

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка

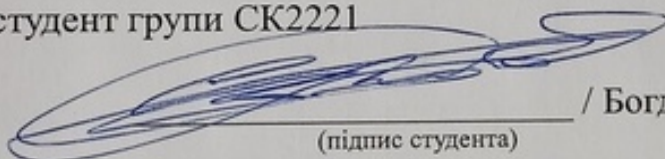
до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня магістр

на тему: Автоматизована система контролю параметрів двигунів стрілочних приводів

за освітньою програмою «Системи керування рухом поїздів»

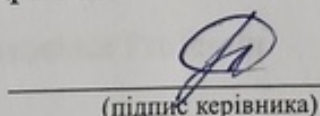
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

Виконав: студент групи СК2221


(підпис студента)

/ Богдан САКОВИЧ /

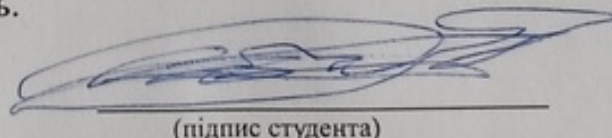
Керівник: доцент кафедри АТ


(підпис керівника)

/ Тетяна СЕРДЮК /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень
з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент


(підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technology
Faculty of Computer Technologies and Systems
Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Automated system for controlling the parameters of switch-point
drive motors

according to educational curriculum «Train traffic control systems»

in the Specialty: 273 Railway transport

Done by the student of the group: CK2221

/ Bohdan SAKOVYCH /

Scientific Supervisor: Associate Professor

/ Tetiana SERDIUK /

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: Магістр
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

_____ Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту _____ Сакович, Богдан Леонідович
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: _____ Автоматизована система контролю параметрів
двигунів стрілочних приводів

Керівник роботи: _____ Сердюк Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____ " 21 " 11 2022 р. № 1151 ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____ Електромеханічні характеристики двигунів
стрілочних приводів МСП-0,25 і МСТ-0,25

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналіз методів технічної діагностики приводів.

4.2 Розробка методів діагностики двигунів стрілочних приводів.

4.3 Ідентифікація несправностей в двигунах стрілочних приводів за допомогою осцилографії робочого струму.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів роботи:

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Завдання видав: (підпис консультанта, дата) | Завдання прийняв: (підпис студента, дата) |
|--------------------|---|---|---|
| Аналітична частина | Сердюк Т.М. | 01.09.2023 | 01.09.2024 |
| Основна частина | Сердюк Т.М. | 01.09.2023 | 01.09.2024 |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів) | 15.09.2023 | 10% |
| 2 | Розділ 1. Аналіз методів технічної діагностики приводів. | 01.10.2023 | 20% |
| 3 | Розділ 2. Розробка методів діагностики двигунів стрілочних приводів. | 05.11.2023 | 25% |
| 4 | Розділ 3. Ідентифікація несправностей в двигунах стрілочних приводів з допомогою осцилографії робочого струму. | 15.12.2023 | 25% |
| 5 | Висновки | 15.12.2023 | 20% |
| 6 | Подання кваліфікаційної роботи до кафедри | 15.12.2023 | |
| 7 | Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії | 25.01.2024 | 100% |

Студент

_____ (підпис)

Богдан САКОВИЧ

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна СЕРДЮК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

80 сторінок, 27 рисунок, 6 таблиць, 28 джерел літератури.

Об'єкт розробки – двигуни стрілочних електроприводів.

Мета роботи – розробка методики діагностування двигунів стрілочного електроприводу за допомогою методу осцилографування струму та визначення його спектрального аналізу.

Методи дослідження – теорія електротехніки та електродинаміка, теорія електричних кіл.

У першому розділі приведений аналіз методів технічного обслуговування і діагностики приводів, розглянуто характеристики двигунів типу МСТ і МСП.

У другому розділі розроблено методи діагностування двигунів стрілочних електроприводів, організація ремонтних робіт.

В третьому розділі розроблена методи ідентифікації несправностей в двигунах стрілочних приводів шляхом осцилографування робочого струму.

Висновок. використання методів контролю стану стрілочних двигунів шляхом осцилографування робочого струму і визначення його спектру, дозволяє впровадити технологію обслуговування електродвигунів «за станом», враховуючи реальний поточний технічний стан механізму.

Ключові слова: ДВИГУН, СТРІЛОЧНИЙ ПРИВОД, ДІАГНОСТУВАННЯ, РОБОЧИЙ СТРУМ, СПЕКТР .

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП | 8 |
| 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРИВОДІВ..... | 11 |
| 1.1. Технології обслуговування засобів автоматизації залізничного транспорту та статистика відмов..... | 11 |
| 1.2. Стрілочні двигуни постійного струму типу МСП..... | 19 |
| 1.3 Трифазні асинхронні двигуни для електроприводів..... | 27 |
| 1.4 Висновки до розділом..... | 34 |
| 2 РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНІВ СТІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ..... | 36 |
| 2.1 Методи контролю параметрів двигунів стрілочних приводів..... | 36 |
| 2.2 Методи технічної діагностики двигунів постійного струму стрілочних приводів у робочих умовах..... | 38 |
| 2.2.1 Організація ремонтних робіт..... | 38 |
| 2.2.2 Методи діагностування стану трифазних асинхронних двигунів із закоченим ротором..... | 48 |
| 2.3. Аналого-цифровий прилад для діагностики двигуна методом осцилографування робочого струму..... | 54 |
| 2.4. Програмне забезпечення стенду | 57 |
| 2.5. Алгоритм роботи пристрою діагностування двигуна..... | 59 |
| 2.6. Висновки за розділом..... | 62 |
| 3 ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ В ДВИГУНАХ СТІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ З ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФІЇ РОБОЧОГО СТРУМУ | 64 |
| 3.1 Діагностика двигуна постійного струму..... | 64 |
| 3.2. Діагностика електродвигуна змінного струму..... | 68 |
| 3.2.1 Виявлення несправностей «коротке замикання в обмотці ротора» та пробою ізоляції в осерді ротора..... | 68 |
| 3.2.2 Обрив обмотки статора..... | 69 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.3 Несправність виду «биття підшипників» із аналоговим сигналом..... | 72 |
| 3.3 Висновки за розділом | 75 |
| ВИСНОВОК..... | 76 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 77 |

ВСТУП

Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором широко використовуються і є основними споживачами електроенергії, але їхні експлуатаційні проблеми можуть призводити до передчасного виходу з ладу. Згідно з останніми дослідженнями, більше 80% електроенергії споживається цими двигунами. Для вчасного виявлення можливих несправностей важлива періодичність діагностики.

Багато несправностей в електроприводах пов'язані з електродвигунами. З статистики відомо, що 37% випадків пошкоджень виникають через зниження ізоляції обмотки статора і якоря, 47% через неполадки щітково-колекторного механізму, 5% через обрив обмотки статора, 1% через міжламельні замикання у колекторі.

Система моніторингу та експлуатаційної діагностики може допомогти вчасно виявляти несправності на ранніх стадіях, що дозволяє мінімізувати витрати на ремонт та перейти до ремонту за станом об'єкта. Розробка математичної моделі електродвигуна стрілочного електроприводу є необхідною для наукового Обґрунтування автоматизованого виміру його параметрів і визначення діагностичних параметрів, які впливають на експлуатаційні характеристики і надійність.

Використання методів контролю та аналізу топчного технічного стану дозволяє впровадити технологію обслуговування електродвигунів «за станом». Суть цієї технології полягає в тому, що обслуговування та ремонт виконується в залежності від реального технічного стану механізму, який контролюється під час експлуатації без робирань і ревізій за допомогою вимірювань відповідних параметрів. Це дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування електродвигунів на 50-75% порівняно з обслуговуванням «за регламентом» (планово-попереджувальні ремонти).

Статистичні дані вказують на те, що ушкодження елементів статора складають 38%, ушкодження елементів ротора-10%, ушкодження елементів підшипників – 40%, інші ушкодження -12%.

Покращення електротехнічних і електромеханічних систем призводить до розширення завдань, які вирішуються за допомогою ідентифікації параметрів машин змінного струму. Значення електромагнітних параметрів використовуються в різних задачах, таких як вибір і розрахунок пристроїв захисту та автоматики, випробування електричних машин, управління споживанням електроенергії тощо.

Методи визначення електромагнітних параметрів базуються на аналізі перехідних процесів, що виникають при зміні електромагнітного стану електричної машини. Частотні методи використовують полігармонійне живлення для оцінювання параметрів двигунів змінного струму.

Актуальність. На сьогоднішній день широко використовується метод вібродіагностування для оцінки стану елементів електродвигуна. Однак цей метод є високовартісним та трудомістким, оскільки вимагає спеціальної вимірювальної техніки та програмного забезпечення. Застосування вібродіагностування може бути обмеженим в разі відсутності доступу до елементів двигуна та механічного пристрою.

Дослідження електромеханічних процесів в двигунах є важливим завданням для розуміння їхнього нормального та аварійного функціонування. Використання математичних моделей асинхронних двигунів дозволяє ефективно досліджувати ці процеси. Крім того, використання методів контролю, наприклад, методу осцилографування робочого струму, дозволяє впровадити технологію обслуговування електродвигунів «за станом», враховуючи реальний поточний технічний стан механізму.

Тому тема дипломної роботи на здобуття ступеня магістра «Автоматизована система контролю параметрів двигунів стрілочних приводів» є досить актуальною.

Метою роботи є розробка методики діагностування двигунів стрілочного електроприводу за допомогою методу осцилографування струму та визначення його спектрального аналізу. Це включає аналіз існуючих методів діагностування малопотужних двигунів та розробку автоматизованого робочого місця для діагностування двигунів.

Робка такої методики дозволить своєчасно виявляти несправності, мінімізувати витрати на ремонт і сприятиме переходу від планово-попереджувального ремонту до ремонту за реальним станом об'єкта.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРИВОДІВ

1.1. Технології обслуговування засобів автоматизації залізничного транспорту та статистика відмов

Аналіз відмов пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) показує, що приблизно 85% відмов виникають внаслідок експлуатації, решта - заводські або проектні. Відмови стрілочних приводів (далі СП) становлять понад 28% від загальної кількості відмов. Отже, ключовим завданням для ефективної роботи електроприводів є, перш за все, забезпечення надійної роботи електродвигуна, автоперемикача, робочих контактів та контрольних ножових контактів.

У сучасних економічних умовах підвищення експлуатаційної надійності існуючих спільних підприємств вимагає модернізації основних вузлів та деталей, удосконалення системи технічного обслуговування та їх ремонту за одночасного зниження експлуатаційних витрат. Загальні витрати на сигналізацію та централізацію становлять 45% загальних експлуатаційних витрат залізничної мережі. Близько 30% їх стосуються обслуговування, ремонту СП та іншого обладнання елементів приводу стріли.

Двигуни постійного струму з послідовним збудженням використовуються в стрілочних електроприводах, а також в локомотивах, оскільки, на відміну від інших типів двигунів, вони розвивають момент обертання, пропорційний квадрату струму. Головний їхній недолік – неможливість підключення цього двигуна до електричної мережі без навантаження на валу. У цьому випадку двигун "руйнується". Проте в стрілочних приводах навантаження відповідає гострякам стрілок, а в тягових – колісним парам. Тому двигун ніколи не залишиться без навантаження на валу.

На залізницях України встановлено різні стрілочні приводи, які обладнанні електродвигунами серії СП (такі як СП-6М; СП-3; СП-12В; СПГ-3 та СПГБ-4М), які є електродвигуном типу МСП із послідовним збудженням.

Стрілочні переведення з електроприводом серії СП у першу чергу призначені для забезпечення роботи станцій та процесу перевезення при швидкості руху поїздів до 160 км/год. Однак електроприводи стрілок (СП), гарнітури та спосіб їх підключення до стрілки, що використовуються в даний час, не можуть гарантувати необхідне збільшення швидкості поїзда до безпечного рівня. Удосконалювати серійні технічні засоби переведення стрілок практично неможливо, оскільки резерви покращення їх конструктивних можливостей вичерпано.

Обслуговування складних систем потребує вирішення низки проблем, необхідні розробки кращої системи профілактики та передбачення виходу із робочого стану цієї системи. Система ЕЦ є ієрархічною, тобто складається з кількох підсистем.

Насправді вибір класу цих підсистем залежить від обслуговування ЕЦ (стрілки, рейкові кола, джерела електроживлення тощо.). При цьому передбачається, що підсистеми, обрані як базові елементи, повністю оновлюються в процесі експлуатації та обслуговування. Параметри надійності, витрати на діагностику та ремонт, а також диспетчерський контроль за станом об'єктів та обладнанням впливають на процес технічного обслуговування.

Статистично-імовірнісний метод оцінки надійності обладнання ґрунтується на використанні статистичних даних про відмови, отримані з досвіду експлуатації ЕЦ.

Вибираючи основні елементи, зважайте на глибину сервісу. Якщо відома глибина продуктивності, завдання полягає в тому, щоб знайти найкращі умови (періодичність) проведення обслуговування для запобігання та оптимізації обсягу роботи.

Базовим елементом у даному випадку є електропривод стрілки - це функціональний елемент, що складається з низки структурних елементів, що виконують різні логічні функції і мають певні показники надійності, сума яких визначає надійність базового елемента [1-9].

Збір інформації здійснювався на основі оперативних даних щодо виходу з ладу численних об'єктів електроцентралізації Придніпровської залізниці, а також із літературних джерел [1-5]. При цьому фіксувалися тип та причина несправності.

Слід зазначити, що відмінною особливістю та перевагою методу збору та обробки інформації про статистику відмов є достовірність, яка отримується в результаті оцінки надійності в умовах експлуатації з урахуванням усіх факторів, що впливають.

Порівняльні характеристики потоку помилок ґрунтуються на параметрах [1, 2]:

$$\omega(t) = \frac{\Delta n_i}{N \cdot \Delta t} - \text{Інтенсивність потоку відмов, 1/год;}$$

Δn_i - кількість відмов і-того базового елемента;

$$\Delta n_i^* = \frac{\Delta n_i}{N} - \text{кількість відмов на умовну базову одиницю;}$$

$$\Delta n_{i \text{ стр}} = \frac{\Delta n_i}{N_{\text{стр}}} - \text{кількість відмов базового блоку залежить від кількості}$$

стрілок;

$$K_0 = \frac{\Delta n_i}{\sum \Delta n_i} \cdot 100 - \text{Інтенсивність відмов, що дозволяє вибрати найбільш}$$

надійний елемент.

Для основних основних елементів силової установки проведено порівняльну характеристику потоку несправностей та його інтенсивності залежно від часу та обсягу вибірки. Результати обробки інформації про помилки зведено до табл.

1.1. Виявилося, що за кількістю відмов основних елементів стріли з електроприводом посідають друге місце після рейкових кіл (28,4%). Середня інтенсивність поломки стріл з електроприводом становить $6,58 \cdot 10^{-5}$ 1/год.

Тому розробка автоматизованого методу діагностування стану електродвигунів стрілочних електроприводів є актуальним завданням з метою зниження експлуатаційних витрат та підвищення надійності стрілок.

Таблиця 1.1 - Параметри відмов основних елементів електричної централізації

| Фундаментальний елемент | кількість елементів, N | Кількість відмов на рік | | | $\omega(t) \cdot 10^{-5}$, 1/година | K_0 , % |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------|-------------------|---|--------------|
| | | Δn_i | Δn_i^* | Δn_{iemp} | | |
| Стріли з електроприводом | 359 | 207 | 0,576 | 0,576 | 6,58 | 28,4 |
| Рейкові кола | 420 | 320 | 0,761 | 0,891 | 8,718 | 43,9 |
| Світлофори | 380 | 71 | 0,187 | 0,198 | 2.1 | 9,7 |
| Інші речі | 359 | 131 | 0,365 | 0,364 | 4.16 | 18,0 |
| Всього на 1 стрілку | 1579 | 729 | | 2.03 | | 100 |

Технічне обслуговування обладнання ЕЦ включає дві групи робіт (рис. 1.1): регулярний (профілактичний) та ремонт після поломки (аварійний ремонт). Сьогодні технічне обслуговування пристроїв ЕЦ має суто профілактичний характер і спрямоване на запобігання виникненню несправностей, тобто несправностей, що призводять до часткового або повного припинення нормального функціонування обладнання. Профілактика чітко залежить від часу. Технічне обслуговування повинне забезпечувати безаварійну роботу систем ЗА. Процес регламентується нормативними документами [8, 13].

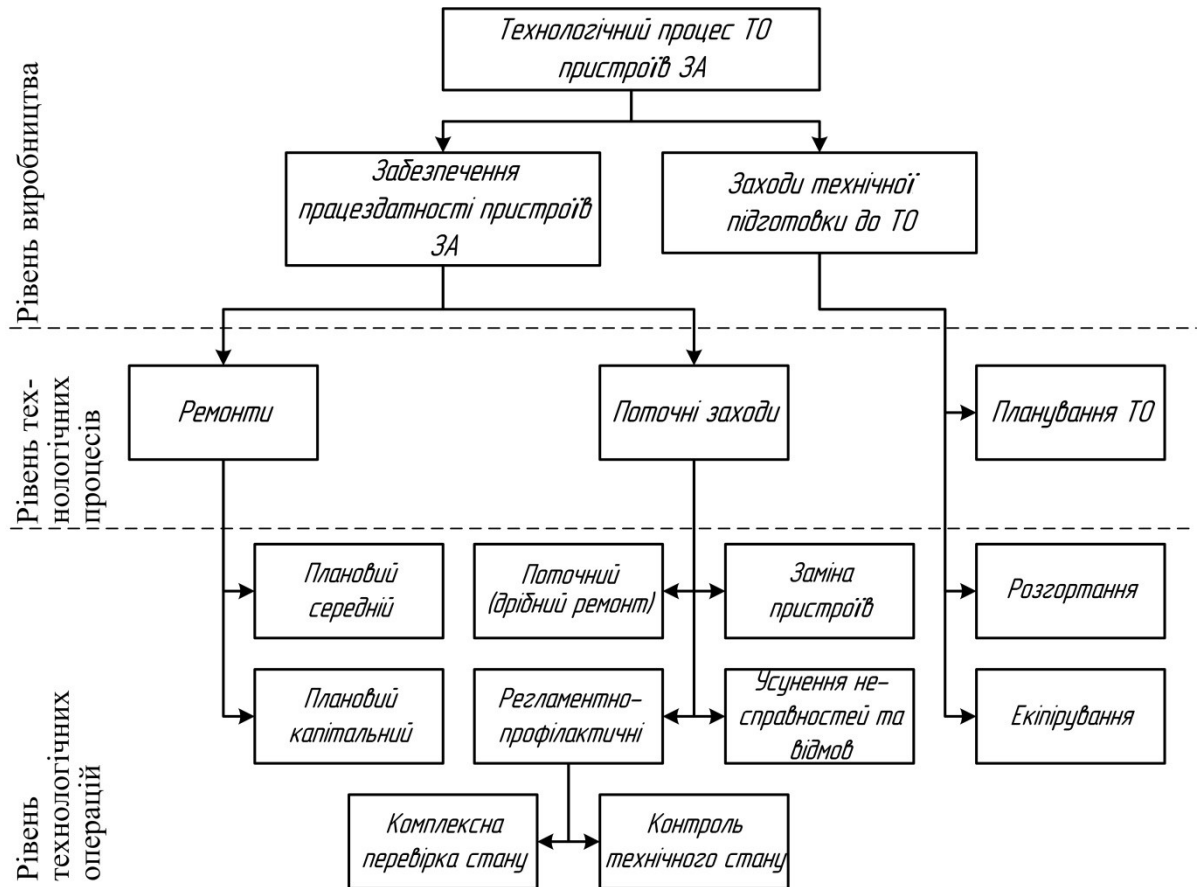


Рисунок 1.1 – Структура технічного обслуговування пристроїв ЕЦ

Роботи з технічного обслуговування та капітального ремонту проводяться окремо. До першої групи входять чотири групи робіт: роботи з поточного ремонту – основні; додаткова робота; комплексна перевірка працездатності пристрою та ремонтні роботи після несправностей [1, 11-17].

