту діагностування комутаційних апаратів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025 р. № 2607 „С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026.05.30
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- 1) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
- 2) Правила будови електроустановок (електрообладнання спеціальних установок).
- 3) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
- 4) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- 5) Правила користування електричною енергією.
- 6) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) Аналіз стану, перспектив і напрямків реалізації завдань, вирішуваних у роботі.
- 2) Технологічна частина.
- 3) Електротехнічна частина роботи.
- 4) Спеціальне завдання: «Способи підвищення експлуатаційної надійності апаратів керування і захисту».
- 5) Охорона праці.
- 6) Економічне обґрунтування роботи.
- 7) Висновки. Список використаних джерел.
- 8) Додатки.

Перелік графічних документів (за потреби):

1. План приміщення пункту діагностування комутаційних апаратів. Силове електрообладнання.

2. План приміщення пункту діагностування комутаційних апаратів.
Освітлювальна мережа.

3. Установка для дослідження електромагнітних пускачів. Схема електрична принципова. Силове коло. Схема керування. Графік залежності електроерозійного зносу нерухомих контакт-деталей пускача ПМЛ-1100. Графік залежності перехідного опору контактів пускачів.

4. Напівавтоматичний пристрій для перевірки і регулювання електротеплових реле. Схема електрична принципова. Напівавтоматичний пристрій для перевірки і регулювання електротеплових реле. Схема електричних з'єднань.

Дата видачі завдання _____ 03 листопада 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Коробський В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Данільченко О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ, ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМКІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВДАНЬ, ВИРІШУВАНИХ У ПРОЕКТІ

В агропромисловому секторі України актуальною є проблема надійності електрообладнання і, зокрема, електромагнітних пускачів, оскільки розвиток сучасного сільського господарства нерозривно пов'язаний із впровадженням і застосуванням нових технологій виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції. Повноцінне функціонування електрифікованого технологічного обладнання неможливе без використання надійних комутаційних апаратів.

Надійність електромагнітних пускачів - одна із складних і багатогранних технічних проблем, яка пояснюється наступними об'єктивними причинами:

- різким збільшенням складності і багатофункціональності сучасних технологічних систем, які включають тисячі окремих вузлів і елементів (відмова їх викликає великі технічні, економічні і екологічні втрати);
- екстремальністю умов, в яких експлуатуються пускачі (високі швидкості, значні прискорення, високі температури і тиск, вібрація, підвищена радіація, наявність агресивних домішок в оточуючому середовищі тощо);
- інтенсивністю режимів роботи електрообладнання або окремих вузлів пускача (при підвищених температурах, частих комутаціях, контактному натиску, густині струму тощо);
- збільшенням відповідальності функцій, які виконує пускач, високою економічною і технічною вартістю відмови;
- повною або частковою автоматизацією і, як наслідок, неспроможністю обслуговуючого персоналу, виключенням безпосереднього контролю людиною функціонування технологічної системи та її елементів.

Керування надійністю електромагнітних пускачів і основні напрямки їх вдосконалення безпосередньо пов'язані зі створенням та впровадженням нових матеріалів, які можуть забезпечити задані показники надійності комутуючих

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

пристроїв, зниження матеріальних витрат на виробництво апаратів і економію благородних металів.

Сучасні електромагнітні пускачі мають суттєві недоліки при їх використанні в умовах сільськогосподарського виробництва. Термін служби апаратів, які експлуатуються в тваринницьких виробничих приміщеннях, в середньому складає 0,5...3,0 років, що значно нижче їх технічного ресурсу. Більшість пускачів комплектується контакт-деталлями, які виготовлені на основі срібла з домішками. Специфічні умови експлуатації апаратів керування і захисту в сільському господарстві та недостатній рівень обслуговування призводять до масових несправностей, як правило, внаслідок відмов комутуючих пристроїв (60%). Слід підкреслити такий факт, що при виготовленні апаратів приблизно 65 % вартості їх матеріалів складає вартість срібловмістких контакт-деталей [21].

Контактні матеріали на основі срібла відзначаються серйозними недоліками - відносно високою вартістю та низькою корозійною тривкістю при взаємодії з оточуючим середовищем, яке містить агресивні компоненти (наприклад сірководень), що особливо проявляється при роботі в умовах тваринництва у випадку розгерметизації комплектного пристрою або неадекватного вибору апарату по ступеню захисту.

В умовах України, де срібло не видобувається і за різкого підвищення цін на благородні метали виникає гостра потреба заміни срібних і срібловмістких контакт-деталей на контакти і контактні пари, які виготовлені з менш дефіцитних і більш технологічних матеріалів.

Пов'язуючи все вищезгадане, актуальним і перспективним завданням є розробка заходів, які б дозволили підвищити ефективність і експлуатаційну надійність електромагнітних пускачів завдяки застосуванню в них економічно доцільних композиційних контактних матеріалів на основі міді.

Задачі бакалаврської роботи визначено на основі аналізу господарської діяльності підприємства та завдання кафедри, а саме:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

– вибрати електротехнічне обладнання пункту діагностування комутаційних апаратів, проаналізувати процеси обслуговування та ремонту і запропонувати їх вдосконалення;

– провести аналіз існуючих контактних матеріалів, які застосовуються в електромагнітних пусках, лабораторні випробування на корозійну тривкість дослідних контактних матеріалів на основі міді;

– створити математичну модель прогнозування перехідного опору $R_{пер}$ та електроерозійного зношування контакт-деталей залежно від кількості комутаційних циклів з метою підвищення надійності.

Метою бакалаврської роботи є розробка основних проєктних рішень з розроблення електротехнічного обладнання пункту діагностування комутаційних апаратів із застосуванням прогресивної технології ремонту апаратів керування для підвищення експлуатаційної надійності та проведення післяремонтних випробувань.

Предметом дослідження є фізико-механічні процеси, що відбуваються в електротехнічному обладнанні, залежності, які характеризують електричну ерозію та перехідний опір контактів пускачів залежно від умов експлуатації.

Об'єкт дослідження – проєктні рішення з розроблення електротехнічного обладнання пункту діагностування комутаційних апаратів, електротеплові та фізико-хімічні процеси в комутуючих пристроях електромагнітних пускачів.

Метод дослідження – дослідження електроерозійної стійкості і перехідного опору контактів проводилось за допомогою метода факторних експериментів при варіації різноманітних факторів.

Дослідження впливу експлуатаційних факторів - шляхом фізичного моделювання реальних режимів експлуатації, з застосуванням методів математичної статистики, теорії імовірностей та використання програмних продуктів «MathCAD 7 Professional», «Statistika».

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування і вибір сервісної бази пункту діагностування комутаційних апаратів

Зазначена сервісна база пункту діагностування призначена для проведення діагностування, технічного обслуговування, поточного ремонту комутаційних електричних апаратів, усунення раптово виникаючих пошкоджень і несправностей, сушіння, просочування і фарбування, підготовчо-монтажних, налагоджувальних і зварювальних робіт.

До сервісної бази пункту входять наступні виробничі і допоміжні приміщення:

1. Бокс для стоянки робочого автомобіля. В боксі передбачено ТО і дрібний ремонт робочого автомобіля. Є оглядова яма, слюсарний верстат, секції стелажа для збереження запасних частин і слюсарних інструментів, підйомник гідравлічний з ручним приводом.

2. Дільниця фарбування. Призначена для можливості фарбування електрообладнання після виконання ТО і ПР (якщо необхідно). В приміщенні розташована камера для фарбування, шафа для малярних інструментів, фарборозпилювач тощо.

3. Дільниця просочування і сушіння. Вона призначена для виконання робіт з просочування і сушіння обмоток асинхронних електродвигунів, трансформаторів, автотрансформаторів та інших виробів. Є стелаж, сушильна шафа, ванна для миття, витяжна шафа тощо.

4. Приміщення складу. Призначений для зберігання інструменту, монтажних належностей, запасних частин, обладнання яке пройшло ТО або ПР, або демонтовано для проходження ТО або ПР.

5. Ремонтно-монтажна дільниця. Є основним виробничим приміщенням. В ній проводиться основний об'єм робіт з розбирання,

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

дефектування, миття та очищення обладнання. Проектом передбачається встановлення стендів для ремонту і регулювання апаратів, освітлювальних установок, електродвигунів тощо.

6. Побутові приміщення.

7. Кабінет майстра.

8. Венткамера. В ній встановлено витяжний вентилятор для відсмоктування пилу та шкідливих парів із приміщень пункту.

9. Електрощитова, в ній встановлені електросилові розподільчі пункти та освітлювальні щитки.

Характеристика основних і допоміжних приміщень сервісної бази наведена в табл. 2.1.

2.2 Визначення складу та площі ділянок сервісної бази

Сервісна база пункту діагностування повинна забезпечувати:

- проведення ПР електрообладнання згідно переліку необхідних робіт;
- зберігання матеріалів і запасних частин в об'ємах, необхідних для безперебійного забезпечення ТО або робіт з поточному ремонту;
- зберігання технічної документації, захисних засобів, інструментів і пристосувань.

Для проведення робіт з ТО необхідно передбачити наступні ділянки: ремонтно-монтажна; заготівлі конструкцій; фарбування; просочування і сушіння; витратний склад

2.3 Розрахунок вентиляції

З метою забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці (потрібно, щоб мікроклімат в приміщенні відповідав певним санітарним нормам), на пункті діагностування передбачено в усіх приміщеннях встановити вентиляційні системи.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Характеристика основних і допоміжних приміщень сервісної бази

Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщень			
		за умовами оточуючого середовища	за ступенем враження електричним струмом	за ступенем вогне- стійкості	за надійністю електро- постачання
Бокс для стоянки робочого автомобіля	54,1	сухе	без підвищеної безпеки	В	ІІІ
Дільниця фарбування	11,5	сухе	без підвищеної безпеки	А	ІІ
Дільниця просочування і сушіння	17,6	сухе	з підвищеною небезпекою	А	ІІ
Склад	34,7	сухе	без підвищеної небезпеки	В	ІІ
Ремонтно - монтажна дільниця	67,3	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ
Дільниця заготівлі конструкцій	35,5	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ
Кабінет майстра	9,3	сухе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
Побутові приміщення:					
- кімнати спецодягу	18,0	сухе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
- душова	5,25	особливо вологе	з підвищеною небезпекою	Д	ІІІ
- тамбур	10,4	сухе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
- санвузол	9,0	вологе	без підвищеної безпеки	Д	ІІІ
Венткамера	56,0	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ
Електрощитова	10,0	сухе	з підвищеною небезпекою	В	ІІ

Природна вентиляція застосовується в тих випадках, коли по встановленим нормам, кратність повітрообміну в приміщенні менша ніж три. В приміщеннях, де кратність вище 3-х, передбачається застосування примусової або комбінованої системи вентиляції.

Розрахунок вентиляції наведено на прикладі витяжної системи ремонтно-монтажній дільниці зі столом для паяння обмоток. Для розрахунку використовуються норми повітрообміну, які встановлені вимогами [6].

Необхідний обмін повітря приміщення дільниці за годину визначаємо за формулою:

$$L_H = V \cdot k_p, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.1)$$

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 забезпечувати 2...2,5 кратному обміну повітря за годину.

Для подальших розрахунків приймаємо $k_p = 2,5$. На основі цих вихідних даних отримуємо:

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

Місцеве відсмоктування повітря на робочому місці виконане у вигляді витяжної шафи, кількість повітря, яке видаляється із шафи визначаємо за формулою:

$$L_{ш} = 3600 \cdot V_{сер} \cdot F, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.2)$$

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

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

В результаті підстановки отримуємо:

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

Вибирається шафа, яка буде використовуватися на зварювальному посту, розмірами 2020x800x2100 мм. Кількість повітря, що видаляється із шафи становить 3240 $\text{м}^3/\text{год}$.

Сумарний повітрообмін визначається за формулою:

$$\sum L = L_H + L_{ш}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.3)$$

Після підстановки даних отримуємо:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$\sum L = 131,1 + 3240 = 3371,1 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Видалення повітря із приміщення здійснюється із верхньої або нижньої зони. По розміру витяжної шафи приймаємо повітропровід кратного перерізу 276х276 мм із оцинкованої сталі.

Опір мережі повітропроводів визначаємо за формулою:

$$H_c = 0,0825 \cdot \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \beta \right) \frac{L^2 \cdot \gamma}{d^4}, \text{ кг/м}^3, \quad (2.4)$$

де $\lambda = 0,05$ коефіцієнт опору мережі на прямолінійних ділянках мережі;

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

$d = 0,315 \text{ мм}$ - діаметр повітропроводу;

L - секундна витрата повітря, м³/с:

$$L = 3371,1 \text{ м}^3/\text{год} = 0,94 \text{ м}^3/\text{с};$$

γ - густина повітря у повітропроводі; при $t = 18^\circ\text{C}$ - $\gamma = 12,1 \text{ кг/м}^3$;

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

$$\sum \beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7, \quad (2.5)$$

де $\beta_1 = 0,22$ - коефіцієнт опору конічного повітропроводу з кутом $\alpha = 60^\circ$;

β_2 і β_4 - коефіцієнт опорів відводу;

$$\beta_2 = \beta_4 = 0,25;$$

$\beta_3 = \beta_5 = 0,6$ - коефіцієнт опору бокових входів;

$\beta_6 = 1,0$ - коефіцієнт опору прямокутного трійника;

$\beta_7 = 1,3$ - коефіцієнт опору зонту звичайного.

