

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки та технологій
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

ДОВІДКА

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР) здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

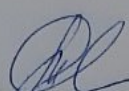
Карлюкова Аліна Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: «Діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів»

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР



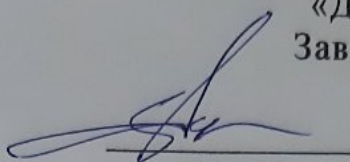
(підпис)

Сердюк Тетяна Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Українській державний університет науки і технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри



Гаврилюк В.І.

(підпис)

(ПІБ)

20 21 р. 12 « 18 »

вача

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

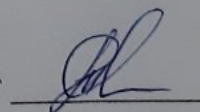
Освітня програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема: Діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів

Theme: Diagnostics of dc motors of switch point

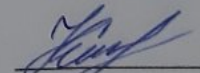
Керівник дипломної роботи

доцент



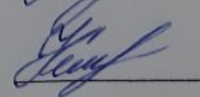
Сердюк Т. М.

Студент групи АТ2026



Карлюкова А.Ю.

Student АТ2026



Karliukova Alina

Дніпро
2021

Українській державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність
Освітня
програма

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
«Автоматика та автоматизація на транспорті»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Карлюкова Аліна Юріївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи

Діагностування двигунів постійного струму
стрілочних електроприводів

Затверджена наказом по університету № 96 ст від « 17 » 02 2021 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи

01.12.2021

3. Вихідні дані до роботи

Стрілочні привода типу СП-6, двигуни постійного струму МСП-0,25, напруга живлення 160 В, номінальний робочий струм 1,8 А

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Аналіз відмов в двигунах постійного струму стрілочних приводів	30	
2. Удосконалення методу технічного обслуговування двигунів стрілочних приводів постійного струму		
3. Визначення характеристик двигуна з рухомим якорем за первинними параметрами	60	
4. Алгоритми для визначення несправності виду коротке замикання	100	

Студент

Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 64 сторінок, 6 таблиць, 24 рисунки, 20 джерел літератури.

Ключові слова: стрілочний електропривод, двигун постійного струму, осцилографування, робочий струм, діагностування.

Об'єкт проектування: двигуни постійного струму стрілочних приводів

Мета магістерської роботи: удосконалення технології обслуговування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів

У першому розділі приведений статистичний аналіз відмов пристроїв СЦБ, оцінено електромеханічні характеристики двигунів типу МСП-0,25 й можливі несправності в них.

У другому розділі запропоновано удосконалений метод технічної діагностики стану двигунів постійного струму шляхом осцилографування робочого струму.

У третьому розділі розроблена математична модель двигуна постійного струму з послідовним збудженням в пакеті Simulink для визначення його параметрів.

В четвертому розділі розроблено алгоритми для визначення несправностей в стрілочному двигуні постійного струму.

Галузь застосування: системи електричної централізації.

Висновок. Удосконалення діагностування двигунів постійного струму стрілочних приводів дозволить знизити кількість відмов в пристроях залізничної автоматики і підвищити безпеку руху.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Аналіз відмов в двигунах постійного струму стрілочних приводів	8
1.1. Статистика відмов в пристроях систем залізничної автоматики	8
1.2. Стрілочні двигуни постійного струму типу МСП	12
1.3. Електромеханічні параметри двигуна постійного струму типу МСП-0,25	18
1.4. Можливі несправності електродвигунів постійного струму	20
1.5. Висновки за розділом	23
2. Удосконалення методу технічного обслуговування двигунів стрілочних приводів постійного струму	25
2.1. Методи технічної діагностики двигунів постійного струму стрілочних електроприводів в умовах експлуатації	25
2.1.1 Організація робіт по ремонту	25
2.1.2. Технологія ремонту електродвигунів	26
2.2. Перспективні методи та засоби контролю стану стрілочних двигунів	35
2.2.1. Отримання частотного спектру струму електродвигуна	35
2.2.2. Метод омметра	35
2.2.3. Метод мегомметра	35
2.2.4. Метод виявлення несправностей електродвигунів за допомогою трансформаторного струму і осцилографа	36
2.3. Метод дистанційної перевірки стрілочних електродвигунів постійного струму за допомогою осцилографа	38
2.4. Висновок за розділом	40
3. Визначення характеристик двигуна з рухомим якорем за первинними параметрами	41
3.1. Моделювання роботи двигуна в пакеті <i>Simulink</i>	41
3.2. Результати моделювання	48
3.3. Висновки за розділом	50

4. Алгоритми для визначення несправності виду коротке замикання	51
4.1. Гармонійний аналіз робочого струму двигуна постійного струму	51
4.2. Розробка алгоритму спектрального аналізу струму	55
4.3. Алгоритми визначення несправностей двигуна постійного струму типу МСП (кз пластин колектора)	57
4.4. Висновок за розділом	61
Висновки	62
Список літератури	63

ВСТУП

На перший погляд мотори постійного струму здаються досить простими. Подаємо напругу на обидва контакти і його вал починає обертатися! А якщо ми хочемо змінити напрямок руху? Правильно, міняємо проводи місцями. А що якщо потрібно змусити двигун обертатися на менших оборотах? Потрібно використати меншу напругу живлення. Але як робот може зробити все це автоматично? Як визначити, яку напругу подавати? Чому не 50 а 12 вольт? Що трапиться, якщо мотор перегріється? Керування двигуном набагато цікавіше чим здається!

Для зміни напрямку обертання необхідно змінити полярність живлення. Двигун має власну індукцію й момент, які протидіють цій зміні напруги. Тому при зміні напрямку обертання двигуна відбувається потужний короткочасний викид. Напруга імпульсу може вдвічі перевищувати напруга живлення. А струм при цьому приблизно дорівнює максимальному. Звідси висновок, силова система керування повинна бути розрахована на потужні електричні імпульси.

За способом збудження двигуни постійного струму діляться на чотири групи: з незалежним збудженням - обмотка збудження живиться від незалежного джерела; з паралельним порушенням - обмотка збудження включається паралельно джерелу живлення обмотки якоря; з послідовним порушенням - обмотка збудження включена послідовно з обмоткою якоря; зі змішаним порушенням - у двигуна є дві обмотки: паралельна й послідовна.

В стрілочних електроприводах, як і в локомотивах, використовуються двигуни постійного струму з послідовним збудженням, оскільки на відміну від усіх інших типів двигунів в них розвивається обертовий момент пропорційний струму в квадраті. Головним їх недоліком є неможливість вмикання цього двигуна до мережі живлення без навантаження на валу. В цьому разі двигун йде «в рознос». Але в стрілочних приводах

навантаженням є гостряки стрілок, а в тягових – колісні пари. Отже, двигун ніколи не буде без навантаження на валу.

В загалом електродвигуни постійного струму мають такі переваги й недоліки. До переваг відносяться практично лінійні характеристики двигуна, механічна (залежність частоти від моменту), регульовальна (залежність частоти від напруги якоря), простота регулювання частоти обертання в широких межах, великий пусковий момент, компактні розміри. До недоліків – витрати на профілактичне обслуговування колекторно-щіткових вузлів; обмежений термін служби через зношування колектора; висока вартість у порівнянні з асинхронними електродвигунами.

На залізницях України використовуються стрілочні переводи обладнані електроприводами серії СП (СП-6М; СП-3; СП-12В; СПГ-3 і СПГБ-4М), які обладнані електричними двигунами типу МСП с послідовним збудженням.

У цілому системи електричної централізації стрілок з електроприводами серії СП повинні забезпечити роботу станцій і перевізний процес зі швидкостями руху поїздів до 160 км/год. Але застосовувані в цей час стрілочні електроприводи (СП), гарнітура й спосіб їхньої установки на стрілку не можуть забезпечити збільшення необхідних швидкостей руху поїздів на безпечному рівні. Удосконалити серійні технічні засоби переводу стрілок практично не вдається, тому що запас удосконалювання їхніх конструктивних можливостей вичерпаний.

Отже удосконалення технології діагностування двигунів постійного струму типу МСП стрілочних приводів за рахунок впровадження автоматизованого контролю їх стану під час переводу стрілки є актуальною задачею, яка веде до покращення передбаченню виникненню несправностей, умов роботи стрілочних приводів, зменшення кількості відмов, і дозволить у подальшому перейти від планово-попереджувального виду обслуговування до обслуговування «за станом об'єкту».

1. АНАЛІЗ ВІДМОВ В ДВИГУНАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ

1.1. Статистика відмов в пристроях систем залізничної автоматики

Система електричної централізації складається з декількох підсистем, тобто має ієрархичну структуру (стрілки, рейкові кола, джерела електроживлення та ін.).

Надійність роботи пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) характеризується не лише кількістю відмов, а й часом, витраченим на відновлення працездатного стану пристроїв. При загальному зниженні кількості відмов СЦБ, середній час відновлення відмови за останні кілька років залишається практично незмінним. На процес технічного обслуговування (ТО) впливають не тільки надійність її параметрів, але й співвідношення витрат на діагностику й ремонт, наявність диспетчерського контролю за станом об'єктів та пристроїв.

Більшість відмов пристроїв СЦБ допущено за системами ЕЦ –55%, пристрої автоблокування (АБ) припадає 42% відмов СЦБ, інші – 8% [1].

Протягом декількох років частка відмов основних елементів, які впливають на працездатність систем ЕЦ та АБ залишається незмінною та наведена на рис.1.1 (для ЕЦ) та рис.1.2 (для АБ).

Аналіз випадків відмов пристроїв залізничної автоматики показує, що з експлуатаційних причин виникає до 85 % від загальної їх кількості, на виробничі (заводські) до 8 %, на схемно-конструктивні – до 5 %, інші – 4 %.

При цьому експлуатаційні причини, у свою чергу, поділяються на порушення правил та технології виконання робіт – 65%, порушення технології перевірки та ремонту в ремонтно-технологічній дільниці –15%, інші – 20%.

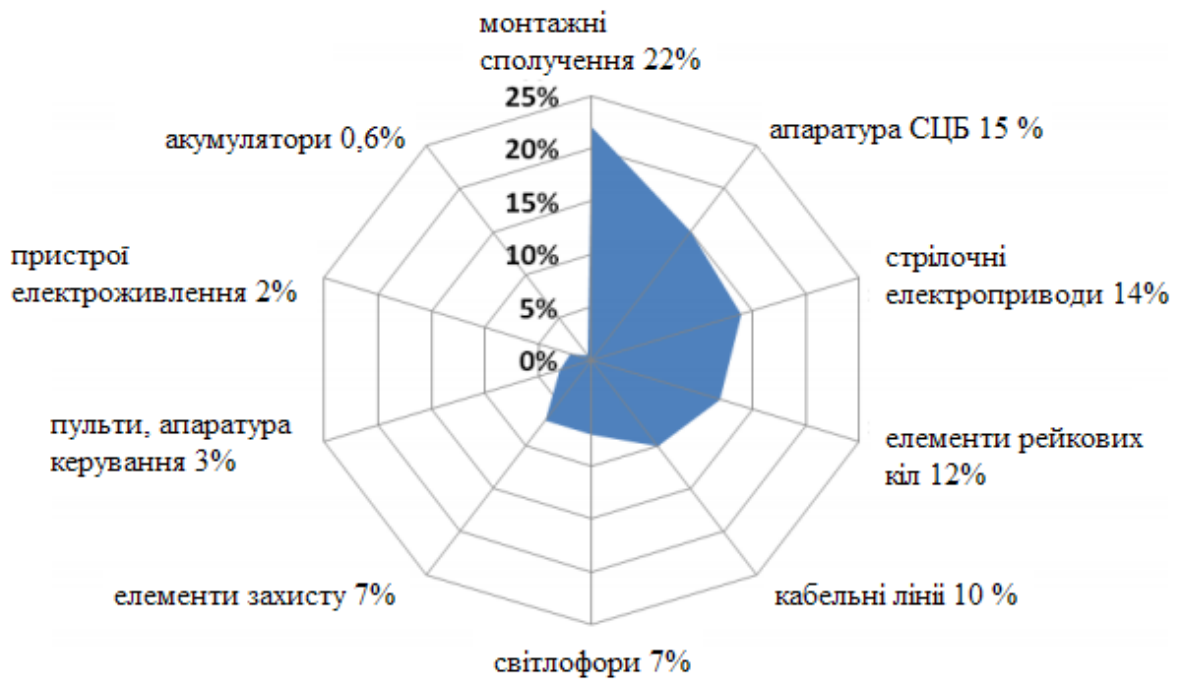


Рис.1.1. Статистика відмов елементів електричної централізації

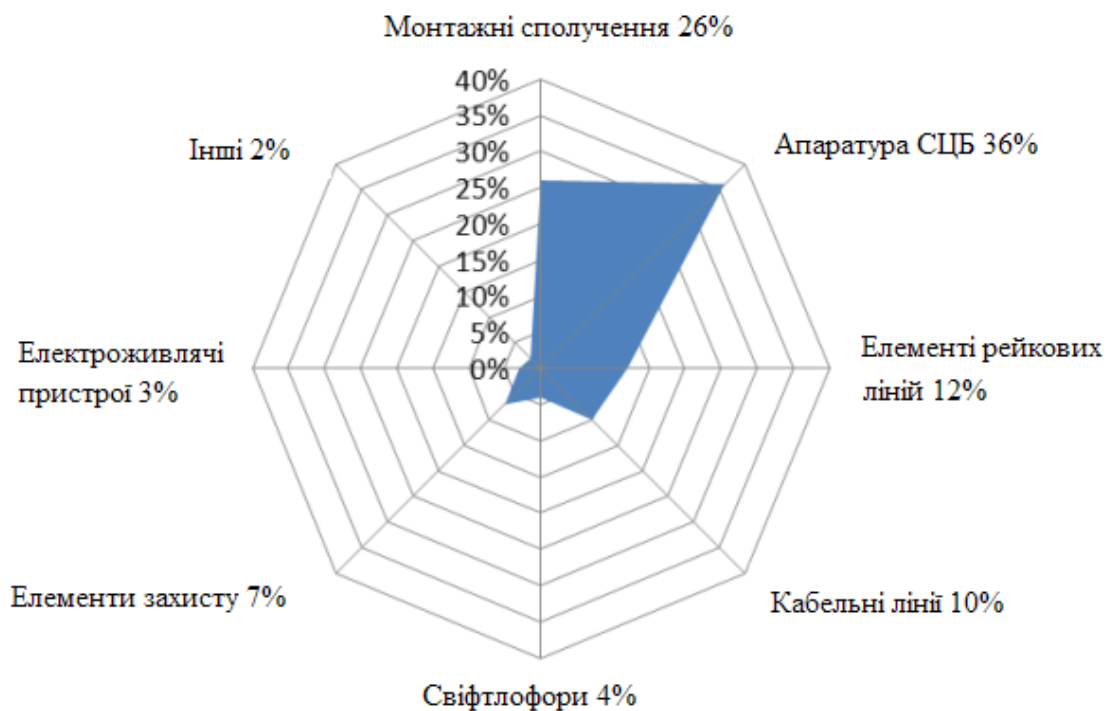


Рис.1.2. Статистика відмов елементів системи автоблокування

Аналіз випадків відмов в пристроях залізничної автоматики показує, що на експлуатаційні чинники припадає до 85 % від загальної їх кількості, на виробничі (заводські) до 8 %, на схемно-конструктивні – до 5 %, інші – 4 %.

При цьому експлуатаційні причини, у свою чергу, поділяються на порушення правил та технології виконання робіт – 65%, порушення технології перевірки та ремонту в РТУ –15%, інші – 20%.

На мережі залізниць України в експлуатації основну частку становлять стрілочні електроприводи типу СП-3, СП-6, СП-6М, СП-12, СПГ-3, СПГБ - 4.