Метою регулярних робіт є відновлення початкових характеристик обладнання, втрачених у процесі експлуатації, а також підвищення надійності ЕЦ обладнання, порівняно з існуючим рівнем. Подальша робота ведеться відповідно до річних та перспективних планів підвищення надійності в рамках системи управління якістю технічного обслуговування.

Нормативні або регламентні роботи можна поділити на два етапи: перевірку технічного стану та поточний ремонт. Для оцінки відповідності діючих пристроїв вимогам НТД проводиться перевірка стану. Ремонт обладнання

проводиться для приведення технічного стану обладнання до встановлених вимог.

Враховуючи той факт, що безпека та справність поїздів залежать від якості технічного обслуговування, система технічного обслуговування включає організаційно-технологічні заходи: визначення програми профілактичних робіт; вибір методів співбесіди; Технічний розвиток; планування роботи; контроль продуктивності тощо. Основною дією є визначення програми робіт, що складається з двох основних частин: планових робіт – комплексу однакових операцій для конкретних видів обладнання та додаткових робіт – комплексу операцій, що залежать від місцевих умов експлуатації. .

При виборі стратегії обслуговування ЕЦ обладнання потрібний спільний аналіз соціальних, економічних та технологічних процесів, пов'язаних з обслуговуванням, а також алгоритмів та технічних умов експлуатації обладнання. Складність організації обслуговування комплексу устаткування ЕЦ пов'язані з великою кількістю різних пристроїв, вузлів та іншого устаткування, розкиданого територією станції.

Існує безліч характеристик, пов'язаних із роботою ЕЦ-пристроїв, які, отже, впливають на вибір стратегії технічного обслуговування [7,8]. З метою забезпечення руху поїздів ЕЦ-пристрої повинні мати лише одну помилку захисту; небезпечна помилка має бути усунена як алгоритмом пристрою, так і технічним обслуговуванням. Вигляд ЕЦ-пристроїв, які за принципом дії та функціональної спрямованості поділяються на електричні (виконують логічні операції, сигналізацію, перемикання електричних кіл) та механічні (виконують механічні рухи). Вплив зовнішнього середовища на пристрої (рух поїзда – хімічний, механічний та електричний вплив; атмосферний вплив – хімічний та електричний; розкрадання технічних засобів) [18-27]. ЕЦ-пристрої постійно перебувають у режимі очікування реального часу, і для них існує два основних режими роботи: статичний та динамічний:

- стрілочний перевід: статичний – перевірка поточного становища та очікування команди перенесення; динамічний: перехід у крайнє становище;
- статична ізольована ділянка колії: статична – маршрут не задано, рейкове коло у нормальному режимі; динамічний - визначення та активація маршруту, рейкове коло у шунтовому режимі, в режимі АЛС;
- світлофор: статичний – індикація заборони чи дозволу; динамічний – перемикання світла.

Для обладнання ЕЦ існує поняття методу обслуговування, яке визначається як сукупність технологічних та організаційних правил виконання робіт відповідно до технології обслуговування, що містять основні принципи взаємодії співробітників, пов'язаних з обслуговуванням, кооперацією та розподілом процесів один з одним [7, 8]. За цими характеристиками розрізняють індивідуальний (околотковий), груповий (бригадний) та комбінований (бригадно-околотковий) методи. За критерієм централізації колективів розрізняють централізований та децентралізований методи.

Вибір методу технічного обслуговування залежить від багатьох факторів:

- ступінь складності устаткування, що ремонтується;
- наявність кваліфікованого персоналу;
- комплекти обладнання, згруповані за критерієм складності та можливості збору для централізованого ремонту;
- наявність розвинених технічних та ремонтних баз та транспортних засобів для них;
- різноманітне устаткування, що ремонтується;
- наявність систем технічної діагностики та автоматизації окремих операцій інженерно-технічного обслуговування;
- концентрація обладнання на виробництві;
- концентрація проживання персоналу та наявність великих міст;
- наявність зручних під'їздів до об'єктів локації.

Основою аналізу є матеріали звітів про оперативну роботу відділень автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці [1, 8]. На цій основі було створено зведену таблицю А.1 (Додаток А). Аналіз даної таблиці показує, що в рамках існуючої стратегії системи обслуговування обладнання ЗА фіксується зниження кількості поломок, але причини їх виникнення та співвідношення їх кількості та наслідків «зберігаються» поїзда. затримки. На одному і тому ж рівні. Причому цей відсоток відмов збільшується в міру зменшення загальної кількості відмов пристроїв ЗА і, отже, відмов пристроїв ЗА, пов'язаних зі службою сигналізації та зв'язку. Це можна пояснити різною швидкістю реалізації організаційно-технічних заходів щодо зниження відмов обладнання ЗА у різних службах, пов'язаних з експлуатацією обладнання ЗА [1-10].

Від 85,40 до 88,78% всіх відмов відбуваються з вини персоналу, який здійснює технічне обслуговування та ремонт пристроїв ЗА. При вивченні причин несправностей встановлено, що помилки персоналу призводять до невиконання програми технічного обслуговування та незадовільного виконання робіт, що свідчить про недотримання вказівок нормативно-технічної документації [8, 13] та недостатнє та неадекватне виконання робіт, кваліфікація з погляду технічного обслуговування, особисті характеристики персоналу постачальника послуг, які загалом впливають стан пристроїв ЗА. Відсоток цих відмов варіюється від 65,74 до 71,14%, що свідчить про збереження негативних показників.

Порушення технічної дисципліни можуть бути спричинені не лише низькою кваліфікацією персоналу, а й низькою інших причин [8]:

- недостатнє забезпечення запасними частинами, обладнанням, інструментом та матеріалами;
- недоліки системи професійного розвитку;
- низький рівень роботи із соціального розвитку колективу;
- особисті якості обслуговуючого персоналу;

- недостатня виробнича дисципліна, яка, у свою чергу, знижується через поганий контроль та відсутність зацікавленості з боку персоналу;

1.2. Стрілочні двигуни постійного струму типу МСП

Стрілочні електродвигуни мають послідовне збудження. Як і будь-який тип двигуна, їх можна оцінити за пусковими, робочими та характеристиками регулювання.

Початкові властивості визначаються початковим струмом I_p , пусковим моментом M_p , часом пуску t_p . Робочими характеристиками є залежність частоти обертання, моменту на валу, корисної потужності та ККД від струму якоря. До механічних властивостей відносяться: залежність швидкості обертання від моменту, що крутить, на валу. Характеристики регулювання переважно визначаються межами регулювання швидкості, які встановлюються залежно від найвищої швидкості до найнижчої.

Номінальні параметри стрілочних електродвигунів: Напруга U , потужність P , момент M , струм I та швидкість обертання n . Номінальна напруга - це напруга, на яку розрахований двигун. Номінальна потужність - максимальна потужність, яку двигун може розвивати протягом тривалого часу в короткочасному режимі з урахуванням номінального моменту на валу. Номінальний - струм, що споживається електродвигуном на валу при номінальній напрузі та номінальній потужності. Нарешті, номінал - це частота обертання, що вимірюється кількістю витків якоря при номінальній напрузі та номінальній потужності.

Номінальні параметри стрілочних електродвигунів типу МСП-0,1 наведено у табл. 1.2.

Електродвигуни випускаються напругою 30, 100 і 160 і використовуються для місцевого, центрального і основного електроживлення пристроїв. Габаритні розміри електродвигунів: 320 x 250 x 190 мм, маса 20 кг.

Електродвигуни типу МСП-0,1 мають абсолютно однакові вузли та деталі незалежно від значення номінальної напруги та відрізняються лише даними обмоток.

Аналіз характеристик двигунів типу МСП-0,1 показує, що мають низький ККД. Недоліком є однополярне розташування обмоток збудження, що призводить до збільшення магнітної дисперсії. Коефіцієнт дисперсії магнітного потоку під навантаженням досягає 1,25.

ККД двигуна в діапазоні навантажень, що найчастіше використовуються, не перевищує 0,4-0,5, що знижує загальний ККД приводу стріли.

Таблиця 1.2 – номінальні параметри електродвигунів типу МСП-0,1

| Характеристика | Налаштування | | |
|---------------------------|--------------|------|------|
| Напруга, В | 30 | 100 | 130 |
| Потужність, Вт | 130 | 150 | 150 |
| Споживаний струм, А | 8-й | 2,5 | 1,8 |
| Частота обертання, об/хв. | 1300 | 1500 | 1500 |
| Момент, кгс*см. | 10 | 10 | 10 |

Примітка:

1. Номінальна потужність передачі 100 Вт.
2. ККД (ККД) при номінальній потужності становить 56%.

Конструкція електродвигуна типу МСП-0,1 [1-10]. Корпус 5 електродвигуна (рис. 1.2) являє собою циліндричну деталь з ніжками із сірого чавуну. Всередині корпусу розташовані наступні вузли: стійки з котушками 6, якір 8,

колектор 12, щітковий пристрій 10. Корпус закривається передньою кришкою 9 і задньою кришкою 4, в яких розміщені опори якоря - 2 шарикопідшипники.

Для запобігання виходу мастила та пилу з підшипників використовуються маслозахисні шайби 3 та фетрові ущільнення 13. Поздовжній зазор валу якоря регулюється компенсаційними шайбами 1. Для полегшення умов транспортування на ньому передбачена кромка 7 і оглядовий отвір в передній кришці, що закривається оглядовою кришкою 11.

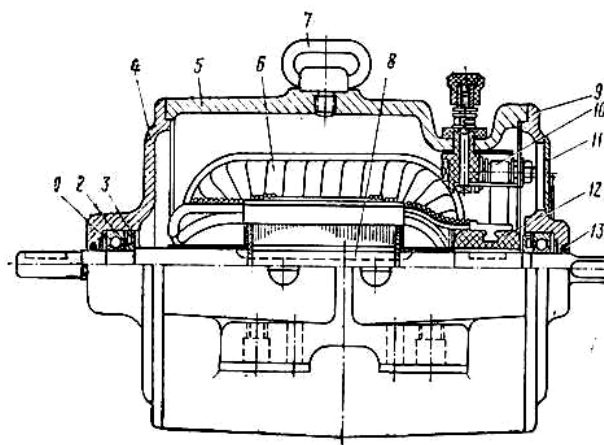


Рисунок 1.2 – Електродвигун типу МСП

Полюс з однією обмоткою (рис. 1.3) є електромагнітом збудження. Його ядро складається з 6 міцних сталевих пластин товщиною 1 міліметр. Довжина сердечника складає 78 мм. Полюс закріплений чотирма сталевими заклепками 2. Полюс кріпиться до корпусу двигуна двома гвинтами 3, для яких у осерді передбачені різьбові отвори. Полюс закінчується полюсним наконечником, що закриває носову частину якоря. Призначення наконечника полюса – полегшити проходження магнітного потоку через повітряний проміжок, оскільки його магнітний опір залишається постійним протягом усієї дуги.

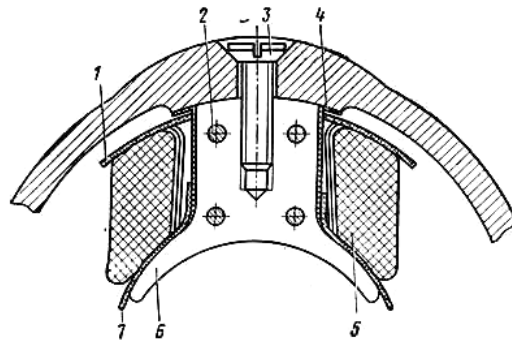


Рисунок 1.3 – Полюс із обмоткою

Число полюсів у двигуні – 2. Розмір розподілу полюсів 10,99 см, а коефіцієнт перекриття – відношення ширини полярної дуги до ширини полярного розподілу – 0,8.

Кожен полюс має по 5 обмоток збудження, кожна з яких створює магнітні потоки у протилежних напрямках. Для обертання якоря у певному напрямку включається лише одна обмотка, друга не використовується. Обмотки збудження ізолювані від полюса та корпусу двигуна картонними проставками 1, 4 та 7. Полюсні обмотки намотані мідним проводом ПЕВ-2. Після намотування обмотку обмотують забарвленою тканиною та ізоленотою, просочують у вакуумі фарбою МЛ-92 і покривають емаллю ГФ-92-ХС.

Вихідні кінці котушок виконані з ПГВ-проводу перерізом 1,5. Повітряний зазор між стійками та якорем становить від 0,5 до 0,75 мм.

Якір зубчастого барабана електродвигуна (рис. 1.4) виготовлений із пресованих електротехнічних листів марки Е-12 завтовшки 0,5 мм. і має 24 прямокутні пази для укладання якоря секцій. З одного боку, лист покритий фарбою №317.

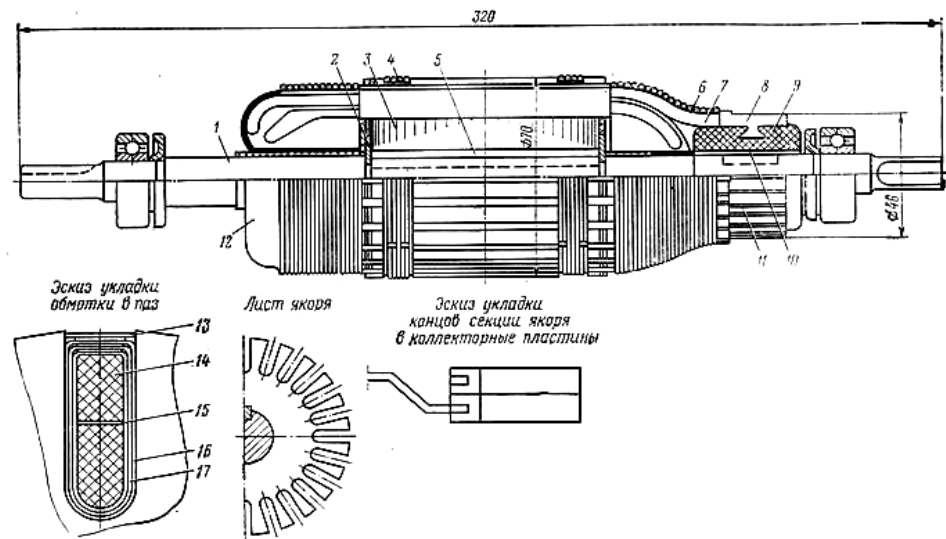


Рисунок 1.4 – Якір з колектором електродвигуна типу МСП

Сердечник 3 якоря напресований на вал 1 і зафіксований шайбами 2. Торцеві пластини якоря стовщені для надання йому достатньої твердості. Сердечник з'єднується з валом шпонкою на 5. Довжина сердечника перевищує довжину опори 2 мм. Це зроблено зменшення зміни провідності магнітної ланцюга двигуна, викликаного осьовим люфтом якоря. Покриваємо зібраний стрижень фарбою №317.

Обмотка якоря складається із 24 секцій. У кожному пазу осердя знаходяться дві сторони по 14 секцій, ретельно ізолюваних від осердя. Ізоляція слотів складається з шарів електрокартону 16, що чергуються, і пофарбованої тканини 17. Площі слотів ізолюються один від одного за допомогою прокладок 15.

Обмотки в гніздах закріплені фібровими клинами 13. Для виключення відштовхування секцій при обертанні сердечник з'єднаний металевими скобами 4 а передні частини обмотки якоря - лляним шнуром 6 поверх ізоляції передніх кінців 7 та 12. Тип обмотки якоря - просте кільце з нахилом по канавках 1 -12.

Секції обмотані мідним проводом ПЕВ-2. Після намотування якір піддають вакуумному просоченню фарбою МЛ-92 або компаундом КП-34, потім покривають емаллю ГФ-92-ГС.

Виходи якірних секцій підключаються до колектора. Колектор являє собою циліндр 9, на поверхню якого запресовані колекторні 24 пластини 8, ізольовані один від одного прокладками 11. Корпус колектора 9 запресований з пресованого матеріалу марки АГ-4-В і встановлюється на вал якоря на шпонці 10. Колекторна пластина 8 виготовлена з міді та закріплена виступом у вигляді «ластівчиного хвоста». Пластина має проріз, в який вставляються та герметизуються дроти якірних секцій. Ізолювальна прокладка 11 виготовлена з міканіту і формою відповідає колекторній пластині. Рознесення колектора двигуна складає 6 мм.

Одночасно з розробкою електроприводів переміщення важких стріл було розроблено та вдосконалено потужніший електродвигун типу МСП-0,25.

Електродвигуни типу МСП-0,25, а також МСП-0,1 випускаються для централізації електроприводів напругою 30, 100 і 160 В. Крім того, як уже зазначалося, електродвигун типу МСП-0,25 з напругою 100 В використовує для приводів горочної централізації напругою 200 В та має умовне маркування: МСП-0,25 100/200 В [2, 5].

Номінальні параметри стрілочних електродвигунів МСП-0,25 наведено у табл. 1.3

Таблиця 1.3 – Номінальні параметри електродвигунів типу МСП-0,25

| Характеристика | Налаштування | | |
|---------------------------|--------------|-----------|------|
| | 30 | 100/200 | 160 |
| Напруга, В | 30 | 100/200 | 160 |
| Потужність, Вт | 250 | 250/550 | 250 |
| Споживаний струм, А | 12,5 | 3,3/3,6 | 2,5 |
| Частота обертання, об/хв. | 1460 | 1700/3600 | 1700 |
| момент, кгс*см | 15 | 15/15 | 15 |
| ККД | 0,6 | 0,7/0,8 | 0,7 |

Габаритні розміри електродвигунів: 320 x 244 x 190 мм, Розміри 17 кілограмів. Зниження маси двигуна МСП-0,25 було досягнуто за рахунок використання сталевого корпусу замість чавунного, як у МСП-0,1.