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

Після підстановки відповідних значень отримуємо:

$$H_c = 0,0825 \cdot \left(0,015 \cdot \frac{7,0}{0,315} + 4,22 \right) \frac{0,94^2}{9,84} \frac{12,1}{10^3} = 40,9 \text{ кг/м}^3.$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Приведений тиск P , який повинен забезпечувати вентилятор, визначаємо за формулою:

$$P = H_c \cdot \frac{273+t}{273+t_l}, \text{ кг / м}^2, \quad (2.6)$$

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

$t_l = 18^\circ\text{C}$ - температура повітря в системі:

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

Враховуючи підсмоктування повітря, подача вентилятора повинна бути збільшена в порівнянні з розрахунковою на 10% [6]:

$$L_b = 1,1 \cdot 3371,1 = 3404,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

За величиною приведенного тиску і подачею повітря вибирається промисловий вентилятор ВР 287-46 (ВЦ 14-46) №5 НЖ з наступними характеристиками:

- подача $L_b = 1,43 \dots 8,3 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- тиск $P = 180 \dots 830 \text{ Па}$;
- частота обертання $n = 930 \dots 1420 \text{ об/хв}$;
- потужність двигуна $P_{\text{ел.дв.}} = 1,0 \dots 1,7 \text{ кВт}$.

Результати розрахунків витяжної вентиляції приміщень пункту зводимо до табл. 2.2.

2.4 Технологічні процеси на сервісній базі з обслуговування та ремонту силового електрообладнання

Спеціалізована сервісна база з пунктом діагностування електрообладнання призначена для проведення технічного обслуговування, поточного капітального ремонту силового електрообладнання.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Витяжна вентиляція пункту діагностування

Найменування обладнання	Кількість повітря, що видається, м ³ /год		Тип електро-двигуна	Тип місцевого відсосу	Кількість	Тип вентилятора
	відносна	всього				
Очищувач пароводоструменевий	1500	1500	АИР71В4	витяжна шафа	1	ВР 287-46 №3
Ванна для миття	1750	1750	АИР80А6	-II-	1	ВР 287-46 №4
Стіл для паяння обмотки	3400	3400	АИР80А4	-II-	1	ВР 287-46 №5
Шафа для зберігання запчастин	1010	1010	АИР63В4	-II-	1	ВР 287-46 №3
Фарбувальний цех	170	170	АИР63А4	-II-	1	ВР 287-46 №2
Ванна для миття деталей в гасі	600	600	АИР63А4	-II-	1	ВР 287-46 №2,5
Електронагрівач	620	620	АИР63А4	-II-	1	ВР 287-46 №2,5
Ванна для ремонту зношених деталей і збірних одиниць	1370	1370	АИР71В4	-II-	1	ВР 287-46 №3
Стіл для електро-зварювальних робіт	1970	1970	АИР80А6	ПРВ	1	ВР 287-46 №5
Горн ковальський на два вогні	4500	4500	АИР80А4	зонт	1	ВР 287-46 №5
Верстат для збирання і розбирання апаратів	1970	1970	АИР80А6	ПРВ	1	ВР 287-46 0 №4
Стенд налаштування та післяремонтних випробовувань	1400	1400	АИР63В2	витяжна шафа	1	ВР 287-46 №3

Технологічний процес ремонту включає в себе наступні технологічні операції:

- доставка на базу;
- розбирання;
- очищення і мийка вузлів та агрегатів;
- дефектування;
- ремонт зношених деталей і збірних одиниць;
- комплектування;
- збирання;
- налаштування та післяремонтні випробовування;

- фарбування та сушіння;
- направлення на склад ремонтного фонду або на місце монтажу.

Процес ремонту розпочинається з миття. В технологічному процесі ремонту, миття і очистка виконується в декілька станів: зовнішнє миття; миття збірних одиниць; очистка окремих деталей в спеціальних машинах.

Починаючи ремонт, обладнання частково розбирають на агрегати для повторного миття, потім по конвеєру подають в камеру повторного миття, після чого його розбирають повністю.

З дільниці розбирання агрегатів і миття деталей контейнери з деталями надходять на дільницю дефектування.

Мета дефектування - встановити істинний технічний стан деталей і вузлів, прийняти правильне рішення про можливість їх подальшого використання. З дільниці дефектування контейнери надходять на дільницю комплектації. Мета цих робіт - підготувати комплекти деталей для збирання агрегатів. Зібрані і перевірені вузли і агрегати фарбують і подають на лінію збирання.

Деякі вузли перед заключним встановленням збирають і випробовують в зібраному вигляді на окремих дільницях бази. На дільниці фарбування проводяться роботи по підготовці поверхні до фарбування і відбувається сам процес фарбування.

2.5 Вибір технологічного обладнання

На сервісній базі передбачається сучасне технологічне обладнання, яке забезпечує виконання широкого комплексу технологічних операцій з технологічного обслуговування і поточного ремонту електрообладнання.

Технологічне обладнання ремонтно-монтажної дільниці повинна забезпечувати можливість продуктивного і якісного виконання розбірних робіт, миття вузлів і деталей, дефектування і транспортування агрегатів, вузлів на відповідні ремонтні дільниці.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розміщення обладнання на окремих ділянках проводиться з урахуванням послідовності ремонту і механізації передавальних операцій. Ремонтно-монтажні роботи виконуються на спеціалізованих місцях.

Для налагодження електрообладнання, контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації застосовують пересувну електролабораторію ЕНЛ – на базі автомобіля «Ланос» або «Таврія-Пікап». Джерелом живлення є зовнішня мережа 220В/380В; кількість персоналу - 2 працюючих.

Лабораторія комплектується інструментами та приладами, за допомогою яких виконуються вимірювання опору ізоляції обмоток електричних машин та іншого обладнання, випробування силових кабелів напругою до 10 кВ, вимірювання опору на постійному струмі, контурів заземлення і заземлюючих пристроїв, визначення групи з'єднання обмоток трансформаторів, полярності обмоток електричних машин тощо.

Для розбирання двигунів, трансформаторів, інших вузлів з великою вагою використовують підвісні крани (кран-балки).

Для виконання контрольно-дефектних робіт і комплектування використовуються контрольно-вимірювальні стенди, столи, шафи, вимірювальний інструмент та пристосування для дефектування і сортування деталей.

На слюсарно-механічній ділянці виконуються роботи по механічній обробці деталей і деякі слюсарні роботи по ремонту деталей, виготовлення нестандартного обладнання, технологічної оснастки і інструменту.

Технологічне обладнання ділянки включає токарно-гвинтовий верстат, універсально-фрезерувальний верстат, вертикально-свердлильний верстат.

Зварювання і наварювання металів бувають найбільш поширеними технологічними процесами при виконанні механічних ремонтних робіт. Для цих робіт в основному використовують електродугове зварювання. Додатково на ковальсько-зварювальній ділянці майстерні виконуються роботи по відновленню деталей тиском, виготовлення нових деталей і окремих їх частин.

Для різноманітних ковальських робіт, що виконані методом зварного кування на плоских і фасонних бабках використовуються пневматичні ковальські молоти.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Для нагрівання деталей використовуються ковальські горни і нагрівні печі.

На збиральній ділянці виконуються ремонтно-монтажні роботи, пов'язані із збиранням, регулюванням електрообладнання. Ділянка обладнана стендами для збирання вузлів електрообладнання і різним випробувальним обладнанням. До обладнання пункту діагностування електрообладнання відноситься спеціалізовані стенди, що використовується для перевірки і регулювання електрообладнання, універсальний випробувальний стенд сільського електрика (УИССЭ) або більш сучасний пристрій тощо.

Розміщення технологічного обладнання на базі наведено в додатку А, специфікація основного технологічного обладнання, встановленого на ділянках та в приміщеннях бази, приводяться в табл. 2.3.

2.6 Порядок організації монтажу, налагодження та здачі в експлуатацію

Організацію і проведення робіт по монтажу електрообладнання слід виконувати згідно затвердженого проекту з додержанням ПУЕ, ПТЕ і ПТБ, ДБН, ДСТУ та інших нормативних документів.

Силове електрообладнання, проводи, кабелі, кріплення виробів повинно передаватися монтажною організацією після перевірки повної доставки і відповідності комплектним відомостям підприємства-виробника. Проектно-кошторисна документація і технічна документація підприємств-виробників повинна передаватися електромонтажною організацією регламенту проведення приймально-здавальних робіт.

Сучасна технологія електромонтажних робіт передбачає виконання їх у дві стадії. На першій виконуються роботи по встановленню закладних деталей в будівельних конструкціях, підготовка траси електропроводок і заземлення, а також встановлення і укріплення поза монтажною зоною вузлів і блоків по прокладанні мереж готовими трасами.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

**Електрообладнання та пристрої бази, які застосовуються для
проведення діагностування і обслуговування енергообладнання**

№ з/п	Найменування обладнання	Тип, ГОСТ	Габарити, мм	Кількість, шт.	Встановлена потужність, кВт
1	2	3	4	5	6
1	Камера для фарбування	К0.00.000.ЦИТЕПр. в-ва	1832x920x1726	1	
2	Фарборозпилювач	СО-71А		1	
3	Шафа сушильна	СНОЛ-3,5Х3,5 35/343	1400x350	1	40
4	Шафа сушильна	ЦЕП-282А		1	7,5
5	Ванна для миття (рухома)	ОМ-1316	1250x620x960	2	
6	Шафа витяжна для сушильного бака	ШВ.00.000.ЦИТЕП	1530x1270x2560	1	
7.	Таль рухома черв'якова	ГОСТ 1106-74		1	
8	Ванна для нагрівання підшипників	ОКС-1513	1360x500x850	1	30
9	Пристрій для миття заглибних насосів	ОРГ-4990	1200x500x1000	1	3,5
10	Установка для миття		1000x500x1000		3,72
11	Стенд для ремонту ПРА		1540x900x1270	1	4,5
12	Стенд для ремонту і перевірки опромінювальних і освітлювальних установок	ЭЗ7Н.000.ВНИИПЭ М с.г.	1600x900x1300	1	2,2
14	Компресор гаражний рухомий	Модель 1136В2		1	1,5
15	Верстат стенда для ремонту асинхронних двигунів	ЭЗ6ИВНИИПЭМ с.г.		1	
16	Силовий пункт стенду	Э40Н ВНИИПЭМ с.г.	510x260x600	1	30
17	Верстат слюсарний	5105.000.	1500x600x600	6	
18	Верстат настільний свердильний	НС-12А		1	0,6
19	Прес гідравлічний	Модель 2153		1	0,8

1	2	3	4	5	6
20	Стіл монтажний металічний	OPF 1468-01	1200x800x600	1	
21	Кран підвісний	0,5-51-4,5-6-2201.380 ГОСТ 7890-76		1	1,23
22	Кран консольно-поворотний	ОПТ-1153		1	0,87
23	Трансформатор пайки мідних проводів	ОСЗ-3105	400x500x500	1	3,0
24	Стіл для електрозварювальних робіт	ОКС-7523	1100x750x715	1	
25	Трансформатор зварювальний рухомий	ТД-300-2У2 5157.000	640x490x715	1	19,4
26	Верстат обдирувально-шліфувальний	ЗБ534	1000x665x1230	1	4,6
27	Установка пиловловлююча	Зонт-900М		1	1,5
28	Гідравлічна установка для згинання труб	РТГ-2		1	

На другій стадії виконуються роботи по складанню попередньо доставлених вузлів і блоків, світильників і підключення проводів та кабелів до електрообладнання. Після закінчення монтажу, по мірі виконання робіт, електрообладнання передається електромонтажній організації під наладку замовнику і організації по виконанню пусконаладжувальних робіт по акту.

Повідомлення про готовність електрообладнання до приймання робочою комісією повинно передаватися генеральному підрядчику електромонтажною і пусконаладжувальною організаціями спільно. При цьому повинна бути надана документація:

- комплект робочих креслень електротехнічної частини;
- акти і протоколи по електромонтажним і налагоджувальним роботам;
- комплект заводської документації.

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Перевірка силового електрообладнання

Оскільки все технологічне обладнання поставляється комплектне, разом з електродвигуном і апаратурою керування та захисту, то проведемо перевірку цього встановленого електрообладнання. Порядок перевірки здійснюємо на прикладі вибору електропривода для вентилятора ВР 287-46 (ВЦ 14-46) №5 НЖ, що входить в комплект витяжної установки ВУ-2.

Встановлену потужність електродвигуна вентилятора визначаємо за формулою:

$$P_B = \frac{k_3 \cdot L_o \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_e \cdot \eta_n \cdot \eta_{nid}}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

де $k_3 = 1,2$ - коефіцієнт запасу потужності;

$P = 41,2 \text{ кг/см}^3$ - приведений тиск, що створює вентилятор;

$L_o = 3405 \text{ м}^3/\text{год}$ - дійсна подача вентилятора;

$\eta_e = 0,6$ - ККД вентилятора;

$\eta_n = 1$ - ККД передачі;

$\eta_{nid} = 0,98$ - ККД підшипників.

Після підстановки даних отримуємо:

$$P_B = \frac{1,2 \cdot 3405 \cdot 41,2}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6 \cdot 0,98} = 0,77 \text{ кВт}.$$

Електродвигун вентилятора працює в тривалому режимі роботи з постійним навантаженням. Номінальна потужність електродвигуна вибирається, виходячи з умови:

$$P_{ном} \geq P_B. \quad (3.2)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

В даному випадку вибирається електродвигун марки АИР80А4СУ2. Має технічні характеристики: $P_{ном} = 1,1 \text{ кВт}$; $n_{ном} = 1395 \text{ об/хв.}$; $I_{ном} = 2,75 \text{ А}$.

Отже, вибраний електродвигун задовольняє вимогам вибору двигунів за потужністю. Але згідно вимог нормативних документів механічна характеристика привідного двигуна має узгоджуватися з механічною характеристикою робочої машини - вентилятора.