У стрілочних електроприводах використовуються наступні види електродвигунів постійного струму: МСП-0,1, МСП-0,15, МСП-0,25.

Значну частину відмов стрілочних електроприводів складають несправності електродвигунів. В якості прикладу розглянемо аналіз несправностей стрілочних пристроїв ШЧ-6 Придніпровської залізниці.

Відмовами електродвигуна постійного струму є:

- обрив обмоток статора і якоря,
- неполадки колекторно-щіткового вузла,
- пониження ізоляції обмоток статора і якоря,
- неполадки колектора (межламельне замикання),
- обрив внутрішнього монтажу

Статистичні дані щодо виникнення несправностей в двигунах стрілочних приводів наведені і табл.1.1 З даних табл. 1.1 видно, що 36,8 % ушкоджень стрілочних пристроїв припадає на вихід з ладу пониження ізоляції обмотки статора і якоря, 47,3 % неполадки щітково-колекторного механізму, 5,2 % на обрив обмотки статора, 10,5 %, на неполадки колектора (межламельне замикання).

Надійність електродвигунів постійного струму в основному визначається технічним станом колекторно-щіткового вузла. На його частку припадає понад 60% відмов, причому більша частина є результатом зносу основних елементів ковзаючого контакту: колектора і щіток.

Статистичні дані виникнення несправностей в двигунах стрілочних приводів ШЧ-6 Придніпровської залізниці

Причини відмов	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік	Всього відмов
Пониження ізоляції обмотки статора і якоря	2	1	1	2	1	7
Неполадки щітково-колекторного вузла	2	3	1	1	2	9
Обрив обмотки статора			1			1
Неполадки колектора (межламельне замикання)	1			1		2
Всього відмов за рік	5	4	3	4	3	19

Явище комутації в електричному двигуні постійного струму полягає в зміні напрямку струму в секціях електричної обмотки якоря при замиканні їх щіткою. Колекторно-щітковий вузол являє собою складну технічну систему, в якій здійснюється відразу декілька видів перетворення енергії (механічної, електричної, теплової). Зношення щітково-колекторного механізму є наслідком іскріння під щіткою, що виникає в результаті незадовільної комутації.

На умови комутації колекторних машин постійного струму впливають електричні, магнітні (взаємна індуктивність секцій якорної обмотки), конструктивні (несиметрія розташування щіток, зазор під магнітними полюсами) і механічні (профіль колектора) фактори, а також вплив навколишнього середовища (температура і вологість). Для налаштування комутації електродвигунів постійного струму доцільно використовувати сигнал з різнополярних щіток. У спектрі напруги з різнополярних щіток містяться як низькочастотні складові сигналу, рівень яких залежить від режиму роботи досліджуваного двигуна, так і високочастотні імпульси,

пов'язані з процесом комутації на завершальному етапі. Перевагами даного методу є відсутність будь-яких первинних перетворювачів і можливість оцінки рівня іскріння по всьому двигуну в цілому. Це дозволяє використовувати сигнал з різнополярних щіток для оцінки інтенсивності іскріння колекторно-щіткового вузла і поліпшення умов комутації при контрольних випробуваннях стрілочних електродвигунів постійного струму в умовах експлуатації.

Таким чином, поліпшення умов комутації та зменшення іскріння в колекторно-щіткового вузлі дозволяють значно підвищити надійність електродвигуна стрілочного приводу. Це знизить витрати, пов'язані з ремонтом і експлуатацією даних електродвигунів, і зменшить число простоїв поїздів, зумовлених несправністю стрілочних переводів.

1.2. Стрілочні двигуни постійного струму типу МСП

Електродвигун типу МСП-0,25 призначений для установки в електроприводах для переведення стрілок важких типів і на сортувальних гірках. Електродвигуни постійного струму типу МСП-0,25 (рис. 1.3) потужністю 0,25 кВт є двополюсним, реверсивним з горизонтальним валом на підшипниках кочення. Шарикопідшипники перед установкою повинні бути розконсервовані і ретельно промиті в авіаційному бензині від антикорозійного змащення, потім на них наносять змазку ЦИАТИМ 201 [5].

В електродвигунах МСП-0, 25 до 1974 р. застосовували щітки марки Г-3 типу К14-1. Щітки мали розміри $8 \times 10 \times 25$ мм, висновки з дроту ПЩС1 \times 32. З 1974 р. застосовуються щітки марки Г-3 типу К4-2 з розмірами $8 \times 10 \times 25$ мм.

Вал електродвигуна виготовляється з двома виступаючими кінцями, причому кінець вала з боку колектора повинен бути квадратного перетину 10×10 мм, з протилежного боку-круглий (діаметром 12 мм до грудня 1973 р., а з грудня 1973 р. діаметром 14 мм).

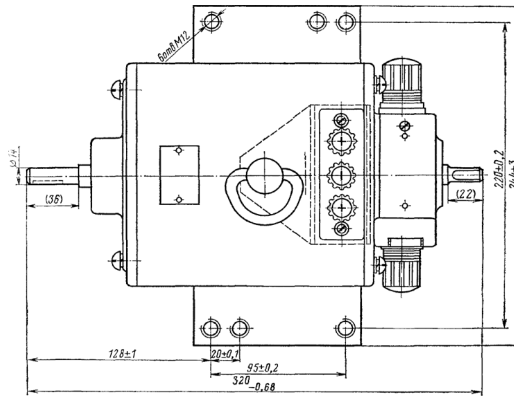


Рис. 1.3. Електродвигун постійного струму типу МСП-0,25

Для можливості установки електродвигуна з діаметром валу 14 мм в електроприводах, виготовлених до грудня 1973 р, необхідно на вал електродвигуна встановити кулачкову муфту замість раніше застосованого. Електричні характеристики електродвигуна типу МСП-0, 25 наведено в табл. 1.5 Іскріння на колекторі не повинна бути вище другого ступеня. Електродвигуни МСП-0,25 повинні без ушкоджень і залишкових деформацій витримувати:

- а) в нагрітому стані -50% перевантаження по струму протягом 1 хв;
- б) протягом 2 хв. – аварійне підвищення швидкості обертання на 50% понад вказану на виробничій табличці. Різниця між швидкостями обертання в різні боки не повинна перевищувати 10% середнього арифметичного значення обох швидкостей обертання.

Механічні характеристики:

Обертаючий момент на валу, 1,46 (15) Н / м (кгс / см).

Повітряний зазор між полюсом і якорем 0,5-0,75 мм.

Поздовжній люфт якоря 0,2-0,7 мм.

Натискання кожної щітки на колектор 1,96-2,94 (200-300) Н (гс).

При зносі щітки на 50% натискання повинно бути не менше 1,96 (200) Н (гс).

Биття колектора якоря, не більше 0,05 мм.

Обмоточні дані електродвигуна типу МСП-0,25 наведено в табл. 1.2. Обмотки якоря і збудження виконуються проводом марки ПЕВ-2, вивідні кінці обмоток збудження-проводом марки ПГВ 1 × 1,5. Обмотки якоря і збудження просочують електроізоляційним лаком МЛ92 вакуумним способом. Схема обмотки якоря електродвигуна МСП-0,25 така ж, як і у електродвигуна МСП-0,1. Електрична міцність і опір ізоляції обмоток електродвигуна типу МСП-0,25 такі ж, як і у електродвигуна МСП-0,1. Режим роботи-повторно-короткочасний з відносною тривалістю ПВ 25% [5].

Таблиця 1.2

Обмоточні дані МСП - 0,25

Характеристика	Значення при номінальній напрузі, В		
	30	100	160
Опір секції обмотки якоря при 20°С, Ом.	0,25±10%	2,7±10%	7,0±10%
Діаметр провoda обмотки якоря, мм.	1,12	0,64	0,49
Число витків секції якоря .	6	21	31
Число провідників в пазу якоря	12	42	62
Число пазів якоря	24	24	24
Число витків котушки збудження.	24	24	24
Число колекторних пластин	24	24	24

Габаритні розміри електродвигуна 320 × 244 × 190 мм; маса 17 кг

Область застосування електродвигуна типу МСП - 0,25 - залізничний транспорт у разі повторного короткочасного режиму, крім того він використовується в електроприводах, що здійснюють переведення стрілок важких типів, а також на сортувальних гірках.

Він являє собою одну з найбільш поширених різновидів електродвигунів постійного струму для стрілочних приводів.

Завдяки тому, що в роботі електроприводу СП-3 використовувався електродвигун МСП-0,25 вдалося досягти того, що зусилля перекладне на робочому шибер в середньому дорівнює 4,5 кН, а максимальна величина досягає 6 кН.

Це майже на третину більше ніж в попередніх версіях електроприводів СП-2 або СП-2Р.

Електродвигун МСП - 0,25 є невід'ємною частиною удосконалень залізничного оснащення. В залежності від технічного оснащення та своєчасності його обслуговування і ремонту багато в чому залежить безпека руху.

Що в свою чергу безпосередньо позначається безпосередньо на економічних показниках діяльності залізничного транспорту. Одну з головних ролей у цьому відіграє технічне оснащення і його справність станцій.

Стрілочний електродвигун постійного струму типу МСП-0,25 являє собою двополосний, реверсивний електродвигун з горизонтальним валом на підшипниках. Його потужність складає 0,25 кВт.

Перед установкою шарикопідшипників рекомендується розконсервувати їх і як можна ретельніше промити в авіаційному бензині щоб уникнути прояву корозії метала, після чого слід обробити їх спеціальним мастилом.

Електродвигун МСП-0,25 є електродвигуном закритого типу з повторно-короткочасним режимом роботи. Він призначений для номінальної напруги, що становить 30, 100, а також 160 В при цьому його номінальна потужність залишається постійною і становить 0,25 кВт, а коефіцієнт корисної дії коливається від 0,67 до 0,76.

Електродвигун дуже надійний в експлуатації при правильному використанні і своєчасній діагностиці та усуненні несправностей термін служби дуже тривалий.

Параметри обмоток збудження і якоря дано в табл.1.3.

Таблиця 1.3

Технічні умови на ремонтуючі типи електродвигунів
Параметри обмоток збудження і якоря

Характеристика	Характеристика електродвигуна		
	МСП - 0,25 на напругу, В		
	30	100	160
Обмотка збудження (марка провoda ПЕВ-2):			
Діаметр провoda	1,74	1,3	1,0
Число витків	90	304	488
Опір при температурі +20°C, Ом	0,19-0,24	1,35-1,65	3,69-4,51
Обмотка секцій якоря (марка провoda ПЕВ-2):			
Діаметр провoda	1,12	0,64	0,49
Число витків	6	21	31
Опір при температурі +20°C, Ом	0,22-0,27	2,43-2,97	6,3-7,7
Номінальний струм електродвигуна, А	12,5	3,3	2,5
Падіння напруги на секції якоря при номінальному струмі, В	2,8-3,43	8,0-9,79	15,75-19,25
Падіння напруги на обмотці збудження при номінальному току, В	2,47-3,0	4,45-5,44	9,18-11,22
Номінальна частота обертання, об/хв	1460	1700	1700
Максимальна частота обертання, об/хв	2190	2250	2250

У двигуні типу МСП-0,25 на відміну від МСП-0,1 зубці якоря утворюють напівзакриті пази грушоподібної форми. Обмотка якоря містить 24 секції. У кожному пазу розташовані по дві сторони секцій 2, намотаних одна поверх інший провodom марки ПЕВ-2 і ізольованих лакотканню і

електрокартоном 3 від стінок паза. Обмотки в пазах закріплені клинами 1. Елементи якорю дано на рис.1.4 [5].

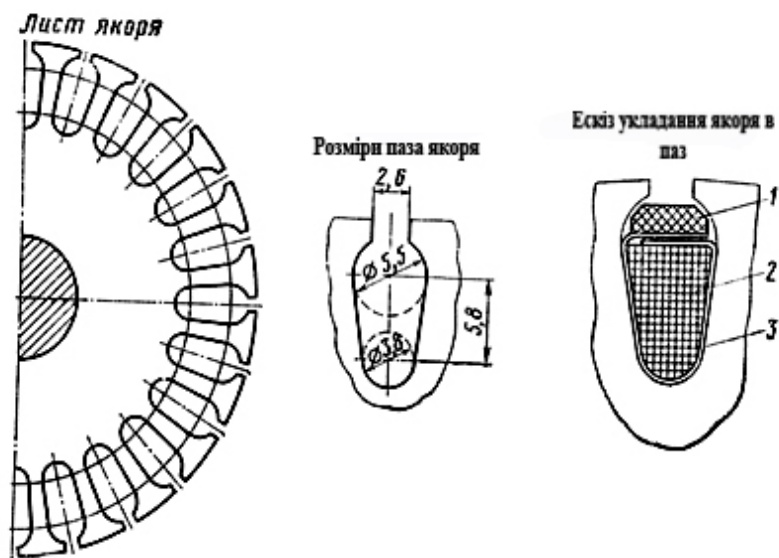


Рис. 1.4. Елементи якоря і укладання обмотки в ньому електродвигуна типу МСП-0,25

Виводи секцій якоря припаюються до колекторних пластин. Електродвигуни типу МСП-0,25 випускаються з курковими щіткотримачами 3 (рис. 1.5, а), закріпленими на ізоляторах 2 до дна переднього щита 1. Доступ до щіток забезпечений через бічні отвори в щиті.

Курковий щіткотримач (рис.1.5, б) містить корпус 3, щітку 1, курок 5, пружину 6. Корпус 3 щіткотримача відливається з антифрикційного сплаву на цинковій основі. У ньому мається прямокутний профільований отвір для щітки, кишеня для розміщення курка і пружини, два отвори для кріплення його гвинтами до ізолятора 7 і отвір для кріплення струмопроводу. Щітка 1 марки ГЗ виготовляється з графіту. У тіло щітки на глибину близько 12 мм методом пайки забита литця 2. Перехідне падіння напруги на пару щіток при щільності струму, що рекомендується, 10 – 11 А/см² становлює 1,9 В. Перед установкою двигуна в експлуатацію щітки обов'язково повинні бути притерті до колектора. Максимальний знос щітки не повинний перевищувати 50% її первісної довжини.

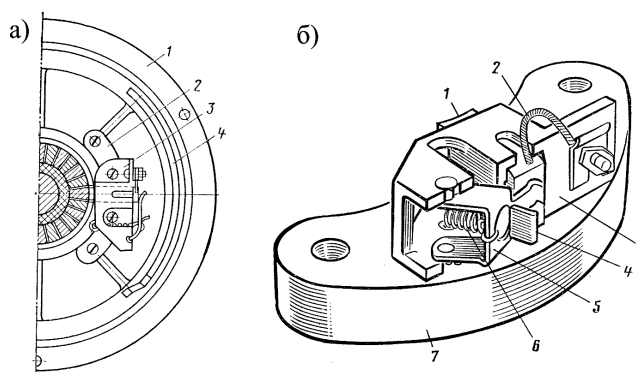


Рис. 1.5. Щітковий пристрій двигуна типу МСП-0,25

На рис.1.5. курок 5 штампується з листової сталі. Нормально під дією пружини 6 він забезпечує тиск щітки на колектор. Для заміни щітки курок повертається за язиччок 4 до упора, причому втримання його рукою в цьому положенні не потрібно.

Зусилля натискання щітки на колектор підтримується автоматично в межах 200-300 гс за рахунок пружини і зміни плеча сили, що розвивається нею, при повороті курка через поступовий знос щітки. Первісне регулювання необхідного натискання щітки звичайно виробляється зміною кроку пружини, тобто зближенням чи видаленням витків.

1.3. Електромеханічні параметри двигуна постійного струму типу МСП-0,25

Стрілочні електродвигуни постійного струму мають послідовне збудження. Їх можна оцінювати, як і двигуни будь-яких типів, по пусковим, робочим і регульовальним характеристикам.

