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: Дослідження роботи стрілочного електроприводу змінного струму
за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Виконав: студент групи АТ2226 (7-АТ)

_____ / Віктор ЧЕТВЕРТАК /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ

_____ / Тетяна СЕРДЮК /
(підпис керівника)

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: Research of the operation of alternative current switch-point drive according to educational curriculum «Automatic machinery and automation in transport industry»

in the Specialty: 151 Automation and computer-integrated technologies

Done by the student of the group: AT2226 (7-AT) / Viktor CHETVERTAK/

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: Автоматика та автоматизація на транспорті
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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 Четвертак, Віктор Вадимович
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Дослідження роботи стрілочного електроприводу змінного струму

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

затверджені наказом від "18" 01 2023 р. № 18 ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: Двигуни стрілочного елегроприводу типу МСТ-0,25; стрілочний привод СП-6
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):
4.1 Аналіз існуючих типів стрілочних приводів змінного струму
4.2 Методика автоматизованого контролю функціонування приводу СП
4.3. Моделювання роботи стрілочного приводу змінного струму

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) Класиифікація стрілочних електроприводів;
2) Діагностування стрілочних приводів змінного струму;
3) Дистанційна діагностика стрілочного переводу
4) Математична модель трифазного асинхронного двигуна

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина			
Основна частина			

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 існуючих типів стрілочних приводів змінного струму	01.10.2023	20%
3	Розділ 2. Методика автоматизованого контролю функціонування приводу СП	05.11.2023	25%
4	Розділ 3. Моделювання роботи стрілочного електроприводу змінного струму	15.12.2023	25%
5	Висновки	15.01.2024	20%
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	26.01.2024	100%

Студент _____ Віктор ЧЕТВЕРТАК
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Тетяна СЕРДЮК
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

68 сторінок, 14 рисунок, 4 таблиць, 13 джерел літератури.

Об'єкт розробки – нормальнодіючі стрілочні електропривода змінного струму.

Мета роботи – розробити методику автоматизованої дистанційної діагностики стрілочних приводів змінного струму.

Методи дослідження – закони електротехніки і електродинаміки, теорія електричних кіл і ліній, математична статистика, математичний аналіз.

У першому розділі проаналізовано існуючі типи стрілочних приводів змінного струму, сфера їх застосування і шляхи удосконалення.

У другому розділі розкрито методику автоматизованого контролю роботи стрілочного електроприводу змінного струму. Розроблено схему пристрою діагностування й методику вимірювання параметрів.

В третьому розділі виконано математичне моделюванн стрілочного електроприводу змінного струму за допомогою Matlab, Simulink.

Висновок. У результаті науково-дослідної роботи виконано моделювання стрілочного електроприводу і розроблено методику автоматизованого дистанційного контролю стрілочних приводів змінного струму.

Ключові слова: СТРІЛОЧНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД ЗМІННОГО СТРУМУ; АСИНХРОННИЙ ТРИФАЗНИЙ ДВИГУН З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ; МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ; НЕСПРАВНОСТІ.

ЗМІСТ

ВСТУП ……...…… 7

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ …….. 9

1.1. Різновиди стрілочних електроприводів……..9

1.2. Стрілки та стрілочні приводи…… 12

1.3 Статистика відмов стрілочних електроприводів ……...14

1.4 Стрілочні приводи високошвидкісних магістралей…… 16

1.5. Стрілочні електропривода нового покоління…….21

1.6. Критичний аналіз шляхів модернізації методики автоматизованого діагностування стрілочних електроприводів змінного струму……...24

1.7. Висновки за розділом ……..... 28

2. МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИВОДУ СП …….....30

2.1. Схема автоматизованого діагностування нормальнодіючих стрілочних електроприводів змінного струму …… 30

2.2. Методика проведення досліджень функціонування станційного стрілочного приводу…… 34

2.3. Висновки за розділом…… 47

3. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТРІЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗМІННОГО СТРУМУ……. 49

3.1. Асинхронні електродвигуни трифазного змінного струму……. 49

3.2. Сучасні типи двигунів стрілочних електроприводів…… 50

3.3.Електромагнітні процеси в асинхронному двигуні стрілочного електроприводу…… 58

3.4. Висновки за розділом…….. 64

ВИСНОВКИ…….. 65

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ…….. 67

ВСТУП

Актуальність. Стрілочні еектроприводи типу СП на даний час є технічно застарілими, тому назріває необхідність у створенні приводів сучасного покоління. Однак за короткий період часу неможливо оновити всю апаратуру. Тобто, проведення модернізації без значних витрат на стрілочні електроприлади, паралельно з підвищенням безпеки, надійності та збільшення русурс. Дана модернізація покладається на сили дистанції сигналізації зв'язку.

Головний функціональний та важливий елемент стрілочного приводу є електродвигун, завдяки якому визначається ефективність функціонування даного пристрою. Сьогодні в стрілочних приводах застосовуються колекторні двигуни постійного струму типу МСП та асинхронні двигуни типу МСТ. Основні недоліки даних двигунів – наявність фрикційної муфти, яка необхідна для виключюючення поломки приводу у разі взрізу стрілки, а також потребує періодичного регулювання та має малий ресурс роботи. Отже, магістерська робота покладена на дослідження стрілочних електроприводів постійного струму з метою визначення шляхів їх оновлення та модернізації, є своєчасною, актуальною та поширеною.

Мета роботи – розробити методику автоматизованої дистанційної діагностики стрілочних приводів змінного струму.

Завдання: проаналізувати існуючі типи станційних стрілочних електроприводів і переводів; удосконалену методику автоматизованого діагностування стрілочних електроприводів змінного струму; змоделювати роботу стрілочного електроприводу змінного струму.

Практична значимість – описані методи дослідження застосовуються для здійснення автоматизованого контролю параметрів стрілочних приводів змінного струму.

Результати науково-дослідної роботи використаються при викладанні в дисциплінах «Електричні кола і лінії залізничної автоматики і зв’язку», «Електроживлення систем автоматики», «Станційні системи автоматики».

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ СТРІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

1.1. Різновиди стрілочних електроприводів

Стрілочні електроприводи є одними із найважливіших пристроїв, що використовуються на залізничному транспорті. Їх основна задача полягає у виконання трьох основних функцій:

- Переведення;
- Замикання;
- Контроль за положенням стрілок (їх стан – справний чи несправний).