Механічну характеристику вентилятора визначаємо розрахунковим шляхом. Для цього використовується формула:

$$M_c = M_{co} + (M_{сн} + M_{co}) \cdot (\omega/\omega_n)^x, \text{ Нм}, \quad (3.3)$$

де M_{co} - статичний момент зрушення робочого органу, який не залежить від зміни швидкості, Нм ;

$M_{сн}$ - момент статичних опорів вентилятора при номінальній швидкості, Нм ;

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

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

x - коефіцієнт, що характеризує ступінь залежності моменту статичних опорів від швидкості. Для вентиляторів: $x = 2$.

$$M_{сн} = 9550 \cdot \frac{P_B}{\eta_H}, \text{ Нм}, \quad (3.4)$$

$$M_{сн} = 9550 \cdot \frac{0,77}{1395} = 5,27 \text{ Нм}.$$

$$\omega_n = \frac{2 \pi n_n}{60}, \text{ с}^{-1}, \quad (3.5)$$

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

$$M_{co} = 0,15 \cdot M_{сн}, \text{ Нм}, \quad (3.6)$$

$$M_{co} = 0,15 \cdot 5,27 = 0,79 \text{ Нм}.$$

Результати розрахунків зводяться до табл. 3.1.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Дані для побудови механічної характеристики вентилятора

ω, c^{-1}	0	31,4	62,8	94,2	125,1	146	157
$M_c, Нм$	0,79	0,99	1,61	2,65	4,08	5,27	5,97

Приведений момент інерції робочої машини визначається за формулою:

$$\gamma_{np} = \gamma_{dv} + \gamma_v, Нм^2, \quad (3.7)$$

де $\gamma_{dv} = 0,032 Нм^2$ - момент інерції двигуна;

$\gamma_v = 0,09 Нм^2$ - момент інерції вентилятора.

$$\gamma_{np} = 0,032 + 0,09 = 0,122 Нм^2.$$

Користуючись каталожними даними електродвигуна АИР80А4СУ2 розраховуємо його механічну характеристику:

$$P_n = 1,1 кВт; n_n = 1395 об/хв.; I_n = 2,75 А; \eta = 75 \%; \cos\varphi = 0.81;$$

$$\mu_n = 2,2; \mu_{min} = 1,6; \mu_{max} = 2,2; k_i = 5,5; \gamma_{dv} = 0,032 Нм^2.$$

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{\eta_n};$$

$$M_{max} = \mu_{max} \cdot M_n = 2,2 \cdot M_n;$$

$$M_n = 9550 \cdot \frac{1,1}{1395} = 7,5 Нм;$$

$$M_{max} = \mu_{min} \cdot M_n;$$

$$M_{пуск} = \mu_{пуск} \cdot M_n;$$

$$M_{min} = 1,6 \cdot 7,5 = 16,56 Нм.$$

Номінальне ковзання двигуна визначається за формулою:

$$s_H = \frac{n_c - n_H}{n_c}, \quad (3.8)$$

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

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Механічна характеристика двигуна будується за п'ятьма характерними точками:

1. $s = 0; M = 0;$
2. $s = s_H; M = M_H;$
3. $s = s_{кр}; M = M_{кр} = M_{макс};$
4. $s = s_{мін}=0,8; M = M_{мін};$
5. $s = 1; M = M_{пуск}.$

Враховуючи розкид параметрів електродвигуна допускається:

- зменшення максимального моменту на 10 %;
- мінімального моменту на 20 %;
- пускового моменту на 15 % від номінального значення.

Тоді з врахуванням вищезазначеного, отримуємо:

1. $s = 0; M' = 0;$
2. $s_H; M'_H = M_H;$
3. $s_{кр}; M'_{кр} = 0,9 \cdot M_{кр};$
4. $s_{мін}= 0,8; M'_{мін} = 0,80 \cdot M_{мін};$
5. $s = 1; M'_{пуск} = 0,85 \cdot M_{пуск}.$

Допускається також відхилення напруги на затискачах електродвигуна до $\Delta U = -5 \%$, а як відомо момент машини на валу асинхронного двигуна прямо пропорційний квадрату прикладеної напруги:

Тоді:

1. $S=0; M'' = 0;$
2. $s_H; M''_H = 0,95^2 \cdot M'_H;$
3. $s_{кр}; M''_{кр} = 0,95^2 \cdot M'_{кр};$
4. $s_{мін}=0,8; M''_{мін}=0,95^2 \cdot M'_{мін};$
5. $s=1; M''_{пуск}=0,95^2 \cdot M'_{пуск}.$

Результати розрахунків зводяться до табл. 3.2. Механічна характеристика електродвигуна представлена на рис. 3.1.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Динамічний момент електродвигуна визначається за формулою:

$$M_{дин} = M_{дв} - M_c, \quad (3.9)$$

де $M_{дв}$ - момент, що розвиває електродвигун, $Нм$;

M_c - момент опору вентилятора.

Таблиця 3.2

Дані для побудови механічних характеристик електродвигуна АИР80А4СУ2

s	0	0,07	0,21	0,8	1
$M, Нм$	0	7,5	16,56	12	16,56
$M', Нм$	0	6,7	14,9	10,8	14,9
$M'', Нм$	0	6,05	13,41	8,64	12,6

Визначається час пуску електродвигуна графо-аналітичним методом. Оскільки при пуску динамічний момент весь час змінюється, то для визначення часу пуску системи „електродвигун - вентилятор”, необхідно взяти невеликі прирости швидкості, протягом яких динамічний момент змінюється незначно і дорівнює середньому значенню за час Δt_l , який необхідний для приросту швидкості на $\Delta \omega$. Формула для підрахунку приросту часу має такий вигляд:

$$\Delta t = \frac{\gamma_{пр} \cdot \Delta \omega_i}{M_{дин,сер}}, \quad (3.10)$$

Результати розрахунків зводяться до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Дані визначення часу пуску системи електроприводу

$\gamma_{пр}, Нм^2$	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122
$\Delta \omega, c^{-1}$	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4
$M_{дин}, Нм$	10,05	8,25	9,0	9,3	5,25
$\Delta t, c$	0,35	0,43	0,39	0,38	0,68

Час пуску двигуна буде дорівнювати:

$$t_n = \sum \Delta t_i = 2,2 \text{ с.} \quad (3.11)$$

Результати визначення часу пуску електродвигуна графо-аналітичним методом представлені на рис. 3.1.

Нагрівання двигуна за час пуску можна визначити за формулою:

$$\theta = \theta_c + V_t \cdot t_n, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.12)$$

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

$V_t = 5,9^\circ\text{C}/\text{с}$ - швидкість зростання температури;

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

Після підстановки, за цими даними отримаємо:

$$\theta = 20 + 5,9 \cdot 2,2 = 32,9^\circ\text{C}.$$

Нагрівання електродвигуна за час пуску незначне. Отже, електродвигун цілком підходить для електроприводу даного вентилятора.

Результати вибору електродвигунів для приводу технологічних машин представлено в розрахунково-монтажній таблиці силової мережі на листу №1 графічної частини проекту.

3.2. Розрахунок і вибір внутрішніх силових електропроводок

При виконанні внутрішніх електропроводок у відповідності з вимогами [8, 9, 10, 11] повинні враховуватися наступні фактори:

- умови навколишнього середовища;
- довжина лінії;
- забезпечення пожежо- та вибухонебезпечних умов роботи електрообладнання;
- забезпечення безпеки праці персоналу;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- зручність експлуатації.

З врахуванням вищесказаного, приймаємо наступні основні рішення:

- силові мережі до стаціонарних споживачів прокладають проводом АПВ в сталевих трубах, а також кабелем марки АВВГ відкрито;
- пересувні струмоприймачі отримують живлення за допомогою кабелю марки КРПТ.

Розрахунок та вибір силової електропроводки від розподільчого щита до електродвигуна машини для миття, виконуємо за умовою нагрівання проводів тривало-допустимим струмом:

$$I_{т.доп.пр} \geq I_{роб.е.д}, \quad (3.3)$$

а також за умовою відповідності струму відсічки електромагнітного розчіплювача тривало-допустимому струму проводу:

$$\frac{I_{від.ел.магн.розч}}{I_{т.доп.пр.}} \leq 4,5. \quad (3.14)$$

Враховуючи те, що приймаємо автоматичний вимикач з комбінованими розчіплювачами, розрахунки проводяться відносно номінального струму електротеплового розчіплювача:

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

Згідно вимог [16] для електродвигуна машини для миття (АИР132S) з $I_H = 15,1$ А, прокладаємо кабель марки КРПТ з перерізом жил $F = 2,5$ мм². Тривало-допустимий струм кабелю дорівнює $I_{т.доп.пр.} = 25$ А.

$$I_{т.доп.пр} \geq I_{роб.ел.дв}, \quad (3.15)$$

$$25 \text{ А} \geq 15,1 \text{ А}.$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Для даного електродвигуна вибираємо автоматичний вимикач типу ВА47-25-340010P30УХЛ3. Його номінальний струм дорівнює $I_n = 25$ А, а струм електротеплового розчіплювача дорівнює $I_{нтр} = 16$ А.

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

Отже, умова узгодження з автоматичним вимикачем також виконується.

Для розподілення електроенергії в майстерні приймаються розподільчі пункти серії ПР 8501-023-IP21У3. Головний розподільчий пункт вибирається серії ПР 8501-074-IP21У3.

Результати розрахунків і вибору внутрішніх силових електропроводок приведені в розрахунково-монтажній таблиці (матеріали презентації).

3.3. Вибір апаратури керування і захисту

Апаратура керування і захисту вибирається, виходячи із номінальних даних самого апарату, тобто враховується рід струму, напруга мережі, частота вмикань контактів, комутаційна здатність контактів, категорія захисту від впливу навколишнього середовища та від потрапляння крапель води, кліматичне виконання та категорія розміщення, а також виходячи із номінальних даних струмоприймача.

Автоматичні вимикачі повинні задовольняти наступним вимогам:

1. $U_{AB} \geq U_H$;
2. $I_{H.AB} \geq I_{H.ДВ}$;
3. $I_{РОЗР} \geq I_{H.ДВ}$;
4. $I_{ЕЛ.М.ВДС} \geq (1,45 \dots 1,65) \cdot I_{ПУСК}$;
5. $I_{ГР.ВИМ.ЗД} \geq I^{(3)}_{КЗ}$.

Вибирається автоматичний вимикач ВА47-25-340010P30УХЛ для захисту електродвигуна АИР80А4СУ1. Даний автоматичний вимикач ВА47-25-340010P30УХЛ має наступні технічні характеристики:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$U_H = 380 \text{ В}, I_H = 25 \text{ А}, I_{\text{м.розч.}} = 4 \text{ А}, I_{\text{ел.м.відс.}} = 56 \text{ А}, I_{\text{гр.вим.зд.}} = 1,5 \text{ кА}.$$

Отже, можна зробити висновок, що даний автоматичний вимикач цілком задовольняє необхідним вимогам.

Електромагнітні пускачі повинні задовольняти наступним вимогам:

1. $U_{\text{ЕМП}} \geq U_{\text{МЕР.Н}};$
2. $I_{\text{ЕМП}} \geq I_{\text{Н.ДВ}};$
3. $I_{\text{ЕТР НОМ}} \geq I_{\text{Н.ДВ}}.;$
4. за напругою котушки;
5. за ступенем захисту.

Для дистанційного керування електродвигуном і для захисту його від перевантажень вибирається електромагнітний пускач ПМЛ-1220.О4АУЗ з електротепловим реле РТЛ-1008.О4. Дані пускача, мережі та електротеплового реле наведені нижче:

$$U_{\text{емп}} = 380 \text{ В}; U_{\text{м}} = 380 \text{ В}; U_{\text{кот емп}} = 220 \text{ В}; I_{\text{ЕМП}} = 10 \text{ А}; I_{\text{Н.ДВ}} = 2,75 \text{ А};$$

$$I_{\text{етр ном}} = 4,0 \text{ А}.$$

Отже, умови вибору виконуються, тобто електромагнітний пускач з електротепловим реле вибрані правильно.

Аналогічно вибирається апаратура захисту і керування для всіх інших струмоприймачів. Результати вибору представлені в розрахунково-монтажній таблиці силової мережі на листу №1 графічної частини.

3.4. Розрахунок електричного освітлення станції технічного обслуговування

Розрахунок освітленості станції виконується для прикладу на ремонтно-монтажній ділянці методом коефіцієнта використання світлового потоку. Ремонтно-монтажна ділянка має розміри:

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

Нормована освітленість (згідно галузевих норм) для світлодіодних світильників повинна дорівнювати 200 Лк. Для освітлення вибираються захищені світильники ОПАЛ-SL зі стрічковими світлодіодними лампами G13.

Коефіцієнт відбивання:

- стелі $p_{\text{ст.}} = 50\%$;
- стін $p_{\text{стн.}} = 30\%$;
- робочої поверхні $p_{\text{р.п.}} = 10\%$.

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p(A + B)}, \quad (3.16)$$

де A - довжина приміщення, м;

B - ширина приміщення, м;

$h_p = 5$ м - розрахункова висота підвісу світильника.

За даними знаходимо:

$$i = \frac{20,5 \cdot 11,5}{5 \cdot (20,5 + 11,5)} = 1,47.$$

Користуючись табл. 5.11 [19], залежно від коефіцієнтів відбивання та індексу приміщення i , для світильників ОПАЛ-SL, приймаємо коефіцієнти використання світлового потоку $\eta = 47\%$.

Середню величину коефіцієнта освітленості з врахуванням коефіцієнта запасу визначаємо за формулою:

$$E_{\text{ср}} = \frac{N \cdot \Phi \cdot \eta}{k_3 \cdot S}, \text{ Лк}, \quad (3.17)$$

де Φ - світловий потік однієї лампи, Лм;

N - кількість світильників, шт;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, %;

$k_3 = 1,3$ - коефіцієнт запасу;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

S - площа приміщення, $м^2$.