Конструкції електродвигунів МСП-0,25 з різними номінальними напругами повністю однакові, розрізняються лише дані їх обмоток.

Якщо момент навантаження змінюється у великих межах, корисна потужність змінюється в менших межах, що свідчить про високу здатність перевантажувального двигуна. Потужність, що споживається двигуном P , лінійно залежить від струму I .

Крива ККД двигуна спочатку швидко зростає зі зростанням навантаження, потім ККД досягає максимуму поблизу номінального навантаження і починає знижуватися при високих навантаженнях. Останнє пояснюється насамперед тим, що втрати в якорі та обмотках збудження зростають швидше, ніж корисна потужність.

Конструкція електродвигуна типу МСП-0,25 [1,2,5, 11-17].

На відміну від чавунного картера типу МСП-0,1, картер типу МСП-0,25 складається із сталевий труби діаметром 160 міліметрів із привареними ніжками. Сталева станина має значну перевагу перед чавунною станиною через більшу індукцію насичення сталі. Конструкція полюсів та ізоляція обмотки збудження двигуна типу МСП-0,25 аналогічні двигуну типу МСП-0,1. Обмотки збудження намотані дротом ПЕВ-2, а вихідні кінці - дротом ПГВ перетином $1,5 \text{ мм}^2$.

У двигуні МСП-0,25, на відміну від МСП-0,1, зубці якоря утворюють напівзакриті канавки грушоподібної форми (рис. 1.6). Обмотка якоря складається із 24 секцій. У кожному пазі розміщені дві сторони секцій 2, обернуті один на одного проводом ПЕВ-2 та ізольовані від стінок паза забарвленої тканиною та електрокартоном 3. Обмотки в пазах закріплені клинами 1.

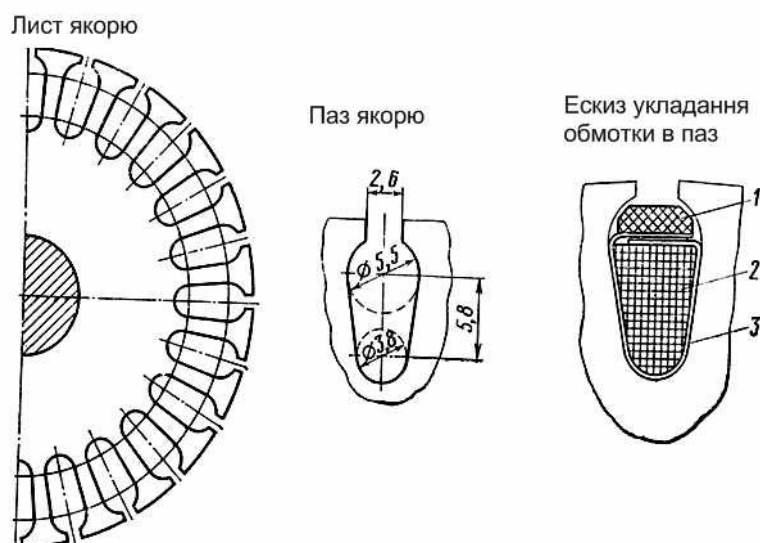


Рисунок 1.6 – Елементи кріплення електродвигуна типу МСП-0,25

З'єднання якірних профілів приварюються до пластин колектора. Колектор двигуна типу МСП-0,25 застосовується так само, як двигуна типу МСП-0,1.

Електродвигуни типу МСП-0,25 складаються з пускових щіткотримачів 3 (рис. 1.7 а), які закріплені на 2 ізоляторах внизу переднього щита 1. Доступ до щіток здійснюється через бічні отвори в щиті, [1-5,11-17] .

Щіткотримач спускового гачка (рис. 1.7 б) містить корпус 3, щітку 1, спусковий гачок 5, пружину 6. Корпус 3 щіткотримача відлитий зі сплаву з низьким коефіцієнтом тертя на цинковій основі. Він має прямокутний профільний отвір для щітки, кишеню для кріплення спускового гачка та пружини, два отвори для кріплення гвинтів до ізолятора 7 та отвір для кріплення силового провідника.

Щітка 1 марки ГЗ виготовлений з графіту. Тимчасове падіння напруги на парі щіток становить 1,9 В при щільності струму, що рекомендується, 10–11 А/см². Перед запуском щітки необхідно притерти до колектору. Максимальне зношування щітки не повинно перевищувати 50% від її початкової довжини.

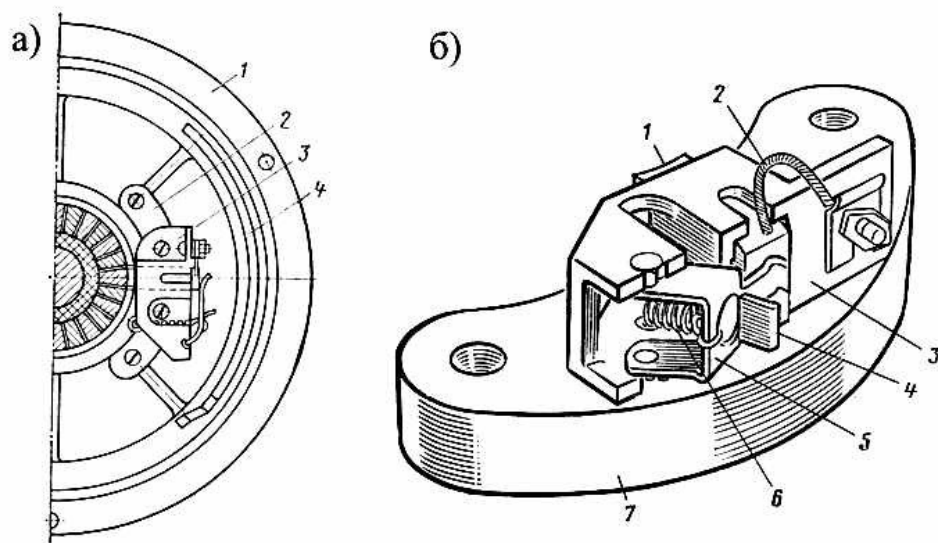


Рисунок 1.7 – Курковий щітковий пристрій

Спусковий гачок 5 відштампований із листової сталі. У нормі під дією пружини 6 забезпечується тиск щіток на колектор. Для зміни щітки спусковий гачок язичка 4 повертають до упору і тримати його в цьому положенні рукою не обов'язково.

Тиск щітки на колектор автоматично підтримується в межах 200-300 гс завдяки пружині та важелю, які змінюють силу, що виникає при натисканні на спусковий гачок через поступове зношування щітки. Початкове регулювання необхідного тиску щіток зазвичай здійснюється шляхом зміни кроку пружини, тобто шляхом зближення або рознесення витків.

1.3. Трифазні асинхронні двигуни для електроприводів

Електродвигун стрілочного привода є джерелом механічної енергії для стрілочного привода, що працює в складних умовах: широкий діапазон змінних навантажень, короткочасні режими роботи і т.п. [2-8].

Трифазний асинхронний електродвигун має швидкість обертання ротора, яка змінюється зі збільшенням навантаження і струму. Основні частини

двигуна: статор, ротор, полярна система та механічна частина. Принцип роботи асинхронного електродвигуна полягає в електромагнітній взаємодії магнітних полів статора та ротора. Магнітне поле статора, обурене трифазною системою, обертається; Струмове поле ротора також обертається синхронно з полем статора і залишається нерухомим по відношенню до нього. При цьому швидкість ротора менша за швидкість магнітного поля статора. У робочому режимі ротор двигуна обертається з частотою n нижче за частоту n_1 магнітного поля статора, який обертається в тому ж напрямку, що і ротор. Отже, високочастотне магнітне поле обертається щодо ротора із частотою $n_s = n_1 - n$.

Характеристикою асинхронності є плин двигуна

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100\% = \frac{n_s}{n_1} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

Відносне зміщення ротора щодо магнітного поля статора, що обертається, характеризується ковзанням S .

Якщо ротор обертається одночасно з магнітним полем, тобто з тією самою частотою, то плин дорівнює нулю ($S=0$). Чим вища частота обертання ротора, тим менший плин. У режимі роботи асинхронного двигуна ковзання незначне. У сучасних асинхронних двигунах ковзання при повному навантаженні становить 3-5%, тобто ротор обертається з частотою, що трохи відрізняється від частоти магнітного поля статора. У режимі спокою, тобто без навантаження на валу, струм дуже малий і його можна вважати нульовим.

Для трифазних асинхронних двигунів $S = 18\%$, що означає збільшення плину. Це зроблено для того, щоб двигун при запуску розвивав максимальний момент, що крутить.

Частоту обертання ротора можна визначити за такими співвідношеннями:

$$n = n_1 - n_s = n_1(1 - S), \quad (1.2)$$

Двигун працює стійко при постійній частоті обертання ротора в момент рівноваги, тобто коли момент двигуна M , що крутить, дорівнює гальмівному

моменту на його валу M_g , в результаті чого розвиває приймач механічної енергії. Тому ми можемо написати $M = M_g$. Кожному навантаженню на машині відповідає певна частота обертання ротора n і певний плин S . Магнітне поле статора обертається щодо ротора з частотою n_s і викликає в його обмотці ЕРС E_2 під дією струму I_2 , що протікає, в закритій обмотці ротора. Якщо навантаження на вал машини збільшується, тобто збільшується гальмівний момент, то баланс моментів порушується, так як гальмівний момент більше моменту, що крутить. Це призводить до зменшення частоти обертання ротора i , отже, збільшення плину. У міру збільшення струму магнітне поле статора частіше тече по провідниках обмотки ротора, збільшує ЕРС наведеної E_2 в обмотці ротора і тим самим збільшує силу струму в роторі і момент, що крутить. Плин і струм у роторі збільшуються до значень, у яких знову досягається рівновага, тобто крутний момент стає рівним гальмівному моменту. Аналогічно процес зміни швидкості ротора та розвитку крутного моменту відбувається при зменшенні навантаження двигуна. При зменшенні навантаження на вал двигуна гальмівний момент стає менше крутного моменту, що призводить до збільшення частоти обертання ротора або зменшення плину. Це зменшує електрорушійну силу і струм в обмотці ротора i , отже, момент, що крутить, який знову відповідає гальмівному моменту. Запуск короткозамкнутого роторного двигуна зниженої в порівнянні з джерелом енергії потужності здійснюється шляхом підключення безпосередньо до мережі. Коли потужність двигуна висока, пусковий струм зменшується, тим самим зменшуючи напругу. Для зниження напруги при пуску двигун включають в мережу через знищуючий автотрансформатор або дроселі. Коли ротор обертається з нормальною частотою, двигун перемикається на повну напругу.

Осердя статора (рис. 1.8) складається із сталевих пластин товщиною 0,35 мм, 0,5 мм. Пластини рифлені, ізолюються фарбою або окалиною для

зменшення втрат на вихрові струми, збираються в окремі пакети та закріплюються в рамі станини двигуна. Станина встановлюється на фундамент. Провідники обмотки 2 вставлені в поздовжні пази статора і з'єднані між собою таким чином, що утворюють трифазну систему. На екрані 4 автомати розташовані шість клем, до яких підключено початок і кінець обмоток кожної фази. Для підключення обмоток статора до трифазної мережі можна з'єднати їх зіркою або трикутником, що дозволяє підключити двигун до мережі з двома різними лінійними напругами. На табличці машини вказано дві напруги мережі, куди розрахований двигун, тобто 220/127 або 380/220 В. При менших напругах, зазначених на табличці, обмотка статора з'єднується трикутником, при більш високих напругах - зіркою.

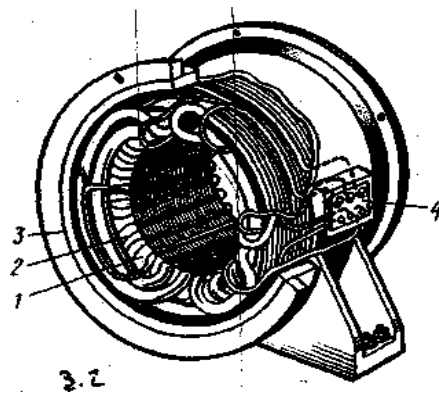


Рисунок 1.8 – Компоненти статора асинхронного двигуна

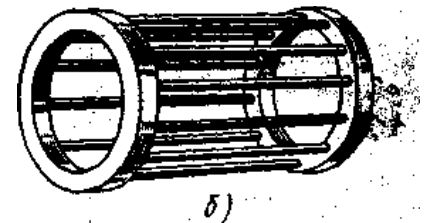
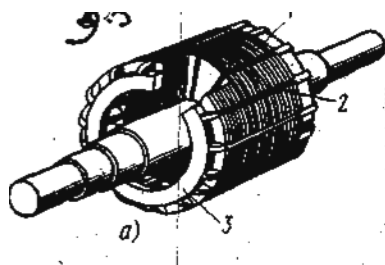


Рисунок 1.9 – Ротор асинхронного двигуна заморочений:

а - конструкція, б - обмотка

Для з'єднання обмотки статора трикутником на екрані машини верхні клеми з'єднуються з нижніми за допомогою перемичок, а кожна пара клем, що з'єднуються, підключається до лінійних дротів трифазної мережі. Для включення зірки три нижні клеми екрана з'єднуються перемичками у загальну точку, а верхні - з лінійними проводами трифазної мережі.

Осердя ротора також виготовлений із товстих сталевих пластин 0,5 мм ізольовані фарбою або окалиною для зменшення втрат на вихрові струми. Пластини гофруються і збираються в мішки, що закріплюються на валу машини. Корпуси утворюють циліндр із поздовжніми канавками, в яких розміщені провідники обмотки ротора. Залежно від типу обмотки асинхронні машини можуть мати ротори із загальною фазою та короткозамкнуті. Намотування короткозамкнутого ротора виконують за типом білячого колеса (рис. 1.9, б). У пази ротора поміщені цілісні стрижні, з'єднані на кінцях трьома мідними кільцями. Часто короткозамкнуту обмотку ротора виконують з алюмінію. Гарячий алюміній заливається у пази ротора під тиском. Така обмотка завжди укорочена і в ній неможливо встановити резистор.

Характеристики асинхронного двигуна електроприводу типу МСТ [1-7].

Стрілочні асинхронні двигуни серії МСТ виготовляються із підвищеним плином $S=18\%$. Метою збільшення плинну проти двигунами тієї ж потужності є збільшення пускового моменту. Номінальні параметри асинхронного двигуна наведено у таблиці 1.3.

Електродвигун типу МСТ-0,25 це трифазний асинхронний двигун із короткозамкнутою обмоткою (білячою кліткою). Обмотка статора розміщена в пазах у 2 ряди, ізольована від сердечника картонною ізоляцією та має діаметр 0,55 мм кабель типу ПЕВ-2. Кількість пар полюсів $p=2$, слотів 24, фаз 3, кількість слотів на полюс та фазу $q=2$, паралельні з'єднання 1. Фазні з'єднання статора обмотки закріплені на корпусі двигуна за допомогою ізолюючої

прокладки. На панелі є 6 виходів, попарно по 1 фазі. Обмотки можуть бути з'єднані зіркою чи трикутником.

Повітряний зазор між статором і ротором повинен бути якнайменшим, так як статор і ротор пов'язані один з одним тільки магнітним потоком, створюваним статором. Чим менший повітряний зазор, тим нижче магнітний опір і краще магнітний зв'язок між статором і ротором.

Таблиця 1.4-Параметри стрілочних електродвигунів

| Характеристики | Значення показників залежить від типу електродвигуна. | | |
|-----------------------------------|---|---------|----------|
| | СТД-0,25 | МСТ-0,3 | МСТ-0,6 |
| Напруга, В | 220/127 | 190/110 | 190/110 |
| Струм, А не більше | 1,4/2,4 | 2,1/3,6 | 2,8/4,85 |
| Потужність, Вт | 250 | 300 | 600 |
| Обертаючий момент, Н·м | 1,57 | 3.43 | 2.37 |
| Частота обертання, об/хв. | 1250 | 850 | 2850 |
| ККД, % не менше | 59 | 66 | 69 |
| Коефіцієнт потужності $\cos \phi$ | 0,78 | 0,72 | 0,84 |
| Частота, Гц | 50 | 50 | 50 |

Короткозамкнена обмотка ротора складається з 18 мідних стрижнів діаметром 3,8 мм, які вставляються в пази корпусу, і два кільця, що закривають, перетином 60 мм². До кілець приварюються стрижні.

Пускові характеристики приводних двигунів показані табл. 1.5 нижче.

Таблиця 1.5 - Пускові характеристики стрілочних двигунів

| Параметр | МСТ-0,25 | МСТ-0,3 | МСТ-0,6 |
|----------|----------|---------|---------|
| Іп/Іном | 2,7 | 2.3 | 3.6 |
| Мп/Мname | 2.2 | 2,5 | 3.6 |

Задовільний пусковий момент досягається збільшенням плинун за рахунок збільшення активного опору елемента роторного в порівнянні з індуктивним. Насправді це досягається збільшенням перерізу сердечників ротора і статора і зменшенням перерізу сердечників осередків обмотки. Завдяки цим пусковим властивостям можливий запуск двигуна безпосередньо від мережі за номінальної напруги.

Що стосується нагрівання, двигуни розраховані на короткочасну повторну роботу з тривалістю ПВ=15%. Орієнтовний ресурс: 500 000 переключень стріл за дотримання правил експлуатації.

Швидкість двигуна регулюється як зміною кількості пар полюсів, а й зміною частоти струму. Цей метод можна використовувати під час використання електродвигунів ручного приводу на механізованих горках.

Електромеханічні характеристики електроприводів з двигунами МСТ-0,25 наведено у табл. 1.6.

1.4 Висновки за розділом

Аналіз процесу технічного обслуговування ЕЦ обладнання показав, що існуюча система технічного обслуговування, заснована на плановій та профілактичній стратегії, не забезпечує повною мірою технічне обслуговування на необхідному рівні та потребує вдосконалення. Проблемі підвищення якості обслуговування ЕЦ систем та зниження витрат на їх експлуатацію присвячено численні роботи вітчизняних та зарубіжних авторів. Вони чітко дотримуються двох основних напрямків:

Таблиця 1.6 - Електромеханічні характеристики електродвигунів типу
МСТ-0,25

| Налаштування | Напруга двигуна, В | Розмір властивостей залежить від навантаження на демпфер, Н | | | | |
|------------------------|-----------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 |
| Струм, А | 127 | 1,55 | 1,87 | 2,3 | 2,95 | 3,5 |
| | 220 | 0,9 | 1,05 | 1,3 | 1,65 | 2,1 |
| Час переводу, с | 127 | 2,57 | 2,75 | 2,95 | 3,25 | 3,94 |
| | 220 | 2,58 | 2,75 | 2,93 | 3,23 | 3,81 |
| Активна потужність, Вт | 127 | 150 | 225 | 339 | 480 | 600 |
| | 220 | 135 | 202 | 330 | 465 | 645 |
| корисна потужність, Вт | 127 | - | 55 | 102 | 140 | 153 |
| | 220 | - | 55 | 103 | 140 | 159 |
| ККД | 127 | - | 0,244 | 0,297 | 0,292 | 0,255 |
| | 220 | - | 0,271 | 0,311 | 0,301 | 0,247 |
| $\cos \phi$ | 127 | 0,44 | 0,545 | 0,67 | 0,74 | 0,78 |
| | 220 | 0,397 | 0,506 | 0,67 | 0,74 | 0,8 |

– удосконалювати організацію системи обслуговування обладнання ЕЦ відповідно до стратегії обслуговування, що ґрунтується на реальних технічних умовах;

- удосконалення конструкції ЕЦ-пристроїв загалом та їх окремих елементів для підвищення надійності та адаптованості до підтримки умов експлуатації.