Згідно вимогам ПТЕ, стрілочні замикачі стрілок та приводи поивнні забезпечувати наступні умови:

- при крайніх положеннях стрілки має бути повне прилягання притиснутого дотепника до рамної рейки та рухомого сердечника хрестовика до усовика;
- незамикання рухомого сердечника або дотепників стрілки при зазорі більше ніж 4 мм між притиснутою рамною рейкою та дотепником або ж усовиком та рухомим сердечником;
- унеможливлення у разі ведведення притиснутого дотепника від рамної рейни на відстань не менше 125 мм;
- за неможливості переведення стрілки її повернення у вихідне положення із середнього становища;
- переведення вручну стрілки без задіяння електроприводу;
- у разі виконання ремонтних робіт та профілактичного огляду, ручний перевід стрілки - має забезпечувати повне знеструмлення електроприводу;
- у разі попадання сторонніх речовин, предметів між рамною рейкою та дотепником має бути захист від перевантаження електроприводу.

Стрілочні електроприводи класифікують за наступними категоріями:

- За видом енергії, що споживається

- електропневматичні;

- електрогідравлічні;

- електромагнітні;

- електромеханічні.

Робота таких приводів, як електрогідравлічні та електропневматичні, заснована на перетворенні рідини або стиснутого повітря в механічну роботу. За допомогою електричних контактів здійснюється контроль за положенням стрілки. Через складність в ослуговувані дані приводи широко не використовуються.

Електромагнітні та електромеханічні одні із найпоширенніших приводів, що застосовуються на залізниці, вони засновані на застосуванні електричної енергії. Для утворення даної енергії в електромеханічних приводах використовують електродвигун, а в електромагнітних – соленоїд. Через складність в експлуатації та високу вартість останні використовують у трамвайному господарстві.

На залізниці найбільше використовують електромеханічні приводи змінного та постійного струму.

- За родом електроспоживання:

- Змінного струму – робоча трифазна напруга 190 В;

- Постійного струму – робоча напруга від 30 до 160 В.

- За способом замикання у крайньому положенні дотепників стрілки:

- Зовнішній замикач - технічна реалізація якого складна;

- Внутрішній замикач – постійні перевірки, не має фактичного замикання дотепників.

- За фіксацією зрізу:

- Невзрізний;

- Взрізний.

Встановлення спеціального пристрою в електропривід надає безпеку механічній частині стрілки від пошкоджень. Недоліком даного пристрою полягає у складності експлуатації, високій вартості, громіздкості та низькій надійності. Тому більшість залізниць України використовують невзразні електроприводи. За допомогою маршрутизації можливість взрізу стрілок на станції значно зменшується.

- За часом дії:

- Повільнодіючі – час дії понад 10 секунд;

- Нормальнодіючі – час дії 3-5 секунд;

- Швидкодіючі – час дії менше 1 секунди.

На сортувальних гірках використовують швидкодіючі електроприводи, де потрібна висока швидкість переводу стрілки перед відчепами, які рухаються при розпуску складів. Досягнення високої швидкості відбувається за допомогою конструкції та застосування підвищеної напруги. І інших господарствах використовуються нормальнодіючі стрілочні електроприводи.

- За видом комутації:

- Безконтактні;

- Контактні.

Конктатні автоперемикачі застосовуються переважно на станціях, незважаючи на те, що вони мають низьку надійність, піддаються механічному зносу, індевують при низькій температурі та зледеніють. На сортувальних гірках використовують безконтактні перемикачі, адже у їх констуркції відстутні контакти, які стираються, а також більший запас спрацьовувань.

Стрілочні приводи, такі як СП-6, СП-12, ВСП-150, застосовуються на Укрзаізниці. Безконткатні електроприводи СП-3М та СПГБ-4М використовують на сортувальних гірках, адже час їх спрацювання становить 0,5 – 0,6 с, що забезпечує високий темп роботи зі складом.

1.2. Стрілки та стрілочні приводи

Стрілочний перевод є важливим конструктивним елементом колійної розбудови станцій, що дає змогу переводити рухомий склад з однієї станційної колії на іншу та складається зі стрілки, хрестовинної частини (хрестовини 5) і перевідних кривих 4 між ними. Стрілка своєю чергою містить дві рамні рейки 1, два гостряки 2 між ними та перевідний механізм 3 для переведення гостряків (рис. 1.1).

Стрілочні переводи розрізняють за типом рейок (Р38, Р43, Р50, Р65 і Р75) і маркою хрестовини. Маркою хрестовини називається частка від ділення ширини хрестовини на її довжину q, вимірювану від математичного центру (МЦ) до торця хрестовини, що відповідає тангенсу кута α.

m - відстань від переднього виступу рамної рейки до початку гостряка;

a - відстань від початку гостряка до центру переводу Ц;

b - відстань від центру переводу до математичного центру хрестовини МЦ;

q - довжина хрестовини;

Lп - довжина стрілочного переводу [1, 2].