Виходячи з вищенаведеного, застосовується формула для визначення необхідного сумарного світлового потоку:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \text{Лм}, \quad (3.18)$$

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

$Z=1,1$ - коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$$Z = \frac{E_{cp}}{E_{min}} \geq 1, \quad (3.19)$$

k_3 - коефіцієнт запасу;

S - площа приміщення, $м^2$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

N - кількість рядів світильників, *шт.*

Після підстановки отримуємо:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 236 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,47} = 71728 \text{ Лм}.$$

Кількість світильників визначаємо із співвідношення:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_0}, \text{ шт.}, \quad (3.20)$$

де Φ - необхідний сумарний світловий потік, $Лм$;

Φ_0 - світловий потік одного світильника, $Лм$.

Приймаються світильники фірми ЕВРОСВЕТ типу 52Вт Опал-SL з стрічковими алюмінієвими світлодіодами з чіпами 2835, 6400К, 1200мм, світловий потік яких складає $F_{\lambda} = 4500 \text{ лм}$. Тоді, кількість світильників типу 52Вт Опал-SL для освітлення ремонтно-монтажної дільниці дорівнює:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$n = \frac{71728}{4500} = 16 \text{ шт.}$$

Приблизне розміщення деяких світильників на ділянці показано на рис. 3.2.

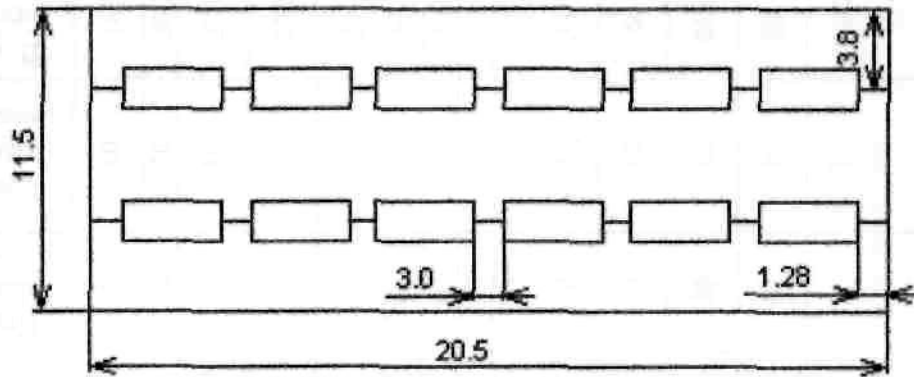


Рис. 3.2. Розміщення світильників у приміщенні ремонтно-монтажної ділянки.

Освітлення в інших приміщеннях станції ТО проводиться аналогічно і результати розрахунків зводяться до світлотехнічної відомості (табл. 3.4).

3.5. Розрахунок і вибір освітлювальних проводок. Вибір освітлювальних щитків

При проектування станції ТО приймаються такі умови покладання освітлювальної проводки:

- освітлювальна мережа виробничих приміщень виконується кабелем АВВГ на скобах, на тросу, а також проводом АПВ під штукатуркою і пустотах залізобетонних панелей;
- в адміністративно-побутових приміщеннях проводом АПВ, АППВ під штукатуркою і в пустотах залізобетонних панелей.

Розрахунок внутрішніх освітлювальних мереж зводиться до вибору перерізу проводу по тривало допустимому струму:

$$I_{тр.доп.пр.} \geq I_{роз.} \quad (3.21)$$

Сумарна потужність світильників, що встановлені на станції технічного обслуговування складає:

$$\sum P = 4,72 \text{ кВт.}$$

Встановлена потужність освітлювальної мережі дорівнює:

$$P_{вст.} = 6,14 \text{ кВт.}$$

Для живлення світильників вибирається освітлювальний щиток типу ЯОУ-8503-IP21УЗ з автоматичним вимикачем на вводі ВА47-29-340010P30 і автоматичними вимикачами на виході – однофазними ВА47-29-140010P20. Освітлення в ремонтній майстерні розбите на чотири групи.

Ремонтно-монтажна дільниця майстерні освітлюється 12 світильниками, кожний з яких має потужність, що дорівнює 0,08 кВт.

Момент навантаження освітлення дільниці визначається згідно формули:

$$M = P_{гр} \cdot l_{ун.}, \text{ кВт} \cdot \text{м}, \quad (3.22)$$

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

$$P_{гр} = 12 \cdot 0,08 = 0,96 \text{ кВт};$$

$l_{ун.}$ - відстань від розподільчого пункту до центру навантаження (визначається з плану освітлювальної мережі, лист графічної частини №2) $l_{ун.} = 13,5 \text{ м.}$

$$M = 0,96 \cdot 13,5 = 12,96 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Необхідний переріз провідників визначається за формулою:

$$F = \frac{M}{c \cdot E}, \text{ мм}^2, \quad (3.23)$$

де M - момент навантаження дільниці, кВт·м;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$c = 7,7$ - коефіцієнт, що залежить від напруги мережі і матеріалу провідника;

E - допустима втрата напруги в освітлювальній мережі.

Згідно вимог [18]: $E = 2,5 \%$. Після підстановки даних отримуємо:

$$F = \frac{12,96}{7,7 \cdot 2,5} = 0,6 \text{ мм}^2.$$

Для розрахункової ділянки освітлювальної мережі вибирається кабель АВВГ 1(2х2,5) з перерізом жил $2,5 \text{ мм}^2$.

Розрахунковий струм навантаження для даної ділянки визначається за формулою:

$$I_{p.гр} = \frac{P_{гр} \cdot 10^3}{U}, \text{ A}, \quad (3.24)$$

де $P_{гр}$ - потужність групи світильників, kW ;

$U = 220 \text{ В}$ - напруга освітлювальної мережі.

$$I_{p.гр} = \frac{0,96 \cdot 10^3}{220} = 4,36 \text{ A}.$$

Перевіряється вибраний кабель АВВГ:

$$I_{тр.доп.} \geq I_{p.гр}. \quad (3.25)$$

$$21 \text{ A} > 4,36 \text{ A}.$$

Умова за тривало-допустимим нагріванням провідників струмами навантаження виконується. Отже, поперечний переріз кабелю вибрано вірно.

Результати розрахунків освітлювальної мережі наведені в розрахунково-монтажній таблиці освітлюваної мережі.

Визначається розрахунковий струм на вводі освітлювального щитка за формулою:

$$I_{розр} = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \phi}, \text{ A}, \quad (3.26)$$

де $\sum P$ - сумарна потужність, Вт ;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

U_n - номінальна напруга мережі, В;

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

Здійснюється розрахунок для освітлювального щитка ЩО-1.

$$I_{розр} = \frac{1960}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,84} = 3,55 \text{ А.}$$

На вводі вибирається автоматичний вимикач серії ВА47-29-34 з номінальним струмом вимикача $I_{ном}=25 \text{ А}$ та номінальним струмом розчіплювала $I_{нтр}=6,3 \text{ А}$.

За даним розрахунковим струмом вибирається кабель АВВГ 1(4х4).

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АПАРАТІВ КЕРУВАННЯ І ЗАХИСТУ

До апаратів керування і захисту відносяться автоматичні вимикачі, електромагнітні та ручні пускачі, кнопки керування, запобіжники, а також універсальні пристрої захисту типу УВТЗ-1, УВТЗ-5, ФУЗ. Оскільки основними апаратами в електроустановках сільського господарства є електромагнітні пускачі та автоматичні вимикачі, тому приділимо увагу, перш за все, відновленням та післяремонтним випробуванням вказаних апаратів.

4.1. Випробування електромагнітних пускачів

4.1.1. Загальні положення. В процесі експлуатації електромагнітних пускачів в комутуючих пристроях, інших елементах конструкції відбуваються незворотні процеси зміни фізико-хімічних, фізико-механічних та діелектричних властивостей електроізоляційних матеріалів, руйнування втомленості контактних та спрацювання конструкційних матеріалів, які в кінцевому рахунку призводять до відмови пускачів.

Більшість пускачів комплектується контактами, які виготовлені на основі срібла з домішками. Специфічні умови експлуатації апаратів керування і захисту в сільському господарстві та недостатній рівень обслуговування призводять до появи масових несправностей, як правило, внаслідок відмов комутуючих пристроїв. При виготовленні апаратів до 65% вартості їх матеріалів складає вартість срібловмістких комутуючих пристроїв.

Існують різні заходи для забезпечення та підвищення надійності пускачів, які працюють в сільському господарстві, але для їх реалізації потрібні додаткові вкладення коштів і кваліфікована праця обслуговуючого персоналу, що не завжди є в наявності у господарств.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Для досягнення подібної мети необхідно проводити комплексні дослідження та післяремонтні випробування пускачів, що відновлюються з використанням нових контактних матеріалів.

Контакти головного кола нового пускача в замкненому стані повинні замикатись так, щоб дотикались не менше 75% їх площі поверхні. При вмиканні рухомі контакти повинні вільно переміщуватися відносно нерухомих.

Провал і хід контактів пускачів контролюється за допомогою стійки СШ (ГОСТ 10197-70) за стандартною методикою з використанням електричного індикатора згідно ТУ48-І-391(392)-81, ТУ16-91.ИГЕВ.644131.001ТУ, ТУ16-685.020-85. Переміщення траверси вимірюється індикатором лінійних переміщень ИЧ (ГОСТ 577-68) з точністю 0,01 мм [29].

Контактний натиск контактів-зразків і контакт-деталей пускача перевіряється у включеному положенні за допомогою динамометра EXCEL з ціною поділки 0,245Н [29].

Надійність контактування оцінюється за характером зміни перехідного опору.

Перехідний опір експериментальних контактних пар визначається методом вольтметра-амперметра з використанням універсального вольтметра В7 - 35 і амперметра із дзеркальною шкалою Э 514 з класом точності 0,5 (ГОСТ 8711-78). Заміри перехідного опору проводяться до і після кожної серії комутаційних циклів при протіканні номінального струму. Для кожної пари проводяться 10 замірів спаду напруги після кожної комутації з витримкою часу в замкнутому стані 10 с. Для пускача спад напруги визначається на кожному полюсі головного кола.

Опір контакту ΔR (мОм) розраховується за формулою [25, 29]:

$$\Delta R = \frac{\Delta U}{I}, \quad (4.1)$$

де ΔU - спад напруги на контактному переході, що виміряний вольтметром В7 - 35, мВ;

I - струм, що виміряний амперметром Э 514, А.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Температура, при якій проводяться визначення перехідного опору складає $+ 20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, що дозволяє не вводити поправку на перерахунок температури [21]. Похибка при вимірюванні спаду напруги не перевищує 3%. Допускається похибка виміру перехідного опору контакту в межах $\pm 10\%$ з імовірністю $P = 0,95$. Розрахунок похибки перехідного опору δ проводиться за формулою [25]:

$$\delta = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_V^2 + \delta_A^2}, \quad (4.2)$$

де δ_V - похибка вольтметра, %;

δ_A - похибка амперметра, %.

Випробовування зразків контактних матеріалів та контактів пускачів на *електричне зношування (ерозію)* проводиться з частотою 2400...600 циклів увімкнення-вимкнення на годину, що відповідає технічній документації на серійні і розроблені контактні матеріали та вищеназвані пускачі [22, 27]. Для експериментальних лабораторних випробувань найбільш прийнятним є ваговий (масовий) метод визначення зносу [29]. Зразки-контакти і рухомі та нерухомі контакт-деталі до і після кожної комутаційної серії зважуються на аналітичних вагах ВЛА - 200М з точністю 10^{-4} г. Повторність зважування не менше трьох разів.

Зміна ваги (маси) контакту Δm (рухомого і нерухомого) після кожної серії комутаційних циклів визначається як:

$$\Delta m = m_1 - m_2, \quad (4.3)$$

де m_1 - маса контакту перед початком комутаційних випробувань, г;

m_2 - маса контакту після серії комутаційних випробувань, г.

Абсолютний знос контактів визначається як сума зміни маси рухомого і нерухомого контактів:

$$\Delta m_{абс} = \Delta m_{рк} + \Delta m_{нк}, \quad (4.4)$$

де $\Delta m_{рк}$ - зміна маси рухомого контакту, г;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$\Delta m_{нк}$ - зміна маси нерухомого контакту, г.

Як критерій зносу приймається зміна маси матеріалу контактів за один комутаційний цикл k (г / цикл) (коефіцієнт інтенсивності зношування):

$$k = \frac{\Delta m_{абс}}{n} = \frac{\sum \Delta m_i \cdot n_i}{\sum n_i^2}, \quad (4.5)$$

де n - кількість комутаційних циклів в серії, цикл.

Перевірка електроізоляційних властивостей пускача проводиться при експлуатаційних виробничих випробуваннях шляхом виміру електричного опору ізоляції омметром постійного струму Ф 4108-1 при напрузі 500В з похибкою $\pm 10 \%$ [29]. Заміри проводяться на початку досліджень і в процесі випробування.

Випробування підвищеною напругою промислової частоти проводять за допомогою універсального випробувального стенду сільського електрика. Випробувальна напруга для ізоляції апаратів, їх котушок та вторинних кіл повинна бути 1000 В. Тривалість випробувань 1 хв. Опір котушок електромагнітного пускача змінного струму вимірюють мостом змінного струму типу ММВ.

Випробування на вмикальну і вимикальну здатність пускачів з новими контактними матеріалами проводяться на дослідній установці (лист №3 графічної частини) в режимі виняткових комутацій. Випробування на електроерозійну зносостійкість проводяться при номінальному струмі в категорії застосування АС - 3 (режим нормальних комутацій).

При випробуваннях на комутаційну здатність необхідно фіксувати визначені параметри комутації (час горіння дуги і середнє значення струму в дузі), при цьому використовується *осцилографування струму та напруги*. Величина струму визначається за спадом напруги на шунті 75 ШСМЗ – 25 - 05. Осцилограми струму і напруги отримують за допомогою універсального двохпроменевого запам'ятовуючого осцилографа С8 - 14. Похибка виміряних величин не перевищує 5 %. Схема приєднання осцилографа до випробувального електричного кола наведена на рис. 4.1 [29].