Двигуни постійного струму із послідовним збудженням застосовуються в електроприводах стрілки типу СП. Основними перевагами електродвигунів цього є крутий момент, пропорційний квадрату робочого струму; характеристики квазілінійного двигуна: механічні (залежність частоти від моменту), регульовані (залежність частоти від напруги якоря); легке регулювання частоти обертання у межах; відмінний час початку; компактні розміри. Однак поряд з перевагами ці двигуни мають недоліки: неможливість підключення цього двигуна до електричної мережі без навантаження на валу; витрати на профілактичне обслуговування колекторно-щіткових груп;

обмежений термін служби через знос колектора; висока вартість, порівняно з асинхронними електродвигунами.

З наведеного аналізу [1-14] можна зробити висновок, що найбільш перспективними є методи діагностування стану двигуна постійного струму кривою робочого струму.

З осцилограм робочого струму отримуємо спектральний склад, висоту амплітуд та їх частоти. З цих параметрів комплекс визначає тип несправності. Це дозволяє виявити такі несправності у приводі та передачі стріл: обриви та короткі замикання в обмотці електродвигуна; Несправності кульового механізму («стукіт підшипника»); Люфти та несправності щіток електродвигуна; «Пікова еластичність» та забруднення башмаків стрілки.

Реалізація цього методу вимагає розробки математичної моделі консольного двигуна постійного струму для наукового обґрунтування автоматизованого методу вимірювання його параметрів та діагностичних параметрів (рівнів та спектрального складу частот на кривій робочого струму).

2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНІВ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ

2.1. Методи контролю параметрів двигунів стрілочних приводів

Проведений аналіз показує, що існуючі методи та системи контролю та діагностики електроприводів стрілок електричної централізації не дозволяють перевірити характер основних параметрів електродвигунів (ЕД). Статистика показала, що відсоток відмов електроприводів від загальної кількості відмов ЕЦ становить приблизно 21%. Інтенсивність відмов електродвигунів постійного струму електроприводів стрілочних пристроїв становить 19-25%. Єдине, що має вищий відсоток відмов, — це автоматичний вимикач, який, на відміну від електродвигуна, регулярно перевіряється електромеханіком у межах комплексного внутрішнього огляду.

Зменшити інтенсивність відмов електрокомутаційних механізмів можна шляхом впровадження дистанційної технічної діагностики (ТД) двигунів постійного струму стрілочних електроприводів, що є метою наукової роботи.

На першому етапі досліджень було проаналізовано кілька існуючих методів ТД електродвигунів. Так, у роботах [4, 5] розглядається метод дистанційного виявлення несправностей та осцилографічний метод оцінки стану електродвигуна. При цьому якір досліджуваного електродвигуна наводиться в рух окремим електродвигуном з частотою обертання 300...500 обертів на хвилину. При цьому електродвигун, що досліджується, працює в генераторному режимі. Електрорушійна сила, створювана в генераторі, передається на трансформатор і далі на вхід осцилографа. Проаналізувавши отримані осцилограми можна оцінити стан електродвигуна.

Аналіз схемних рішень та методів виявлення та оцінки несправностей ЕД показав, що практично всі вони мають недоліки, пов'язані, головним чином, зі

складністю проведення схем технічного діагностування, вимагають демонтажу електродвигуна варіатора та, найголовніше, відрізняються за розміром помилки оцінки параметрів електродвигуна.

У роботах [20-27] запропоновані ефективніші методи технічної діагностики ЕД, що дозволяють контролювати як механічні, так і електричні параметри електродвигунів та показників. При цьому в генераторі імпульсного струму постійно включений датчик струму, який постійно фіксує та аналізує динаміку споживаного струму та наявність гармонік у спектрі струму в діапазоні від 20 до 10 000 Гц. Їх властивостей робить висновок про несправності електричних компонентів електродвигуна показників поворотів. А саме, пошкодження в обмотці якоря визначається наявністю в спектрі численних швидкодіючих гармонік, а ступінь ушкодження визначається кількістю порушень частоти гармонік; Обриви обмотки якоря виявляються поступовим зміною амплітуди гармонік, а коротке замикання обмотки якоря - за зміною амплітуди основний частоти у спектрі.

При діагностуванні стану механічної частини вимикача вибирається змінна ділянка кривої струму, осцилографується та аналізується датчиком струму, постійно включеним у ланцюг електроприводу. Якщо в спектрі є гармоніки від 1 до 1000 Гц, за їх властивостями можна визначити стан механічної частини трансляції. Даний вид діагностики дозволяє виявити несправності шарикопідшипників при появі в спектрі споживаного струму гармонік із частотою від 10 до 150 Гц; «пружність» наконечника перемикача та забруднення колодок усуваються різкою зміною частоти обертів; Люфт щіток електродвигуна усувається у разі зростання гармонік верхніх гармонік, а кількість дефектних щіток визначається кількістю цих гармонік.

У роботі [11] досліджено причини сходу з рейок високошвидкісних транспортних засобів на ділянці залізниці Лондон-Бірінгем на стрілочному

перекладі, обладнаному електроприводом, та розглянуто заходи щодо запобігання та запобігання подібним випадкам.

Таким чином, реалізація даних методів дозволяє суттєво підвищити ефективність технічної діагностики електродвигунів постійного струму електроприводів обмінних пристроїв завдяки:

- збільшити глибину діагностики об'єкта пошуку (збільшити обсяг інформації про стан обладнання);
- підвищити точність оцінки параметрів несправностей електроприводів постійного струму;
- прискорення діагностики та прогнозування несправностей об'єкта в умовах експлуатації;

Зміна структури та технології профілактичної роботи, пов'язана зі зниженням експлуатаційних витрат.

2.2 Методи технічної діагностики двигунів постійного струму стрілочних приводів у робочих умовах.

2.2.1 Організація ремонтних робіт

Для нормальної роботи стрілок у будь-яких погодних умовах необхідний щорічний профілактичний огляд та при необхідності ремонт електродвигунів стрілочних електроприладів [11]. Досвід окремих робіт показав доцільність організації профілактичного огляду та ремонту трас сигналізації та зв'язку спеціалізованими ремонтними групами контрольно-вимірювальних пунктів (КВП). Затверджена керівництвом програма заміни електродвигунів складається дистанційно. Витяги з нього передаються начальнику електромеханіка станції, який відповідає за своєчасну заміну електродвигунів та доставку їх у ремонт на КВП. Виконання програми співробітниками КВП контролюється. Склад ремонтної бригади на контрольно-вимірювальному

пункті залежить кількості електроприводів на маршруті. Найоптимальніший варіант – дві людини: електромеханік та електрик. Робота ремонтної групи планується згідно з графіком заміни електродвигунів, копія якого має бути видана електромеханікам цієї групи. За некомплектності галузевої електрорухової групи ремонту їй можуть бути доручені роботи аналогічного характеру: ремонт електродвигунів, перевірка трансформаторів, індукторів, захисних пристроїв тощо. Виділено спеціальне приміщення загальною площею не менше 20-25 м², де розташовані робочі місця: 1) для ремонту та випробувань електродвигунів, обладнані пресом, двоколонними столами та стелажми для зберігання електродвигунів та їх обробних, свердлильних та шліфувальних верстатів, пультом управління для реєстрація характеристик електродвигуна засобами вимірювань (мегаомметр, міст постійного, тахометр на 20...3000 об/хв, вольтметр, індикатор годинника з точністю рахунку). до 0,01 мм, граммметр за шкалою 0...1000 г), різні пристрої, необхідний інструмент; 2) для сушіння та просочення обмоток, обладнаний сушильною шафою, індивідуальним столом, ванною для просочення обмоток, пристроєм, що відсмоктує, пирососом [1, 11-17].

Відповідно до правил охорони праці та гігієни робоче місце для замочування та сушіння обмоток електродвигуна має бути ізольовано від решти приміщення та обладнано протипожежними засобами. Плакати з техніки безпеки також мають бути вивішені на робочих місцях. Результати контрольних вимірів фіксуються у протоколі ремонту двигуна [1-5, 11-17].

Демонтаж електродвигунів. Корпус електродвигуна очищають від пилу та перевіряють на наявність тріщин, правильність функціонування гвинтів, що регулюють співвісність електродвигуна та електротягового редуктора. Опір ізоляції обмоток збудження та якоря щодо корпусу двигуна вимірюють мегаомметром. Один провід Мегаомметра від клеми «Земля» підключається до корпусу двигуна, а інший до однієї з трьох клем обмотки двигуна. Результати

вимірювань заносяться до журналу ремонту. Якщо загальний опір ізоляції обмоток збудження та якоря електродвигуна менше встановленого нормативу, після зняття якоря такі самі вимірювання додатково проводять окремо для обмоток збудження та якоря. Розбирання електродвигуна проводять у наступній послідовності: відкручують кріпильні гвинти, знімають передню та задню кришки, знімають якір, знімають щітковий пристрій, від'єднують кабелі та знімають полюси з котушками. За допомогою знімачів знімаються підшипники і, за потреби, шестерні, встановлені на якірному болті. Після демонтажу деталі електродвигуна маркуються, тобто. на корпус, якіри, кришки та щікотримачі наносяться етикетки. Всі деталі очищені від корозії та пилу, корпус та кришки покриті чорною емаллю [1, 11-17].

Виявлення та виправлення помилок в обмотках збудження та якоря.

До найчастіших несправностей обмоток відносяться: короткі замикання між витками або секціями, погане паяння з'єднань, знижений опір ізоляції обмотки корпусу двигуна, обрив проводів. Для виявлення несправностей вимірюють величину опору омічного обмоток. При цьому навіть незначне відхилення омічного опору обмоток норм свідчить про несправності. Перед початком виміру пластини колектора очищаються від слідів окиснення. Для очищення можна використовувати дрібнозернистий наждачний папір на паперовій або полотняній основі.

Для спрощення вимірів використовуються спеціальні методи (рис. 2.1). Якір 2 прикріплений до двох центральних рам 1, а типові щікотримач 4 прикріплені до двох зовнішніх рам 7 так, що щітки 3 контактують з двома сусідніми пластинами колектора, коли вони опускаються на колектор 6.

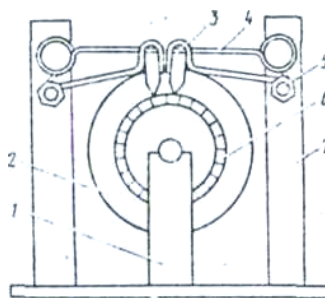


Рисунок 2.1 – Прилад для вимірювання омичного опору обмотки якоря

Через клеми до щіток підключається омметр. Позначивши на колекторі початок перевірки, вручну повільно обертайте якір навколо осі та вимірюйте кожну пластину колектора. Омметр повинен показувати постійне значення опору кожної ділянки якоря. Для точнішого вимірювання обмоток електродвигуна з малим опором (менше 1 Ома) замість омметра використовується вимірювальний міст постійного струму. Низький опір обмотки може бути результатом короткого замикання між сусідніми котушками або колекторними пластинами. У цьому випадку при огляді перевіряють наявність перемичок між пластинами колектора, тобто задирок, слідів мідного або вугільного пилю і т. д. Причиною підвищеного опору може бути обрив дроту або погана пайка обмотки.

Для визначення витків в обмотці якоря можна використовувати метод, заснований на генерації магнітного потоку в короткозамкнених витках (рис. 2.2).

Для цього на корпус вимірювача омичного опору обмоток встановлюють випробувальний якір 2, а під ним - дросель 3. Відстань L між якорем та дроселем має бути мінімальною, щоб забезпечити вільне обертання арматури навколо вимірювача омичного опору обмоток вісі.

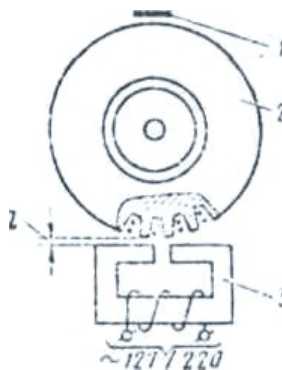


Рисунок 2.2 – Визначення міжвиткових замикань в обмотці

При подачі змінної напруги 127/220 на рейкову обмотку обурений магнітний потік проходить через якір і в разі короткого замикання між витками обмотки викликає струм на замкнутому ділянці якоря. обмотка. Поява струму визначається силою тяжіння тонкої сталеві пластини 1 розміром 100 на паз якоря, де знаходиться несправна секція. Якір обертають навколо осі на один або два пази, причому щоразу сталеву пластину на якорі відсувають на відстань 1-2 мм від поверхні. Щоб переконатися у відсутності зазорів у місцях припаювання виводів обмотки до пластин колектора, зніміть джгути у місцях паяння та перевірте якість паяння омметром. Значення зварювального опору має дорівнювати нулю [11-17]. Усунення неполадок здійснюється шляхом відпаювання кінця основної плати, зачистки його та проводів, лудіння та повторного паяння. Після усунення несправності повторіть вимірювання з обмоткою повітряного зазору, як описано вище. Для виявлення коротких замикань, обривів, неякісного паяння та інших дефектів обмоток збудника та якоря можна використовувати імпульсний прилад промислового виготовлення типу ЕЛ-1. Порядок використання пристрою описано в інструкції.

Ремонт обмоток. Обмотки збудження, де виявлено обрив дроту чи коротке замикання між витками, замінюються новими. Якщо ви помітили обрив вузла або коротке замикання між витками якоря, перемотайте всі секції. Підготовка якоря до перемотування включає зняття старих бандажів, розпаювання

комутатора, зняття старої обмотки, очищення пазів. При ремонті необхідно дотримуватись усіх технічних умов. Спеціальний пристрій для намотування окремих секцій якоря (рис. 2.3 а і б) складається з електродвигуна 2 (консольного електродвигуна МСП-0,1 на будь-яку робочу напругу), рухомих напівдисків 1, на яких закріплюються окремі секції, електролічильник 3 з розмикаючим контактом 4 та профільованим диском 5, встановленим на валу електродвигуна 6.

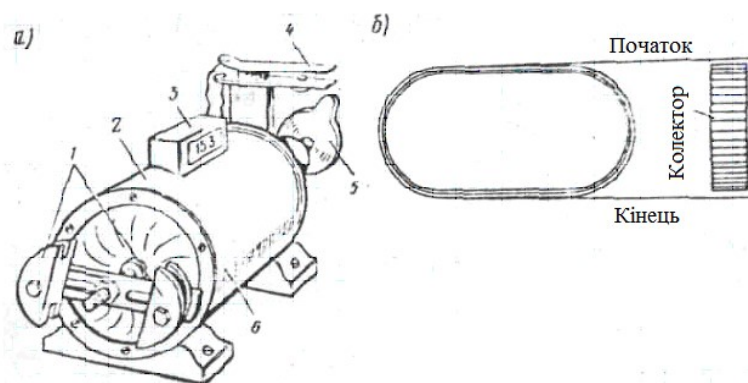


Рисунок 2.3 – Пристрій для намотування якірних секцій

При малій кількості витків якоря на електродвигун подається знижена робоча напруга. На тому ж ковзному напівдиску 1 можна вручну намотати секцію зі зменшеним числом витків [11-17]. Виготовлені секції укладають у пази якіра, їх кінці зачищають і приварюють до пластин колектора за допомогою ПОС-40 або ПОС-60 за допомогою потужного паяльника потужністю 90-100 Вт. Активний кінець мідного стрижня паяльника слід зрізати конусом під кутом 45, зачистити та градувати. З'єднання секцій припаяні до колекторних пластин нещільно, так як при висиханні після просочення лицьовий бандаж стискається і сильно розтягнуті провідники можуть порватися. Схема укладання ділянок обмотки за пазами сердечника якоря та приварювання їх до колекторних пластин представлена на рис. 2.4, де обмотка якоря являє собою вузол з газовим ступенем 1-12, колекторним

ступенем з 1- 2 та початковий ступінь з 1- 7. Обмотка якоря складається з 24 секцій.

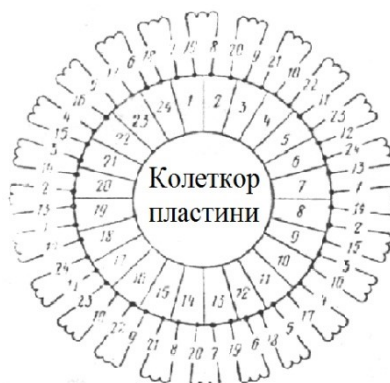


Рисунок 2.4 – Схема накладених ділянок обмотки якоря

У кожному пази сердечника (рис. 2.5) розташовані дві сторони різних ділянок 2, ізолювані один від одного прокладкою 3. Ізоляція пазів складається з шарів електротехнічного картону 4, що чергуються, і пофарбованої тканини 5. Обмотки в пази їх фіксують фіброкліном 1. Щоб уникнути виштовхування зрізів при обертанні стрижень підв'язують. Кожна пов'язка повинна складатися з 13 витків сталюого стрічкового дроту діаметром 0,5 мм. На передню частину якірної обмотки накладають пов'язку, що складається зі стрічки (лакотканини, мікаленти) та нитки.

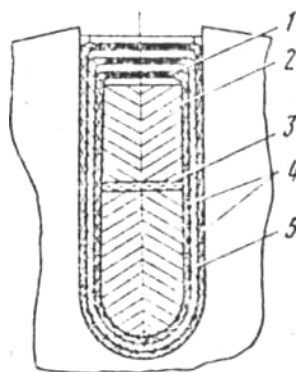


Рисунок 2.5 – Ескіз укладання обмотки якоря в пазах сердечника

При загортанні оселедя стрічки просочуються фарбою. Якщо пов'язка не протікає, пов'язку покривають лаком ВТ-99 і сушать повітря близько 3 годин.

Необхідною умовою високої якості нової обмотки є чистота робочого місця. Попадання пилу та бруду в обмотки суттєво знижує електричний опір ізоляції. Навіть невеликий фрагмент металу, що впав на обмотку, може спричинити руйнування ізоляції.