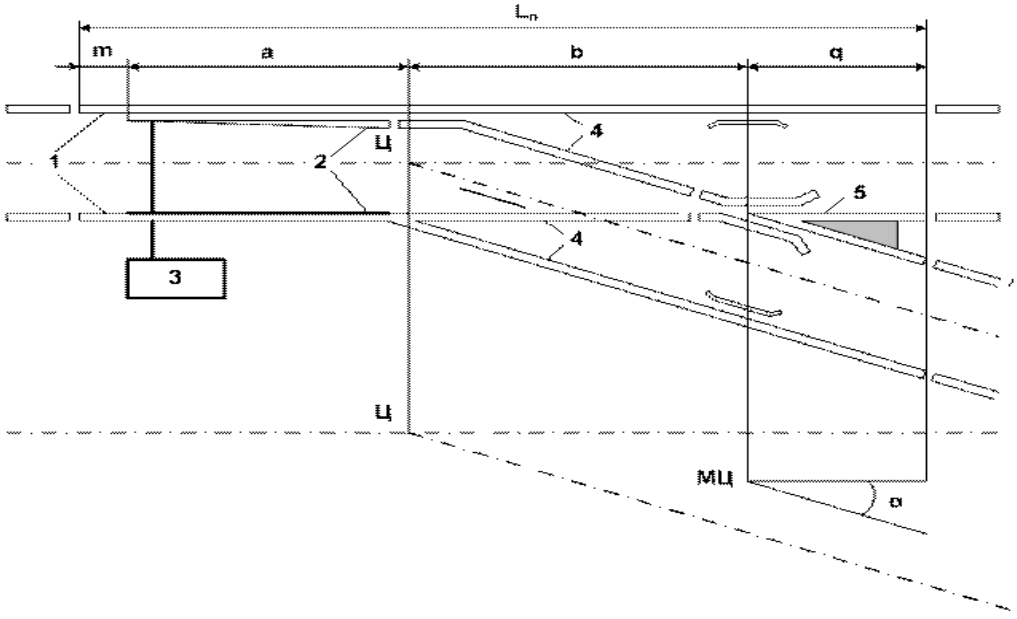

Рисунок 1.1 – Структурна схема стрілочного переводу

Умови експлуатації, повторно-короткочасний режим роботи, реверсивний і змінний характер навантаження, дистанційне керування визначають технічні вимоги до стрілочних приводів, що відповідають сучасному рівню досягнень транспортної науки і техніки. Порівняння конструкцій і технічних характеристик вітчизняних і зарубіжних стрілочних приводів показує, що всі вони, незалежно від призначення та конструктивних особливостей, містять такі функціональні блоки: систему керування приводом, двигун, механічну передачу, автоперемикач, механізми замикання та порівняння положення контрольних лінійок із положенням замикального механізму.

Відповідно до цього стрілочні приводи класифікують: за видом споживаної для переведення вістряків енергії; часом переведення стрілки; способом замикання вістряків; способом сприйняття зрізу стрілки; видом автоперемикача [3-7].

За видом енергії, споживаної приводом для переведення вістряків стрілки, розрізняють пневматичні, гідравлічні та електричні приводи. Електричні приводи, своєю чергою, поділяються на електромагнітні та електромеханічні.

У пневматичних і гідравлічних приводах використовується енергія відповідно стисненого повітря або рідини під тиском, перетворення якої в механічну енергію переміщення стрілочних вістряків відбувається в робочому циліндрі з поршнем. Шток поршня пневматичного або гідравлічного двигуна через робочу тягу пов'язаний з вістряками стрілки. Подача в циліндр стисненого повітря або рідини під тиском призводить до переміщення поршня і переведення стрілки. Стиснене повітря або рідина під тиском подається трубопроводами від компресора або гідравлічного насоса.

Присутність вологи або льоду в трубопроводах, наявність витоків повітря або рідини внаслідок дефектів або зносу місць ущільнень, необхідність застосування рідин, що не замерзають, зі стабільними характеристиками, утримання компресорних і насосних приміщень знижують експлуатаційно-

технічні характеристики та економічні показники пневматичних і гідравлічних приводів.

В електромагнітних приводах електрична енергія перетворюється на механічну енергію руху вістряків стрілки за допомогою, наприклад, соленоїда, усередині якого переміщається сталевий стрижень, пов'язаний з вістряками робочою тягою.

1.3. Статистика відмов стрілочних електроприводів

На залізницях України застосовуються електромеханічні приводи типу СП-3, СП-6, які працюють у дуже складних умовах. Усе це впливає на характер дефектів і надійність їхньої роботи. Дефекти стрілочних переводів умовно можна розділити на два види: механічні та електричні. До першого виду належать дефекти, пов'язані з викришуванням металу головки вістряка або шийки рамної рейки [10]. Крім того, проявляються дефекти складових елементів стрілочних гарнітур.

Дефекти другого виду пов'язані з відмовами стрілочних електроприводів через втрату контакту в автоперемикача, несправності щітково-колекторних вузлів електродвигуна, виходу з ладу випрямляча (БВЗ) та ін.

Усі дефекти ведуть до порушення нормальної роботи стрілочних переводів і, як наслідок, зриву графіка руху поїздів.

Наявні профілактичні методи діагностики дефектних станів стрілочних переводів не повною мірою забезпечують вимоги експлуатації систем електричної централізації. Проведений статистичний аналіз дефектів магістральних стрілочних переводів відображає проблеми деяких великих станцій і сортувальних гірок Придніпровської залізниці. Виявилося, що за добової пропускної спроможності 90...100 пар поїздів на добу середня частота

переведень стрілки ЕЦ становить від 80 до 120, а на сортувальних гірках - до 350.

Характер і кількість відмов за рік у стрілочних переводах першого виду наведено в табл. 1.1, а другого - у табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Аналіз причин і кількості відмов у стрілочних переводах через механічні дефекти

Причина відмови	Кількість відмов в ситемах	
	ЕЦ	ГАЦ
Упорні болти, що впираються в остряк	1	-
Відбиття рамної рейки	-	1
Скривлення гостряка	1	1
Угін гостряка	4	-
Накат металу головки рамної рейки	19	4
Поширення (зменшення) ширини колії біля вістряків	11	5
Надмірне затягування кореневих болтів, що спричиняє "пружинність гостряків"	5	2
Забруднення (відсутність) мастила башмаків стрілки	10	2
Забруднення стрілки	28	9
Напресовування снігу або бруду між вістряком і рамною рейкою або в кореневому кріпленні	46	8

Аналіз також показав, що через наявність механічних дефектів протягом року виходить з ладу кожна шоста станційна стрілка, а на гірці - практично кожна друга. У системах ЕЦ у середньому за рік виходить з ладу приблизно кожен восьмий електропривод, у ГАЦ - кожен третій.

Таблиця 1.2 – Аналіз причин і кількості відмов у стрілочних переводах через електричні дефекти

Причина відмови	Кількість відмов в ситемах	
	ЕЦ	ГАЦ
Слабке або (занадто сильне) ненормоване притиснення щіток до колектора	3	1
Повільне перекидання ножів (наявність втоми пружин автоперемикача)	7	2
Нестабільна робота фрикції	9	6
Поломка колодок автоперемикача	18	-
Обрив секцій якірної обмотки або обмотки збудження	38	5
Втрата контролю положення стрілки під поїздом (погане регулювання контрольних тяг)	20	4

Таким чином, у зв'язку з підвищенням швидкостей руху поїздів актуальним є розробка стрілочних електроприводів, що містять елементи з підвищеною надійністю і ремонтопридатністю.