Пускові характеристики визначаються пусковим струмом I_n , пусковим моментом M_n , часом пуску t_n . Робочі характеристики представляють собою залежності швидкості обертання, моменту на валу, корисній потужності і К.К.Д. від струму якоря. До робочих відноситься також і механічна

характеристика: залежність швидкості обертання від моменту на валу. Регульовальні характеристики визначаються в основному межами регулювання швидкості, установлюваними по відношенню найбільшої швидкості обертання до найменшої.

Номінальними параметрами стрілочних електродвигунів є: напруга U , потужність P , момент M , струм I і швидкість обертання n . Номінальній називається напруга, на яку двигун розрахований. Номінальною є максимальна потужність, що двигун може тривало розвивати в заданому повторно-короткочасному режимі при номінальному моменті на валу. Номінальним називається струм, споживаний електродвигуном при номінальній напрузі і номінальній потужності на валу. Нарешті, номінальною називається частота обертання, вимірювана числом обертів якоря при номінальній напрузі і номінальній потужності.

Електромеханічні характеристики стрілочних електродвигунів постійного струму дано в табл.1.4.

Таблиця 1.4

Електромеханічні характеристики стрілочних електродвигунів постійного струму

Електродвигун	Напруга живлення, В	Навантаження шибера, Н	Струм переводу, А, не більше	Час переводу шибера, с, не більше
МСП-0,25	30	1000	6,5	1,8
		1500	10,3	2,3
		2000	14,2	2,7
		3500	20	3,7
	100	1000	1,7	2,1
		2000	2,8	2,8 3
		3000	4,1	3,1
		3500	5,8	3,3
		4000	6,3	3,7
	160	6000	2,8	1,8
		1000	3,9	2,2
		2000	4,2	2,6
		3000	5	2,8
		3500	5,5	3,2

При включенні електродвигуна на напругу 200В на гірках споживаний струм повинен бути не більше 3,6 А; частота обертання $3600 \pm 10\%$ об / хв; ККД не менше 0,8. Електродвигуни типу МСП-0,25 є електродвигунами закритого типу; режим роботи повторно-короткочасний, виготовляються на номінальну напругу 30, 100 і 160 В і мають дві обмотки збудження. Електричні характеристики МСП - 0,25 дано в табл.1.5

Таблиця 1.5

Електричні характеристики МСП - 0,25

Характеристика	Значення при номінальній напрузі, В		
	30	100	160
Номінальна потужність, кВт.	0,25	3,3	2,5
Споживаючий струм, не більше, А	12,5	2,5	1,8
Номінальна швидкість, об/хв.	1460+10%	1700+10%	1700±10%
ККД, не більше	0,67	0,76	0,7

1.4. Можливі несправності електродвигунів постійного струму

Найбільш характерними причинами відмов в роботі електроприводу є [5-7].

Іскріння щіток. Іскріння може бути викликано поганим станом щіток, неправильною установкою щіткотримачів, слабким чи занадто сильним притисненням до колектора, узвишшям одних пластин колектора над іншими, коротким замиканням у якорі, биттям колектора.

Щітки повинні бути ретельно притерті до колектора скляною шкуркою. При слабкому натисканні пружин необхідно їх піджати, а при сильному послабити так, щоб натискання щіток на колектор складало 200-300 гс. При узвишші одних пластин над іншими чи битті колектора варто проточити, а після проточки продорожити на глибину 1 мм. Коротке замикання може відбутися через з'єднання проводів залишками олова між пелюстками колектора після пайки чи заусенців після обточування.

Забруднення колектора усувається протиранням чистою ганчіркою, злегка змоченою бензином. Бруд, що накопичився в зазорах між ламелями колектора, видаляється загостреною пластинкою з твердого дерева чи пластмаси.

При обертанні якоря в одну сторону щітки іскрять сильніше, ніж при обертанні в іншу. Причиною є зрушення щіток з нейтралі. Для усунення несправності потрібно установити щітки на нейтраль.

Електродвигун погано йде в хід і перегрівается. Варто мати на увазі, що електродвигун призначений для повторно-короткочасного режиму роботи, тому при зайво тривалому включенні, наприклад при роботі на фрикцію, він може перегріватися. Перегрів обмоток не повинний перевищувати 65°C понад температуру навколишнього середовища.

Поганий хід може бути внаслідок короткого замикання чи обриву в одній чи декількох секціях якоря або замикання між пластинами колектора, а також через відсутність змащення в підшипниках. У випадку короткого замикання чи обриву в секціях якір потрібно перемотати. Замикання на колекторі часто виникає через з'єднання заусенців, що утворилися після обточування. Заусенці видаляють шабером. Рекомендується також перевірити пайку вивідних кінців секцій до колекторних пластин. У результаті неакуратної пайки олово може замикати сусідні пластини. Підшипники двигуна повинні бути змазані.

Електродвигун після включення не обертається. Причиною може бути перегорання запобіжників, відсутність щіткового контакту, обрив в обмотці збудження чи якоря. Для усунення зазначених несправностей треба перевірити цілість запобіжників, наявність щіткового контакту, відсутність обриву. Місце обриву можна установити за допомогою контрольної лампи чи мегомметра.

Частота обертання електродвигуна при номінальній напрузі і номінальному навантаженні менше чи більше номінальної чи неоднакова при обертанні в різні сторони. При обертанні в різні сторони

електродвигун споживає неоднаковий струм. Щітки зрушені з нейтралі: у першому випадку - по напрямку обертання, у другому - проти напрямку обертання електродвигуна. Для усунення несправності щітки потрібно поставити на нейтраль.

Втрата ізоляції. Опір ізоляції обмоток стосовно корпусу, обмірюваний мегомметром напругою не нижче 500 В, повинен бути не менш 5 МОм. При трохи меншому опорі ізоляції іноді виявляється достатнім продути двигун стисненим повітрям від вугільного пилю. Якщо ця міра не приводить до підвищення опору ізоляції, двигун необхідно підвергнути сушінню і просоченню.

Підшипники перегріваються. Причиною може бути забруднення пилом, відсутність змащення, підвищене тертя між сальником і валом, відсутність осьового люфту, необхідного для компенсації температурного подовження вала, знос чи руйнування підшипника.

Обрив вивідних кінців секцій якоря від ламелей колектора. Це явище виникає в тих випадках, коли пакет якоря має люфт щодо колектора. Зазначений недолік може бути усунутий у заводських умовах.

Найбільше її число відмов доводиться на втрату контакту в автоперемикачі взимку і зв'язано з перемерзання контактів. Для запобігання таким випадкам передбачені різні захисні заходи (графітове мастило, мастило гліцерином, обігрів спеціальні насічки на ножах, закриття оргсклом і ін.). Якщо контактне натиснення автоперемикача більше норми при розмиканні контактів це створить дуговиявлення при розриві робочих контактів і їх підгорання.

Якщо контактне натиснення автоперемикача більше норми при розмиканні контактів це створить дуговиявлення при розриві робочих контактів і їх підгорання. Якщо ж контактне натиснення менше норми, то можливе порушення електричного ланцюга, особливо в період перемерзання. Злам колодочки автоперемикача відбувається зазвичай із-за неправильного регулювання вмикання ножів, розбиваючих колодочки.

Злам колодочки автоперемикача відбувається зазвичай із-за неправильного регулювання вмикання ножів, розбиваючих колодочки. Злам контакту автоперемикача може бути із-за неправильного регулювання контактів (заломлені кінці контактних пружин повинні знаходитися на одній прямій без перегинів). Злам може статися також зважаючи на часте регулювання контактної губки.

Причинами недостатнього вмикання ножів автоперемикача можуть бути наступні несправності: - кулачок автоперемикача упирається в контрольну лінійку унаслідок неправильного її регулювання. Виявити це можна натисненням на контрольну тягу. Контрольна лінійка, що перешкоджає западанню кулачка, в цьому випадку переміщатиме ножі автоперемикача - палець повзуна, на якого спирається замикаючий важіль, знаходиться нижчим за поверхню барабана із-за ослаблення болтів, що кріплять, або порушень його розмірів.

1.5. Висновки за розділом

В стрілочних електроприводах типу залізниць України використовуються двигуни постійного струму з послідовним збудженням типу МСП. Зараз найбільш поширеним серед них є мотор стрілочний постійного струму типу МСП. Головними перевагами цих моторів є те, що $M \sim I^2$, тобто обертовий момент на валу двигуна є пропорційний робочому струму (струму якоря) в квадраті; механічні характеристики двигуна $n(I_a)$ чи $n(P_2)$ є лінійною, регульовальна характеристика (залежність частоти від напруги якоря) є гіперболічною; великий пусковий момент; компактні розміри. Але наряду з перевагами ці двигуни мають і недоліки: неможливість вмикання цього двигуна до мережі живлення без навантаження на валу; витрати на профілактичне обслуговування колекторно-щіткових вузлів; обмежений термін експлуатації через зношування щітково-колекторного механізму; висока вартість у порівнянні з асинхронними електродвигунами.

Метою дипломної роботи є удосконалення діагностування двигунів стрілочних приводів з двигунами постійного струму. Для досягнення поставленою мети необхідно:

- оцінити переваги та недоліки існуючої технології обслуговування двигунів постійного струму і стрілочних приводів зокрема;
- обрати метод діагностування двигунів постійного струму;
- дати наукове обґрунтування методу технічної діагностики двигунів постійного струму з послідовним збудженням;
- провести експериментальні дослідження параметрів двигуна постійного струму стрілочного електроприводу.

2. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

2.1. Методи технічної діагностики двигунів постійного струму стрілочних електроприводів в умовах експлуатації

2.1.1 Організація робіт по ремонту

Для нормальної роботи стрілок в будь-яких атмосферних умовах необхідний щорічний профілактичний огляд і при необхідності ремонт електродвигунів стрілочних електроприводів. Досвід деяких робіт показав, що доцільно організувати профілактичний огляд і ремонт в дистанціях сигналізації та зв'язку спеціалізованими ремонтними групами контрольно-вимірювальних пунктів (КВП). У дистанції складають графік заміни електродвигунів, затверджуваний керівництвом. Виписки з нього видається старшому електромеханіку ділянки, яка несе відповідальність за своєчасну заміну електродвигунів і доставку їх в КВП для ремонту. Контролюється виконання графіка працівниками КВП. Склад ремонтної групи контрольно-вимірювального пункту залежить від кількості стрілочних електроприводів на дистанції. Найбільш оптимальний варіант - дві людини: електромеханік і електромонтер. Роботи ремонтної групи плануються згідно до графіка заміни електродвигунів, копія якого повинна бути у електромеханіка цієї групи. Якщо завантаження групи з ремонту стрілочних електродвигунів буде недостатньою, то їй може доручатися аналогічна за характером робота - ремонт електродвигунів, перевірка трансформаторів, реакторів, захисних засобів і т. д. Для ремонту електродвигунів виділяється спеціальне приміщення загальною площею не менше 20-25 м², в якому встановлено робочі місця: 1) для ремонту і перевірки електродвигунів, обладнана верстатом з тисками, двотумбові столи, стелажем для зберігання

електродвигунів та їх детальний, свердловальним і точильним верстатами, пультом для зняття характеристик електродвигуна вимірювальними приладами (мегомметр, міст постійного струму, тахометр на 20...3000 об/хв. Вольтамперметр, індикатор годинникового типу з точністю відліку до 0,01 мм, грамометр за шкалою 0...1000 г), різними пристосуваннями, необхідним інструментом; 2) для просушування і просочення обмоток, обладнане сушильною шафою, одностумбовим столом, ванною для просочення обмоток, витяжною вентиляцією, пиłosосом.

У відповідності з Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії робоче місце для просочення і просушування обмоток електродвигуна має бути ізольовано від іншої частини приміщення і оснащено засобами протипожежної безпеки. На робочих місцях повинні бути також вивішені плакати з техніки безпеки. Результати контрольних вимірювань заносять в журнал ремонту електродвигунів [8 - 14].

2.1.2. Технологія ремонту електродвигунів

Розбирання електродвигунів. Корпус електродвигуна очищають від пилу і перевіряють відсутність про відсутність на ньому тріщин, справність гвинтів, що регулюють співвісність електродвигуна і зубчастої передачі в електроприводі. Мегомметром вимірюють опір ізоляції обмоток збудження і якоря щодо корпусу електродвигуна. Один провід мегомметра з клеми "земля" приєднують до корпусу електродвигуна, а інший до одного з трьох виводів обмотки електродвигуна. Результати вимірювання заносять в журнал ремонту. Якщо загальний опір ізоляції обмоток збудження і якоря електродвигуна буде менше встановленої норми, то після вилучення якоря додатково проводять ті ж вимірювання окремо обмоток збудження і якоря. Електродвигун розбирають в наступному порядку: викручують кріпильні гвинти, знімають передню і задню кришки, виймають якір, знімають щіткове пристрій, відключають проводу та знімають полюси з котушками. Знімачем

знімають підшипники і при необхідності шестерні, укріплені на осі якоря. Після розбирання деталі електродвигуна маркують, тобто навішують бирки на корпус, якор, кришки та щіткотримач. Всі деталі очищають від корозії і пилу, корпус і кришки покривають чорною емаллю.

Виявлення та усунення несправностей в обмотках збудження і якоря

До найбільш часто зустрічається в обмотках несправностей відносяться: замикання між витками або секціями, неякісна пайка з'єднань, пониження опору ізоляції обмоток по відношенню до корпусу електродвигуна, обрив проводів. Для виявлення несправностей вимірюють величину омичного опору обмоток. При цьому навіть незначне відхилення омичного опору обмоток від норм вказує на несправності. Перед початком вимірювання колекторні пластини очищають від слідів окислення. Для зачистки можна застосовувати дрібнозернисту шліфувальну шкурку на паперовій основі або на полотні.

Для зручності вимірів застосовують спеціальні методи (рис. 2.1). де на двох середніх стійках 1 укладають якор 2, а на двох крайніх стопках 7 закріплюють типові щіткоутримувачі 4 так, що при опусканні щіток 3 на колектор 6 вони потрапляють па дві сусідні колекторні пластини.

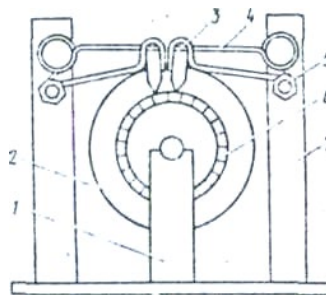


Рис.2.1. Пристосування для вивимірювання величини омичного опору обмотки якоря

Через висновки до щіток підключають омметр. Відзначивши на колекторі початок перевірки, вручну повільно обертають якор навколо осі, виробляючи вимір на кожній колекторної пластині. Омметр повинен показувати постійну величину опору кожної секції якоря. Для більш точного

вимірювання обмоток електродвигунів, що мають малі опору (менше 1 Ом), замість омметра використовують вимірювальний міст постійного струму. Причиною заниженого опору обмоток може бути замикання між витками або сусідніми колекторними пластинами. У цьому випадку оглядом перевіряють наявність струмопротікаючих перемичок між колекторними пластинам, тобто задирок, слідів мідної або вугільного пилу і т. д. Причиною завищеного опору може бути обрив проводу або неякісне паяння виводів обмоток.

Для визначення міжвиткових замикань в обмотці якоря можна використовувати і метод, заснований на створенні магнітного потоку в короткозамкнених витках (рис. 2.2).

Для цього перевіряючий якір 2 укладають на стійки пристосування для вимірювання величини омичного опору обмотки і під ним встановлюють реактор 3. Відстань L між якорем і реактором має бути мінімальним, що забезпечує вільне обертання якоря навколо осі.