Ремонт колекторів. У процесі експлуатації форма колектора порушується через нерівномірне зношування поверхні колектора. За допомогою індикатора перевіряється стан поверхні якірного колектора. Биття колектора не повинен перевищувати 0,05 мм. Токарна обробка, шліфування та полірування відновлюють правильну форму колектора. Проточка, шліфування та полірування колекторів виконуються на токарному верстаті, що забезпечує необхідну точність обробки.

Для обертання колектора використовуються фрези із твердосплавними пластинами ВК-Е. Швидкість різання встановлюють 200-240 м/хв, подача фрези та глибина різання повинні бути мінімальними для збереження висоти колекторних пластин. Колектор полірують і обробляють діаметром при високій окружній швидкості (1500-1700 об/хв) на токарному верстаті з дрібнозернистим карборундовим стрижнем, закріпленим в цангу верстата, або з дрібнозернистою накладкою, закріпленою на дерев'яній рамі. Для отримання чистішої поверхні колектора необхідно, щоб напрям обертання якіра при шліфуванні було протилежне його обертанню при проточці канавок. Колектор полірується на повстяному верстаті пастою ГОЕ-54 або струбцинами з твердих порід дерева (частіше за бук). Полірування колектора забезпечує гладку (дзеркальну) поверхню і робить її більш стійкою до стирання щіткою [1, 11-17].

Сушіння та просочення обмоток. Обмотки сушать у сушильних шафах (рис. 2.6), які можуть бути переобладнані в релейні шафи типу ШМ-1. Джерелом тепла в сушильній шафі є дві електродіодні ПТ 10-2 тип 1 потужністю по 1 кВт кожна, які можуть включатися одночасно або окремо [1, 11-17].

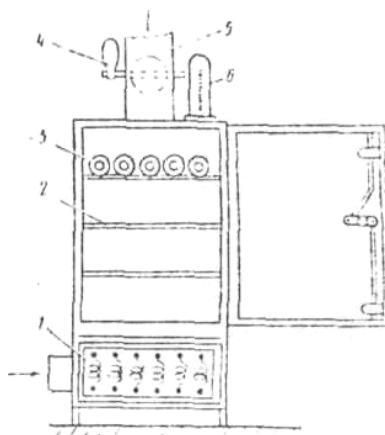


Рисунок 2.6 – Сушильна шафа

Типовий термодатчик ТС-100 з межами від 0 до 120°C автоматично підтримує температуру повітря та сухого приміщення від 100 до 110°C. Температуру контролюють термометром 6. Внутрішня частина стін та дверей для збереження тепла покрита азбестом, 2 полиці замінені решітками, на яких встановлені обмотки та якіри 3. Шафа обладнана витяжкою 5 з керуванням клапан 4 та заземлення. Час висихання залежить від опору ізоляції обмотки та варіюється від 6 до 12 годин. Після висихання обмотки охолоджують до кімнатної температури, вимірюють опір їх ізоляції та просочують фарбою. Просочення обмоток, тобто заповнення порожнин і пір ізоляції фарбою, запобігає проникненню вологи в пори, створює високу теплопровідність ізоляції та продовжує термін її служби. Для просочення застосовують електроізоляційні просочувальні фарби: ВТ-980 (старий 460), ВТ-987 (старий 447), ВТ-988 (старий 458). При необхідності фарби розбавляють до в'язкості толуолом, ксилолом, розчинником або сумішшю цих розчинників з уайт-спіритами або бензином у співвідношенні 1:1. Просочення обмоток необхідно проводити як у разі заміни (перемотки) обмоток, так і для відновлення необхідного значення опору ізоляції. Основний метод просочення полягає у повному зануренні обмотки в ємність з рідкою фарбою та зануренні в ємність якорів вертикально колектором вгору. Фарба не повинна сягати пластин

колектора на 7-10 мм. Висушену оболонку перед зануренням у фарбу необхідно нагріти в печі до температури 55-70 ° С, так як при вищій температурі оболонки відбувається бурхливе випаровування розчинника, в'язкість фарби збільшується і погіршується. Просочення. Обгортка залишається в фарбі до тих пір, поки не перестануть з'являтися бульбашки повітря. Після просочення дочекайтеся витікання надлишків фарби та очистіть всі поверхні, на яких плівка фарби неприпустима (поверхня якірної сталі, дерева), ганчіркою, змоченою бензином. Сушка обмоток після просочення необхідна для видалення розчинника фарби з пір ізоляції та «випалювання» лакофарбової плівки. Рулони поміщають у сушильну шафу. Температуру сушіння підтримують на рівні 105-110 ° С, час висихання фарби ВТ-980 – 10 хвилин, ВТ-987 – 6 годин. і БТ-988 - сушіння 3 години, аплікація повинна мати плівку фарби, що зовсім не прилипає до пальців. Опір ізоляції висушених обмоток після охолодження до кімнатної температури перевіряють мегомметром і має бути не менше 100 МОм. Для підвищення вологостійкості ізоляції на поверхню обмотки пензлем наноситься шар електроізоляційної фарби ВТ-99. Час висихання фарби при температурі 18...22°С становить трохи більше 3 годин [1, 11-17].

Перевірка та ремонт щіткотримачів. Основа щіткового пристрою та робочі поверхні щіток не повинні мати сколів та тріщин. Несправну основу буде замінено. Використовуються лише заводські пружини. Їхню еластичність перевіряють вручну і при зносі щіток понад 40% замінюють новими (марки МГ-2). Потрібно почистити поверхню колектора новими щітками. Для полегшення втирання використовується спеціальний пристрій. Щітка 3 встановлюється діаметром колектора 6. Якір 2 встановлюється на стійки, а щіткотримач 4 з вставленою новою щіткою опускається на колектор. Натирання (рис. 2.7) проводиться наждачним папером 2, який кладуть гладкою стороною на колектор 3 і підтягують під щітку 1. Кінці паперу необхідно

загнути (див. рис. 2.7, а). При неправильному укладанні паперу (див. рис. 2.7, б) краї щіток припадає пилом і площа контакту з колектором зменшується.

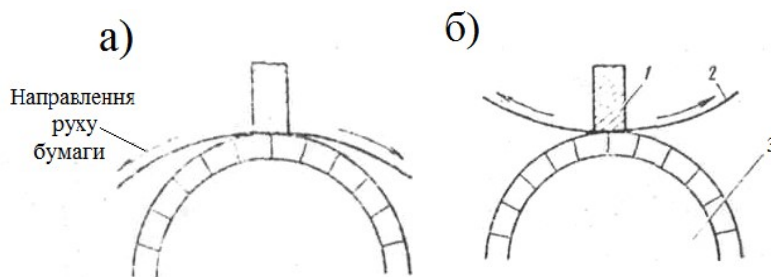


Рисунок 2.7 – Притирка щіток до колектора.

Затирання починається з крупнозернистого наждакового паперу і закінчується дрібнішим. У процесі очищення щітку можна притискати лише до паперового полотна завдяки пружній силі тримача щітки. Притирання щіток вважаються закінченими, якщо вони мають блискучу робочу поверхню без явних глибоких ліній. Після шліфування щітки очищаються від вугільного пилу, колектор також очищається та продувається стисненим повітрям.

2.2.2. Методи діагностування стану трифазних асинхронних двигунів із закороченим ротором

Аналіз існуючих методів технічної діагностики електродвигунів показує, що є два напрями їх розвитку. До першого напрямку належать методи профілактичної перевірки та ремонту (тобто непрацюючих електродвигунів), які дозволяють виявити практично всі можливі види пошкоджень. Другий напрямок включає експрес-режими роботи електродвигунів, але спрямовані на виявлення конкретного виду несправності [2,5, 6-10]..

Метод вібраційної діагностики стану елементів електродвигунів широко застосовується у промисловості. Цей метод досить дорогий та трудомісткий, потребує використання спеціальних вимірювальних приладів та програмного

забезпечення. При використанні вібродіагностики необхідний доступ до елементів двигуна та механічного пристрою (що не завжди можливо). Додатково необхідно встановити датчики вібрації в три виступи. І, нарешті, не завжди можна відновити вібрації, спричинені «близькими» пристроями [6,8,11].

Використання методів та засобів контролю та аналізу поточного технічного стану дозволяє реалізувати технологію обслуговування електродвигунів «по стані». Суть технології полягає в тому, що роботи з технічного обслуговування та ремонту проводяться, виходячи з поточного технічного стану механізму. Контроль стану здійснюється у процесі експлуатації без розбирання та капітального ремонту шляхом вимірювання відповідних параметрів. У цьому вартість обслуговування електродвигунів знижується на 50-75% проти «за регламентом» обслуговуванням (система планово-попереджувальних ремонтів).

Відомо, що обмотки статора та ротора часто пошкоджуються, для діагностики яких запропоновано кілька методів. У роботах [1-3, 23-27] контроль пускового струму статора асинхронного електродвигуна використовують для діагностики обмоток ротора короткозамкнутого АД. У роботах [2, 3] технічний стан обмоток електродвигуна оцінювалося за величиною третьої гармонійної складової струму статора. У роботах [4, 5] діагностика короткозамкнутих стрижнів роторів асинхронних електродвигунів здійснюється за пульсаціями узагальненого вектора статора. Недоліками цих методів є: помилки діагностики за наявності пульсацій і гармонійних складових напруги живлення, а також труднощі оцінки технічного стану електродвигуна за будь-яким з перерахованих критеріїв.

Дефекти та несправності можна фіксувати за допомогою різних систем. Серед сучасних систем ідентифікації параметрів АД з урахуванням помилок та несправностей можна виділити системи технічної діагностики, що виконують безперервні чи періодичні діагностичні виміри з необхідним інтервалом в автоматичному режимі [1, 11-17]. Методики виявлення помилок та

несправностей у системах технічної діагностики ґрунтуються на вимірних значеннях контрольно-вимірювальних приладів, а також результатах випробувань при ремонті електродвигунів. При цьому діагностичні системи розрізняються по регулюванню та умовам. В основу типової системи діагностики покладено систему планових і профілактичних ремонтів, недоліками якої є необґрунтована заміна вузлів з підвищеним залишковим ресурсом, погіршення експлуатаційної надійності електричної машини після розбирання та заміни деталей і т. д. сучасні діагностичні системи технічно достовірно визначають необхідні умови та обсяг налагоджувальних робіт та контролюють якість їх виконання. Загалом недоліком таких систем є неможливість своєчасного виявлення помилок та несправностей через великі інтервали випробувань. При цьому застосування таких систем не завжди виправдане, оскільки часто призводить до необхідності відключення працюючого обладнання, що призводить до збільшення матеріальних та трудових витрат та погіршення техніко-економічних показників.

Поширена в даний час система технічного обслуговування та ремонту є системою, заснованою на індивідуальному спостереженні за зміною технічного стану в процесі експлуатації шляхом проведення діагностики з періодичністю, визначеною технічною документацією.

У різних методах використовуються дані про миттєві значення статорних напруг і струмів [2, 5].

Це зумовлено високою інформативністю та доступністю сигналів, а також можливістю діагностики під час поточної роботи.

В даний час широко використовуються системи ідентифікації ЕМП-АД, що використовують гармонічний аналіз напруги та струму статора [2].

Інтелектуальні системи діагностики технічного стану АТ також можуть використовуватися для виявлення несправностей з використанням нечіткої логіки та нейронних мереж [3, 4].

Одним із перспективних напрямів технічного контролю та діагностики, що визначає підвищення якості контрольних-діагностичних інформаційних технологій, слід вважати інтелектуалізацію процесів обробки діагностичної інформації з використанням технологій експертних систем. У цьому вони мають забезпечити підвищення якості виявлення технологічного стану об'єкта.

Пристрій нечіткої логіки дозволяє оцінити технічний стан та прийняти обґрунтоване рішення про наявність дефектів та необхідність проведення ремонтних робіт.

Нейронні мережі часто використовують у діагностичних завданнях. Існує ряд пристроїв, які приймають рішення про наявність несправності на підставі даних про струми, напруги та частоту обертання валу за допомогою нейромережевої системи.

Значна кількість систем ґрунтується на управлінні віброакустичними сигналами. Джерелами коливальних сил асинхронних двигунів можуть бути несправності обмоток статора, нерівності повітряного зазору, дисбаланс ротора, дефекти підшипників тощо. Системи вібродіагностики оцінюють вібраційні сили, пов'язані з наявністю тих чи інших дефектів. Маючи велику базу даних та результати вимірювань двигуна, можна виявити несправність та оцінити ступінь її розвитку навіть у автоматичному режимі. Системи вібродіагностики малоефективні виявлення несправностей на ранніх стадіях розвитку, особливо коротких замикань між лініями. Даних про можливий вплив несиметрії електричної мережі на коливальний сигнал немає. Вібрації вимірюються за допомогою різних датчиків, які дорогі та часто виходять з ладу.

Виділити діагностичні системи можна на основі порівняння перехідних процесів АТ, що вивчається, і отриманих на основі моделі [6]. Що стосується ідеально симетричної машини обидві моделі дають однакові результати розрахунку параметрів стану машини. Якщо ротор має один або кілька пошкоджених стрижнів, напруга та струм мережі будуть спотворені. Крім того,

крутний момент валу і швидкість ротора демонструють подвійну модуляцію ковзання в часовій області. За допомогою просторової векторної моделі виражаються різні вхідні змінні та розраховуються різні змінні стани, в яких відбуваються згадані модуляції. Залежно від просторового розподілу потоку застосовують і деякі відмінності в синхронізації машин. Для виявлення пошкодженого ротора за допомогою системи моніторингу необхідно виміряти напругу мережі, струм і положення ротора. Це завдання виконується за допомогою портативної вимірювальної системи із додатковими платами АЦП. Просторова векторна модель розраховується в автономному режимі після виміру записаних даних.

Завдяки моделюванню існують системи, які можуть знайти вихід з ладу одного стрижня обмотки ротора, коли АД працює з повним навантаженням. Ці системи здатні відрізнити структурну асиметрію машини від реальних ушкоджень та виконують дві функції: обробку сигналу та рішення алгоритму інформування оператора про стан ротора. Обробка сигналів включає блок перетворення сигналів зовнішнього потоку передачі і блок поділу робочого процесу на частотний спектр.

В окрему групу входять системи діагностики на основі математичних моделей АТ, які дозволяють розраховувати характеристики двигуна, що працює в певних умовах, та порівнювати їх з характеристиками реального двигуна. Математична модель асинхронного двигуна є системою диференціальних рівнянь, до розрахунку якої необхідне використання промислового контролера.

Останніми роками у багатьох країнах світу намітилася тенденція дедалі ширшого використання новітніх інформаційних технологій з допомогою використання інтелектуальних систем. До таких систем належать також експертні системи, що являють собою складне програмне забезпечення, що дозволяє отримати знання кваліфікованих фахівців - експертів у конкретній

проблемній галузі - та використовувати ці знання для оцінки складних ситуацій та розробки рекомендацій щодо оптимального виходу із ситуації.

Тому існуючі пристрої ідентифікації електромагнітних параметрів (ЕМП) АД з урахуванням помилок та несправностей до певної міри вирішують завдання, поставлені розробниками, але доцільно розробити систему, яка виявляє помилки у певний момент часу. ранній момент.

Тому дуже успішною є розробка методу з використанням складної апаратно-програмної цифрової системи контролю характеристик асинхронного двигуна, що дозволяє одночасно діагностувати декілька типів АД помилок залежно від спектрального складу робочого струму і є досить нагальною задачею Також за вихідними параметрами комплексу можна оцінити умови роботи електродвигуна, досить точно визначити його параметри та обстежити двигун у різних режимах.

Для реалізації поставленого завдання та наукового обґрунтування необхідно провести моделювання перехідних та стаціонарних електромеханічних процесів, що потребує попереднього знання певного набору активних та індуктивних опорів, що відображають взаємозв'язок струмів та потокових зв'язків у магнітозв'язаних ланцюгах. за АТ. Умови роботи АТ у системі електроприводу визначаються його електромагнітними параметрами. Використання електромагнітних параметрів АТ, які адекватно відображають реальні фізичні процеси, дозволить вирішити широке коло технічних завдань прогнозування, контролю та управління процесами в електромеханічних та енергетичних системах, у тому числі в асинхронних машинах. Сьогодні існує багато систем ідентифікації ЕМП АД.

2.3 Аналого-цифровий прилад для діагностики двигуна методом осцилографування робочого струму

Апаратно-програмний пристрій працює на базі персонального комп'ютера (ПК), підключеного до схеми керування стрілою через пристрій зв'язку. Аналізований сигнал надходить від датчика струму. Датчик струму є резистор, включений послідовно з робочими ланцюгами електроприводу і через який протікає струм електродвигуна під час руху руки. Отже, падіння напруги на резисторі пропорційне струму двигуна. Сигнали положення важеля передаються від схеми керування важелем на сполучний пристрій через контакти реле керування.

Структурна схема діагностичного забезпечення двигунів постійного струму електроприводів вимикачів представлена на рис. 2.8.

Пристрій зв'язку — це пристрій перетворення аналога на цифровий сигнал загального призначення, модифікований для використання в цьому середовищі. Пристрій зв'язку складається з наступних функціональних блоків: тактового генератора (ГТГ), таймера, АЦП, окремого та основного ланцюга, схеми управління. ГТГ генерує тактові імпульси, необхідні запуску таймера. Частота тактових імпульсів стабілізується кварцовим резонатором частотою 1 МГц. Таймер, що програмується, формує сигнали запуску перетворення для АЦП і встановлює інтервал дискретизації. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) перетворює аналоговий сигнал цифрові коди. Схема розв'язки та перемикування використовується для гальванічної розв'язки між аналоговою та цифровою частинами, а також для комутації цифрових сигналів. Пристрій управління складається з регістрів даних та управління, необхідних для збору даних та сигналів управління персонального комп'ютера, служить для керування режимами роботи таймера та керує стрілкою через реле, що управляє.