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

При перевірці котушок на втягування і відпускання використовують однофазний регулятор напруги РНО - 250 або універсальний випробувальний стенд сільського електрика. Втягувальна котушка повинна вмикати пускач без затримки при подачі напруги, що дорівнює $0,85 U_n$. Відпускання котушки повинно відбуватися при напрузі $0,35 \dots 0,5 U_n$.

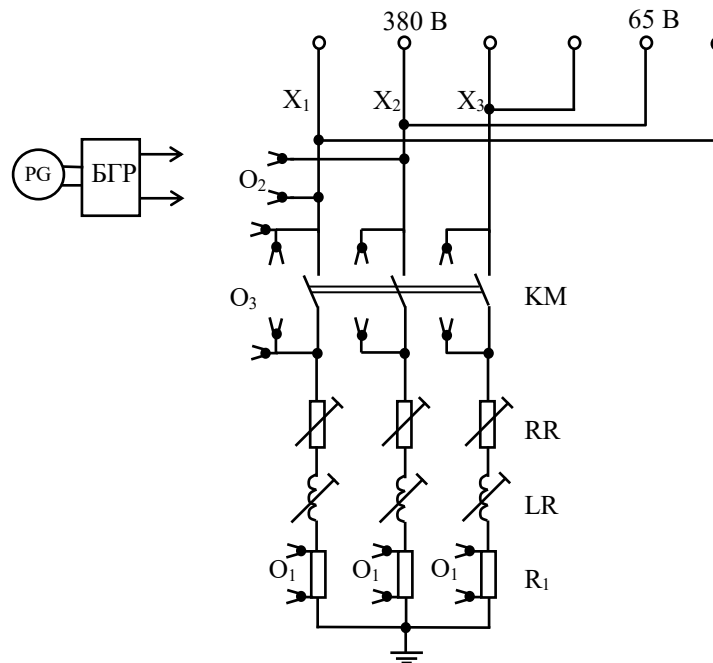


Рис. 4.1. Схема приєднання осцилографа С8-14 до випробувального електричного кола:

O_1 – канал осцилографа для запису струму; O_2, O_3 – канали осцилографа для запису напруги; PG – осцилограф; R_1 – шунт; RR – регульовальні резистори; LR – регульовальні котушки індуктивності; БГР – блок гальванічної розв’язки.

Промисловістю випускаються пускачі серії ПМЛ, ПМА, ПМ та ПММ. Пускачі ПМЕ комплектуються двохполюсними тепловими реле ТРН; ПМЛ, ПМ - триполюсними тепловими реле РТЛ та РТ, а ПМА - триполюсними реле РТТ.

Кліматичні випробування. В силу порушення правил монтажу, невірних дій обслуговуючого персоналу, різноманітних режимів роботи (що досить часто трапляються) чи інших причин, порушується герметизація захисних оболонок і пускач підпадає під безпосередній вплив середовища з агресивними компонентами. При цьому відбувається посилений вплив середовища на корозійні процеси в комутуючому пристрої.

Згідно положень [22] випробування пускачів на вплив кліматичних факторів зовнішнього середовища проводяться по [23, 24, 26]. Ці випробування дозволяють за короткий період часу визначити поведінку матеріалів, яка може бути порівняна з їх характеристиками в умовах експлуатації протягом декількох років.

Випробувальна камера. Згідно вимог [26] вибирається вид випробування 1.2.16: випробування на вплив атмосфери з корозійно-активними агентами, а також приймаються до уваги методи випробувань 2.3.7, 2.3.8, 2.3.15 [24]. Для моделювання заданої температури і вологості використовується кліматична камера SKR – 200 / 25. Камера дозволяє регулювати температуру в межах від - 25°C до + 60°C і автоматично підтримувати задане значення з точністю 1 %. Температура під час проведення кліматичних випробувань підтримується $+ 25 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Діапазон зміни відносної вологості в робочому об'ємі камери регулюється в межах 20...95 % з точністю 3 % при температурі $+(25...55)^{\circ}\text{C}$. Значення відносної вологості підтримується в межах 83...95 %.

Спеціальне корозивне середовище. Для отримання за короткий період необхідної інформації, процес впливу агресивного середовища, до складу якого входять аміак NH_3 , сірководень H_2S , вуглекислий газ CO_2 , прискорюється за рахунок зміни умов впливу шляхом. При випробуваннях пускачів масова концентрація аміаку становить - до 30 мг/м³, а сірководню - до 25 мг/м³. Спеціальне корозивне середовище складається із суміші газів $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S}$.

Концентрація агресивних газів вимірюється за допомогою універсального газоаналізатора УГ - 2 з точністю до $\pm 10 \%$.

Установка для дослідження електромагнітних пускачів (електрична принципова схема якої наведена на листу №3 графічної частини). У випадку заміни серійних контактів пускачів на основі срібла на дослідні контакти на основі міді проводяться комутаційні і кліматичні випробування пускачів. Комутаційні випробування проводяться при нормальних кліматичних умовах ($t = 25 \pm 10^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 45...80 \%$, $p = 84...100 \text{ кПа}$) і розподіляються на:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

– випробування на вмикальну і вимикальну здатність (номінальну комутаційну здатність); для пускачів контролюється в режимі виняткових комутацій. Установка передбачає випробування одночасно двох пускачів з серійними або дослідними контактами. Режим випробування згідно табл. Б.3;

– випробування на комутаційну зносостійкість; контролюється в режимі нормальних комутацій. Схема дає можливість одночасного проведення випробування декількох пускачів. Режим згідно табл. Б.3.

Кліматичні випробування пускачів проводяться в режимі нормальних комутацій при впливі корозивного середовища з агресивними компонентами, частота комутацій вибирається, виходячи з вимог [22]. Досліджуються комутуючі пристрої пускачів ПМЛ-1100 О_x4, ПМЛ-2100 О_x4 з виконанням по класу зносостійкості А, Б, В з серійними і дослідними контакт-деталлями. Серійні контакти виготовлені на основі срібла: контакт КМК - А10м, контакт СрН - 90ПГ - 4051М. Для дослідження відібрані контактні матеріали на основі міді з таких композицій:

1. Cu + (10...15 %)Mo + (2...3 %)MoO₃ + (1...3 %)C + (0,8...1,0 %)Ni [32].
2. Cu + (5...10 %)Cr + (1...2 %)TiB₂ + (2...3 %)Nb + (1...2 %)C + (0,5.. 0,7 %)Zr [31].

При розробці електричної принципової схеми (лист №3) використані вимоги документів [28, 29, 30, 33]. Схема забезпечує (позначення елементів схеми для режиму нормальних комутацій) проведення випробування пускачів в наступних режимах з такими параметрами навантажувального кола (контур):

1) режим нормальних комутацій:

– для ПМЛ - 1100 ($I_{\text{ном}} = 10 \text{ A}$, $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$):

увімкнення: $I_{\text{вмик}} = 6 \cdot I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вмик}} = U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,65$;

вимикання: $I_{\text{вим}} = I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вим}} = 0,17 \cdot U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,65$;

– для ПМЛ - 2100 ($I_{\text{ном}} = 25 \text{ A}$, $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$):

увімкнення: $I_{\text{вмик}} = 6 \cdot I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вмик}} = U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,35$;

вимикання : $I_{\text{вим}} = I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вим}} = 0,17 \cdot U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,35$;

2) режим виняткових комутацій:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

– для ПМЛ - 1100 ($I_{\text{ном}} = 10 \text{ A}$, $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$):

увімкнення: $I_{\text{вмик}} = 10 \cdot I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вмик}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,65$;

вимикання: $I_{\text{вим}} = 8 \cdot I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вим}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,65$;

– для ПМЛ - 2100 ($I_{\text{ном}} = 25 \text{ A}$, $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$):

увімкнення: $I_{\text{вмик}} = 10 \cdot I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вмик}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,35$;

вимикання: $I_{\text{вим}} = 8 \cdot I_{\text{ном}}$; $U_{\text{вим}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}}$; $\cos\varphi = 0,35$.

Опис електричної схеми і методика дослідження. До випробувального (силового) кола установки входять: джерело живлення, досліджувані пускачі, активне і реактивне навантаження, з'єднувальні провідники і необхідна вимірювальна апаратура. Вся установка вмикається під напругу автоматичним вимикачем QF. Як джерело живлення використовується автономний трансформатор, який забезпечує стабільною напругою увімкнення установку (380 і 418 В, 50Гц), що подається на досліджувані пускачі шляхом вмикання пускача КМ1. Для забезпечення величини напруги вимикання $0,17 \cdot U_{\text{ном}} = 64,6 \text{ В}$ використовується знижувальний трансформатор TV1 380 / 65 В і пускач КМ2. Всі 8 дослідних пускачів приєднуються паралельно до навантажувального кола. Для отримання заданих значень струму і коефіцієнта потужності випробувального кола, послідовно з пускачами вмикаються регульовані резистори RR (тип РСПС) і котушки індуктивності без феромагнітних сердечників LR, які імітують відповідно активне і індуктивне навантаження. Щоб зменшити вплив взаємних електромагнітних полів (взаємоіндукцію), котушки індуктивності розміщуються в просторі в трьох взаємно перпендикулярних площинах. Для отримання відповідних значень активного і індуктивного опорів використовуються наступні формули і вищенаведені числові значення параметрів навантажувального кола.

Повний опір кола Z (для режиму увімкнення):

$$Z = \frac{U_{\text{уг}}}{\sqrt{3}I_{\text{уг}}}, \text{ Ом.} \quad (4.6)$$

Активний опір R_a резисторів RR:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$R_a = Z \cos \varphi_{y\phi}, \text{ Ом.} \quad (4.7)$$

Індуктивність L реакторів LR:

$$L = Z \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{y\phi}}}{\omega}, \text{ Гн} \quad (4.8)$$

де $\omega = 2\pi f$ - кругова частота напруги, $f = 50 \text{ Гц}$.

Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ визначається за сталими кола [27]:

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}, \quad \text{або} \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}. \quad (4.9)$$

Результати розрахунків параметрів навантаження пускачів для категорії застосування АС-3 наведено в табл. Б.3. Необхідною апаратурою для вимірювання і контролю параметрів навантажувального кола є комплект приладів К - 506 і цифровий вольтметр PV2 (В7 - 35) для вимірювання спаду напруги на кожному полюсі пускачів.

Блок керування даної установки забезпечує почерговий вибір об'єкту (пускача), тривалість інтервалу часу протікання пускового струму (увімкнення) і струму вимикання та тривалість інтервалу паузи, причому в другий (наступний) інтервал відбувається заміна пускача. Це досягається шляхом застосування в схемі кількох проміжних реле, перемикачів і реле часу. До складу принципової схеми керування входить кроковий перемикач SA1 (тип ПТИ-М, що має 6 рядів ковзних контактів, в кожному по 24 шт.), контакти якого почергово вибирають досліджуваній пускач, а в режимі вимірювання ще й почергово приєднують виводи цифрового вольтметра В7-35 до контактів. Ковзні контакти перших двох рядів ХА1.1-ХА1.2 припаяні до силових провідників, які пригвинчені до контактотримачів пускача і приєднані до вольтметра. Третій ряд контактів ХА1.3 приєднується через розбірне з'єднання (колодку) ХТ1 до котушок керування пускачів. Тумблери SA6-SA13 слугують для індивідуального увімкнення кожної котушки і, при проведенні вимірювання в ручному режимі, для виміру спаду напруги. Четвертий ряд контактів ХА1.4

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

використовується тільки в режимі вимірювання, коли розбірне з'єднання ХТ1 замінюється на з'єднання ХТ2 і вимірювання проводяться в автоматичному режимі. Для визначення кількості комутацій, які виконані кожним пускачем, використовується п'ятий ряд контактів ХА1.5 перемикача SA1, завдяки чому подається напруга на лічильник імпульсів РС1. Завдяки лічильнику РС2 установка вимикається від мережі після визначеної кількості циклів комутації: 50, 100, 150, 200, 250 і 300 тис. Про це свідчить червона сигнальна лампа HLR2. Сигнальна лампа HLR1 використовується для сигналізації аварійного вимкнення схеми установки. Для контролю черговості комутації пускачів і замірів спаду напруги змонтовані зелені сигнальні лампи HLG1-HLG8, напруга на які подається через шостий ряд ковзних контактів ХА1.6.

Живлення схеми керування здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В через автоматичний вимикач SF. Пакетний перемикач SA2 дозволяє переводити схему керування в ручний (позиція 3) і автоматичний (позиція 2) режими роботи та вимірювання. Потім, завдяки замикаючому контакту проміжного реле KL1 і пакетному перемикачу SA2, спрацьовує котушка електромагнітного пускача КМ1 і на дослідні пускачі подається напруга увімкнення. При цьому з витримкою часу (завдяки реле часу КТ2) живлення подається на котушку крокового перемикача SA1 і вмикається дослідний пускач КМ3, який комутує напругу увімкнення. Одночасно напруга подається на котушку проміжного реле KL2, яке своїм замикаючим контактом вмикає коло реле часу КТ3. Це реле з витримкою часу вмикає проміжне реле KL1. Спрацювання цього реле приводить до подачі в силове коло напруги вимикання (увімкнення пускача КМ2) і подачу напруги живлення на реле часу КТ1. Через визначений проміжок часу спрацьовує проміжне реле KL3 і вимикається дослідний пускач КМ3 від мережі (при цьому відбувається комутація струму вимикання). Після цього знеструмлюється реле KL1 і відбувається подача в схему напруги увімкнення і весь цикл повторюється з тією різницею, що вмикається наступний дослідний пускач КМ4. Витримки реле часу КТ1, КТ2 і КТ3 підбираються дослідним шляхом з урахуванням

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

режиму і частоти комутації пускачів. Кнопка SBT і перемикачі SA3-SA13 використовуються в ручному режимі для проведення вимірювання. В автоматичному режимі вимірювання спаду напруги на полюсах пускачів відбувається завдяки збільшенню витримки часу на розмикання до 10 с реле KT2.