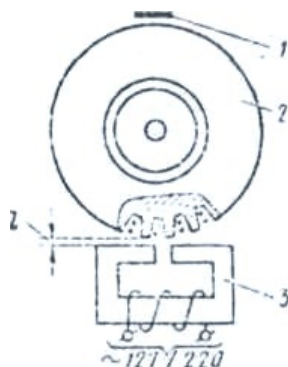


Рис.2.2. Визначення міжвиткових замикань в обмотці якоря за допомогою реактора РОБС

При подачі змінної напруги 127/220 В в обмотку колійного реактора порушуваний магнітний потік буде проходити через якір і за наявності замикання між витками обмотки викличе струм в замкнутій секції обмотки якоря. Поява струму визначають за тяжінню до пазу якоря, де лежить несправна секція, тонкої сталевий пластинки 1, розміром $100 \times 10 \times 0,5$ мм. Якір повертають навколо осі на один-два пази, а сталеву пластинку кожен раз

переміщують над якорем на відстані 1 - 2 мм від його поверхні. Щоб переконатися у відсутності обриву в місцях припаювання виводів обмоток до колекторних пластин, знімають в місцях пайок нитяною бандаж і омметром перевіряють якість пайок. Величина опору пайки повинна бути дорівнює нулю. Дефект усувається розпаюванням кінця колекторної пластина, зачисткою його і дроти, лудінням їх і повторної за пайкою. Після усунення несправності повторюють вимірювання обмоткою на обрив вказаним вище способом. Для визначення міжвиткових замикань, обривів, неякісної пайки та інших дефектів в обмотках збудження і якоря може застосовуватися випускається промисловістю імпульсний прилад типу ЕЛ-1. Порядок користування приладом описаний в інструкції.

Ремонт обмоток. Обмотки збудження, в яких виявлений обрив проводів чи міжвиткове замикання, замінюють новими. При визначенні обриву привода або міжвиткових замикань в обмотці якоря роблять перемотування всіх його секцій. Підготовка якоря до перемотки включає зняття старих бандажів, розпайку колектора, зняття старої обмотки, очистку пазів. При ремонті обов'язково дотримуються всі технічні умови. Спеціальне пристосування для намотування окремих секцій якоря (рис. 2.3, а і б) складається з електродвигуна 2 (стрілочний електродвигун МСП-0.1 на будь-яке робоче напруга), пересувних полудисків 1, на які намотують одиночні секції, електролічильника 3 із переривають контактом 4 і фігурної шайби 5, насадженої на вал електродвигуна 6.

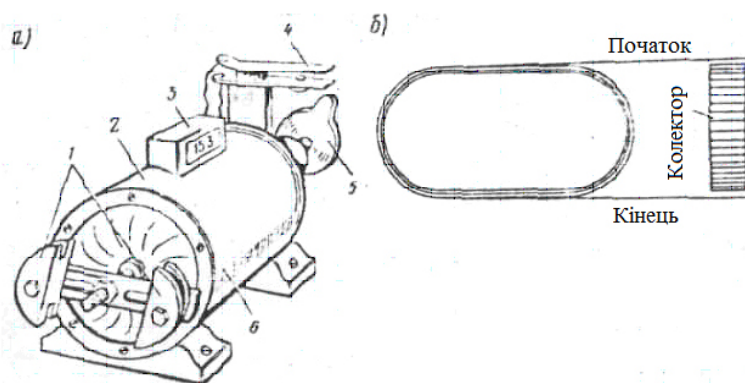


Рис.2.3. Пристосування для намотки секцій якоря

Для малої кількості оборотів якоря на електродвигун подається зменшене робоча напруга. Секція, що має невелику кількість витків може бути намотана вручну на тих же розсувних напівдиск 1. Виготовлені секції укладають в пази якоря, кінці їх зачищують і припаюють до колекторним пластин припоєм ПОС-40, ПОС-50 або ПОС-60 з твердої каніфоллю електропаяльником потужністю 90-100 Вт. Робочий кінець мідного стержня паяльника повинен бути запив на конус з кутом 45, зачищений і облужений. Висновки секції припаюють до колекторним пластин зі слабиною тому, що при сушінні після просочення лобовий бандаж дає усадку і може статися обрив туго натягнутих провідників. Схема укладання секцій обмотки по пазах сердечника якоря і припаює їх до колекторним пластин наведено на рис. 2.4, де обмотка якоря проста вузлова з кроком по газам 1-12, крок по колектору 1-2, початковий крок 1-7. Обмотка якоря складається з 24 секцій.

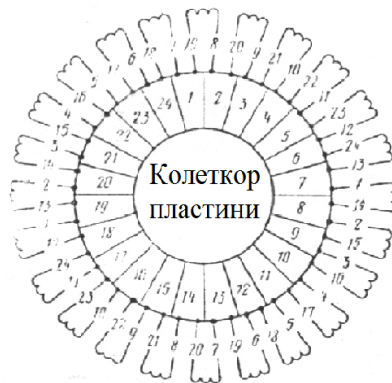


Рис.2.4. Схема накладання секцій якоря обмотки

У кожному пази сердечника (рис. 2.5) розміщені дві сторони різних секцій 2, ізолюючих один від одного прокладкою 3. Пазова ізоляція складається з чергуються шарів електрокартону 4 і локоткани 5. Обмотки в пазах закріплюють фібрового клинами 1. Щоб виключити викид секцій під час обертання, сердечник бандажуються. Кожен бандаж повинен складатися з 13 витків сталевий бандажної проволочи діаметром 0.5 мм. На лобову

частину обмотки якоря накладають бандаж з кіперному стрічки (лакоткани, мікаленти) і ниток.

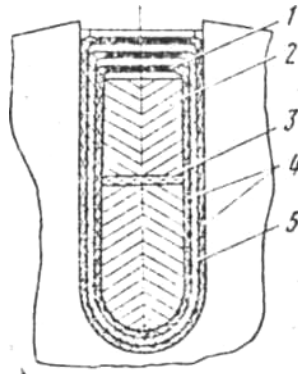


Рис. 2.5. Ескіз накладання обмотки якоря в пази сердечника

У процесі намотування кіперному стрічки просочують лаком. Співали обмотка не підлягає просоченню, то бандаж покривають лаком ВТ-99 і сушать на повітрі близько 3 ч. Необхідною умовою високого якості нової обмотки є чистота робочого місця. Пил і бруд, що потрапляють на обмотки, різко знижують електричну міцність ізоляції, навіть невелика металева стружка, що потрапила на обмотку, може викликати пробій ізоляції.

Ремонт колекторів. В процесі експлуатації через нерівномірного зносу поверхні колектора порушується його форма. Стан поверхні колектора якоря перевіряють індикатором. Биття колектора не повинен перевищувати 0,05мм. Правильну форму колектора відновлюють обточуванням з наступним шліфуванням і поліруванням. Проточку, шліфування і полірування колекторів виробляють на токарному верстаті, що забезпечує необхідну точність обробки.

Для обточки колектора застосовують різці з платівкою твердого сплаву ВК-Е. Швидкість різання встановлюється 200-240 м / хв, подача різця і глибина різання повинна бути мінімальна для збереження висоти колекторних пластин. Шліфують колектор при високій окружній швидкості його (1500-1700 об / хв) на токарному верстаті карборундовим мілкозернистим бруском, закріпленим в супорті верстата, або мілкозернистою шкіркою, накладеної на дерев'яну оправлення, оброблений

по діаметру колектора. Для отримання більш чистої поверхні колектора необхідно, щоб напрямок обертання якоря при шліфовці було протилежним його обертанню при проточці. Полірують колектор на токарному верстаті повстю з застосуванням пасти ГОЕ-54 або нажимними колодками з дерева твердої породи (зазвичай буковими). Полірування колектора забезпечує гладку (дзеркальну) поверхню, що робить її більш стійкою до стирання щітками.

Сушка і просочення обмоток. Сушать обмотки в сушильних шафах (рис.2.6), в які можна переобладнати релейні шафи типу ШМ-1. У сушильній шафі джерелом тепла служать дві електричні печі 1 типу ПТ 10-2 потужністю 1 кВт кожна, які включаються як сумісно, так і роздільно.

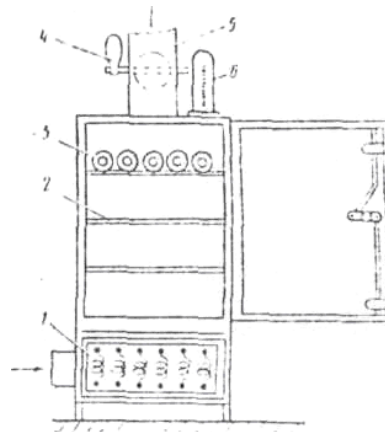


Рис.2.6. Сушильна шафа

Типовий термосигналізатор типу ТС-100, що має межі від 0 до 120 °, автоматично підтримує температуру повітря і сушильній шафі від 100 -110 ° С. Температура контролюється термометром 6. Внутрішню частину стінок і дверей покривають азбестом для збереження тепла, полки 2 замінюють ґратами, на яких встановлюють обмотки і якоря 3. Шафа обладнають витяжною вентиляцією 5 з регулюючої заслінкою 4 і заземлюють. Час сушіння залежить від того, який опір ізоляції має обмотка і коливається в межах 6-12 год. Після сушіння обмотки охолоджують до кімнатної температури, вимірюють їх опір ізоляції і просочують лаком. Просочення

обмоток, т. е. заповнення порожнеч і пір ізоляції лаком, запобігає проникненню в пори вологи, створює міцну теплопровідних ізоляцію, подовжує її термін служби. Для просочення використовують електроізоляційні просочувальні лаки: БТ-980 (колишній 460), БТ-987 (колишній 447), БТ-988 (колишній 458). При необхідності лаки розбавляють до робочої в'язкості толуолом, ксилолом, сольвентом або приміссю одного з цих розчинників з уайт-спіритом або бензином в співвідношенні 1:1. Просочення обмоток повинні виробляти як у випадку заміни (перемотування) обмоток, так і для відновлення необхідної величини опору ізоляції. Основним способом просочення є занурення обмотки цілком в бак з рідким лаком, причому якоря занурюють в бак вертикально колектором вгору. Лак не повинен доходити до колекторних пластин на 7-10 мм. Просушену обмотку перед повантаженням в лак необхідно нагріти в сушильній шафі до температури 55-70°C, так як при більш високій температурі обмотки відбувається бурхливий випаровування розчинника, підвищення в'язкості лаку, а це погіршує просочення. Обмотку витримують в лаку до припинення виділення бульбашок повітря. Після просочення вичікують, поки стечуть надлишки лаку і всі поверхні, де неприпустима лакова плівка (поверхня стали якоря, вал), протирають ганчіркою, змоченою в бензині. Сушіння обмоток після просочення необхідна для видалення з пор ізоляції розчинника лаку і «запікання» лакової плівки. Обмотки поміщають у сушильну шафу. Температура сушіння підтримується в межах 105-110 °С, час сушки лаку БТ-980 становить 10 м, БТ-987-6 год. і БТ-988 - 3 ч. просушеного обмотка повинна мати лакову плівку, абсолютно не липке до пальців. Опір ізоляції просушених обмоток після охолодження їх до кімнатної температури перевіряють мегомметром та повинно бути не менше 100 МОм. Для підвищеної вологостійкості ізоляції на поверхні обмотки кистю наносять шар електроізоляційного лаку БТ-99. Час висихання лаку при температурі 18...22°C не більше 3 год.

Огляд і ремонт щіткоутримувачів. Підстава щіткового пристрою та робочі поверхні щіток не повинні мати відколів або тріщин. Дефектне підставу замінюють. Пружини застосовують тільки заводського виготовлення. Пружність їх перевіряють вручну і при зносі щіток понад 40% замінюють новими (марки МГ-2). Нові щітки повинні бути протерті до поверхні колектора. Для зручності притирання використовують спеціальне пристосування. Щітку 3 встановлюють по діаметру колектора 6. На стійки кладуть якір 2 і опускають на колектор щіткоутримувач 4 зі вставленою новою щіткою. Притирання (рис.2.7) вироблять скляним папером 2, яку кладуть гладкою стороною на колектор 3 і протягують під щіткою 1. Кінці паперу треба відігнути вниз (див. рис. 2.7, а). При неправильному положенні паперу (див. рис. 2.7, б) краю щіток будуть обпиляні і поверхня прилягання їх до колектора зменшиться.

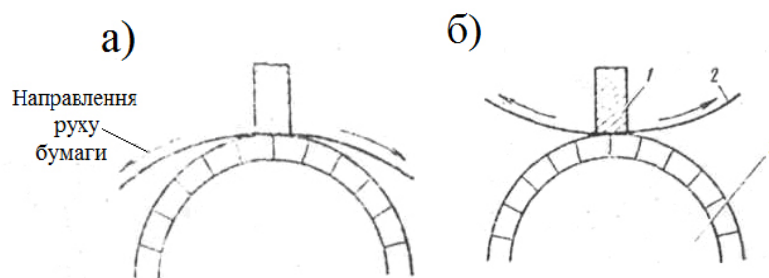


Рис.2.7. Притирка щіток до колектора

Притирання починають скляною бумагою з великою зернистістю, а закінчують папером з найменшою зернистістю. У процесі притирання щітка повинна прижиматися до смужці паперу тільки зусиллям пружини щіткоутримувача. Притирання щіток вважають закінченою, якщо вони будуть мати блискучу робочу поверхню без помітних глибоких рисок. Після притирання щітки очищають від вугільного пилу, також очищують і продувають стисненим повітрям колектор.

2.2. Перспективні методи та засоби контролю стану стрілочних двигунів

2.2.1. Отримання частотного спектру струму електродвигуна

Основою автоматизованої діагностики є аналіз частотного спектру струму електродвигуна. Виникнення кожної несправності приводить до появи в спектрі струму двигуна нових гармонік певної частоти й інтенсивності [6].

2.2.2. Метод омметра

Метод омметра заснований на безпосередньому визначенні невідомого опору R за допомогою електровимірювального пристрою, що носить назву омметра. Омметр складається з вимірювального приладу (міліамперметра, мікроамперметра) магнітоелектричного типу постаченого досить великим додатковим опором R і джерела струму (зазвичай "сухий" елемент на 1,5 вольта). Вимірюваний опір R включається послідовно з вимірювальним приладом і джерелом струму. Струм через вимірник буде залежати від величини вимірюваного опору та шкалу приладу можна проградувати безпосередньо вомах. Шкала омметра нерівномірна. Ультраправому поділом "0" відповідає випадок $R = 0$, коли сила струму досягає максимального значення. Вкрай лівому поділом "∞" шкали омметра відповідає нескінченно велике R , коли сила струму в колі дорівнює нулю [7].

2.2.3 Метод мегомметра

Мегомметром вимірюють опір ізоляції обмоток збудження і якоря щодо корпусу електродвигуна. Один провід мегомметра з клеми "земля" приєднують до корпусу електродвигуна, а інший до одного з трьох виводів обмотки електродвигуна. Результати вимірювання заносять в журнал ремонту. Якщо загальний опір ізоляції обмоток збудження і якоря електродвигуна буде менше встановленої норми, то після вилучення якоря додатково проводять ті ж вимірювання окремо обмоток збудження і якоря [7].