1.4. Стрілочні приводи високошвидкісних магістралей

На високошвидкісних ділянках для переведення вістряків і рухомого сердечника хрестовини стрілок застосовують два і більше електроприводи, які працюють одночасно. Насамперед ці технічні засоби мають забезпечувати безпеку руху поїздів по стрілці, для чого потрібне обмеження спільного зусилля переведення. Для плавного, стабільного переведення стрілки необхідна синхронізація роботи електроприводів. Вирішити ці завдання дадуть змогу нові вітчизняні електродвигуни з електронним керуванням. Стрілочні переводи для високошвидкісного руху забезпечують пропуск поїздів зі швидкістю до 250 км/год під час прямування прямою колією і 50 км/год на бічній. Вони мають хрестовину марки 1/11, довгі гнучкі гостряки та рухомий сердечник хрестовини

з безперервною поверхнею кочення. На ділянці (до 200 км/год) і високошвидкісному (до 250 км/год) русі поїздів, представлені на рис. 1.2. На схемі прийнято такі позначення: ВЗ - зовнішній замикач типу ВЗ-7, ФС - фіксатор (замикач) сердечника хрестовини, СП-12У і ВСП - електроприводи, Г1МП - поздовжній важільний механізм переведення[3, 5].

Для переміщення гнучких вістряків і сердечника хрестовини завдовжки відповідно 12,5 і 10 м по подушках стрілки за заданою епюрою потрібно докласти зусилля в декількох точках по довжині вістряка. Для цього остряки об'єднують з'єднувальними тягами і на певній відстані один від одного встановлюють кілька електроприводів. Їхня кількість залежить від довжини вістряка (для хрестовини марки 1/11 - два, для 1/18 - три, для 1/22 - чотири тощо). Електроприводи синхронно переміщують і надійно замикають вістряки наприкінці перекладу. Те саме відбувається на рухомому сердечнику хрестовини. Тут як замикальні пристрої застосовують зовнішні замикачі, які механічно управляються електроприводами [3, 5, 6].

Одне із завдань, яке необхідно розв'язати під час переведення довгих остряків, - забезпечити синхронну роботу електроприводів, що мають різний хід шиберів, і однаковий час переведення остряків.

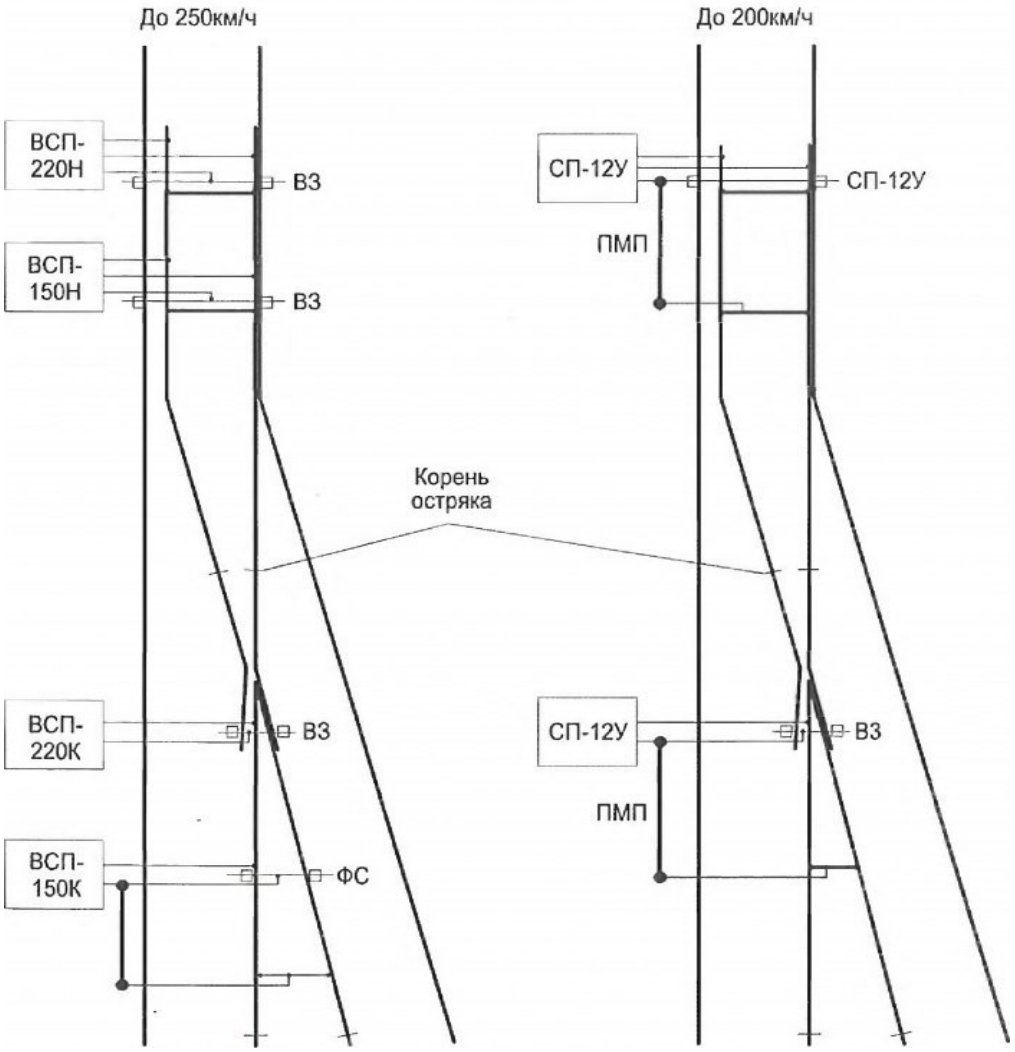

Рисунок 1.2 – Структурна схема стрілочних переводів високошвидкісних магістралей

Гостряк має бути відведений: у вістрі (перший переріз) на 150 мм, а наприкінці острожки (другий переріз) - на 70 мм. Аналогічні вимоги і до рухомого сердечника хрестовини [3].

Для синхронізації роботи електроприводів стрілочних переводів, які використовуються під час високошвидкісного руху, застосовують асинхронні електродвигуни з різною потужністю і частотою обертання вала. Робота електродвигунів відбувається таким чином. На початку переведення під час подавання напруги живлення одночасно на два електродвигуни все

навантаження приймає перший (перший переріз) завдяки більшій потужності та частоті обертання вала. У результаті частота знижується, а момент на валу і споживаний струм зростають. Другий електродвигун (другий перетин) у цей час "наздоганяє" перший і приймає те саме навантаження, частково забираючи його на себе. Своєю чергою перший двигун, "звільнившись" від частини навантаження, знижує момент на валу, збільшує частоту обертання валу, "вириваєтся вперед" і знову приймає все навантаження на себе. У такому режимі електродвигуни працюють протягом усього переведення стрілки, тому гостряки переміщуються не синхронно.