4.1.2. Випробування пускачів на комутаційну зносостійкість. В результаті заміни серійного контактного матеріалу на дослідний проводяться типові випробування. Тому, з метою визначення технічних параметрів пускачів з дослідними контактами і об'єктивної оцінки технічного рівня роботи цих пускачів, були проведені випробування пускачів за такою програмою:

- випробування пускачів з дослідними контактними матеріалами на комутаційну зносостійкість в категорії застосування АС - 3;
- випробування пускачів з дослідними матеріалами на номінальну комутаційну здатність контактів головного кола в категорії застосування АС - 3;
- дослідження контактного опору пускачів з серійними і дослідними контактами;
- експлуатаційна виробнича перевірка пускачів з розробленими контактами.

Комутаційні випробування на зносостійкість композиційних контактних матеріалів проводяться при кліматичних умовах, які імітують атмосферу тваринницьких приміщень, в режимі нормальних комутацій. Електрична схема установки дає можливість одночасно проводити випробування пускачів в кількості 8 шт. Режими згідно табл. Б.3.

Проведені випробування дослідних контактів на комутаційну зносостійкість показують, що для композиційних матеріалів закон електроерозійного зношування зберігається, тобто лінійний, але зростає коефіцієнт інтенсивності електроерозійного зношування на 15...30 %. Це явище пояснюється тим, що при дії дуги окислення мідних контактів вище, ніж в серійних і коефіцієнт теплопровідності дослідних матеріалів нижчий, ніж в матеріалів на основі срібла, що призводить до великих локальних перегрівань міді.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

4.1.3. Випробування пускачів з дослідними контактними матеріалами на номінальну комутаційну здатність. Випробування пускачів з новими контактними матеріалами проводяться на установці в режимі виняткових комутацій. При цьому для пускача ПМЛ - 1100 ($I_{\text{ном}} = 10 \text{ А}$, $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$) параметри навантажувального кола вибрані згідно даних табл. Б.3, щоб забезпечити наступні умови:

- вмикання: $I_{\text{вмик}} = 10 \cdot I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}$; $U_{\text{вмик}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}} = 418 \text{ В}$; $\cos\varphi = 0,65$;
- вимкнення: $I_{\text{вим}} = 8 \cdot I_{\text{ном}} = 80 \text{ А}$; $U_{\text{вимк}} = 1,1 \cdot U_{\text{ном}} = 418 \text{ В}$; $\cos\varphi = 0,65$.

Для випробування було відібрано по чотири пускачі з кожним дослідним КМ, при цьому пускачі зробили по 25 циклів комутацій увімкнення-вимкнення. В результаті випробування можна зробити висновок, що всі КМ витримали випробувальний режим і не зафіксовано зварювання контактів та перекривання дугою контактів полюсів головного кола.

Обробка експериментальних даних щодо ерозійного зношування контактів пускачів проводиться за методикою, положення якої викладено в роботах [28, 33], а результати наведено в матеріалах презентації. Отримані залежності дозволяють прогнозувати поведінку комутуючих пристроїв пускачів при використанні їх в специфічних кліматичних умовах.

4.1.4. Дослідження контактного опору пускачів з серійними і дослідними контактами. Перехідний опір серійних та дослідних контактних пар визначався методом вольтметра-амперметра при загальній кількості циклів комутації 300 тис. Необхідні вимірювання спаду напруги ΔU проводяться через кожні 50 тис. при протіканні номінального струму 10А. Проводяться 100 замірів значень спаду напруги в кожній комутаційній серії з витримкою часу в замкнутому стані контактів 10 с. Для пускача спад напруги визначався на кожному полюсі головного кола. Отриманий масив даних по спаду напруги для серійних контактів марки СрМ - 0,2 + М1 та дослідних 81,3 % Cu + 10 % Cr + +3 % TiB₂ + 3 % Nb + 2 % С + 0,7 % Zr обробляється з використанням методів математичної статистики з застосуванням програми «Statistika». Опір контакту ΔR (мОм) розраховувався за формулою (4.1). В результаті обробки отримані

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

експериментальні залежності перехідного контактного опору від кількості циклів комутації, які наведені на рис. 4.2. Ці залежності апроксимуються поліномом першої степені, в результаті були визначені наступні вирази для математичного очікування контактного опору:

- для серійних контактів CrM - 0,2 + M1:

$$R_c(n) = 14,22 + 0,19 \ln n, \quad (4.10)$$

- середньоквадратична похибка апроксимації $E_c = 2,141$;
- для дослідних контактів 81,3 % Cu + 10 % Cr + 3 % TiB₂ + 3 % Nb + 2% C + 0,7 % Zr:

$$R_d(n) = 21,84 + 0,128n, \quad (4.11)$$

- середньоквадратична похибка апроксимації $E_c = 1,855$.

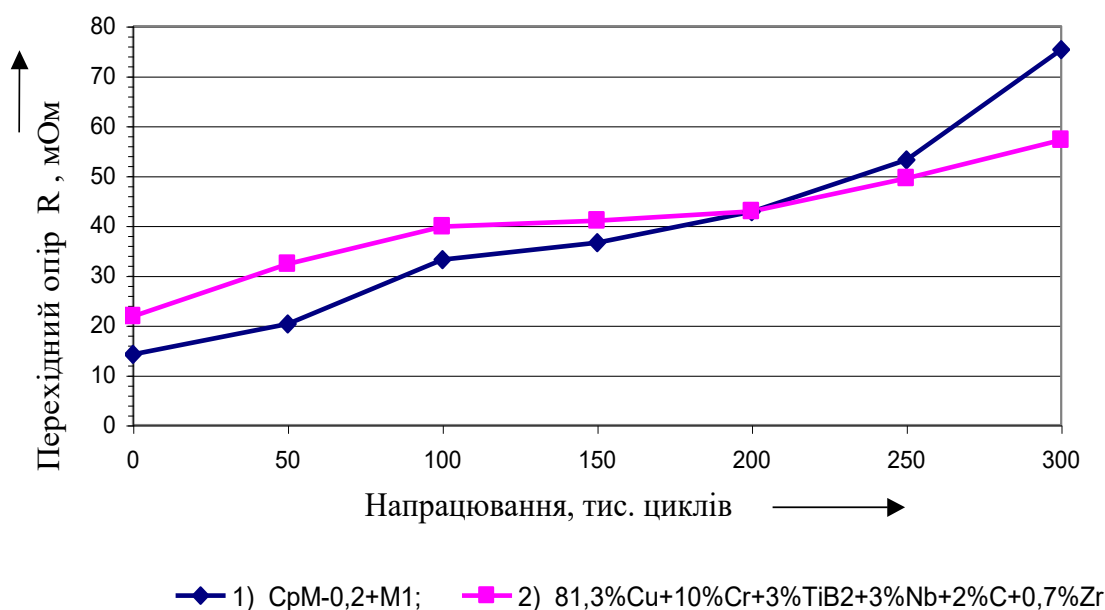


Рис. 4.2. Залежність перехідного опору контактів пускачів ПМЛ - 1100.О4 з серійними (1) і дослідними (2) контактами (випробувальне середовище: суміш H₂S (25 мг / м³) + NH₃ (30 мг / м³)).

Дослідженнями по визначенню контактного опору контактів при впливі на них середовища з хімічно-активними компонентами встановлено, що початкове значення перехідного опору контактів зростає із збільшенням часу

витримки і кількості циклів комутації. Опір серійних контактів $\text{CrM} - 0,2 + \text{M1}$ збільшується майже в 5 разів порівняно з початковим, а дослідних - зростає повільніше, ніж у срібловмістких матеріалів, $\approx$ в 2,7 рази. Це пояснюється тим, що граничний шар складається з плівок, які утворюються на контактах і мають однорідний склад, а їх товщина зростає із збільшенням тривалості впливу середовища. Подібна плівкова структура поверхні контактування сприяє зниженню перехідного опору за рахунок подрібнення локалізованих частинок і встановлення надійного металічного контакту. Оксидні плівки міді, як відомо, утворюються і при кімнатній температурі і товщина їх досягає не більше 5 мкм. Така плівка захищає мідь від подальшого окислення киснем і стабілізує контактний опір.

4.1.5. Експлуатаційні виробничі випробування пускачів з дослідними контактами. Виробничі випробування пускачів з дослідними контактами (матеріал $81,3\% \text{ Cu} + 10\% \text{ Cr} + 3\% \text{ TiB}_2 + 3\% \text{ Nb} + 2\% \text{ C} + 0,7\% \text{ Zr}$) здійснюються в складі шафів керування електроприводом транспортера ТНС-3,0Б типу ЯАА5910-3274ТУЗ у виробничих приміщеннях тваринницьких ферм протягом трьох років. Шафа призначена для керування двома асинхронними електродвигунами з короткозамкненим ротором з потужностями 5,5 і 2,2 кВт, номінальний робочий струм споживання яких становить відповідно 8,0 та 3,8 А. Спостереження з записом експлуатаційних даних проводили протягом двох років з початку випробувань. Після двохрічної підконтрольної експлуатації пускачі були в працездатному стані і продовжували експлуатуватись обслуговуючим персоналом господарства.

Для випробування були відібрані нові пускачі ПМЛ - 1200.04 (4 шт.), укомплектовані серійними контактотримачами, до яких приварені вищезгадані дослідні контакт-деталі. Вони мали розміри аналогічні розмірам серійних контакт-деталей. Пускачі комплектуються електротепловими реле РТЛ - 1012.04. Для порівняння були проведені спостереження за серійними електромагнітними пускачами:

- ПМЕ - 111, які оснащені контактами КМК - А10 (4 шт.);

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- MDSt - 16, які оснащені контактами срібло - оксид кадмію (15 %CdO) (країна-виробник - НДР, 2 шт.);
- SLA7 - 1 з контактами срібло-нікель (10 % Ni) (країна-виробник: ПНР, 2 шт.).

Умови, в яких експлуатуються пускачі є типовими виробничими умовами для технологічних приміщень тваринницьких ферм. В процесі експлуатації через визначені проміжки часу фіксуються значення опору ізоляції, контактного опору та наробітку. Для визначення кількості комутаційних циклів встановлюються біля кожного пускача лічильники електричних імпульсів типу СИ - 206.

Електромагнітні пускачі ПМЕ - 111 були взяті зі складу і новими змонтовані в шаф керування. Використовуються два шафи керування ЯАА5910-3274ТУЗ. Пускачі MDSt - 16 вже експлуатувались невеликий термін часу в комплекті станції керування виробництва VEB Kombinat Elektroinstallation Betrieb Elektroschaltgeräte Grimma. Пускачі SLA7 - 1 також були в стадії експлуатації в складі типової станції керування. Всі ці пускачі пройшли технічне обслуговування, в тому числі очистку і промивку контактів, що сприяло створенню рівноцінних і однакових умов випробування для всіх типів пускачів.

Протягом проведення виробничих випробувань не було зафіксовано жодної відмови пускачів типу ПМЛ з дослідними контактами на основі міді, всі пускачі, за якими проводилося спостереження, працювали з технічними параметрами в допустимих межах. Величина електроерозійного зносу дослідних контактів і серійних контактів практично залишалась рівною. Зовнішній огляд металевих оболонок шафів показав, що на внутрішніх поверхнях наявна значна кількість конденсату вологи, всі оболонки вкриті осадами нерозчинних хімічних сполук, фарба потріскалась, спостерігаються наслідки корозії. На конструктивних елементах пускачів (деталі кріплення, контактотримачі, гвинти тощо) спостерігається наліт у вигляді порошкових конгломератів світло-сірого кольору. Контактний опір дослідних контактів виявляється стабільнішим, ніж контактів на основі срібла (лист №3), що на нашу думку пояснюється

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

специфікою взаємодії срібла, міді та компонентів, які входять до складу конкретного контактного матеріалу.

Отже, проведені нами експлуатаційні випробування електромагнітних пускачів ПМЛ - 1200.04 з дослідними контактними матеріалами (зокрема, $81,3\%Cu+10\%Cr+3\%TiB_2+3\%Nb+2\%C+0,7\%Zr$), засвідчують їх виробничу придатність в роботі електрообладнання сільськогосподарського призначення.

4.2. Випробування автоматичних вимикачів

Для випробовування і налагодження автоматичних вимикачів використовують пристрій прогрузки автоматичних вимикачів УПА-6М.

Автоматичний вимикач - це електричний апарат, який призначений для нечастих ручних розмикань і замикань електричного кола та довгострокового проходження по ньому струму, а також для автоматичного розмикання електричного кола при появі в ньому різних ненормальних режимів: короткого замикання, перевантаження, зниження напруги нижче допустимої, обрив однієї з фаз тощо.

Найбільш широко використовуються автоматичні вимикачі серії ВА51 та ВА52, а також вимикачі фірми „АСКО” та вимикачі деяких закордонних фірм.

Роботу автоматичного вимикача перевіряють після його встановлення і приєднання, натискаючи кнопки. Налагодження вимикача починається із зовнішнього огляду. Номінальне значення сили струму кола, яке комутує вимикач, встановлюють за номінальним струмом вимикача.

Опір ізоляції між верхнім і нижнім затискачами кожного полюса у вимкненому стані і між полюсами в увімкненому стані виміряють мегаомметром. Він повинен бути не менше 10 МОм при температурі оточуючого середовища 20°C.

Електричну міцність ізоляції випробовують напругою 2000 В протягом 1 хв. Відсутність розрядів свідчить про справність елементу, що перевіряється.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Роботу теплових розчіплювачів перевіряють при навантаженні $2 I_{\text{ном}}$ при температурі оточуючого середовища 25°C . Час спрацювання вимикача повинен складати $35 \dots 100$ с.