2.2.4 Метод виявлення несправностей електродвигунів за допомогою трансформаторного струму і осцилографа

Сутність даного методу, засноване на тому, що при роботі електродвигунів стрілочного приводу, струм в робочій мережі крім постійної складової включає також ряд гармонік. Ці гармоніки виділяються за допомогою хорошої фільтрації живлячої і через трансформатор струму подаються на вхід осцилографа. Даний метод дозволяє не тільки виявити несправний електродвигун, але й точно визначити характер несправності. Цей метод дозволяє проводити перевірку електродвигунів, як за центральному, так і при магістральному способі живленні. Принципова схема перевірки електродвигунів підключається в кросовому або в релейному приміщенні. Основними елементами та приладами схеми є: струмовий трансформатор типу ТК-20, контрольний амперметр, осцилограф і фільтр. Струмовий трансформатор ТК-20 підключається клемми Л1 і Л2 послідовно в ланцюзі робочого полюса батареї РПБ. Вторинна обмотка трансформатора клемми И1 И2 підключається на вхід осциллографа 1MΩ50pF. В якості контрольного амперметра для фіксації переведення стрілки використовується вимірювальна головка М 4200, з межею вимірювання 5 А чи ж вимірювальний прилад Ц 4380 (Ц438), на межі виміру 6 А. Для фіксації несправностей електродвигунів можна використовувати осцилограф СІ-68, який перед початком перевірки налаштовується таким чином, щоб по горизонтальній осі Х (абсцис) пробігала сфокусована точка або ж лінія. Після цього необхідно встановити ручки осцилографа «Підсилювач У» та «Розгортка» в таке положення, щоб зображення на екрані стало чітким. Запропоновані фільтри згладжують пульсацію до величини достатньої для виявлення несправних електродвигунів, ускладнення фільтра дає незначні результати. Живлення стрілочних електродвигунів може здійснюватися від різних джерел живлення: акумуляторної батареї, перетворювача 24/220В, трифазного випрямляча і однофазного випрямляча. Для згладжування пульсації при трифазному живленні потрібен фільтр, що

складається з реактора РОБС-3А і конденсатора 16 мкФ. Для згладжування пульсації при однофазному живленні в схему Г-образного фільтру необхідно включити ємність 80 мкФ. Щоб напруга при підключенні фільтру при однофазному живленні на холостому ходу не перевищувало допустимих меж, фільтр необхідно навантажити активними опорами R1, R2, R3, 1,5 кОм, 150 Вт.

За формою і амплітудою виділених гармонік можна дати оцінку стану електродвигуна. Осцилограма справного стрілочного електродвигуна показана на рис.1.18. Періодичність перевірки стану стрілочних електродвигунів встановлена 1 раз в квартал. Пропонований метод дозволяє скоротити тривалість перевірки електродвигунів в електроприводах більш ніж в 3 рази [5-7, 15-19].

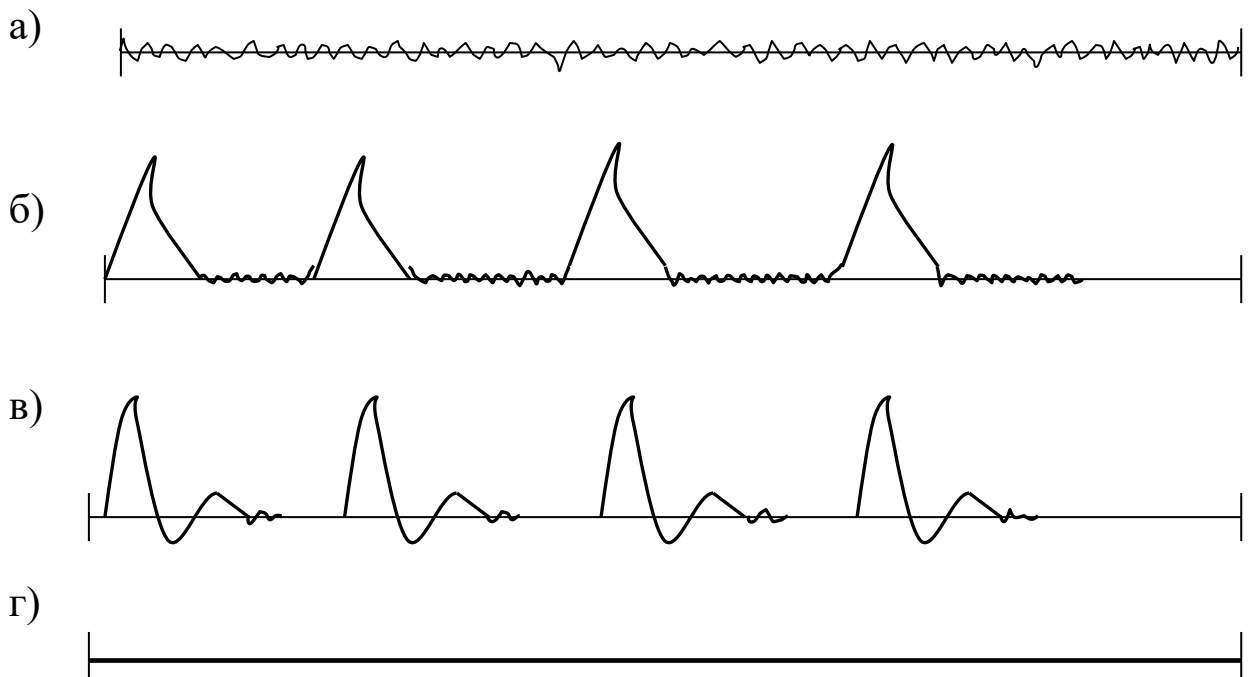


Рис. 2.8. Осцилограми струмів електродвигунів, які мають несправності

2.3. Метод дистанційної перевірки стрілочних електродвигунів постійного струму за допомогою осцилографа

Запропоновано удосконалений метод дистанційного виявлення несправностей в стрілочних електродвигунах постійного струму за допомогою осцилографа отримав широке застосування на мережі доріг, його доцільно використовувати на станціях з великою кількістю стрілок. Даний метод дозволяє визначити обрив проводів в обмотках якоря, міжвиткове замикання в обмотках, поганий контакт між щіткою і колектором. Щоквартальні перевірки електродвигунів даним методом дають змогу різко зменшити кількість відмов електроприводів через несправність електродвигунів. Сутність даного методу полягає в наступному. У вільний від поїздів час за узгодження з черговим по станції замість комутаційних дужок, встановлених в проводах Л1 і Л2 перевіряється стрілка, включається комутаційне пристрій. Цей пристрій складається з реле Р (типу АСШ-220 без випрямляча), дільника напруги $R1 = 27 \text{ Ом}$ (тип ПЕ-25) і $R2 = 14 \text{ Ом}$ (тип ПЕВР), навантажувального опору $R3 = 500 \text{ Ом}$ (тип ПЕ-50), гасящего опору $R4 = 20 \text{ кОм}$ (тип МЛТ-2), контрольного амперметра А (М 4200), з межею вимірювання 5А і кнопки Кн. Для фіксації несправностей може бути використаний осцилограф СІ-68 або будь осцилограф з трубкою після освітіння, а також самописець типу Н 327-І (Н 328), що підключається аналогічно осцилографу. Швидкість руху стрічки самописця 25-50 мм / сек. Перед початком проведення дистанційної перевірки необхідно налаштувати осцилограф таким чином, щоб по горизонтальній осі Х (абсцис) пробігала сфокусована точка. Для цього необхідно встановити всі органи управління осцилографа (тип СІ-68).

3. Перевірка стрілочних електродвигунів в експлуатації методом, вимірювання струму гармонік при роботі електроприводу на фрикції.

Сутність методу заснована на тому, що при роботі електродвигуна стрілочного приводу струм в робочому колі крім постійної складової

включає також ряд гармонік. Обумовлено це виникненням короткочасних розривів кола на колекторі електродвигуна, а при безбатарейній системі живлення а також через наявність пульсацій випрямленої напруги. Практично встановлено, що будь-яка несправність електродвигуна (обрив якоря, міжвиткове замикання в секціях якоря або обмотках збудження, поганий контакт щіток на колекторі і ін) призведе до збільшення струму гармонік. Це дозволяє, шляхом порівняння фактичного струму гармонік з результатами попередніх вимірювань і заздалегідь визначеним нормативним значенням, оцінюють ступінь справності електродвигуна. Перевагою даного методу є можливість проведення вимірів без відключення захисних конденсаторів. Принцип вимірювання струму гармонік полягає в наступному: в робочу колі стрілочного електроприводу послідовно включається первинна (силова) обмотка трансформатора, з вторинної обмотки якого сумарний струм гармонік подається на вимірювальний прилад (міліамперметр). Практична схема і конструкція пристроїв для вимірювання струму гармонік в залежності від системи електричної централізації і відповідно способу переведення стрілок (маршрутний чи роздільний переклад), а також від місця проведення вимірювань може бути виконана в двох варіантах.

Варіант 1 - для будь-якої системи ЕЦ при вимірюванні струму гармонік безпосередньо на клеммах курбельною заслінку електропривода.

Варіант 2 - для будь-якої системи ЕЦ, при вимірюванні струму гармонік робочого запобіжника стрілки в релейному приміщенні. Пристрій за варіантами 1 і 2 виконується у вигляді переносного і відрізняється тільки конструкцією роз'єму. При вимірюванні струму гармонік пристроєм за варіантом 1 або 2 - це пристрій підключається відповідно або до клем курбельну заслінку електропривода, або до гнізд робочого запобіжника стрілки на статурі. При роботі електроприводу на фрикції струм фрикції визначається вбудованим амперметром РА1 пристрої, а струм гармонік - міліамперметром РА2 (в якості останнього може бути використаний прилад

Ц4380 або Ц438). Для зручності користування бажано зробити спеціальну приставку з вбудованим трансформатором струму ТК20 - 100/5 і клемми для підключення приладу Ц4380. Включення міліамперметра через кнопку передбачено для виключення пошкодження приладу під час кидка струму на початку переключення. При впровадженні пристрою для кожної конкретної станції в залежності від типу живильної установки і робочої напруги електродвигунів, практично визначається струм гармонік при свідомо справному електродвигуні, який приймається за нормативне значення. Необхідно відзначити наступне. Іскріння щіток, обриви проводів в обмотках якоря, збільшення струму переводу стрілки до 4,0 - 6,0 А збільшують показник справності в 1,5-2,0 рази. Пониження ізоляції щіткотримача, межвитковий замикання в обмотці якоря, к.з. в робочому колі, сприяють збільшенню цього показника в 6-7 разів. Остання обставина дозволяє фіксувати появу небезпечних дефектів. Результати вимірювання струму гармонік повинні фіксуватися в журналі ШУ-64, розділ 2 в графі «струм фрикції» через дріб у знаменнику для кожної стрілки. При збільшенні значення струму гармонік проти нормативного необхідно проробити профілактичні роботи з двигуном і якщо після вторинної перевірки значення струму гармонік не зменшується, даний електродвигун повинен бути вилучений з експлуатації та направлений в КВП для визначення і усунення несправності. Періодичність перевірки струму гармонік встановлюється 1 раз в чотири тижні і поєднується з перевіркою струму фрикції згідно інструкції ЦШ-3820.

2.4. Висновок за розділом

Запропоновано удосконалений метод діагностування двигунів постійного струму стрілочних приводів шляхом осцилографування робочого струму і визначення його спектру.

3. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА З РУХОМИМ ЯКОРЕМ ЗА ПЕРВИННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

3.1. Моделювання роботи двигуна в пакеті *Simulink*

Параметри двигуна постійного струму з послідовним збудженням, що визначають експлуатаційні характеристики і надійність, зокрема, активні опори та індуктивності обмоток, що залежать від теплового режиму навантаження і технічного стану та можуть відхилятися від номінального значення на 30 ... 40% і більше. Це тягне за собою погіршення якості управління в статичних і динамічних режимах роботи, знижується ефективність та надійність функціонування.

У зв'язку з цим необхідно визначати точні значення параметрів двигуна МСП безпосередньо перед початком роботи і в процесі експлуатації двигуна, що стає можливим, при проведенні ідентифікації параметрів на основі аналізу процесів електромеханічного перетворення енергії для цього доцільно застосувати універсальну математичну модель на основі узагальненої електричної машини, що має для нерухомого якоря вигляд:

$$\begin{cases} u_{оя} = R_{оя} \times i_{я} + L_{оя} \times \frac{di_{я}}{dt} \\ u_{ов} = R_{ов} \times i_{я} + W_{ов} \times \frac{d\Phi}{dt}; \\ W_{ов} \times \frac{d\Phi}{dt} = L_{ов} \times \frac{d\Phi}{dt} \end{cases} \quad (3.1)$$

де - $u_{оя}$, $u_{ов}$ миттєві значення напруг обмоток якоря і збудження, В; ,

- $R_{оя}$, $R_{ов}$, активні опори кіл якоря і збудження, Ом;

- $i_{я}$ - струм в колі машини, А;

- $W_{ов}$ число витків обмотки кола збудження;

- $L_{ов}$, $L_{оя}$ індуктивності обмоток кола якоря і збудження, Гн, Ф

- Φ магнітних потік, Вб.

На рис. 3.1. зображена електрична схема двигуна постійного струму з послідовним збудженням, яка містить обмотку якоря ОЯ та обмотку збудження ОВ.

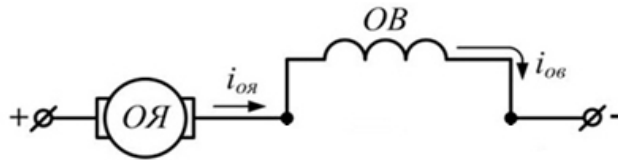


Рис. 3.1. Двигун з послідовним збудженням

Основне регулювання їх частоти обертання здійснюється зміною напруги живлення. Однак при збільшенні живлячої напруги до максимально можливого, подальше збільшення швидкості обертання двигуна здійснюється за допомогою зменшення магнітного потоку обмоток збудження.

На основі розглянутої теорії двигуна постійного струму з послідовним збудженням рис. 4.2 зображений зовнішній вид моделі виконаний в середовищі Simulink в програмному пакеті MATLAB.

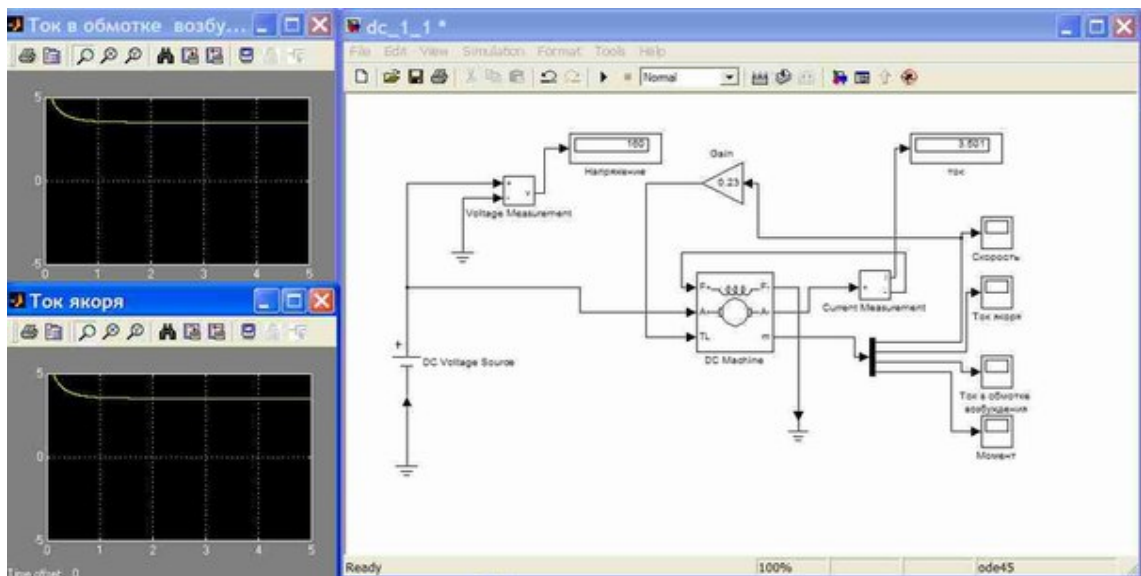
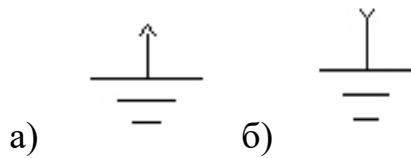
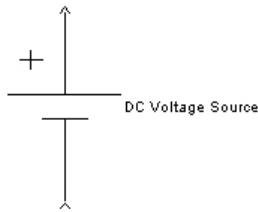


Рис. 3.2. Модель двигуна постійного струму послідовного збудження

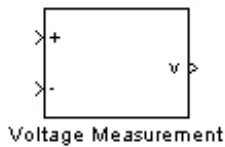
Необхідні елементи для побудови моделі двигуна постійного струму послідовного збудження в Simulink.