Під час збільшення навантаження на валу асинхронного двигуна від нуля до номінального значення його оберти знижуються не більше ніж на 5 %. У разі подальшого зростання навантаження рівновага порушується, і гальмівний момент стає більшим за обертальний. Це призводить до зменшення частоти обертання ротора і, отже, до збільшення ковзання (відносної різниці швидкостей обертання ротора і магнітного поля, створюваного обмотками статора двигуна). Зі зростанням ковзання збільшується обертальний момент на валу двигуна, тобто на шибер через редуктор і фрикційну муфту передається більше зусилля. При цьому зростає і струм у лінійних проводах.

Під час зупинки стрілки в середньому положенні через потрапляння між вістряком і рамною рейкою стороннього предмета, наприклад, каменя, струм збільшуватиметься доти, доки номінальний обертальний момент на валу не стане рівним гальмівному. Цю рівновагу забезпечує фрикційна муфта. Фрикційний механізм виконує дуже відповідальну функцію - обмежує зусилля, яке здатний розвинути шибер електроприводу. Завдяки цьому виконуються вимоги безпеки, пов'язані, по-перше, з віджиманням рамної рейки, тобто з розширенням колії, і, по-друге, з можливою деформацією гостряка, що відбувається і в першому, і в другому випадках у разі потрапляння каменя між гостряком і рамною рейкою.Кроме того, при остановке стрелки в среднем

положении, фрикционный механизм предотвращает полную остановку вала, которая приводит к резкому увеличению тока в линейных проводах, перегреву обмоток двигателя, перегоранию предохранителей и другим негативным последствиям.

Якщо фрикцію відрегульовано неправильно (перетягнуто), гальмівний момент на валу перевищить норму, а обертальний момент збільшиться до критичного значення, а частота обертання вала зменшиться до нуля. У результаті індуктивний опір обмоток двигуна стане рівним активному, струм у лінійних проводах зросте. Це призводить до великого падіння напруги в кабельній лінії та зниження напруги на двигуні. Обертальний момент на валу двигуна пропорційний квадрату напруги на його обмотках. Тому зниження напруги призводить до значного зменшення обертального моменту на валу і зупинки двигуна. При цьому струм стає в 5...7 разів більшим за номінальне значення.

Перегрів веде до розрегулювання фрикційної муфти, тому вкрай важливо правильно відрегулювати зусилля її спрацьовування в кожному електроприводі. Однак під час роботи одночасно двох електроприводів на одне навантаження (вістряки) відрегулювати фрикцію кожного з них окремо в умовах експлуатації неможливо. Отже, регулювання фрикційної муфти на допустиме нормативне значення необхідно виконувати на заводі і не змінювати під час експлуатації. Якщо під час експлуатації стрілка не переводиться і електроприводи працюють на фрикцію, причиною є не привід, а поганий стан стрілочного переводу.

Величина зусилля шибера, за якого покладена на дерев'яні шпали рамна рейка може бути віджата на небезпечну відстань, становить за Нормами безпеки понад 5 кН. Для стрілки, покладеної на залізобетонні шпали, це зусилля невідоме. Також немає нормативних значень максимальних зусиль переведення електроприводу, які можуть деформувати вістряк у разі випадкової перешкоди між гостряком і рамною рейкою. Тому для обґрунтування наявних

норм зусилля переведення (не більше 7,5 кН) необхідно провести додаткові експериментальні дослідження з віджимання. Для електроприводів, що працюють одночасно на одні остряки, цих норм взагалі не існує.

У разі переведення гостряків двома електроприводами важливо рівномірно розподілити навантаження. Для цього треба точно знати правильне місце встановлення електропривода на стрілочному переводі і зусилля, необхідне для переміщення гостряків [5].

Однак сьогодні на стрілках, що використовуються під час високошвидкісного руху, електромеханіки регулюють фрикцію кожного електропривода шляхом поступового підтягування гайки фрикційного зчеплення до положення, за якого стрілка переводиться нормально, не звертаючи особливої уваги на величину зусилля переведення. Часто воно виявляється завищеним, що може призвести до отримання помилкового контролю положення стрілки.

1.5. Стрілочні електропривода нового покоління

Наразі для заміни стрілочних електроприводів серій СП і ВСП, які експлуатуються, розроблено різко відмінний пристрій для переведення стрілки - пристрій перевідний стрілочний типу УПС. УПС являє собою електромеханічний модуль у підлогому металевому брусі в комплекті з новими монтажними елементами і новою стрілочною гарнітурою.

Електромеханічний привід УПС, розроблений на базі модернізованої конструкції стрілочного електроприводу типу СП-6К [7], виконаний у вигляді модуля на власній рамі (несучій плиті), розміщеного в порожнистому металевому брусі (рис. 1.3). Захисні кришки УПС запобігають потраплянню атмосферної вологи та забруднень у внутрішній простір порожнистого металевого брусу, який на внутрішній поверхні має покриття, що перешкоджає

утворенню конденсату, який є причиною корозії деталей механізмів. Механічні вузли УПС спроєктовані із застосуванням виробів зі сплавів із високою стійкістю до динамічних навантажень, сучасних самозмащувальних антифрикційних матеріалів [4].