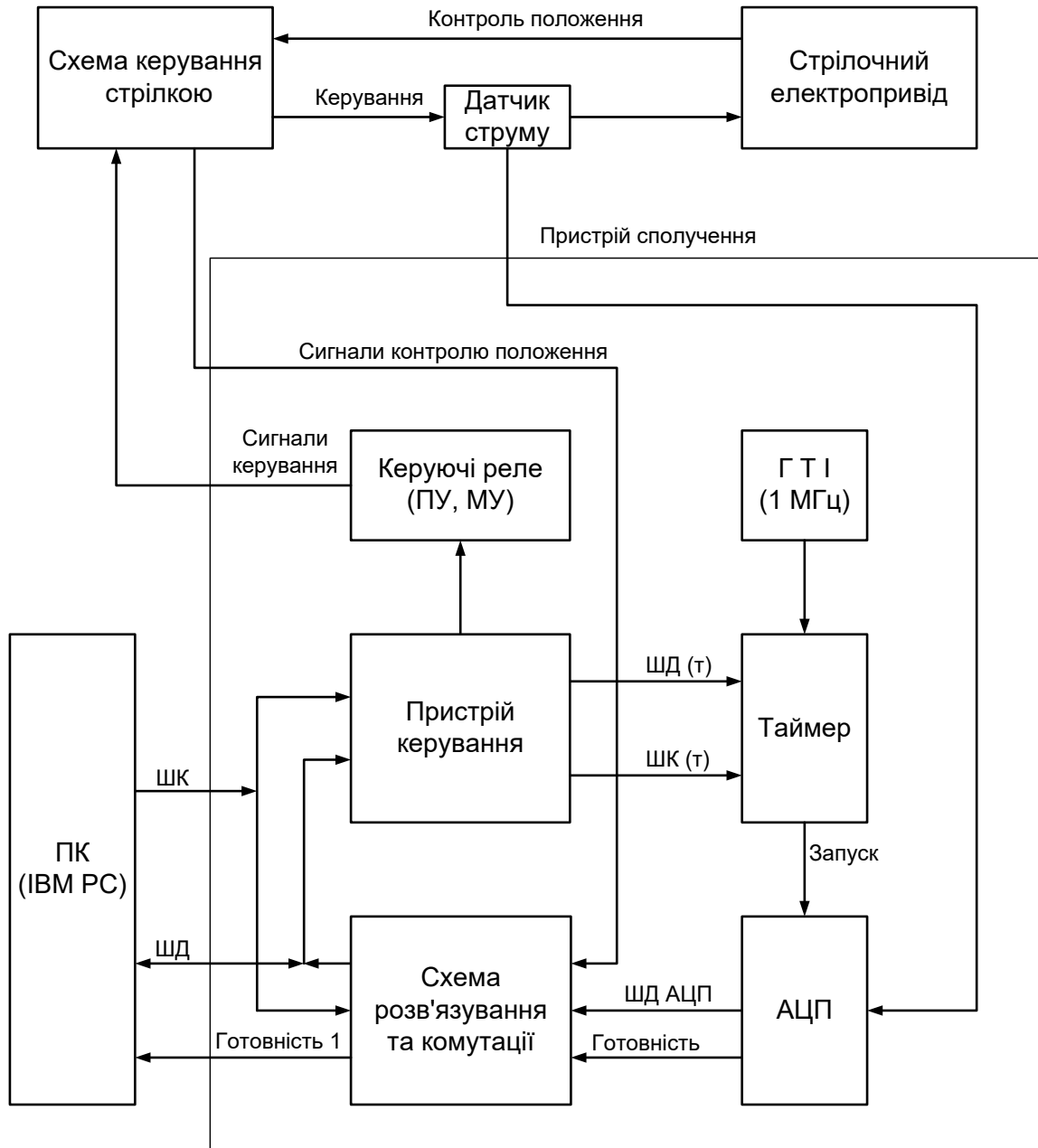


Рисунок 2.8 – Структурна схема стенду діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів методом осцилографування робочого струму

Пристрій сполучення підключається до ПК через паралельний порт LPT. Оскільки цей порт має вісім біт, а шина даних АЦП (ШД (АЦП)) — десять біт, вибірка сигналу здійснюється за два такти за допомогою мультиплексорів, розташованих у схемі розв'язки та перемикання.

Персональний комп'ютер налаштовує та керує пристроєм зв'язку, а також за допомогою пристрою зв'язку керує стрілкою, приймає сигнали керування положенням стрілки та обробляє дані перетворення прийнятого сигналу.

Аналого-цифровий перетворювач виконаний на основі інтегральної мікросхеми (ІВ) типу K1113ПВ1 (ДД1) - АЦП із десятьма розрядами послідовної апроксимації [15,16]. Цей АЦП має діапазон вхідної напруги ± 5 В і перетворює аналоговий сигнал на цифровий з кроком квантування ± 5 мВ.

Аналоговий сигнал на вході АЦП проходить через обмежувальний підсилювач, що складається з операційних підсилювачів DA1, DA2. Обмежувальний підсилювач призначений для захисту входу АЦП від перенапруги, обмежує вхідну напругу до 5,5 В. Операційний підсилювач DA1.1 виконаний відповідно до пристрою керування та забезпечує високий вхідний опір. Зв'язування необхідне підвищення достовірності вимірів. В цьому випадку коефіцієнт підсилення вхідного обмежувача дорівнює 1, але при необхідності коефіцієнт підсилення можна змінити, підключивши додаткові резистори до операційного підсилювача DA1.1 за типовою схемою.

Програмований таймер реалізований на мікросхемі типу K580ДБ53 (ДД6). За допомогою таймера інтервал вибірки можна змінювати в межах від 25 мкс до 70 хв. Нижня межа інтервалу вибірки обмежена характеристиками АЦП, верхня межа обмежена можливостями таймера.

Схема розв'язки і комутації включає буфери (DD2, DD3), оптрони (DA4 - DA10) і мультиплексори (DD4, DD5). Цифрові сигнали з Ш.Д. (АЦП) надходять буфери, використовувані посилення сигналів. Цифрові сигнали з виходів буферів подаються на входи оптронів, які забезпечують гальванічну розв'язку і служать підвищення помехостійкості пристрою. Виходи оптопар підключені до входів мультиплексорів. Додатково контакти реле керування стрілою (ПК, МК) підключаються до мультиплексорів через оптопари DA4 для отримання інформації про положення стріли.

Контролер містить два реєстри зберігання інформації (DD7, DD8). Реєстр DD8 (реєстр даних) використовується передачі інформації на шину даних таймера (Ш.Д.(t)), реєстр DD7 (реєстр управління) використовується передачі сигналів управління таймером, і навіть увімкнення (вимкнення).) керують реле ПУ та МУ, тобто дають команду на переміщення стрілки в те чи інше положення [20, 22].

2.4. Програмне забезпечення стенду

Програмне забезпечення стенду пропонує користувачеві такі можливості: вибір режиму виміру (ручний або автоматичний); позначення частоти дискретизації сигналу; вибір часу виміру; графічне зображення сигналу на екрані осцилограми одразу після закінчення вимірювання; можливість налаштування та зміни розміру відображення осцилограм; Побудова двох різних кривих струму (отриманих обертаням стрілки плюс та мінус) в єдиній системі координат; Збережіть створену графіку у графічних файлах. зберігати дані вимірів у текстовий файл; відкрити раніше збережені дані; Визначення параметрів: амплітуди початкового струму I_p , робочого струму I_r , часу переведення стрілки t_p та збереження цих параметрів у текстовий файл; Ви також можете переміщувати стрілку та визначати її положення без вимірів.

Ручний режим виміру. У ручному режимі положення стрілки не визначається і автоматичне переведення не виконується. Користувач повинен самостійно вказати напрямок переведення стрілки та активувати переведення клавішею зі стрілкою. Приклад: Якщо стрілка знаходиться в положенні "плюс", користувач повинен вказати напрямок переведення мінус в полі "Положення стрілки". Потім натискається кнопка «Почати вимір» та активується перемикач зі стрілкою, щоб перемістити стрілку у відповідне положення. Вимірювання

завершується автоматично після закінчення заданого користувачем часу виміру.

Автоматичний режим виміру. В автоматичному режимі положення стрілки, напрямок її переміщення і саме перенесення виконуються автоматично. Користувачеві необхідно встановити частоту дискретизації і натиснути кнопку «Почати вимір». Вимірювання завершиться автоматично після переміщення вказівника та перевірки його положення. Якщо контроль положення голки не проводиться за час виміру, вимір зупиняється примусово (без контролю положення). Час виміру в автоматичному режимі також автоматично встановлюється рівним 10 секунд, але користувач має можливість змінити це значення.

Незалежно від режиму, після завершення вимірювання форма отриманої кривої струму відображається на екрані осцилограми. Потім отриману криву можна розкласти по осях координат і візуально визначити поточні параметри або, натиснувши кнопку "Обробка", викликати вікно обробки сигналу і задати один із параметрів або всі параметри. обраний у меню. Також при побудові кривих у осях координат можна виділити окремі частини діаграми та збільшити її масштаб.

Результати двох останніх вимірювань зберігаються в оперативній пам'яті ПК і за цими даними можна одночасно будувати дві криві струми в тих самих координатних осях.

Стандартне програмне забезпечення створене серед програмування Delphi (Додаток Б). Програмне забезпечення графічної оболонки включає: драйвер паралельного порту WinDriver, бібліотеку драйверів drv_lpt1_lib, методи обміну даними між програмами графічної оболонки і драйвер паралельного порту.

2.5. Алгоритм роботи пристрою діагностики двигуна

Загальний алгоритм стенду показано на рис. 2.10.

Перед початком вимірювання проводиться ініціалізація програмного та апаратного забезпечення. Процедури ініціалізації програмного забезпечення включають: запуск драйвера паралельного порту, збереження стану паралельного порту, оголошення змінних, налаштування головного вікна програми. Апаратна ініціалізація включає наступні операції: заборона переривання паралельного інтерфейсу, встановлення таймера пристрою, що підключається в режим дільника частоти (запис керуючих слів у відповідні регістри), вимкнення реле управління.

Наступним кроком є призначення частоти дискретизації. Завдання частоти дискретизації виконується шляхом запису відповідних даних (числа) в таймер, що визначає коефіцієнт поділу опорної частоти тактових генератора імпульсів.

Потім вибирається режим виміру. Опис режимів вимірювання наведено вище.

Після введення деяких параметрів вимірювання та активації перенесення стрілок (автоматичного або ручного, залежно від режиму вимірювання) активується процес аналого-цифрового перетворення.

Процес аналого-цифрового перетворення ось у чому. Після виконання відповідних налаштувань таймера пристрою зв'язку надходить команда на дозвіл переривання паралельного порту і активується таймер. Таймер із заданим часовим інтервалом (замовною частотою дискретизації) формує сигнал "старт" (рис. 2.7), який надходить на АЦП. Після отримання сигналу "Старт" АЦП починає перетворювати аналоговий сигнал, що надходить з датчика струму. Після перетворення чергової вибірки сигналу АЦП передає отриманий цифровий код на шину даних (ШД (АЦП)) і сигнал готовності даних на ПК. Сигнал готовності проходить через схеми розв'язки та перемикання та викликає

апаратне переривання порту LPT. У разі переривання з порту LPT викликається обробник переривання. Метод обробки переривань зчитує дані з шини даних АЦП через мультиплексори за два цикли та створює таблицю даних, яка зберігається в оперативній пам'яті (ОЗП) комп'ютера.

При виконанні умов завершення вимірювання (контроль положення стрілки або закінчення часу вимірювання залежно від встановленого режиму) через паралельний інтерфейс видається команда заборони переривання, яка вимикає таймер вимірювання, пристрій зв'язку та викликається процедура первинної обробки отриманих даних (масштабування). Масштабування дозволяє перевести цифровий код реальне значення сигналу контрольованого параметра, у разі струму електродвигуна [2,5-10].

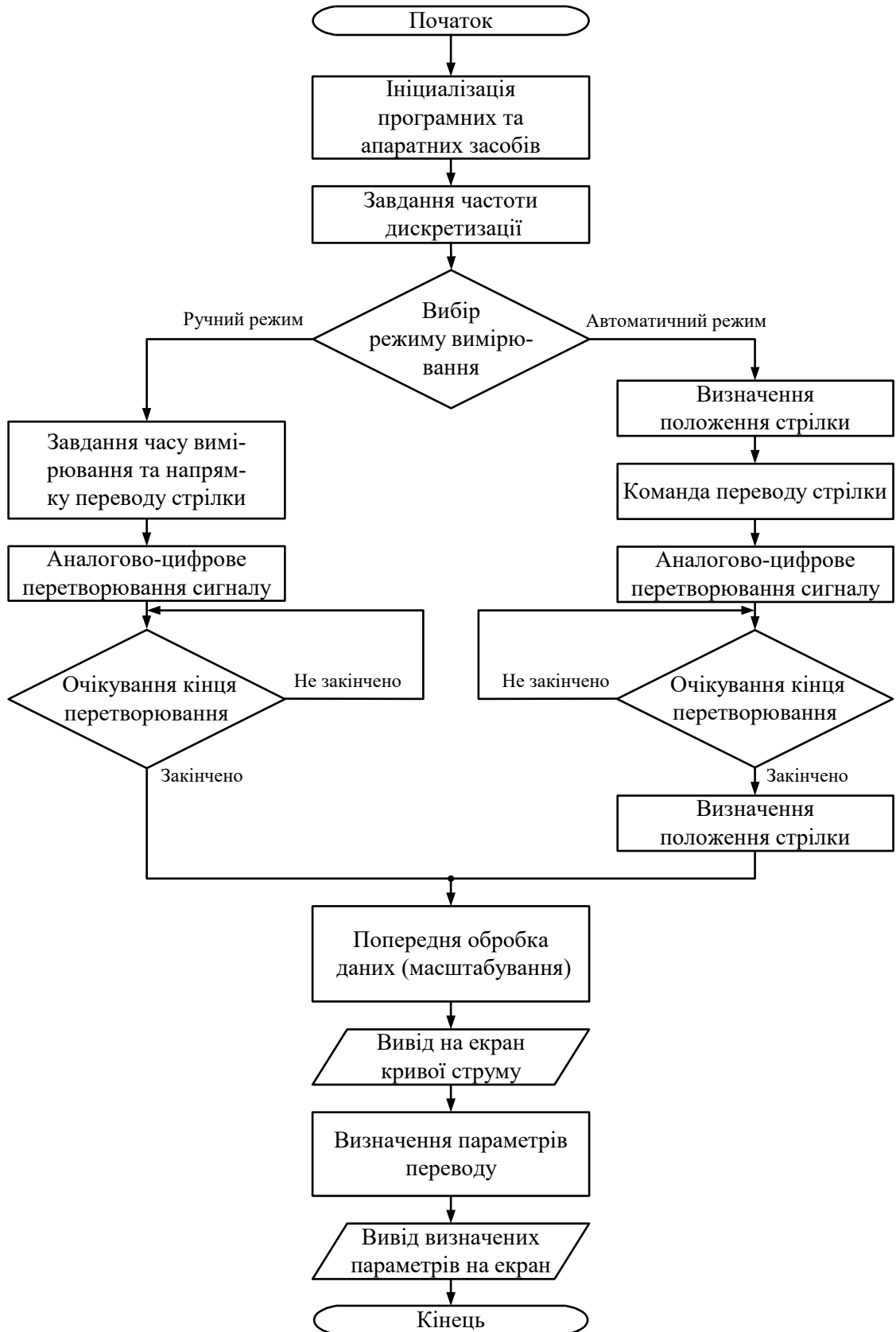


Рисунок 2.10 – Загальний алгоритм роботи стенду

Масштабування проводиться наступним чином: кожен елемент таблиці даних множитья на діапазон квантування АЦП 5 мВ, отримуючи фактичне значення вихідної поточної напруги датчика. Перерахунок отриманих значень напруги реальні значення струму електродвигуна здійснюється за законом Ома на ділянці ланцюга, для цього перед початком вимірювання користувачеві необхідно ввести значення опору резистора - датчика струму.

Після завершення первинної обробки даних результати вимірювань автоматично відображаються на екрані у вигляді кривої побудованої струму.

Надалі на запит користувача будується крива струму по осях координат і визначаються такі параметри: амплітуда пускового струму I_p , робочий струм електродвигуна I_r , фактичне tpф і розрахункове tпр . час передачі стрілки. На екрані також відображаються певні параметри.

Фактичний час стрілки відповідає часу вимірювання і має реальне значення тільки при вимірюванні в автоматичному режимі. Розрахунковий час передачі визначається кривою струму, отриманої з певною похибкою у будь-якому режимі вимірювання.

Таким чином, розроблений стенд діагностики двигунів постійного струму електроприводів, сприяє вимірюванню параметрів електродвигунів і своєчасному виявленню їх стану до виходу з ладу. Вимірювання проводяться дистанційно, без відключення електродвигуна від електротяги та не перешкоджаючи руху поїзда. Крім того, використання стенду не вимагає модифікації схеми керування стрілкою і може використовуватися як з двопровідними, так і з чотирипровідними схемами керування стрілкою.

2.6. Висновки по розділам

З метою підвищення безпеки руху та зниження кількості відмов пристроїв СЦБ розроблено та запропоновано метод та технічні засоби безперервної дистанційної діагностики стрілочних переводів, що дозволяють з практично

високою ймовірністю виявляти несправності після звільнення якірних опор та шарикопідшипники у підшипниковому вузлі, забруднення та короткі замикання в якірній частині; Розпаювання (розтин) та закриття колекторних пластин; Відстань та кількість несправних щіток електродвигуна; помилки стартового обладнання; зниження рівня ізоляції та опору силових кабелів.

При виявленні вищезгаданих помилок також проводиться спектральний аналіз кривої струму. Залежно від їх характеристик поява у спектрі тих чи інших гармонік дозволяє зробити висновки про порушення електричних параметрів двигуна. Тому зазор щіток коригується з появою у спектрі високошвидкісних гармонік, а кількість дефектних щіток визначається кількістю цих гармонік. Ушкодження обмоток - коротке замикання (кз) якоря - супроводжується появою в спектрі гармонік, кратних швидкодіючій частоті. Розриви в обмотці якоря призводять до різких змін амплітуд гармонік. Ушкодження в обмотці якоря визначаються наявністю в спектрі численних швидкодіючих гармонік, кількість ушкоджень визначається кількістю перевищень частоти цих гармонік; Обриви обмотки якоря визначаються різкою зміною амплітуди гармонік, а коротке замикання обмотки якоря - за наявності зміни амплітуди основної частоти в спектрі [2,5, 6-10].

Таким чином, використання системи оперативного контролю та діагностики стану двигунів постійного і змінного струму дозволяє своєчасно виявляти несправності на початковій стадії їх виникнення, мінімізувати витрати на усунення пошкоджень та перейти від планово-профілактичного ремонту до ремонту «за станом об'єкта» у майбутньому.

3. ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ В ДВИГУНАХ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ З ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФІЇ РОБОЧОГО СТРУМУ

3.1. Діагностика двигуна постійного струму

У струмі електродвигуна є постійна складова. При нормальній роботі електродвигуна постійного струму в ланцюзі з'являються численні гармонічні складові. Змінні компоненти виникають з таких причин [19-22].

По-перше, схема випрямної схеми є генератором напруги, що містить певну кількість гармонік: з частотою 100 Гц - для однофазної мостової схеми випрямляча, 300 Гц - для трифазної мостової схеми випрямляча, в якій перша гармоніка дорівнює $f_1 = 50 \cdot m$, де m - кількість послідовних ланцюгів, що йдуть від обмоток вентиля та силового трансформатора. Отже, $m = 2$ – для однофазної мостової схеми та $m = 6$ – для трифазної мостової схеми.