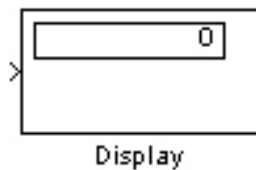
а) б) Ground - заземлення. Зовнішній вигляд блоку. Може бути з виходом а) або з входом б).



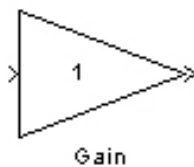
- Джерело постійної напруги. У параметрах можна змінювати величину напруги, що генерується



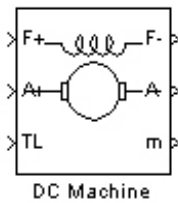
- Датчик напруги. На виході створює сигнал, чисельно рівний різниці потенціалів на вході блоку (між входами «+» і «-»).



- Дисплей. Показує величину вхідного сигналу у вигляді числової запису на самому блоці. У параметрах можна міняти формат запису числа (ціле число з п'яти цифр, число з символами ступеня десяти і т. д.).

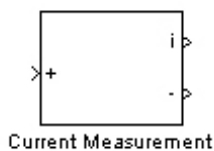


- Лінійний помножувач. На виході створює сигнал, рівний вхідному сигналу, помноженому на задане значення. Величина множника задається в параметрах (Gain). Для отримання математичної функції розподілу необхідно в рядок Gain записувати «1 / x», де x - величина, на яку потрібно поділити вхідний сигнал.



- Електрична колекторна машина постійного струму. Має наступні входи і виходи: «A +» і «A-» - відповідно вхід і вихід обмотки якоря; «F +» і «F-» - відповідно вхід і вихід обмотки збудження; «TL» - завдання моменту опору обертанню вала якоря; «m» - вимірювальний вихід.

Вимірювальний вихід формує вектор з чотирьох сигналів, відповідно: швидкість обертання, рад / с; струм якоря, А; струм порушення, А; електромагнітний момент, виникаючий якорем, Н · м. У налаштуваннях блоку необхідно поставити такі параметри: активний опір і індуктивність обмотки якоря (Armature resistance and inductance), Ом і Гн; активний опір і індуктивність обмотки збудження (Field resistance and inductance), Ом і Гн; взаємна індуктивність між обмоткою якоря і обмоткою викличу-дення (Field-armature mutual inductance), Гн; момент інерції двигуна (Total inertia), кг м²; коефіцієнт в'язкого тертя (Viscous friction coefficient), Н м с; реактивний момент опору (Coulomb friction torque), Н · м; початкова швидкість обертання якоря (Initial speed), рад / с.

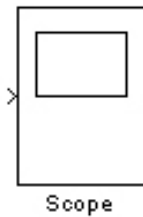


- Датчик струму. На виході створює сигнал, чисельно рівний силі струму, що проходить через нього (між входами «+» і «-»).



Demux - Демультіплексор. Розподіляє сигнали з одного входу (вектора) на кілька виходів. У налаштуваннях блоку необхідно задати наступні параметри: кількість виходів (Number of outputs); спосіб відображення (Display option). В останньому параметрі можна вибрати один з

наступних варіантів: вертикальний вузький прямокутник чорного кольору (bar); прямокутник з білим фоном без відображення міток вхідних сигналів (none).



- Осцилограф. Будує графік залежності вхідного сигналу від часу. Для перегляду графіка необхідно двічі клацнути лівою кнопкою миші на блоці. Осцилограф може мати кілька входів. Для цього необхідно в параметрах осцилографа (кнопка) вказати кількість входів (Number of axes). У разі, коли вхідний сигнал має значення більше або значно менше шкали графіка, слід натискати на кнопку (Autoscale). Для збільшення масштабу використовуються кнопки: - збільшення масштабу по заданій області; - збільшення масштабу по горизонтальній осі; - збільшення масштабу по вертикальній осі. Також в параметрах можна задавати межа точок, з яких будується графік. У всіх лабораторних роботах необхідно виключити такий межа точок. Для цього потрібно в налаштуваннях прибрати галочку «Limit Data Points to Last».

У представленій моделі момент опору обертанню на валу прямо пропорційний швидкості обертання якоря. Це здійснюється за допомогою елемента підсилення, який з'єднує лінію зв'язку швидкості обертання якоря і вхід "TL" блоку DC Machine. В параметр елемента посилення заноситься значення 0,23. Демультіплексор служить для розділення по осцилографу векторного сигналу, який формується на виході "м" машини постійного струму. Іншими словами він поділяє векторний сигнал на складові, а потім розподіляє ці складові на відповідний осцилограф.

Вихідні дані для виконання моделювання:

$$L = \frac{\mu \times \mu_0 \times w^2 \times S}{l} \quad (3.10)$$

$$\delta = 0,5 - 0,75 \text{ мм} \cdot M_{\text{coup}} \approx n \quad (3.11)$$

$$O.B. \begin{cases} R_{OB} = 10,50 \text{ Ом} \\ L_{OB} = 5,217 \text{ Гн} \end{cases} \quad (3.12)$$

$$O.Y. \begin{cases} R_{OY} = 2,90 \text{ Ом} \\ L_{OY} = 0,0143 \text{ Гн} \end{cases} \quad (3.13)$$

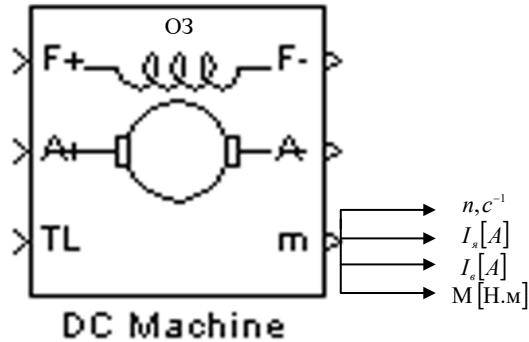


Рис.3.3. Машина постійного струму з послідовним збудженням

Машина постійного струму з послідовним збудженням (рис.4.3) задається параметрами:

Реактивний момент опору $M = 0,98 \text{ Н} \times \text{м}$

Коефіцієнт тертя, $\text{Н} \times \text{мс}$

Момент інерції двигуна w

Взаємоіндукція обмоток, Гн

Потрібно враховувати опір взаємоіндукції від О.3.1. ; втрати на намагнічування і.т.п.

Tl - заданий момент опору обертання вала.

m - вимірювальний вихід.

Момент інерції стрілки відносно кореня

$$I_{ск} = \frac{Q \times L^2}{3 \times g} = \frac{m \times L^2}{3} \quad (3.14)$$

Q загальна вага переміщувальних частин, $Q=mg$

L довжина вістряка, м

$g=9,8 \text{ кг/ м}^2$ - прискорення вільного падіння.

Сила переведення стрілки F дано в табл.1.4, п.1.3

Коефіцієнт тертя 0,2...0,3 в залежності від стану стрілки.

Для стрілкового переводу з рейками Р65 і маркою хрестовини 1/11

$$L_1 = 8,3\text{ м}, L_2 = 8,298\text{ м}$$

Вага вістряків :

$$P50 Q = 64,8 \text{ кг/м}$$

$$P65 Q = 83,8 \text{ кг/м}$$

$$P75 Q = 92,14 \text{ кг/м}$$

$$m = 83,8 \times (8,3 + 8,298) = 1390,91 \text{ кг} \quad (3.15)$$

Зв'язані тяги $L \approx 1500$ (3 шт.).

$$I = \frac{1390,91 \times 8,3^2}{3} = 9777,5 \text{ кг/м}^2 \quad (3.16)$$

Індуктивність котушки зі стальним сердечником

$$L = \frac{\mu \times \mu_0 \times w^2 \times S}{l} \quad (3.17)$$

$$\mu_a = 2,78 - 3,58 \times 10^{-9} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \quad (3.18)$$

μ - відносно магнітна проникність

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Гн/м} \quad (3.18)$$

w – число витків

S – площа поперечного перерізу

L – довжина котушки

Номінальні параметри:

$$U = 160 \text{ В}$$

$$I = 1,8 \text{ А}$$

$$S = 100 \text{ Вт}$$

$$n = 1500 \text{ Об/м}$$

$$M = 0,98 \text{ Вт}$$

$$w_{\Pi} = 628$$

$$D_{np.n.} = 0,64 \text{ мм} \quad S_{np.n.} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,64^2}{4} = 0,3215 \text{ мм}^2 \quad (3.19)$$

$$R_n = 10,5 \text{ Ом}$$

$$w_y = 53$$

$$D_{n.p.y} = 0,38 \text{ мм}$$

$$R_y = 2,9 \text{ Ом}$$

$$N_{секций} = 24$$

$$320 \times 250 \times 190 \text{ мм}$$

Довжина сердечника котушки

$$\delta = 0,5 - 0,75 \text{ мм}$$

Сталь електрична Е-12

$$\left\{ \begin{array}{l} l_y = 95 \pm 0,5 \text{ мм} - \text{довжин. кот. якоря} \\ S_y = \frac{\pi d_y^2}{4} = \frac{\pi \times 70^2}{4} = 3846,5 \text{ мм}^2 \\ d_y = 70 \text{ мм} \end{array} \right. \quad (3.20)$$

$$L_y = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 53^2 \times 3846,5 \times 10^{-6}}{95 \times 10^{-3}} = 1428510 \times 10^{-8} = 0,0143 \text{ Гн} \quad (3.21)$$

$$L_{ос} = \frac{1 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 628^2}{95 \times 10^{-3}} = 5,217 \text{ Гн} \quad (3.22)$$

3.2. Результати моделювання

Результати моделювання представлені у вигляді залежностей кривих в часі - осцилограм частоти обертання якоря $n(t)$, осцилограма Score1; струм якоря i в обмотці збудження $I_a(t)$ і $I_z(t)$, осцилограми Score2 і Score3 відповідно; зміна обертаючого моменту $M(t)$, осцилограма Score4

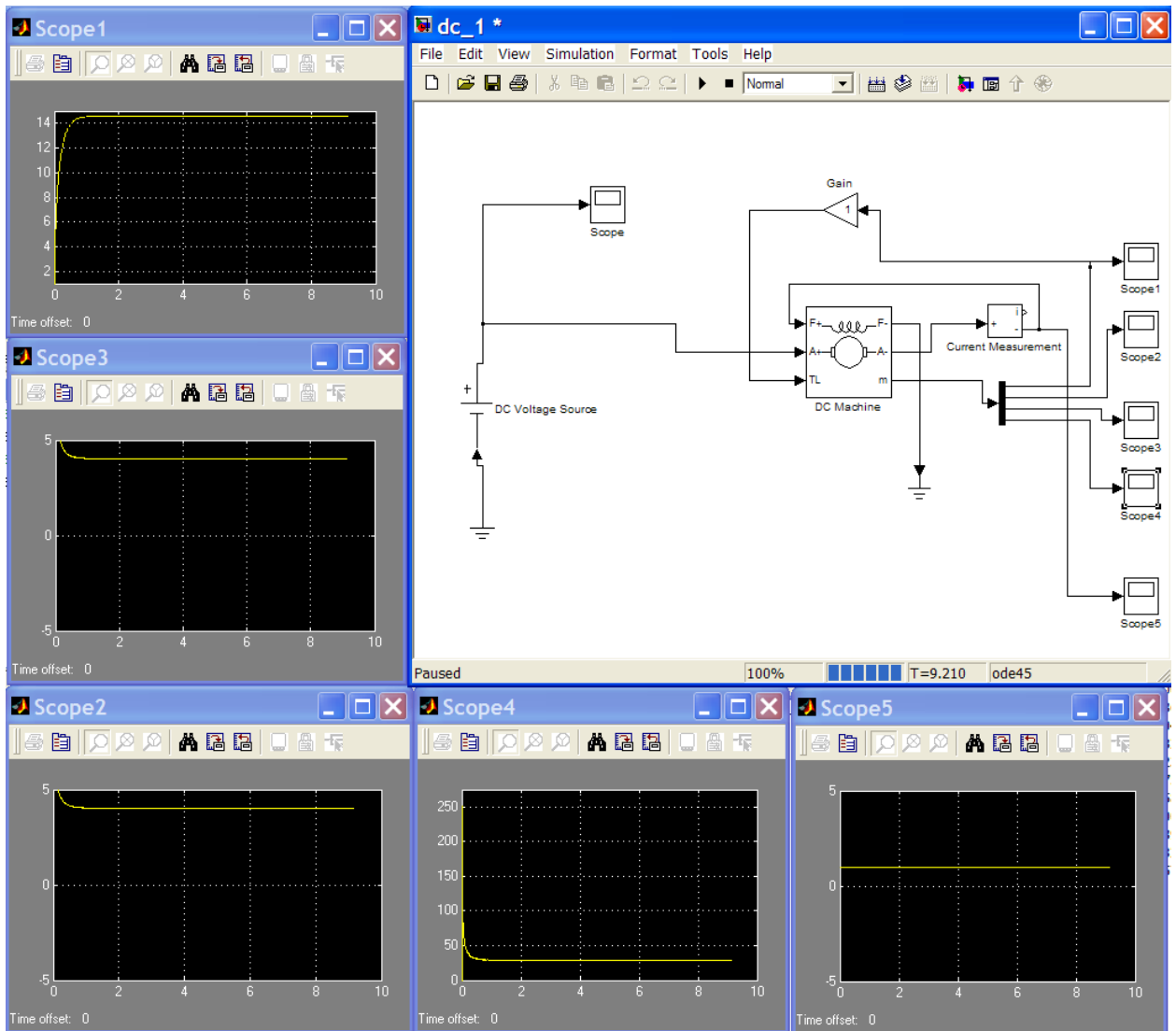


Рис.3.4. Осцилограми частоти обертання якоря $n(t)$, осцилограма Scope1; струм якоря і в обмотці збудження $I_a(t)$ і $I_z(t)$, осцилограми Scope2 і Scope3 відповідно; зміна обертаючого моменту $M(t)$, осцилограма Scope4, датчик струму Current Measurement, підключений до осцилографа Scope5

Текст виконання програми, написаної в Simulink Matlab 6.5, дано на рис.3.5.