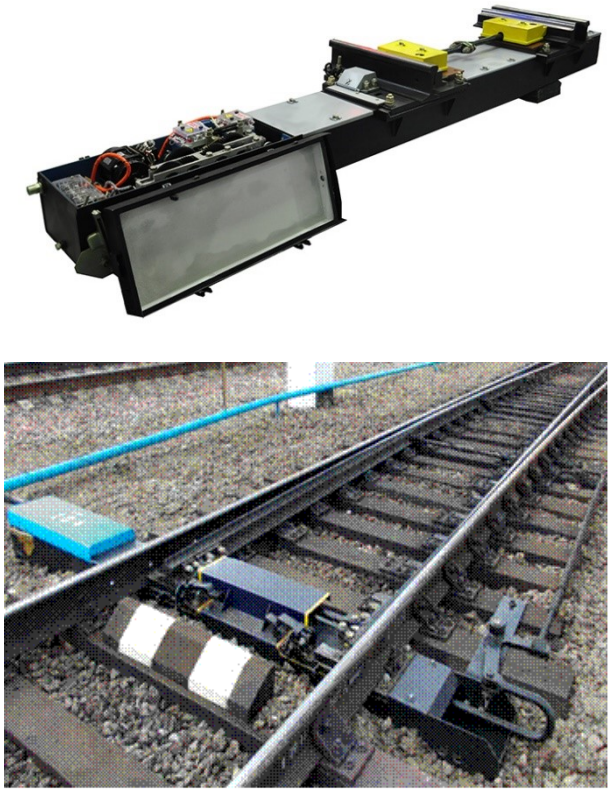

Рисунок 1.3 – Стрілочний електропривод типу УПС-250Н-70 на стрілочному переводі

УПС-250Н-70 призначене для переведення в повторно-короткочасному режимі, замикання і контролю положення в безперервному режимі вістряків стрілочного переводу для швидкостей руху поїздів у прямому напрямку руху до 250 км/год; для експлуатації в умовах помірного та холодного клімату (виконання УХЛ) у діапазоні робочих температур від -60ºС до +55ºС та граничних температур від -60ºС до +65ºС; для встановлення на стрілочному переводі Р65 М 1/11 на залізобетонних брусах [12].

УПС містить нову високоточну необслуговувану фрикційну муфту, редуктор, що не обслуговується, нові елементи електрокомутації в

автоперемикачі, нову стрілочну гарнітуру зі зносостійкими самозмащувальними виробами в парах тертя та конструктивно нове виконання вузлів для монтажу УПС на стрілочний перевід (рис. 1.4) [11, 12].

Перевагами УПС, заявленими заводом-виробником є: єдина координатна база (порожнистий металевий брус) для взаємопов'язаного місця розташування виконавчого модуля, стрілочної гарнітури та елементів монтажу УПС на стрілочний перевід, рамної рейки та вістряка, що забезпечує точність положення вістряка відносно рамної рейки; зниження у 5...7 разів рівня динамічних навантажень від рухомого складу внаслідок інерційності та високої жорсткості несучого елемента (порожнистого металевого брусу), що пропорційно знижує ризик відмови в механізмах та електричних комунікаціях УПС через зношеність і руйнувань виробів; унеможливлено засмічення в місці розташування стрілочної гарнітури; унеможливлено механічні ушкодження стрілочної гарнітури сторонніми предметами та вандальними діями; унеможливлено технічне обслуговування фрикційної муфти і редуктора, а отже, вплив суб'єктивного чинника на їхню працездатність; у вузлі електрокомутації автоперемикача унеможливлено ризик відмов [12].

Усі ці переваги пристрою УПС дають змогу збільшити період між черговим технічним обслуговуванням удвічі, а отже, пропорційно знизити питому трудомісткість робіт [4].

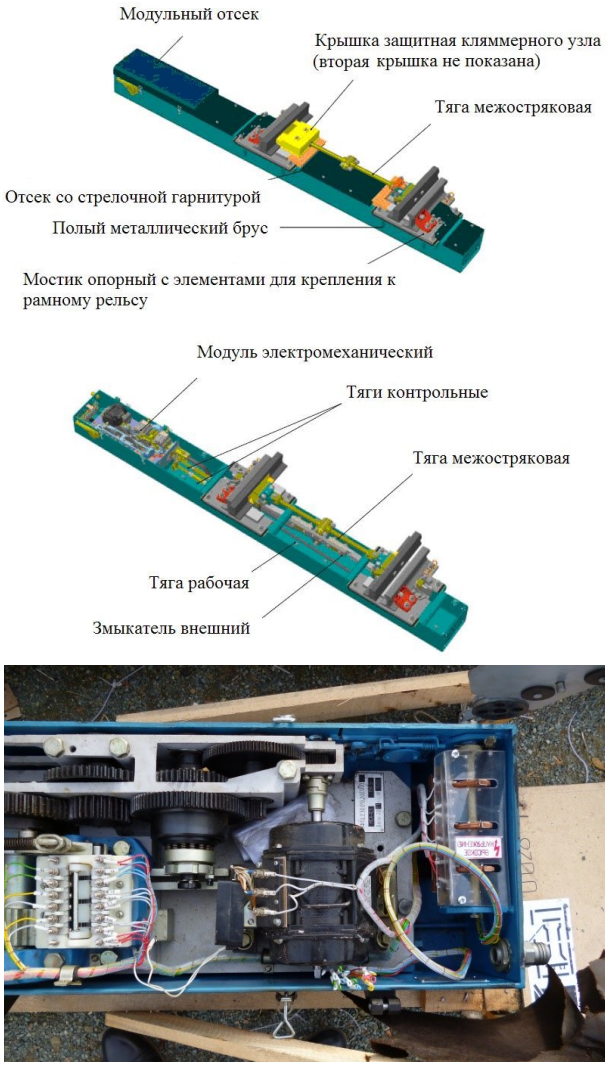

Рисунок 1.4 – Стрілочний електропривод типу УПС зі знятою кришкою. Основні вузли приводу

1.6. Критичний аналіз шляхів модернізації методики автоматизованого діагностування стрілочних електроприводів змінного струму

Темпи сучасного розвитку залізно-дорожнього дорожнього транспорту, збільшення маси поїздів, зростання швидкостей їхнього руху вимагають удосконалення використовуваних ресурсів: подовження станційних колій, укладання важких типів рейок, зокрема й на стрілках.

Збільшені тягові зусилля з переведення остряків вимагають застосування більш потужних електродвигунів стрілочних приводів, що пов'язано зі збільшенням робочого струму і необхідністю мати в кожному проводі лінійного ланцюга по дві, три і більше жил кабелю.

Найбільш типовими причинами проблем при роботі електроприводу є:

- несправність редуктора;
- несправність фрикційної муфти;
- блокування робочої шестерні з шибером;
- розрегулювання контрольних тяг;
- виснаження або порушення регулювання контактів автоперимикача;
- замерзання контактів автоперемикача;
- автоматичне відключення або заморожування;
- зламані контакти автоперемикача;
- зламаний валика та шліфту;
- інші відмови.