По-друге, присутні в струмі гармоніки пропорційні швидкості якоря. Пояснюється це тим, що щітка колектору, ширша за ламелі. Це супроводжується коротким замиканням на одному або двох ламелях якоря та виникають гармоніки, частота яких визначається частотою обертання якоря. Вони високочастотні (понад 420 Гц).

Тому в нормальному режимі роботи виникають три гармоніки:

$$\sum f_1 = f_{n1\phi} + f_{n3\phi} + f_{исв.}, \quad (3.1)$$

де $n1\phi$ — частота гармоніки, що виникає в результаті роботи однофазної мостової схеми, $n3\phi$ — частота гармоніки, що виникає в результаті роботи трифазної мостової схеми, а f — швидкісна частота.

При відхиленні режиму роботи електродвигуна від нормального спектр гармонік стає багатшим:

- через погіршення умов перемикання утворюються випадкові аперіодичні гармоніки через ексцентриситет колектора;
- через забруднення колектора графітовим пилом між ребрами колектора виникають струми витоку;
- при обривах або коротких замикання в секціях якоря виникають залежні від швидкості гармоніки. Для двигуна із частотою обертання $n = 1500$ об/хв = 25 об/с. Період частоти за один обертання становить $25 \cdot 2 = 50$ Гц.

Отже, в струмі електродвигуна можуть бути шість гармонійних складових. Звідси випливає, що повну інформацію про гармонійний склад можна отримати, розклавши криву робочого струму переводу стрілки до ряду Фур'є. Це стало основою методу аналізу визначення характеру спрямованих рухових збурень постійного струму типу МСП [23-27].

Завдяки серії експериментів найбільш раціональні параметри вхідного ланцюга знайшли в діапазоні частот від 10 до 4000 Гц, характерному для виявлення несправностей електродвигунів.

Тому під час роботи двигуна крива струму містить кратні гармоніки 100 Гц, зумовлені роботою однофазної схеми випрямляча, і навіть 300, 600 Гц, що з роботою трифазного мостового випрямляча, який використовується на електростанції для постачання споживачів постійним струмом.

Низькочастотні гармоніки, кратні 50-60 Гц, спричинені неправильним притиранням щіток колектора двигуна.

Гармонійна частота f_u , які є результатом роботи двигуна і називаються "швидкісними", визначаються в такий спосіб.

$$f_u = N_l \cdot \frac{n}{60}, \quad (3.2)$$

де N_l - кількість лопатей на колекторі двигуна постійного струму, n - Швидкість ротора, обертів за хвилину, 60 – число, що дозволяє перевести хвилини за секунди, кількість коротких замикань у двигуні.

Так, при частоті обертання ротора (якоря) двигуна $n=1050$ про/хв. та кількість ламелів $N_l=24$, частота швидкості $f_{ш} = 24 \cdot \frac{1050}{60} = 420$ Гц

За наявності кз у двигуні постійного струму частота пошкодження f_0 визначається такими міркуваннями.

$$f_0 = \left(n \cdot \frac{2}{60} \right) \cdot N_{кз}, \quad (3.3)$$

де 2 – кількість щіток у моторі, $N_{кз}$ - кількість коротких замикань у двигуні.

Як $n=1050$ про/хв. і один з $f_0 = (1050 \cdot 2)/60 = 35$ Гц, з двома кз - $f_0 = 70$ Гц.

За наявності в обмотці якоря двох, трьох та більше пошкоджених місць частота пробоїв змінює закон їх утворення. Створюється певна кількість спектральних ліній з кроком, що дорівнює f_s Гц, що чисельно дорівнює циклічній частоті та пов'язане з кількістю пошкоджених місць.

$$f_s = f_{s1} + f_{s2} + \dots + f_{sN}, \quad (3.4)$$

де f_{s1} - частота гармоніки, що виникає внаслідок виникнення пробою обмотки, умовно позначена цифрою 1, f_{s2} - Частота гармонік, що виникають при пробойі в другому місці обмотки, зазвичай позначається 2 і т.д.

У спектр також входять гармоніки, кратні частоті номера ушкодження обмотки і входять до загального ряду ушкоджень.

$$f_s = \left(\frac{n}{60} \right) \cdot N_s, \quad (3.5)$$

де N_s - кількість пораних.

Інакше кажучи, у разі присутні низькочастотні гармоніки, кратні 17,5; 35; 52,5... Гц чому

$$f_s = \left(\frac{1050}{60} \right) \cdot N_s = 17.5 \cdot N_s \text{ Гц}$$

Наведено спектр робочого струму якоря двигуна МСП-0,25. На рисунках 3.1, 3.2 на машині в хорошому стані та з 2-ма закороченими котушками в колекторі.

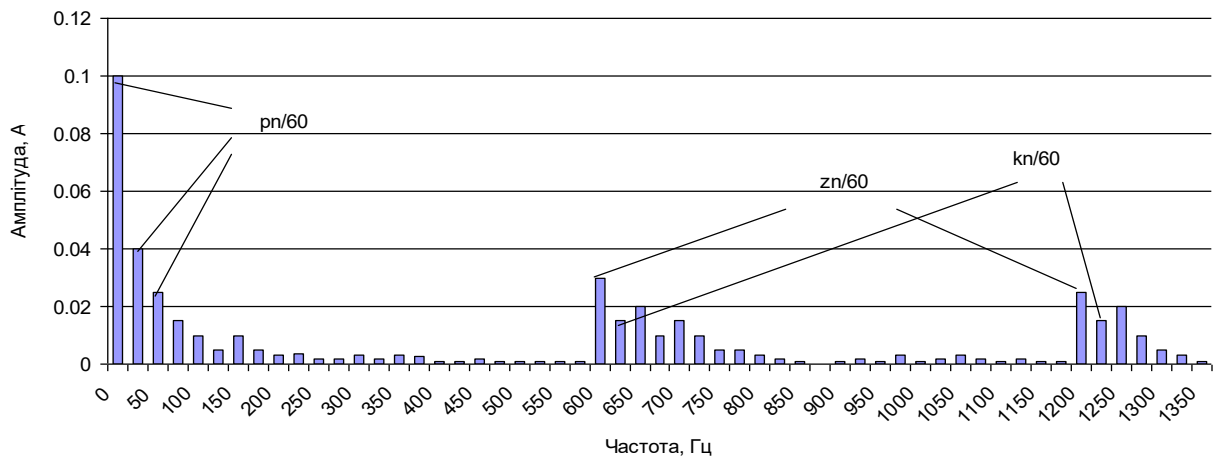


Рисунок 3.1 – Розподіл гармонік струму електродвигуна МСП при короткому замиканні двох колекторних пластин

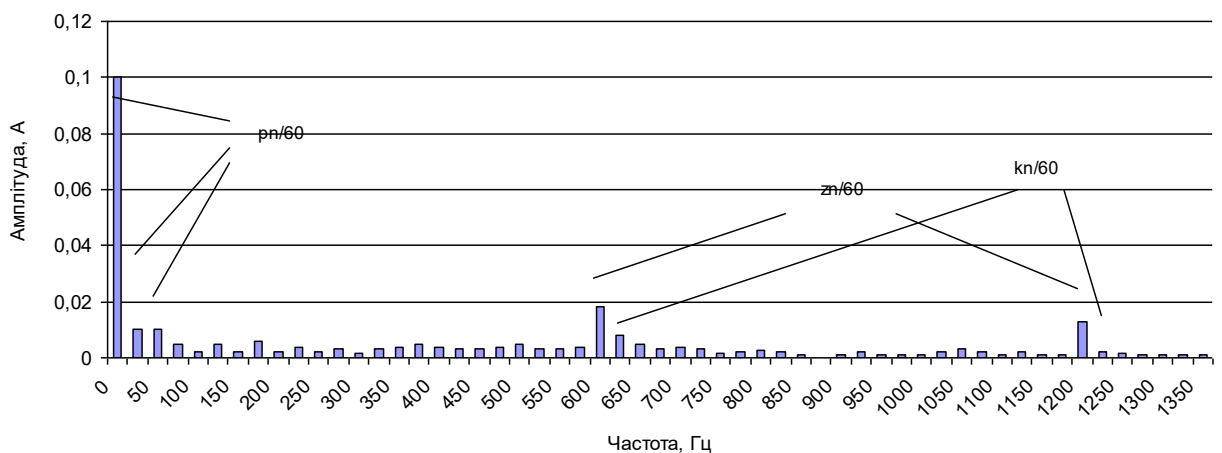


Рисунок 3.2 – Розподіл гармонійних складових працездатного двигуна МСП

Для вивчення електромагнітних процесів якірного кола машини постійного струму необхідне математичне моделювання обмотки якоря зі щітковим комутатором.

Аналіз гармонійного складу сигналів струму та напруги якоря, отриманих шляхом моделювання, показує залежність амплітудних значень основних

гармонік (частотної, зубцевої та колекторної) від ступеня розвитку несправності (варіації КЗ).). Опір кола між двома колекторними пластинами.

Загальний характер цих залежностей є експоненціальним, що експериментально підтверджено.

Отримані залежності запропоновано використовувати як діагностичні параметри при експлуатаційному діагностуванні стрілочних двигунів постійного струму.

3.2. Діагностика електродвигуна змінного струму

3.2.1 Виявлення несправностей "коротке замикання в обмотці ротора" та пробую ізоляції в осередді ротора

Несправність типу "коротке замикання в обмотці ротора" супроводжується, з одного боку, уповільненням прискорення валу електродвигуна при включенні та збільшенням часу перемикавання, з іншого боку, перенапругами [23-27]. Тому в трифазному асинхронному двигуні типу МСТ з кз в обмотці ротора при проходженні через кожен полюс виникає явище «стрибок струму», тобто його частоту можна визначити за формулою

$$f_{кз} = \frac{p \cdot n \cdot N_{кз}}{60}, \quad (3.6)$$

Де n - частота обертання ротора, об/хв; p - кількість пар полюсів, $N_{кз}$ - кількість відмов типу кз.

Отже, частота струму короткого замикання, що виникає в роторі для двигуна типу МСТ-0,25 і число полюсів $p=2$ і на обмотку статора подається напруга 50 Гц, $n = 1250$ об/хв. буде кратно:

$$f_{кз} = \frac{2 \cdot 1250 \cdot 1}{60} = 41.7 \text{ Гц},$$

або 41,7; 83,4; 125,1...Гц

Тому що за паспортними даними швидкість може змінюватись в межах $\pm 10\%$ реальна частота також варіюється в цих межах і становить $41,7 \pm 10\% = 37,5 \dots 45,9$ Гц

При використанні електродвигунів типу МСТ - 0,3, $p=3, n=850$ про/хв. $\pm 5\%$

$$f_{kз} = \frac{3 \cdot 850 \cdot 1}{60} = 42,5 \text{ Гц},$$

або 42,5; 83; 127,5 ... Гц. Поточна частота kз змінюється не більше $42,5 \pm 5\% = 40,3 \dots 44,6$ Гц

При використанні в стрілочних приводах електродвигунів типу МСТ - 0,6, $p=1, n=2850$ про/хв. $\pm 10\%$

$$f_{kз} = \frac{1 \cdot 2850 \cdot 1}{60} = 47,5 \text{ Гц},$$

або 47,5; 95; 142,5 ... Гц. Поточна частота kз варіюється в межах $47,5 \pm 10\% = 42,3 \dots 52,3$ Гц

Аналогічний частотний спектр виникає і при руйнуванні ізоляції осердя ротора. Такі несправності, як коротке замикання та пошкодження ізоляції листового металу, різняться залежно від сили струму. При короткому замиканні струм у рази більший.

3.2.2 Обрив обмотки статора

Спектральний аналіз струму статора визначається за формулою

$$f_{bb1} = f_s (1 \pm 2ks) \quad (3.7)$$

Де f_s - частота напруги живлення, S - струм і $K = 1, 2, 3, \dots$

Формула (3.7) описує несиметрію, що виникає при обриві стрижнів обмотки ротора короткозамкнутого асинхронного двигуна та виникненні струмів з частотами в статорній обмотці.

На рис. 3.3, 3.4 показаний спектральний склад струму статора при роботі ротора та при обриві стрижня. Якщо стрижні ротора зламані, ротор електрично асиметричний. Це створює магнітне поле, що обертається, яке пригнічує рухове

поле. Поточний спектр показує очікувані лінії розгалуження близькі до частоти мережі.

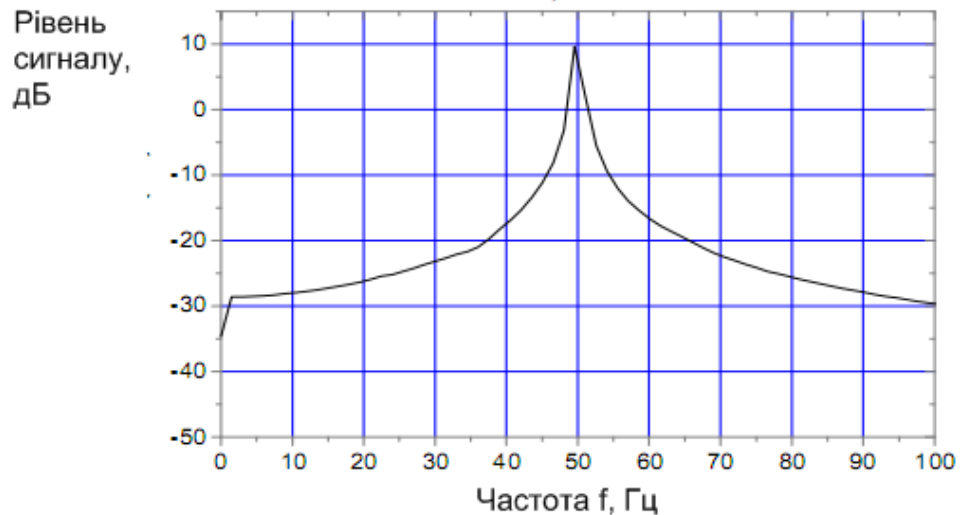


Рисунок 3.3 – Спектральний аналіз струму при обертанні ротора

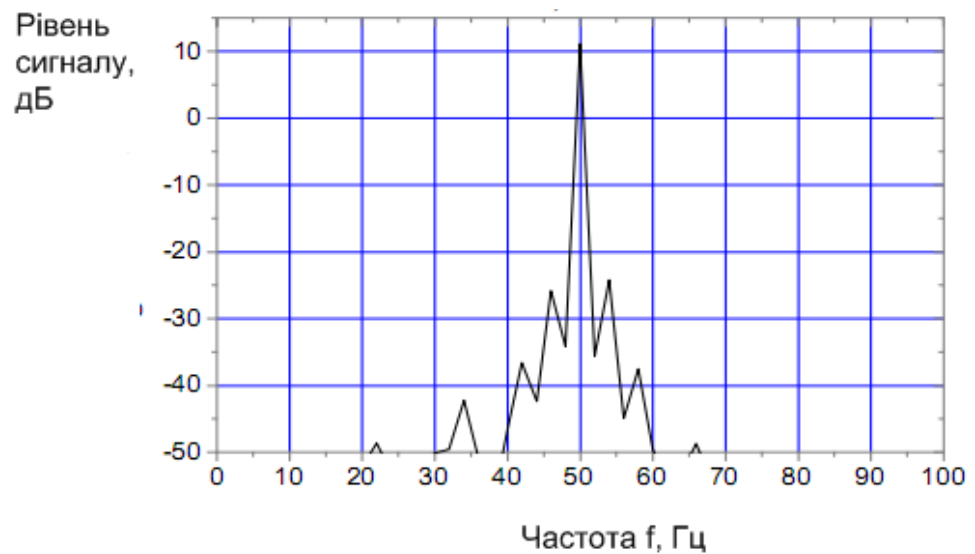


Рисунок 3.4 – Спектральний аналіз струму при зламаному стрижні ротора

Щоб краще зрозуміти поломку осердя ротора, необхідно вивчити високочастотні складові частотного спектра робочого струму двигуна. При врахуванні просторових гармонік у частотах з'являються додаткові частоти

$$f_{bb1} = f_s \left\{ \frac{k}{p} (1-s) \pm s \right\} \quad (3.8)$$

де p — кількість пар полюсів, а $k/p = 1, 3, 5, 7, \dots$

Спектри струму статора зарядженої машини, що працює у справному режимі, показані на рис. 3.5. Видно, що окрім частотної складової напруги живлення, як і слід було очікувати, існують складові з вищими частотами навколо основної гармоніки. Деякі частотні складові (250 Гц, 350 Гц і т. д.) присутні через насичення магнітного матеріалу. Через конфігурацію трифазних обмоток порядок результуючих гармонік: $k/r = 1, 5, 7, 11, \dots$

Встановлено, що через магнітне насичення сердечника асинхронної машини в спектрі струму і спектрах фазного струму з'являються гармоніки 3-го порядку з ненульовими значеннями. Спектри струму статора зарядженої машини в несправному стані показано на рис. 3.6. Частоту струму статора, що описується формулами (3.6) та (3.7), можна визначити, спостерігаючи за спектром між 0 Гц та 1000 Гц.