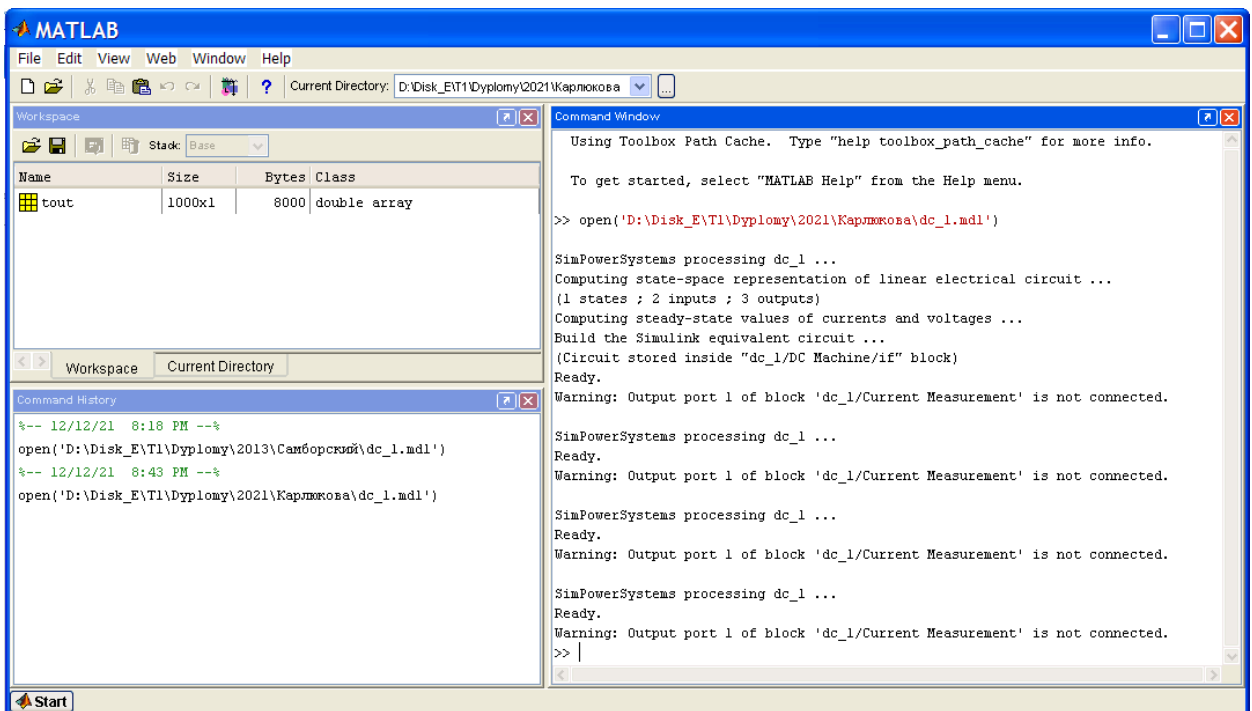


Рис.3.5. Програма моделювання роботи двигуна в в Simulink Matlab 6.5

3.3. Висновки за розділом

Розроблено математичну модель малопотужного двигуна постійного струму стрілочного електропривода в математичному пакеті Simulink Matlab, зміну швидкості обертання якоря, струм в якорі і обмотці збудження і обертовий момент в часі.

Дана математична модель стала науковим обґрунтуванням для удосконалення методу технічної діагностики двигунів в умовах експлуатації за кривою робочого струму і його спектральним аналізом.

4. АЛГОРИТМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕСПРАВНОСТІ ВИДУ КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ

4.1. Гармонійний аналіз робочого струму двигуна постійного струму

В струмі електродвигуна присутня постійна складова. У нормальному режимі роботи електродвигуна постійного струму в робочому колі струму виникає і ряд гармонійних складових. Змінні складові виникають з наступних причин.

По-перше, коло схеми випрямлення являють собою генератор напруги, що містить ряд гармонік: частотою 100 Гц – при однофазній мостовій схемі випрямлення, 300 Гц – при трифазній мостовій схемі випрямлення, у якій перша гармоніка $f_1 = 50 \cdot m$, где m – число послідовних кіл з вентилів та обмоток силового трансформатора. Так, $m = 2$ – для однофазної мостової схеми і $m = 6$ – для трифазної мостової схеми.

По-друге, в струмі присутня гармоніка пропорційна швидкості обертання якоря. Вона виникає внаслідок того, що щітка колектора є ширше, ніж його ламелі. Це супроводжується закорочуванням однієї або двох ламелей якоря і виникають гармоніки, частота яких обумовлена швидкістю якорю. Вони є високочастотними (більше 420 Гц).

Таким чином, у нормальному режимі роботи виникають три гармоніки:

$$\sum f_1 = f_{n1\phi} + f_{n3\phi} + f_{i\text{швид.}}, \quad (4.1)$$

де $f_{n1\phi}$ – частота гармоніки, що виникає в результаті роботи однофазної мостової схеми, $f_{n3\phi}$ – частота гармоніки, що виникає в результаті роботи трифазної мостової схеми, $f_{i\text{ швид.}}$ – «швидкісна» частота.

При відхиленні режиму роботи електродвигуна від нормального спектр гармонік збагачується:

- за рахунок погіршення умов комутації виникає випадкова аперіодична гармоніка внаслідок ексцентриситету колектору;

- за рахунок забруднення колектору графітовим пилом з'являються струми утінання між ламелями колектору;

- при обривах чи короткому замкненні в секціях якорю з'являється гармоніка, що залежить від швидкості обертання. Так, для двигуна зі швидкістю обертання $n = 1500 \text{ об/хв} = 25 \text{ об/с}$. Період частоти за одне обертання складе $25 \cdot 2 = 50 \text{ Гц}$.

Таким чином, в струмі електродвигуна можуть бути присутніми шість гармонійних складових. Звідси витікає, що повну інформацію про склад гармонік можна здобути в результаті розкладання кривої робочого струму переводу стрілки в ряд Фур'є. Це і стало основою аналітичного методу визначення характеру несправностей стрілочного електродвигуна постійного струму типу МСП.

Завдяки проведенню ряду дослідів були знайдені найбільш раціональні параметри вхідного кола в діапазоні частот від 10 до 4000 Гц, які є характерними для виявлення несправностей електродвигуна.

Так, у справного двигуна в кривій струму присутні гармоніки кратні 100 Гц внаслідок роботи однофазної схеми випрямлення, а також - 300, 600 Гц, що пов'язані з роботою трифазного мостового випрямляча, що використовується на посту ЕЦ для живлення споживачів постійного струму.

Низькочастотні гармоніки кратні 50...60 Гц виникають в результаті поганої притертості щіток до колектору двигуна.

Гармонійний аналіз сигналів струму й напруги уявляють собою амплітудні спектри, в яких присутні:

а) гармоніки, кратні частоті обертання, тут основна частота $f = pn/60$, де p - число пар полюсів машини, n - частота обертання якоря двигуна типу МСП;

б) гармоніки, що пульсують із зубцевою частотою; основна частота $f_z = z \cdot n / 60$, де z - число зубців якоря;

в) гармоніки, які мають так звану колекторну частоту; основна частота $f_k = k \cdot n / 60$, де k - кількість колекторних пластин.

Приклад розрахунків для двигуна типу МСП-0,1 зі швидкістю обертання 1500 об/хв., кількістю зубців – 25 та кількістю колекторних пластин та секцій – 24. Число пар полюсів – $p=1$.

$$f = pn/60 = 1 \cdot 1500/60 = 25 \text{ Гц},$$

$$f_z = z \cdot n / 60 = 25 \cdot 1500/60 = 600 \text{ Гц}$$

$$f_k = k \cdot n/60 = 24 \cdot 1500/60 = 625 \text{ Гц}$$

Результати розрахунків частоти гармонік, що виникають за вказаними причинами наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1

Гармонійний аналіз робочого струму стрілочних двигунів постійного струму

Тип двигуна	Напруга живлення, В	Швидкість обертання, об/хв.	Частота гармоніки, Гц		
			швидкісна	колекторна	зубцева
МСП-0,1	30	1300	21,7	520	541,7
	100	1500	25	600	625
	160	1500	25	600	625
МСП-0,15	30	850	14,2	520	541,7
	110	850	14,2	600	625
	160	850	14,2	600	625
МСП-0,25	30	1460	24,3	520	541,7
	110/220	1700/3600	28,3/60	600	625
	160	1700	28,3	600	625

Результати моделювання розподілу амплітуд гармонійних складових у разі виникнення короткого замкнення двох пластин колектору дано на рис. 4.1, 4.2.

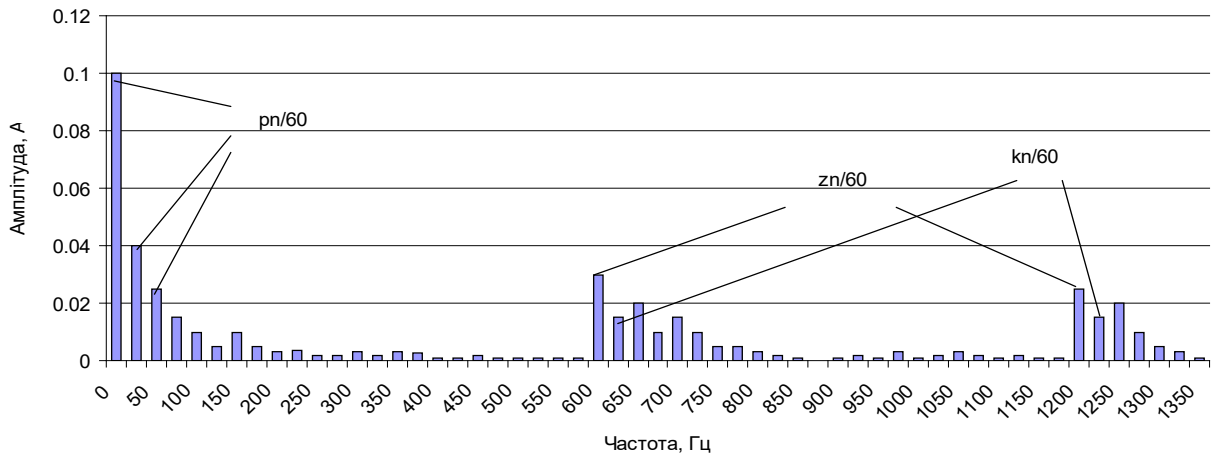


Рис. 4.1. Моделювання розподілу амплітуд гармонійних складових у разі виникнення короткого замкнення двох пластин колектору

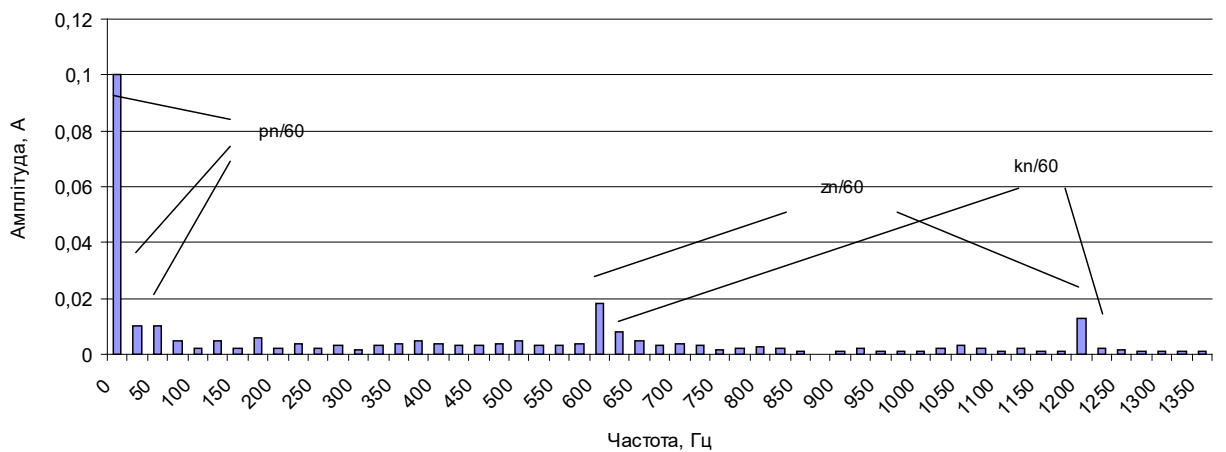


Рис. 4.2. Моделювання розподілу амплітуд гармонійних складових у разі, якщо двигун є справним

Для дослідження електромагнітних процесів якірного кола машини постійного струму виникає необхідність математичного моделювання якірної обмотки із щітково-колекторним вузлом.

Аналіз гармонійного складу отриманих при моделюванні сигналів струму й напруги якоря виявляє залежність амплітудних значень основних гармонік (швидкісної, зубцевої і колекторної) від ступеня розвитку несправності (зміни опору короткого замикання між двома колекторними пластинами).

Загальний характер цих залежностей - експонентний, що підтверджено експериментально.

Установлені залежності пропонується використовувати у якості діагностичного параметру при експлуатаційній діагностиці стрілочних двигунів постійного струму.

Робота апробована на студентській науково-технічній конференції «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті».

4.2. Розробка алгоритму спектрального аналізу струму

Для оцінки гармонійного спектру струму в рейках, тобто визначення частот гармонійних складових сигналу, амплітуд цих гармонійних складових і їх початкових фаз була використана теорія Фур'є про можливість розкладення будь-якого процесу з періодом $T = \frac{1}{f}$ (де f - частота, Гц) в нескінченну, але рахункову суму окремих гармонійних складових.

У результаті досліджуваній сигнал, який є періодичним процесом, представляється у вигляді комплексного ряду Фур'є

$$x(t) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} X^*(m) \cdot e^{j \cdot (2\pi f \cdot m \cdot t)}, \quad (4.2)$$

де $X^*(m)$ - комплексні значення гармонійних складових, m - номер гармонійної складової.

Таким чином, спектр періодичного коливання складається з частот, кратних частоті основної гармоніки $m \cdot f$. В нашому випадку частота основної гармоніки $f = 50$ Гц – частоті живлячої мережі.

Комплексне значення гармонійної складової:

$$X^*(m) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} x(t) \cdot e^{-j \cdot 2\pi m f \cdot t} dt = \frac{A_m}{2} \cdot e^{j \cdot \Phi_m}, \quad (4.3)$$

де A_m - амплітуда гармонійної складової частотою

φ_m - початкова фаза цієї гармоніки, що має форму косинусоїди.

Отже, весь початковий процес характеризується виразом

$$x(t) = A_0 + \sum_{m=1}^{+\infty} A_m \cdot \cos(2\pi f \cdot m \cdot t + \varphi_m), \quad (4.4)$$

де A_0 - постійна складова. [6].

Для дослідження сигналу, знятого з локомотивних котушок, був розроблений алгоритм, представлений на рис. 3.1.

Оцифрований сигнал піддавався прямому швидкому перетворенню Фур'є. Проте fft-процедура видає результат в частотному діапазоні від $-\frac{F_{\max}}{2}$ до $\frac{F_{\max}}{2}$, тому потрібне вживання спеціального алгоритму для

перебудови вектора частот і заміни місцями першої і другої половини вектора, одержаного в результаті перетворення Фур'є. Для цього, а також для побудови графіків обчислювалися такі проміжні параметри, як розмір вектора оцифрованих даних дискрет часу dT і частоти, які визначаються з умов $dT = \frac{1}{F_{\max}}$ і $dF = \frac{1}{T}$, де F_{\max} - максимальний діапазон частот, Гц, і

T - тривалість процесу, с.

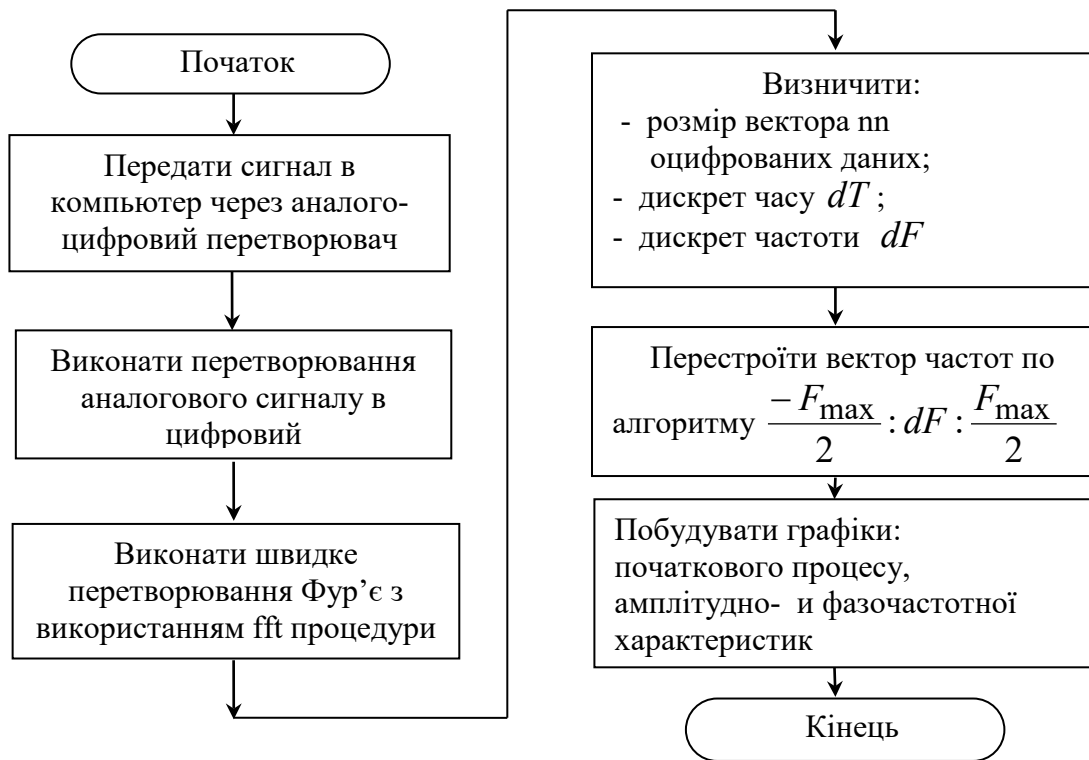


Рис. 4.3. Спрощений алгоритм дослідження амплітудно- і фазочастотної характеристик сигналу

4.3. Алгоритми визначення несправностей двигуна постійного струму типу МСП (КЗ пластин колектора)

Перелік виконання операцій при визначенні несправностей двигуна постійного струму за осцилографуванням робочого струму дано на рис. 4.4 - 4.6. Передбачається за допомогою спеціально розробленої апаратури, виконувати перетворення каналового сигналу в цифровий з подальшим розкладанням в ряд Фур'є.