Роботу елементів електромагнітних розчіплювачів перевіряють, пропускаючи через них струм на 15% нижче струму вставки електромагнітного розчіплювача. При цьому автоматичний вимикач не повинен вимикатися. Потім струм збільшують до відключення вимикача. Сила струму спрацювання не повинна перевищувати значень струму вставки електромагнітного розчіплювача більш ніж за 15%.

Налагодження всіх вимикачів зводиться до перевірки правильності підключення, нормальною вмикання в роботу без перекосу контактів, затримки рухомих частин та зовнішнього огляду контактів, кнопок, розчіплювачів і правильному встановленні струму розчіплювача.

Знаючи паспортні дані електродвигуна і автоматичного вимикача, перевіряють дотримання всіх умов вибору, розраховують і встановлюють струм вставки для захисту електродвигуна.

Перевіряючи вставку електротеплового розчіплювача, автоматичний вимикач встановлюють на стенді в робочому положенні, підключають вхідну і вихідну клеми одної фази вимикача до шин стенду і вмикають його. Потім подають живлення до схеми керування та встановлюють на штепсельному перемикачі визначений струм. Струм підвищують до значення $(1,25 \dots 1,45) I_{\text{н}}$, при якому автоматичний вимикач повинен вимкнутись протягом 1 години, в залежності від типу вимикача. Якщо протягом 1 години випробовуваний апарат не спрацює, його вважають несправним.

Випробовування розчіплювачів мінімальної напруги проводять наступним чином. До затискачів розчіплювача подають напругу $0,8 U_{\text{н}}$, тобто до моменту спрацювання. Для перевірки роботи дистанційного розчіплювача подають напругу $(0,75 \dots 1,1) U_{\text{н}}$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

4.3. Випробування та перевірка кнопок керування та запобіжників

При збиранні відремонтованих кнопок керування звертають увагу на правильність взаємного розміщення внутрішніх деталей і її контактних поверхонь, а також на відсутність перешкод при русі стержня і кнопки в корпусі.

При перезаряджанні запобіжників плавку вставку перевіряють за струмом вимикання запобіжника і кола, яке запобіжник захищає.

4.4. Випробування електротеплових реле

Електротеплові струмові реле призначені для захисту електродвигунів від струмових перевантажень, спричинених механічним перевантаженням двигуна, несиметрією підведеної напруги, обривом однієї фази живлення. Принцип роботи електротеплового реле базується на принципі зміни фізичних властивостей тіл при нагріванні електричним струмом. В якості робочих органів електротеплових реле часто використовуються біметалеві пластини. Основною характеристикою електротеплових реле є час їх спрацювання від струму навантаження.

Електротеплові реле типу ТРН, РТТ допускають регулювання струму вставки в межах (0,75...1,25) I_n . Кількість поділок при виборі вставки теплових реле визначають за формулою:

$$n = \frac{I_{н.дв.} - I_{н.не}}{cI_{н.не}}, \quad (4.15)$$

де c - коефіцієнт поділки шкали, що дорівнює 0,05 для відкритих пускачів та 0,005 - для пускачів в оболонках.

При позитивному значенні n знайдена кількість поділок регулюється в сторону мітки +S, а при від'ємному значенні - S. Регулювання струму вставки здійснюють регулятором вставки при повороті ексцентрика викруткою.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Перевіряють і налагоджують пускорегулювальну апаратуру на спеціальних стендах (наприклад, КИУ - 5, АП – 8к, УПА – 10 тощо). При відсутності стендів в господарствах можна користуватися простішими пристроями. Наприклад, для перевірки і регулювання електротеплових реле використовують напівавтоматичний пристрій.

На листі №4 графічної частини роботи приведена електрична принципова схема даного пристрою для перевірки електротеплових і електромагнітних розчіплювачів автоматичних вимикачів. Пристрій складається з трансформатора навантаження TV2, автотрансформатора TV1, реле напруги KV1 з кнопками керування SB1 та SB2, двох сигнальних ламп HL1 та HL2 з послідовно ввімкненими резисторами R1 та R2, електричного дзвінка HA1 та електричного секундоміра Pt, що приєднується до зовнішніх затискачів.

Контакт реле, що перевіряється підключають до затискачів XT7 та XT8 послідовно з сигнальною лампою HL1 та реле напруги KV1, а нагрівний елемент електротеплового реле - до силових затискачів (*) та 5 А, 15 А, 50 А залежно від його номінального струму. При підключенні пристрою до мережі загоряється сигнальна лампа HL1, а оскільки контакти силового реле замкнені, кнопка SB2 замикає коло керування реле KV1 і його контакти замикаються. Через контакт KV1.1 напруга подається на автотрансформатор TV1, а контакти KV1.2 шунтують кнопку пуску SB1. Одночасно загоряється сигнальна лампа HL2 і починає працювати секундомір. Ручкою автотрансформатора встановлюють струм навантаження. Потім вмикають тумблер S3 в колі електродзвоника HA1. Але електродзвоник не спрацьовує, оскільки контакти KV1.3 - розімкнені. При спрацюванні електротеплового реле його контакт K1 розриває коло керування реле KV1 і знеструмлює сигнальну лампу HL1. Контакти реле повертаються в початковий стан. Контакти KV1.1 розмикаючись, знімають напругу з електричного секундоміра, сигнальної лампи HL2 та автотрансформатора TV1. Струм навантаження в нагрівному елементі зникає, секундомір зупиняється, контакти KV1.2 - розмикаються, а

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

контакти KV1.3 - замикаючись, вмикають електродзвоник, що сигналізує про спрацювання електротеплового реле. Дзвоник вимикається тумблером S3.

Коли перевірена робота теплового реле від одного нагрівального елемента, до затискачів (*) та 5 А, 15 А, 50 А, приєднується інший і повторюють перевірку. Якщо час спрацювання електротеплового реле не відповідає нормі його необхідно відрегулювати.

4.5. Заходи безпеки при проведенні перевірок та випробувань

1. Встановлення апаратів на стенд, приєднання провідників до контактів головного кола і блок-контактів відбувається при знятій напрузі.

2. Не дозволяється установка та експлуатація вимикачів, пускачів, які мають пошкодження корпусу, кришки, ручки.

3. При експлуатації вимикачів на відкритих панелях обов'язково застосовувати виконання вимикачів зі ступенем захисту вивідних затискачів IP 20. При встановленні вимикачів у електроприміщеннях допускається застосування виконання зі ступенем захисту вивідних затискачів – IP00.

4. Необхідно перевіряти, щоб обладнання і прилади відповідали робочим напругам і струмам.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз стану безпеки праці в господарстві

З урахуванням стану охорони праці в господарстві в проекті розроблені заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів, вибрані необхідні індивідуальні засоби захисту, блискавкозахисту майстерні вибрані засоби пожежогасіння.

Від рівня кваліфікації і ретельності виконання електромонтерами вимог електробезпеки під час монтажу та експлуатації електроустановок залежить безпека виробничого персоналу та сільськогосподарських тварин.

З безпекою праці тісно пов'язані пожежна безпека та блискавкозахист, оскільки пожежі, які виникають на виробництві, а також грозові розряди, загрожують не лише матеріальним цінностям, але і життю людей.

В даний час в господарстві приділяється значна увага питанням охорони праці, створенню оптимальних умов праці, відпочинку. На кожному виробничому об'єкті призначаються відповідальні з правил техніки безпеки.

Перед зарахуванням на роботу, а також періодично проводяться заняття, інструктажі з охорони праці в спеціально обладнаному класі. Інструктажі проводяться також безпосередньо на робочих місцях. Кожен рік електромонтери здають іспит з правил техніки безпеки, на основі чого їм присвоюється кваліфікаційна група з ПТЕЕС і ПБЕЕС.

Особи, що працюють з шкідливими речовинами, періодично проходять медичний огляд.

Робітники забезпечуються спецодягом та захисними засобами. Однак, порушення правил техніки безпеки все ще трапляються, що нерідко призводить до травматизму людей, зниження їх працездатності. Тому, в господарстві необхідно більше уваги приділяти охороні праці, навчанню людей, підвищенню контролю відповідальних осіб за дотриманням правил техніки безпеки на виробництві.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Характеристика виробничих приміщень пункту діагностування за вибухо- і пожежонебезпекою, вогнестійкістю та ймовірністю ураження електричним струмом наведена в табл. 2.1.

За технологією виконуваних робіт персонал пункту має справу з такими агресивними речовинами як кислота, луг, а також розчинниками, фарбами, лаками та емалями (при ремонті електродвигунів і пускозахисної апаратури).

5.2. Організаційні і технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Розроблені у проекті організаційні та технічні заходи щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів мають за мету:

- захист від проникнення до обертових частин машин - передбачені огороження;
- запобігання вибуху у разі виникнення небезпечної концентрації пари на ділянках проведення ремонтних робіт - передбачені встановлення вибухобезпечних світильників і монтаж електропроводки в сталевих трубах;
- видалення з приміщень шкідливих газів та забезпечення припливу свіжого повітря - передбачена система вентиляції;
- захист від дотику до струмовідних частин електрообладнання: передбачене захисне заземлення та занулення металевих частин;
- захист споруди від прямих ударів блискавки - передбачений монтаж блискавкоприймальної сітки на даху споруди;
- забезпечення пожежобезпеки - передбачене встановлення пожежних кранів та вогнегасників;
- забезпечення робочих місць місцевим освітленням.

5.3. Вибір індивідуальних засобів захисту

Безпечна робота експлуатаційного персоналу енергетичної служби господарства досягається не тільки організаційними та технічними заходами, але і наявністю високоефективних індивідуальних засобів захисту.

Результати проведених розрахунків представлені в табл. 5.1.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунок необхідної кількості захисних засобів на один рік

Назва захисних засобів	Марка, тип	Нормативний документ	Кількість
Показчик напруги	КОНТАКТ-55С	ТУ У 194634.35.006-95	4
Універсальний пробник-вказівник напруги	УПВН		1
Ізольюючі кліщі	К-1000	ТУ 34-13-1632-75	3
Струмовимірювальні кліщі	Ц-4501	ТУ 25-04- 857-76	3
Килимки діелектричні	-	ГОСТ 4997-75 (від 16.01.2015)	4
Переносні заземлення до 1000В	-	ТУ 34-3820-70	3
Діелектричні боти та калоші	-	ГОСТ 13385-78 (від 01.02.2003)	4
Комплект інструменту з ізольованими рукоятками	КСИ-2	ТУ 28-10072-80	4
Попереджувальні плакати та знаки безпеки для електроустановок	-	ГОСТ 12-4.026-2001 (від 01.01.2003)	4

5.4. Пожежна безпека

Виробничі приміщення пункту діагностування за вибухо- та пожежонебезпекою відносяться до класу П - Па (за винятком двох діляниць класу П - Іа). Далі проводиться їх аналіз з точки зору пожежобезпеки. Причиною спалаху може стати поява відкритого вогню в приміщеннях при збільшенні концентрації лакофарбових парів, парів бензину та розчинників. Заходи по забезпеченню пожежної безпеки передбачають на ділянках фарбування, просочування та сушіння наявність пожежного водогону та пожежної сигналізації. Необхідна витрата води для потреб внутрішнього пожежогасіння - 5 л/с. Розрахункова втрата води на внутрішнє пожежогасіння виконується від водопровідної мережі. Кількість вибраного пожежного інвентарю наведено в табл. 5.2.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Кількість пожежного інвентаря

Найменування пристроїв та засобів захисту	Тип	Місце становлення	Кількість
Вогнегасник	ОХП-10	Дільниця випробувань і регулювань паливної апаратури	2
	ОУ-5	Дільниця ремонту автотракторних двигунів	1
		Дільниця зарядки акумуляторів	1
Ящик з піском		Слюсарно-механічна дільниця	1
Пожежний щит:		Біля контрольного входу	1
- відро			2
- лопата			1
- сокира			1
- багор			1
- вогнегасник	ОХП-10		1

Пожежна сигналізація забезпечена чотиришлейфним приладом приймально-контрольним «АКОРД». Він використовується на об'єкті багаторубіжної охорони із змінними алгоритмами роботи. У приладі є додатковий вхід для підключення шифроприладу або виносного перемикача. Здача об'єкту під охорону здійснюється як за тактикою «з відкритими дверима», так і за тактикою «з закритими дверима». У приладі передбачено: резервування кола основного живлення за допомогою вбудованого акумулятора напругою 12 В або зовнішніх джерел живлення напругою 12 В та 24 В; забезпечення електроживленням активних сповіщувачів типу ДТЛ чи ЛПС-038 з двох виходів ± 12 В, причому один вихід відключається; збереження працездатності при зниженні напруги живлення до 160 В.

Прилад працює в трьох режимах: черговому («Зняття») - контроль тривожного та пожежного ШС; «Охорона» («Взяття») - контроль всіх ШС; «Тривоги».

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

6.1 Економічна ефективність використання комутаційних апаратів з екологічно-безпечними контакт-деталлями

Проводиться розрахунок економічної ефективності використання електричних апаратів, контакт-деталі яких відновлені за допомогою машини контактного зварювання для найбільш поширеного комутаційного апарату, що використовується в аграрному секторі – електромагнітного пускача І величини.