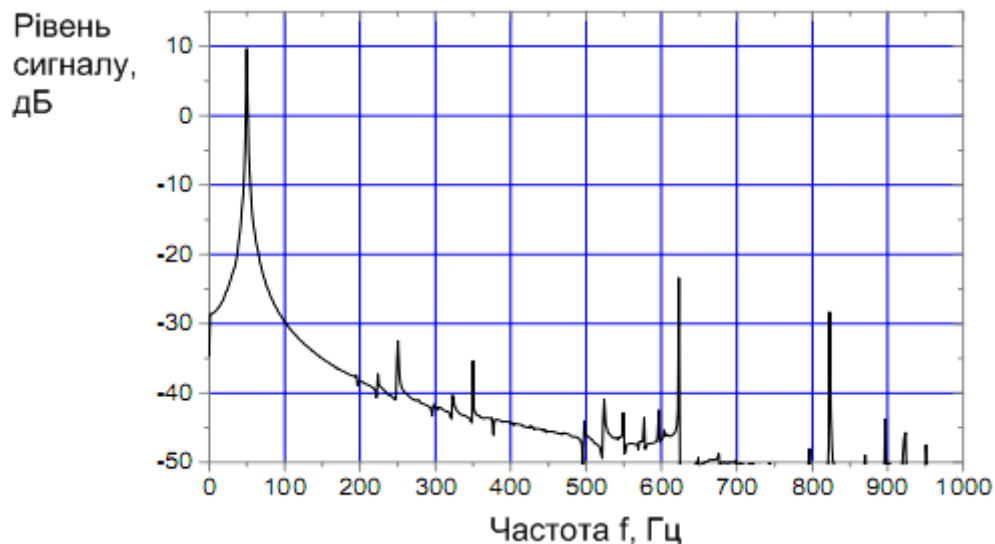


Рисунок 3.5 – Спектр робочого струму статора працюючого двигуна

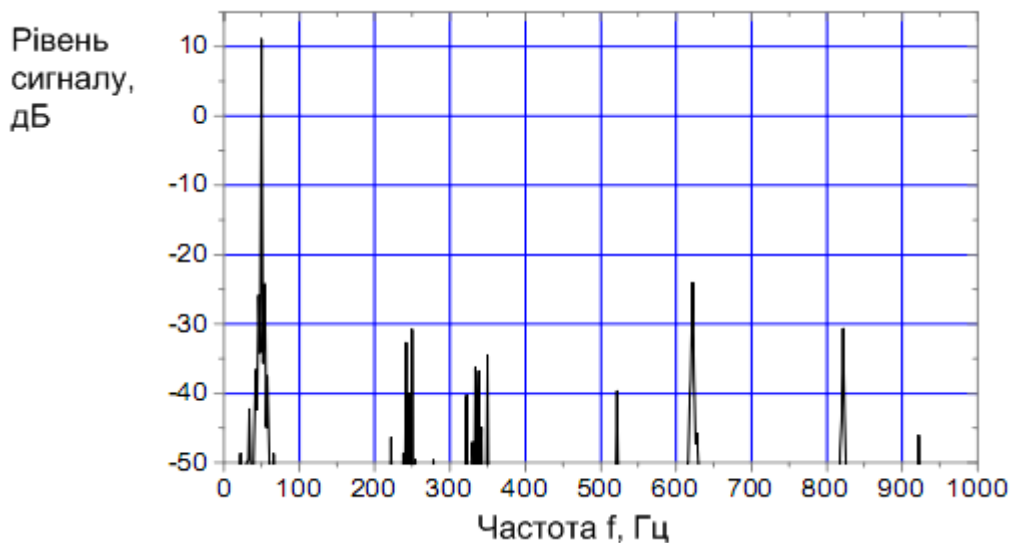


Рисунок 3.6 – Спектр робочого струму статора двигуна з зламанним стрижнем

Спектр на рис. 3.7 показує спектри струму сигналу, виміряні при роторі, що працює, і при зламаному стрижні. У цьому спектрі видно бічні лінії, які мають бути близькими до частоти мережі. Навіть у працюючому двигуні завжди є частотні складові, навіть якщо вони мають малу амплітуду, це пов'язано з одного боку з природною несиметрією двигуна, а з іншого з мережею електроживлення (спотворенням напруги сигналу). Як добре видно на рис. 3.7 поява зламаного валу несучого гвинта істотно збільшує значення декількох бічних ліній навколо основної лінії.

3.2.3 Несправність виду «биття підшипників» із аналоговим сигналом.

Однією з можливих несправностей, які можуть виникнути з двигунами важеля приводу, є «перегрів підшипника». Перегрів підшипників можливий через забруднення пилом, нестачі мастила, підвищеного тертя між кільцем ущільнювача і валом, відсутності осьового зазору для компенсації термічного лінійного розширення валу, зносу або руйнування підшипників. Їхні удари можуть призвести до виходу з ладу підшипників.

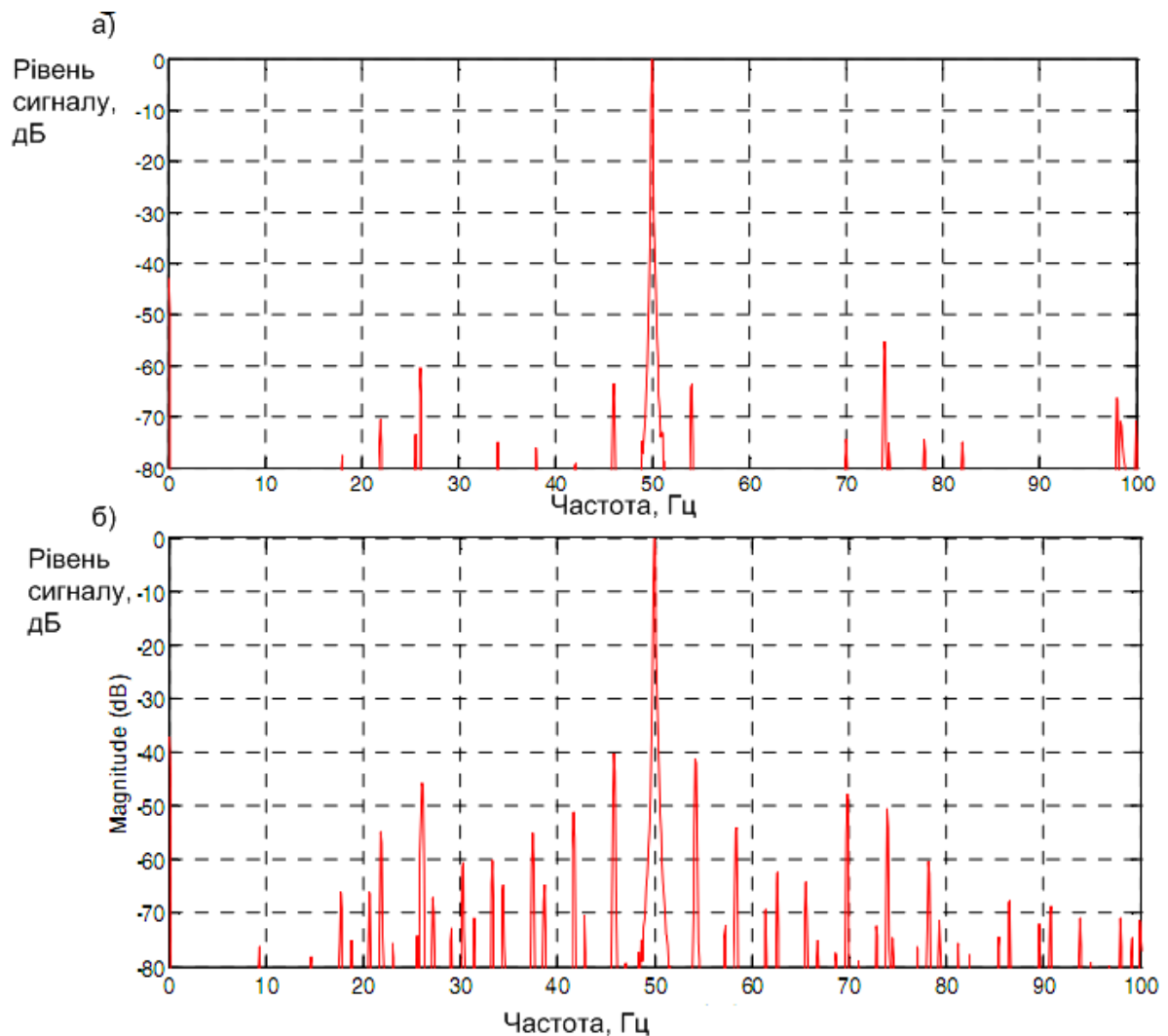
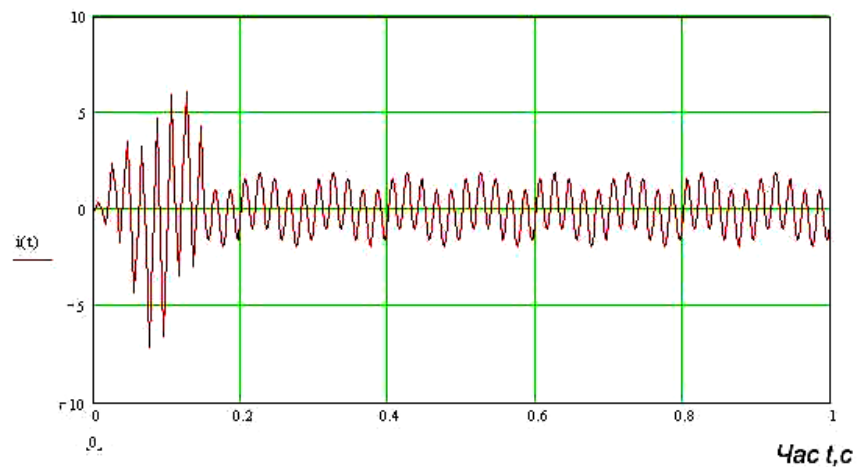


Рисунок 3.7 – Спектр робочого струму статора двигуна: а) при роботі; б) при обриві в сердечнику короткозамкнутої обмотки ротора.

Виявлення несправності типу «підшипник» здійснюється за кривою робочого струму шляхом розкладання її до ряду Фур'є. Цей вид перешкод характеризується появою в спектрі низькочастотних гармонічних складових (від 10 до 150 Гц, кратних 10 Гц) амплітудою від 0,5 до 0,8 А з робочим струмом від 1 до 3 А. призводить до «явного» виходу з ладу підшипника що призводить до збільшення часу руху ланки на 20-30%. Форма кривої струму показано на рис. 3.8.

Робочий струм переводу
стрілки i , А



Робочий струм переводу
стрілки i , А

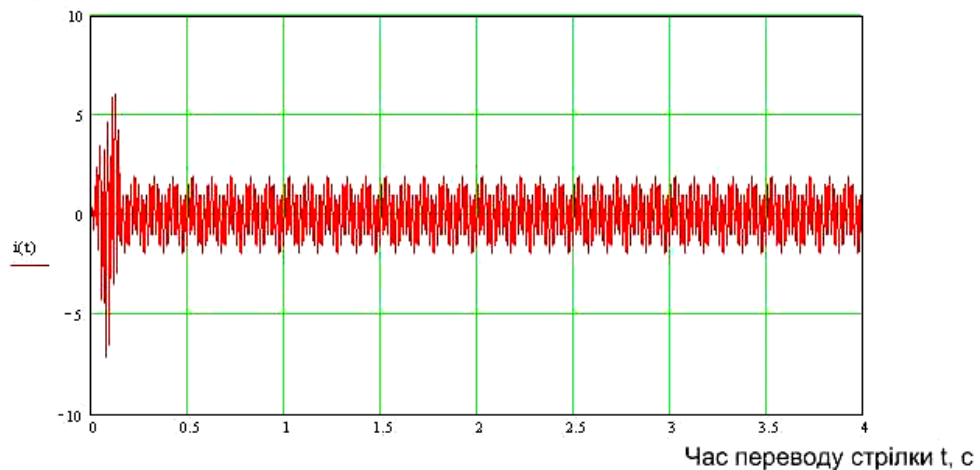


Рисунок 3.8 – Вид часової залежності кривої робочого струму двигуна під час вібрації підшипників

В алгоритмі визначення несправності асинхронного двигуна, представленому на рис. 3.6, використовуються такі позначення:

$\Delta I_{\text{ел}}$ - амплітуда робочого струму усунення стрілки, А;

$t_{\text{пер}}$ - час переведення стрілки, с.

Δt - дискретний час - мінімальний інтервал, необхідний для розкладання низькочастотного гармонійного сигналу в ряд Фур'є,

k - одномірна таблиця, що визначає кількість точок, в яких досліджувана крива струму розбивається для розкладання в ряд Фур'є, $k = 0, 1, \dots, t_{nep} / \Delta t$.

t_i - період i -тої гармоніки, с

A_i - амплітуда i -тої гармоніки, А.

При цьому діагностику та виявлення несправностей вимикачів та їх приводів пропонується проводити не лише за характером спектрального складу кривої робочого струму, а й щодо зміни амплітуди робочого струму.

3.3. Висновки за розділом

Розроблено методики визначення несправностей в двигунах типу МСП і МСТ шляхом осцилографування і розкладання в ряд Фур'є кривої робочого струму.

Для двигунів постійного струму типу МСП за рівнем частот можливо визначити несправності виду: коротке замикання в пластинах якорю, обрив обмотки, вібрація підшипників.

Для двигунів постійного струму типу МСТ за рівнем частот можливо визначити несправності виду: коротке замикання в обмотці ротору, пробій ізоляції в обмотці статора, злам стрижня ротора, вібрація підшипників («биття підшипників»).

ВИСНОВКИ

У рамках магістерської роботи було проведено бібліографічний пошук на тему дослідження та проаналізовано методи технічного обслуговування і діагностики стрілочних двигунів.

Розроблено методики визначення несправностей в двигунах типу МСП і МСТ шляхом осцилографування і розкладання в ряд Фур'є кривої робочого струму.

Для двигунів постійного струму типу МСП за рівнем частот можливо визначити несправності виду: коротке замикання в пластинах якорю, обрив обмотки, вібрація підшипників.

Для двигунів постійного струму типу МСТ за рівнем частот можливо визначити несправності виду: коротке замикання в обмотці ротору, пробій ізоляції в обмотці статора, злам стрижня ротора, вібрація підшипників («биття підшипників»).

Використання системи діагностики стану електроприводів в процесі експлуатації за кривою робочого струму й спектральним аналізом дозволить своєчасно виявляти несправності на початковій стадії їх виникнення, мінімізувати витрати на усунення пошкоджень та змінити у подальшому планово-профілактичний ремонт на технічне обслуговування «за станом» об'єкта у майбутньому.

Результати науково-дослідної роботи було докладено на міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті»: XVI Міжнародної науково-практичної конференції, 14-15 грудня 2022 р. Оpubліковано тези у співавторстві [28].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. – Київ, 2006. – 433с.
2. Масленников, Є. В. Стрілочні привода швидкісних залізничних магістралей / Е. В. Масленников, П. Е. Горб, Т. Н. Сердюк, О. В. Іванов // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – Ном. 5. – Дніпропетрвськ: Вид-во ДНУЗТ, 2013. – С. 63–82.
3. Призначення та класифікація стрілочних електродвигунів URL: https://studme.org/404095/tehnika/naznachenie_klassifikatsiya_strelochnyh_privodov
4. Дубинець, Л. В. Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини: [Текст] / Л. В. Дубинець, О. І. Момот, О. Л. Маренич – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 208 с.
5. Дорохін, Б. П. Впровадження нових типів двигунів стрілочних електродвигунів / Б. П. Дорохін, Т. М. Сердюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – Ном. 6. – Дніпропетрвськ: Вид-во ДНУЗТ, 2013. – С. 71–84
6. Парфенов, В. И., Руденко А. Б. Спосіб дистанційної діагностики стану механічної частини стрілочного переключача з електродвигуном постійного струму / В. И. Парфенов, А. Б. Руденко – Д. П. України № 8573, В61L7/08, опубл. 15.08.2005, бюл. № 8
7. Т. М. Serdiuk. “Monitoring and operational diagnosis of switch points' dc series-wound motors”. Scientific Works of Kharkiv National Air Force University, No.4(49), 2016. – P.134 –141.
8. Т. М. Serdiuk “Diagnostics three-phase asynchronous motors”. Electromagnetic compatibility and safety on railway transport, Dnipro: DNURT, No 16, 2018.– P.32–42.

9. T. Serdiuk, "Research of Interference in the Operational Current of DC Motors of Railway Switch Points," 2021 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (AP EMC), Nusa Dua - Bali, Indonesia, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/AP EMC49932.2021.9596644

10. Панкратов А.Ю., Івченко Н.В. До питання вдосконалення діагностики машин гостійний струм// Аспект Кременчуцького державного політехнічного університету: наукова робота КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2006, с. 3/2006 (38), частина 2. - С. 83-87.

11. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШЕОТ-0012, затверджена наказом від 07.10.2009 № 090-ЦЗ (ЦШ-0060).

12. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України, затверджені наказом від 17.11.2003 № 288-Ц (ЦШ-0030).

13. Правила технічної експлуатації залізниць України: Вказівка від 25.07.2006 р. 258 с. Реєстр Міністерства юстиції України від 25 жовтня 2006 р. 1143/13017. - Мінпаливенерго з України, 2006 р.

14. ЦШ - 0042 - Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Замовлення №. № 347-ЦЗ від 26 квітня 2006 р. – Мінтранс: Київ – 2006 р.

15. ЦШ - 0060 - Інструкція із застосування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Замовлення №. 090-ЦЗ від 7 жовтня 2009 р. – Мінтранс: Київ – 2009 р.

16. НПА ОП 40.1-1.01-97 // Правила безпечної експлуатації електричних систем.

17. НПА ОП 40.1-1.07-01 // Правила безпечної експлуатації засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України.

18. Каменєв А.І., Балуєв Н.М., Адаськін В.М. Безпека руху поїздів та надійність технічних засобів // Автоматизація, зв'язок, інформаційні технології. - 2003. - № 6. - С. 5 - 8.

19. Самбірський В.В., Міщишин В.В., Синявський А.А. Діагностика шунтуючих електродвигунів постійного струму типу ПМЕ // Витяги з доповідей 73-го науково-технічного студентського симпозиуму «Інформаційні технології та системи управління на залізничному транспорті» – Д.: ДІТ, 2013 – С. 102-103.

20. Сердюк Т.М., Сердюк К.М., Шозда І.В., Перельотов А.В., Карлюкова А.Ю. МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНА // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: уривки з доповідей 81-ї міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 2021) – Д.: ДНУЗТ, 2021. – С. 394-395.

21. Бешта, О.С. Ідентифікація параметрів схеми заміни асинхронного двигуна у пакетному режимі / О.С. Бешта, О.В. Балахонців та ін. // XIV Міжнародна науково-технічна конференція. «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія та практика». Збірник наукових статей ДТУУ. – Дніпродзержинськ, 2007. – С. 472-475.

22. Methodological instructions for the repair and testing of DP-0.18, DP-0.25, DP-R-0.1 electric motors. Dnipro: Prydniprovsk railway. Approved by the Head of the Signaling and Communication Department V. P. Yalovenko 25.09.2013.

23. V. I. Parfenov, A. P. Razgonov, O. B. Rudenko. “Methods of investigation of thermal processes in the armatures of the motors switch processes in the armatures of the motors switch actuators”. Science and transport progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. Dnipropetrovsk: DNURT, No 14, 2007. – P.7-11.

24. M. Tryputen, V. Kuznetsov, T. Serdiuk, A. Kuznetsova, M. Tryputen and M. Babyak. One Approach to Quasi-Optimal Control of Direct Current Motor. Proc. of

the 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD 2019). – IEEE Ukraine Section SP/AES Societies Joint Chapter. National Aviation University, Kiev, Ukraine, 2019 – P. 190–193.

25.P. Tavner, L. Ran, J. Penman and H. Sedding. Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines. The Institution of Engineering and Technology, London, UK, 2008.

26.Mikhail Tsypkin. Induction Motor Condition Monitoring: Vibration Analysis Technique – a Practical Implementation. IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 2011. – P.406–411.

27.Subhasis Nandi, Hamid A. Toliyat, Xiaodong Li. “Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors – A Review”. IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 20, No. 4, December, 2005. – P.719–729.

28.Сердюк Т., Скалько В., Бешлюєв В., Сакович Б., Четвертак В., Поліновська А.. Дослідження роботи електроприводів залізничної автоматики/ / Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези XVI Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 14-15 грудня 2022 р.). – Д.: ДІТ, 2022 – с.39.