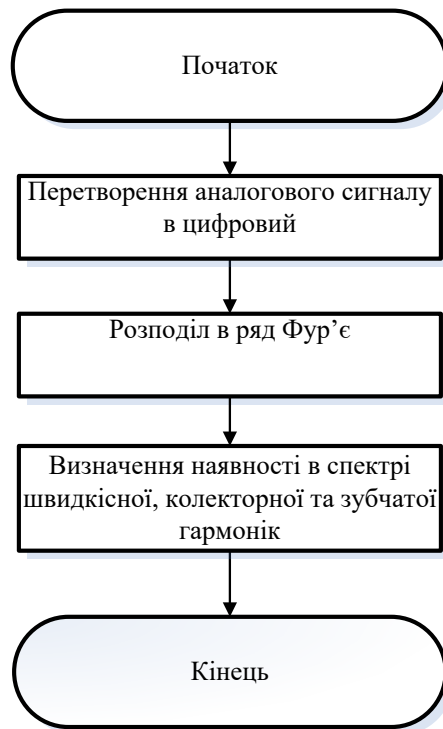


Рис.4.4. Загальний алгоритм визначення несправностей двигунів МСП

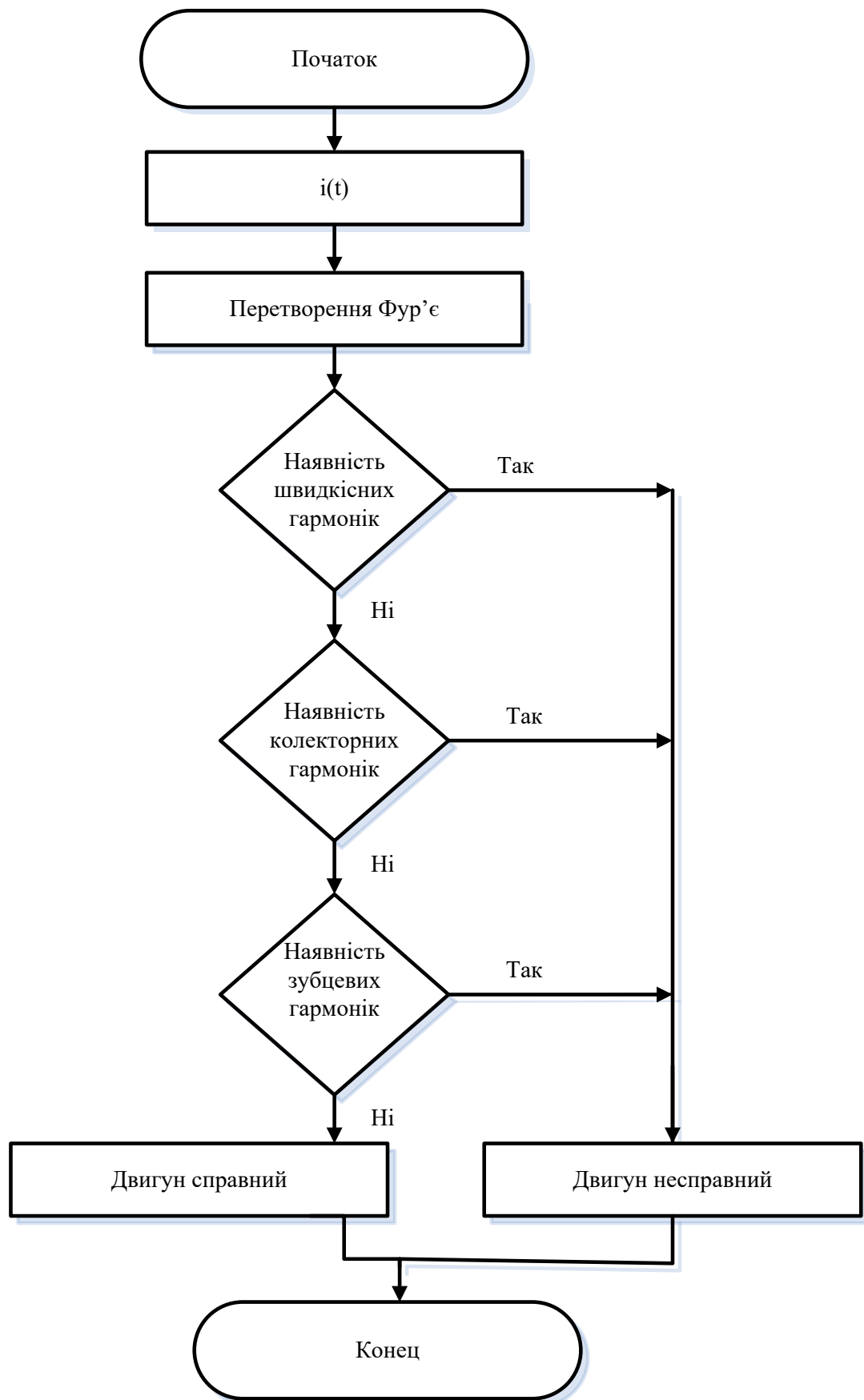


Рис. 4.5. Алгоритм визначення справності двигуна за наявністю швидкісних, колекторних, та зубцевих гармонік в кривій робочого струму

Перевірка наявності КЗ в колекторних пластинах двигуна постійного струму типу МСП за частотою та амплітудою гармонік в кривій робочого струму виконується за допомогою алгоритму, який дано на рис. 4.5.

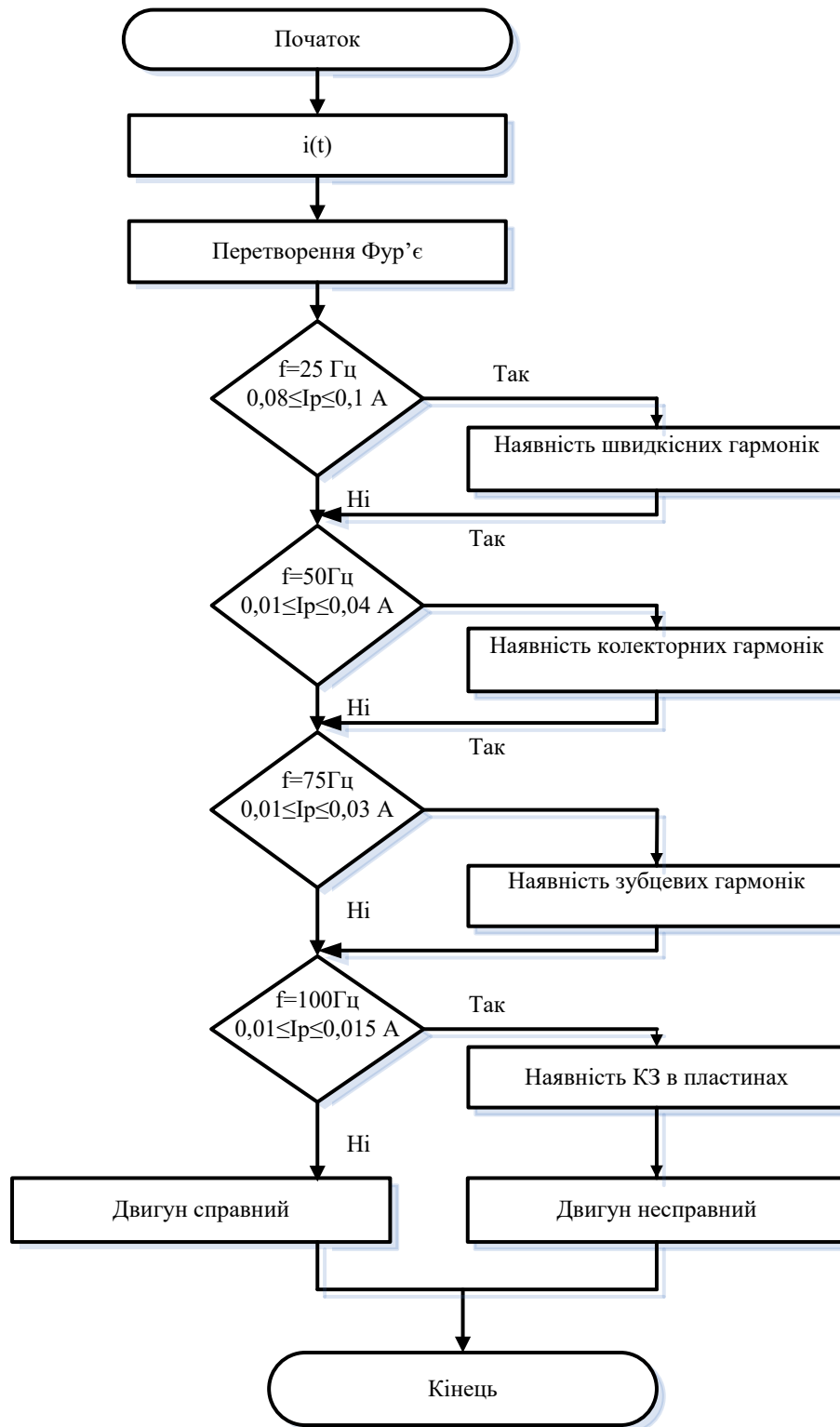


Рис.4.6. Алгоритм визначення кількості КЗ в пластинах якоря

4.4. Висновок за розділом

Виконано аналіз гармонійного складу робочого струму двигуна стрілочного привода типу МСП. В кривій струму можуть бути присутні гармоніки: швидкісна, зубцева і колекторна. Загальний характер залежностей зміни амплітуди від частоти – експонентний. Цей факт підтверджено експериментально. При накопиченні несправності виду «коротке замикання» амплітуди гармонійних складових швидкісної, зубцевої і колекторної збільшується.

Розроблено алгоритми для визначення несправності виду коротке замикання в якорі за результатами розкладання кривої робочого струму в ряд Фур'є.

Установлені залежності пропонується використовувати у якості діагностичного параметру при експлуатаційній діагностиці стрілочних двигунів постійного струму.

Результати дослідницької роботи опубліковано на студентській науково-технічній конференції «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті» [20].

Економічний розрахунок строку окупності розробленого засобу діагностування стану двигунів постійного струму типу МСП показав доцільність його впровадження. Термін окупності при впровадженні стенда для діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів складає 0,85 року.

ВИСНОВКИ

Дипломна магістерська робота присвячена удосконаленню системи технічного обслуговування і ремонту пристроїв СЦБ, зокрема стрілочних електроприводів типу СП-6.

Проаналізовано існуючі технології обслуговування двигунів стрілочних електроприводів. З'ясовано, що найбільш перспективною для визначення несправностей є метод спектрального аналізу кривої струму двигуна.

Дано наукове обґрунтування можливості удосконаленню методу технічного обслуговування двигунів стрілочних приводів шляхом осцилографування робочого струму, що дозволить у подальшому перейти від планово-попереджувального ремонту до ремонту електродвигунів за станом Перевагою запропонованого методу та пристрою є поступовий перехід від планово-попереджувального ремонту до ремонту електродвигунів за станом.

Економічний розрахунок строку окупності розробленого засобу діагностування стану двигунів постійного струму типу МСП показав доцільність його впровадження. Термін окупності при впровадженні стенда для діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів складає 0,85 року.

Результати досліджень опубліковано в роботі [20] й було апробовано на 81-ій студентській науковій конференції, що проводилася на базі Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна кафедрі «Автоматика та телекомунікації».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Классификация и каталог дефектов и повреждений элементов электрических переводов железных дорог Украины. – Днепропетровск: Арт-Прес, 2000. – 148 с.
2. Родькин Д.И., Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при после ремонтных испытаниях - Москва: Недра, 1992. 236 с.
3. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л., Испытания и надежность электрических машин - Москва: «Высшая школа», 1988. - 232 с.
4. Толкунов В.П., Теория и практика коммутации машин постоянного тока. - Москва: Энергия, 1979-224с.
5. Резников Ю. М. Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики – М.: Транспорт, 1985.
6. А.И. Грила. Осциллографический метод оценки состояния стрелочных электродвигателей постоянного тока //Автоматика, телемеханика и связь. - 1983. - № 12.- С.28.
7. Панкратов А.И., Ивченков Н.В. К вопросу усовершенствования систем диагностики машин постоянного тока. //Вестник трудов Кременчугского государственного политехнического университета: Научные труды КГПУ. - Кременчуг: КГПУ, 2006 выпуск 3/2006 (38), часть 2. - С. 83-87.
8. Устройства СЦБ. Технология обслуживания. – М.: Транспорт, 1999. – 433с.
9. Безпека життєдіяльності. /Під ред. Н.А. Белова - М.: Знання, 2000 – 364с.
10. Правила улаштування електроустановок: вид. 3-те, перероб. і доп. – Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
11. Правила технічної експлуатації залізниць України: наказ № 258 від 25.07.2006, зареєстр. в Мін-ві Юстиції України від 25.10.2006 р. від № 1143/13017 . – Мінпаливенерго України, 2006.

12.ЦШ - 0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Наказ № 347-ЦЗ від 26.04.2006. – Міністерство транспорту: Київ – 2006.

13.ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009. – Міністерство транспорту: Київ – 2009.

14.Сибаров Ю. А. Безопасность жизнедеятельности: научное пособие для вузов / Ю. А. Сибаров. - М.: Транспорт, 1987. – 379 с.

15. Назаров Ф.А. К вопросу оптимизации обслуживания устройств электрической централизации / Назаров Ф.А., Смоляницкий Ю.А., Шумако В.М. //Ташкент Тр. ТашИИТ. – 1973. – № 91. – С. 9-15.

16. Каменев А. И., Балувев Н. Н., Адаскин В.М. Безопасность движения поездов и надежность технических средств // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 6. – С. 5 - 8.

17. Самборський В.В., Мицишин В.В., Синявський А.А. Діагностування стрілочних електродвигунів постійного струму типу МСП// Тезиси 73-ої студентської науково-технічної конференції "Інформаційно-управляючі технології та системи на залізничному транспорті" - Д.:ДИИТ, 2013.–С. 102 –103.

18.НПАОП 40.1-1.01-97 // Правила безпечної експлуатації електроустановок.

19. НПАОП 40.1-1.07-01 // Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України.

20. Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Шозда І. В., Перельотов А. В., Карлюкова А. Ю. МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ СТІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези 81 Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 2021 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2021. – С. 394-395.