Економічна ефективність E^* застосування пускачів з відновленими контактами визначається за методикою, що прийнята в електротехнічній промисловості [14] (розраховується на одиницю продукції):

$$E^* = Z_1^* \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{p_1 + E_n}{p_2 + E_n} - Z_2^* + \frac{(B_1^* - B_2^*) - E_n (K_2^* - K_1^*)}{p_2 + E_n}, \quad (6.1)$$

де Z_1^* - приведені затрати серійного пускача ПМЛ-1100Ох4 Б, грн. Згідно з [19] замість приведених затрат по базовому пускачу приймається відпускна оптова вартість; для пускача ПМЛ-1100Ох4Б:

$$Z_1^* = OB_1 = 165,96 \text{ грн.};$$

Z_2^* - приведені затрати пускача ПМЛ-1100 з відновленими контакт-деталлями (проект оптової вартості OB_2), грн.;

P_2/P_1 – коефіцієнт, який враховує ріст продуктивності відновленого пускача порівняно з серійним; приймаємо: $P_2/P_1 = 1$;

$\frac{p_1 + E_n}{p_2 + E_n}$ - коефіцієнт, який враховує зміну терміну служби відновленого пускача в порівнянні з серійним;

p_1, p_2 – частки відрахувань від балансової вартості на повне відновлення серійного і відновленого пускачів; $p = I/T_{cl}$, де T_{cl} – термін служби

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						64
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

пускатів. Для серійних пускатів, які працюють в електроустановках тваринництва за даним наших досліджень, термін служби складає $T_{сл.1} = 3 \dots 5$ років.

Для відновленого пускача термін служби планується не менший, ніж для серійного, тобто: $T_{сл.1} = 5$ років, $T_{сл.2} = 5$ років;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності основних фондів, (для НВА приймається $E_n = 0,15$);

B_1^* , B_2^* - річні експлуатаційні витрати споживача при використанні серійного і відновленого пускатів. В цих витратах враховується тільки частина амортизації, яка призначена на капітальний ремонт пускатів, тобто без врахування коштів на їх повне відновлення, а також амортизаційні відрахування на супутні капітальні вкладення споживача. Розглядається такий узагальнений варіант, коли експлуатаційні витрати споживача по серійному та відновленому пускачах прирівнюються.

K_1^* , K_2^* - супутні питомі капіталовкладення і інші одноразові затрати при використанні серійного і відновленого пускатів. Річні програми використання відновлених пускатів складають десятки тисяч апаратів, тому питомі капіталовкладення та інші одноразові затрати, які віднесені до одиниці продукції, як правило, невеликі [19].

Індекси “1” і “2” відносяться до серійного пускача і пускача з відновленими контакт-деталлями на основі міді за допомогою машини контактного зварювання. Величини, які відмічені *, відносяться до одного пускача (одиниці продукції).

Економічна ефективність використання пускатів з відновленими контактами досягається, по-перше, за рахунок значно меншої вартості контакт-деталей (оскільки, менша вартість контактного матеріалу). По-друге, для споживача виникає економія електричної енергії W , яка виділяється в комутуючих пристроях

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						65
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

пускатча при комутації струму, оскільки, час горіння електричної дуги при розмиканні контактів в пускатчів з відновленими контакт-деталлями зменшується.

6.2 Розрахунок проекту вартості пускатча з з екологічно-безпечними контакт-деталлями

Маса срібла в контактах CrM-0,2+M1 50БПГ-4052 і CrM-0,2+M1 50БСГ-4052 для одного пускатча ПМЛ-2100 Ох4 Б складає: $M_I = 0,91\text{г}$ (інструкція по експлуатації ИГЕВ.644131.001 ИЭ). Вартість срібла для одного пускатча дорівнює:

$$B_c = M_I \cdot v_I , \quad (6.2)$$

де v_I – вартість одного граму срібла, яке використовується для виготовлення серійних контактів, $v_I = 13,96$ грн (дані розрахунку вартості матеріалів згідно ИГЕВ.645112.004-01.07. за 2014 рік).

$$B_c = 0,91 \cdot 13,96 = 12,70 \text{ грн} .$$

Вартість пускатча без вартості срібла складає:

$$B_{In} = OB_I - B_c = 165,96 - 12,70 = 153,26 \text{ грн.} \quad (6.3)$$

Маса контактного матеріалу на основі срібла для одного відновленого пускатча дорівнює:

$$M_2 = 12 \cdot m_2 , \quad (6.4)$$

де m_2 – маса однієї із 12 контакт-деталей, що складають комутуючий пристрій пускатча, г;

$$m_2 = \gamma \cdot V = \gamma \cdot h \cdot \frac{\pi d^2}{4} , \quad (6.5)$$

де $h = 0,5$ мм і $d = 4,0$ мм – висота і діаметр дослідних контакт-деталей;

$\gamma = 10,2$ г/см³ - густина матеріалу відновлених контактів CrH-90 [12].

$$M_2 = 12 \cdot 0,065 = 0,72 \text{ г} .$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						66
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Вартість відновлених контакт-деталей з контактного матеріалу для одного пускача дорівнює:

$$B_{\text{м}} = M_2 \cdot \text{в}_2 , \quad (6.6)$$

де в_2 – вартість одного граму композиційного матеріалу, $\text{в}_2 = 5,5$ грн.

$$B_{\text{м}} = 0,72 \cdot 5,5 = 3,96 \text{ грн} .$$

Проект вартості пускача з відновленими контакт-деталлями:

$$OB_2 = B_{\text{н1}} + B_{\text{м}} = 88,72 + 3,96 = 92,68 \text{ грн}.$$

Економічна ефективність використання пускача з відновленими контакт-деталлями дорівнює:

$$E = OB_1 - OB_2 = 165,96 - 92,68 = 73,28 \text{ грн} . \quad (6.7)$$

Оскільки, річні програми відновлення пускачів складають тисячі апаратів, то народногосподарський економічний ефект має бути значним. Коли співставити сукупну вартість матеріалів, які входять до складу комутуючого пристрою серійного пускача ПМЛ-2100О_х4 Б (дані ВАТ “НВО “ЕТАЛ”) з вартістю комутуючого пристрою пускача з відновленими контакт-деталлями, то зменшення коштів при цьому складатиме 2...3 рази.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі проведено вибір технологічного обладнання станції технічного обслуговування, яка має ділянку з відновлення та випробування апаратів керування і захисту. Здійснено розрахунок силового електрообладнання станції: головний розподільчий пункт вибрано серії ПР 8501-074, розподільчі пристрої серії ПР 8501-023. Для захисту від аварійних режимів використовується вимикач ВА51Г25-34, перевірка вибору електродвигунів для приводу робочих машин виконано на прикладі електродвигуна вентилятора (серії АИР). Для керування і захисту електродвигунів приймаються електромагнітні пускачі типу ПМЛ-1220.04А з електротепловим реле РТЛ-1008. Для освітлення приміщень використовуються світильники фірми ЕВРОСВЕТ типу 52Вт Опал-SL з стрічковими алюмінієвими світлодіодами з чіпами 2835, 6400К, 1200мм. Силова та освітлювальна мережа виконується проводом АПВ і кабелем АВВГ. Освітлювальний щиток приймається типу ЯОУ-8503-IP21У3 з автоматичним вимикачем на вводі ВА51-29-34 і автоматичними вимикачами на виході – однофазними ВА 51-29-14.

Завдяки застосування електрифікованому технологічному обладнанню всі ремонтні роботи станції ТО механізовані, що сприяє підвищенню продуктивності праці на 15 %.

Також детально розглянуто способи підвищення експлуатаційної надійності та післяремонтних випробувань електромагнітних пускачів, автоматичних вимикачів тощо. При цьому застосовується методика, що дозволяє використовувати дослідну установку і проводити комплексні всебічні випробування апаратів.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року №2388-VI.

2 Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, №15, ст.126).

3 Закон України №555-IV від 20.02.2003 р. «Про альтернативні джерела енергії».

4 ДБН А.2.2. –1 – 2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище(ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.

5 ДБН А.2.2. –3 – 2012 Склад та зміст проектної документації.

6 ДБН В.2.5. – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.

7 ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

8 Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

9 ДНАОП 0.00.–1.32–01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок.–К.: ПП «Фірма Гранмна», 2001.–117 с.

10 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012) Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2012 р. за № 350/20663.

11 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 №4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10.02.98 за № 93/2533ДНАОП 0.00.–1.32–01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						69
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

електроустановок. – К.: ПП „Фірма Гранмна”, 2001. – 117 с.

12 Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.1996 №28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 №910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за №1399/11679.

13 Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий / Госагропром СССР. - М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 191 с.

14 Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. / Г.Б.Іноземцев, В.В.Козирський, М.Т.Лут, І.П.Радько, О.Ю. Синявський. – К.: Вид – во ТОВ «АграрМедіаГруп», 2014. – 526 с.

15 Лут М.Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ / М.Т.Лут, О.В.Мірошник, І.М.Трунова. – Харків, Факт, 2008. – 438 с.

16 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.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

17 Клименко Б.В. Электричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник / Б.В.Клименко. – Харків: Вид-во «Точка», 2012.- 340 с.

18 Червінський Л.С. Электричне освітлення та опромінення: Посібник / Л.С.Червінський, Л.О.Сторожук. – К.: Вид–во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214с.

19 Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева. — Т.3. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. - 728 с.

20 Пускачі електромагнітні низьковольтні. Загальні технічні умови. ДСТУ 2491-93. (ГОСТ 2491 – 82, СТ СЭВ 5535-86). – [Чинний від 1984–01–01], – К.: Держспоживстандарт України, 1997. – 23с. – (Національний стандарт України).

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

21 Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення. ДСТУ 2823-94. – [Чинний від 1996–01–01], – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 28с. – (Національний стандарт України).

22 Контактори електромагнітні низьковольтні. Загальні технічні умови. ДСТУ 2846-94 (ГОСТ 11206-93). – [Чинний від 1996–01–01], – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 19с. – (Національний стандарт України).

23 Апарати електричні низьковольтні. Методи випробувань. ДСТУ 2993 - 95 (ГОСТ 2933 - 93). – [Чинний від 1996–01–01], – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 56с. – (Національний стандарт України).

28 Апарати комутаційні низьковольтні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3020-95 (ГОСТ 12434-93). – [Чинний від 1996–01–01], – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 21с. – (Національний стандарт України).

29 Пат. №1790821 СРСР, МКИ⁵ Н 01 Н 1/02, С 22 С 9/00. Спечений електроконтактний матеріал на основі міді / Братерська Г.М., Коханівський С.П., Донцова Т.О., Наливайко В.А., Сагач М.Ф., Коробський В.В. (СРСР); заявник УСГА і ІПМ АН УРСР; заявл. 22.05.91 (для службового користування). Відкритим друком не опубліковано.

30 Пат. №1792445 АЗ СРСР, МКИ⁵ С 22 С9/00, Н 01 Н 1/02. Спечений матеріал для електричних контактів на основі міді / Братерська Г.М., Коханівський С.П., Донцова Т.О., Наливайко В.А., Коробський В.В., Мрачківський А.М. (СРСР); заявник УСГА. - №5009871/02; заявл. 03.07.1991; опубл. 30.01.1993, Бюл. №4,1993р. - 3 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Розрахунок обсягу робіт з обслуговування електрообладнання

Тип обладнання	Один, виміру	Кіль- кість	Коеф. перев.,	Об'єм, ум. од.
Кабельні лінії до 1 кВт	на 1км.	0,22	1,29	0,28
Електроосвітлювальні установки, проводка, апарати керування:		20	0,99	1,98
лампи розжарювання люмінесцентні		185	0,865	15,91
лампи				
щити автоматики	шт.	10	0,05	0,5
Зварювальний випрямляч	уст.	1	2,41	2,41
Зварювальний агрегат	агр.	1	0,53	0,53
Електровулканізатор	уст.	1	0,29	0,29
Електрокалорифери до 40 кВт	уст.	2	3,16	6,32
Електродистильатор	уст.	1	0,9	0,9
Електропід на 1 кВт	уст.	1	0,05	0,05
Електропривід з АД до 1 кВт	шт.	14	0,44	6,16
від 1,1 до 10 кВт	шт.	44	0,61	26,84
від 10,1 до 40 кВт	шт.	15	0,72	10,8
Електронагрівачі на 200 А	шт.	3	1,09	3,27
Всього				78,21

**Розрахунок річних працевзатрат на виконання ТО і ПР
енергетичного обладнання**

Назва обладнання	Кількість	Трудовісткість, люд.-год		Кількість запланованих на рік		Річні трудовізатрати, люд.-год	
		ТО	ПР	ТО	ПР	ТО	ПР
Ел. приводи машин з ел. двигунами потужністю до 1 кВт:							
n = 1000 об/хв	8	0,3	4,1	3	0,5	7,2	16,
n = 1500 об/хв	18	0,3	3,9	3	0,5	16,2	35,1
до 3 кВт:							
n = 1000 об/хв.	10	0,4	4,4	3	0,5	12	22
n = 1500 об/хв.	5	0,4	4,3	3	0,5	6	10,75
n = 3000 об/хв	2	0,4	4,1	3	0,5	2,4	8,2
до 5,5 кВт:							
n = 1500 об/хв.	3	0,5	4,1	3	0,5	4,5	6,3
до 11 кВт:							
n = 1500 об/хв.	5	0,6	5,4	3	0,5	9	13,5
до 55 кВт:							
n = 1000 об/хв.	1	0,8	13,2	4	0,5	3,2	6,7
n = 1500 об/хв.	1	0,8	12	4	0,5	3,2	6
Зварювальний перетворювач	1	0,5	1,5	6	0,75	3	1,1
Зварювальний трансформатор	1	0,2	8	4	0,5	2	4
Внутрішні силові і освітлювальні проводки	540 м	5	75	3	0,5	81	202,5
Ел. магнітні пускачі на номінальний струм:							
до 10 А	38	0,26	1,51	4	0,5	39,52	76
до 25 А	8	0,28	1,58	4	0,5	8,9	6,32
до 100 А	2	0,3	2,1	4	0,5	2,4	2,1
Світильники з газорозрядними лампами	70	0,2	0,5	2	0,5	28	17,5
Всього						228,5	434,2

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.003.ПЗ	Лист
						74
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		