Найбільша кількість інцидентів відбувається через втрату контакту в автоматичних вимикачах взимку і пов'язана з розривом контактів. Різноманітні захисні заходи (графітове мастило, гліцеринове мастило, обігрівання, спеціальні канавки на ножі, заглушка з оргскла тощо).

Використання нової технології контролю стану стрілочних переводів стану стрілочних переводів почанається від 2018 р., головною метою якого є збільшення надійності та справності роботи стрілочних електроприводів. Кінцевим результатом цієї експлуатації стала розробка Комплекта пристроїв для автоматизованого вимірювання геометричних параметрів залізничної колії, стрілочних переводів, оброблення отриманої інформації, передавання результатів в Комплект.

Основне призначення Комплекту полягає в забезпеченні об'єктивного контролю (моніторингу) за нормованими технічними параметрами колії та

стрілочних переводів в експлуатації. Виключення впливу людського фактора на процеси запису вимірювань і формування відхилень у змісті (інцидентів) має забезпечуватися шляхом управління процесом запису і передачі вимірюваних вимірюваних параметрів за допомогою спеціального програмного забезпечення (ПЗ).

Стосовно самих пристроїв були закладені такі вимоги:

- діапазон робочої температури від -40 до +40°С (за температури навколишнього повітря від +40 до +20 °С - не менше 8 год, від +20 до 0 °С - не менше 6 год, від 0 до -20 °С - не менше 4 год, від -20 до -40 °С - не менше 2 год);

- габарити (довжина × ширина × висота) шаблону в робочому положенні не більше 1 770×220×310 мм;

- зберігати працездатність під час експлуатації на відкритому повітрі за наявності опадів у вигляді дощу і снігу;

- забезпечувати передачу результатів вимірювань на мобільний пристрій;

- відповідати сучасним вимогам технічної естетики та ергономіки, забезпечувати зручність роботи і зчитування значень контрольованих параметрів;

- легкодоступний і швидкознімний акумуляторний відсік;

- контроль рівня заряду акумуляторної батареї;

- обслуговування одним оператором у процесі роботи;

- наявність протикорозійного покриття лакофарбового металевого і неметалевого;

- зберігати працездатність під час впливу перешкод від сигнальних і тягових струмів;

- опір електроізоляції між вимірювальними наконечниками не менше 50 Мом;

- маса електронного шаблону без мобільного пристрою, додаткових акумуляторів і зарядного пристрою не більше 4,0 кг;

- термін придатності – не менше 5 років.

Таким чином, застосування нових схем діагностування стрілочних електроприводів дає можливість автоматизувати процеси контролю стану стрілочних переводів, а також часткового або повністю контролювати та вирішати ряд наступних завдань:

- мінімізація впливу людського фактора на процес вимірювань;

- підвищення точності вимірювань за рахунок застосування сучасних вимірювальних датчиків;

- створення інцидентів при виявленні різних порушень;

- оптимізація часу проведення вимірювань;

- централізоване зберігання всіх результатів вимірювань у базі даних;

- можливість ведення картки вимірювань з реєстрацією типу і номера вимірювального приладу, імені виконавця, географічних координат тощо.

Варто згадати крім переваг даної системи дігностування, також ряд недоліків:

- найчастіше тривала синхронізація створених робочих завдань;

- неможливість проведення вимірювань у разі повної розрядки акумуляторної батареї у вимірювальному пристрої або в мобільному пристрої (смартфоні);

- неможливість проведення вимірювань у разі проблем із Bluetooth-з'єднанням;

- необхідність постійного заряду і контролю акумуляторних батарей пристроїв;

- відсутність алгоритму щодо оперативного усунення інцидентів, за якими вже реально було проведено роботи;

- недостатність аналітичної інформації для керуючого апарату для приймання рішень та інше.

Головні рішення, щодо забезпечення діагностування стрілочниї електроприводів є по-перше, реалізація комплексної оцінки на кожному стрілочному переводі з використанням матриці ризику, аналогічно тій, яку використовують під час оцінки передвідмовного стану. Варто оцінити не початкових етапах всі параметри стрілочного переводу.

По-друге, при плануванні промірів вибудовувати матриці пріоритетів, які повинні враховувати комплексну оцінку стану стрілочного приводу за попередньою перевіркою. Дана пріоритетність дозволяє оцінити та створити контроль за своєчасним вирішенням несправності, які з'явилася, перевірку якості проведення ремонтних робіт.

По-третє, виконувати оперативне усунення створених інцидентів шляхом вимірювань даного параметру електронним шаблоном з внесенням в базу даних відразу після проведення ремонтних робіт, тобто онлайн контроль якості виконаних ремонтних робіт.

1.7. Висновки за розділом

Елемента база сучасності з використанням релейно-контактних приладів IV покоління, електронних та мікропроцесорних модулів розширює функціональні та комутаційні можливості даних схем, що підвищує захищеність та надійність від небезпечних та непередбачуваних спрацювань для руху поїздів.

Головне завдання даної роботи – це аналітичний метод огляду модерніщзованих шляхів, а також перспектив розвитку елементної бази стрілочниї електроприводів; збільшення можливості пошуку новітніших рішень для впровадження на реконструйованих та спроектованих за новітніми стандартами українських залізниць. Дана тема наукової роботи на здобуття

ОКР «магістра» є і буде актуальною, так як збільшує можливості та перспективи впровадження сучасних пристроїв автоматики, що підвищує безпеку на залічному транспорті та поліпшення показників функціональної надійності та ремонтоздатності.

З виконаного огляду було поставлено такі *задачі для подальшого дослідження* з метою модернізації пристроїв залізничної автоматики:

- дослідити конструкцію нормально діючих станційних стрілочних переводів та електроприводів змінного струму, які використовуються на Укрзалізниці;

- розробити методику автоматизованого діагностування стрілочного електроприводу змінного струму;

- виконати моделювання роботи стрілочного стрілочного електропривода змінного струму для опису фізичних процесів, що відбуваються під час переведення стрілки.

- дати наукове обґрунтування для рекомендацій щодо впровадження методики дослідження роботи стрілкових приводів постійного струму.

Об'єктом наукового дослідження обрано станійний і гірковий стрілочні привода постійного струму.

2. МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИВОДУ СП

2.1. Схема автоматизованого діагностування нормальнодіючих стрілочних електроприводів змінного струму

П'ятипровідна схема управління стрілочним електроприводом з двигуном змінного струму застосовується в релейній централізації з центральними залежностями і центральним типом живлення (БМРЦ). В якості електродвигунів використовуються МСТ - 0.3 і МСТ - 0.6.

Схема включення приводу СП-3 з двигуном змінного струму п'ятипровідна. Двигун включається тільки за схемою "Зірка". Двигун МСТ – 0,3 застосовується в ЕЦ з маршрутизованим пересуваннями, а двигун МСТ - 0 ,6 в маневрових районах. У разі використання в СП- 3 двигуна МСТ – 0,3 зусилля на шибері становить 450 кГс. Струм в цьому випадку дорівнює 1,4 - 1,6 А (залежно від типу стрілки). Розглянута схема спільно з електроприводом виконує ті ж функції , що і двухпровідна.

На схемі (рис. 2.1) використовуються такі елементи:

ППС - поляризоване пускове стрілочне реле типу ПМПУШ - 150/150, призначене для: відключення реле НПС, забезпечуючи одноразовий короткочасний режим його роботи в пусковому колі; зміни полярності напруги живлення в робочім колі; виключення появи помилкового контролю при переплутуванні лінійних проводів;

НПС - нейтральне пускове стрілочне реле типу НМПШ3 - 1500/220, що служить для включення робочого або контрольного кола та забезпечення доводу стрілки до крайнього положення в разі заняття ізольованої ділянки під час переключення;

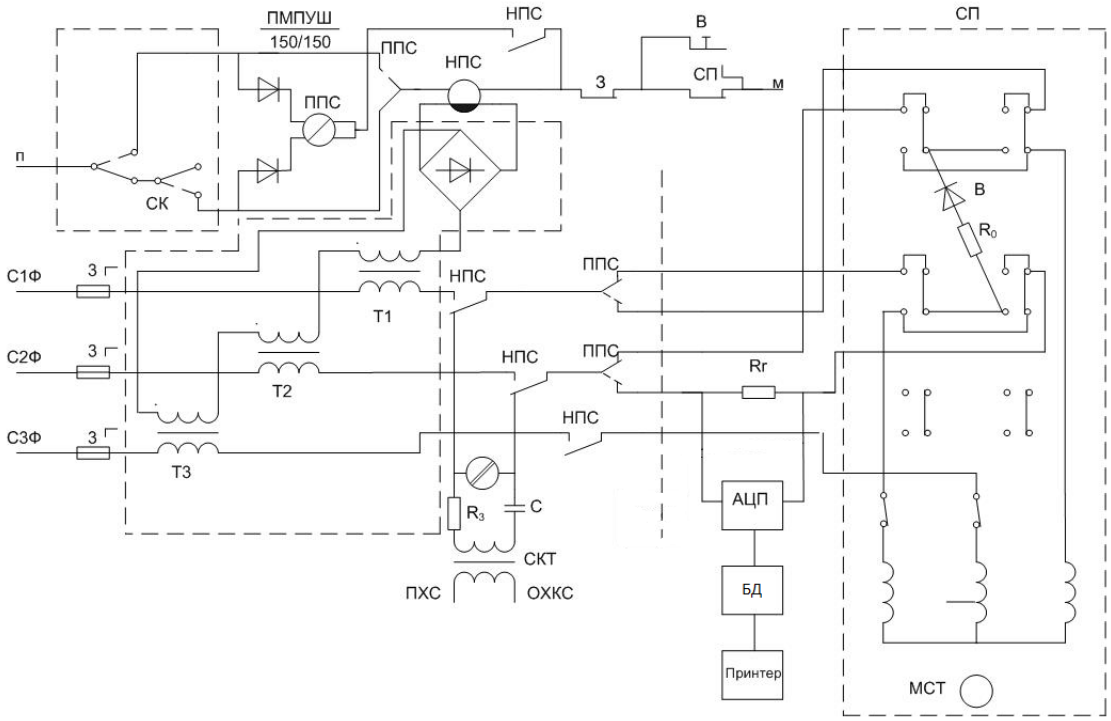

Рисунок 2.1 – П'ятипровідна схема управління стрілочним електроприводом

ОК, ПК, МК - контрольні реле, призначені для контролю плюсового, мінусового і проміжного положеня стрілки (реле ОК типу КМ - 3000 , а ПК, МК - НМ1 - 1800) ;

СКТ - ізолюючий контрольний трансформатор;

С - ізолюючий конденсатор виключає замикання постійної складової струму, що виділяється на реле ОК, через обмотку ізолюючого трансформатора.

RЗ - обмежуючий резистор, служить для захисту трансформатора СКТ при короткому замиканні між лінійними проводами;

БФК - фазоконтрольний блок призначений для контролю справності кола включення обмотки кожної фази і протікання в ній робочого струму.

ВС - діод з послідовно включеним резистором R0= 1000 Ом , здійснюють однонапівперіодне випрямлення для живлення контрольного реле ОК .

Принцип роботи контрольного кола заключається в тому, що коли стрілка займає одне з крайніх положень, замкнуте контрольне коло. У даній схемі

застосоване контрольне коло змінного струму з полярною вибірковістю. Датчиками положення стрілки є контакти автопеключателя, приймачем - комбіноване реле ОК. Залежно від положення стрілки контактами автопереключателя змінюється полярність включення діода паралельно обмотці реле ОК. Живлення контрольного кола здійснюється від індивідуального трансформатора СКТ напругою 169 В, який крім перетворення величини напруги виконує важливу функцію - ізолює контрольне коло даної стрілки від інших контрольних кіл і джерел.

Полярність струму, що проходить через реле ОК, залежатиме від положення стрілки, тобто від полярності включення діода ВС паралельно обмотці реле ОК. При плюсовому положенні стрілки через реле ОК струм проходить тільки в додатному напівперіоді струму. У від'ємний напівперіод струм проходить в основному через діод ВС, який шунтує обмотку реле ОК низьким опором. При плюсовому положенні стрілки контрольне коло замикається по проводах Л1 і Л2 , а при мінусовому - по проводах ЛЗ і Л4 . При мінусовому положенні струм через реле ОК буде проходити тільки в від'ємний напівперіод за рахунок зміни полярності включення діода паралельно реле ОК. Реле ОК перемкне поляризовані контакти і включить контрольне реле МК. У ланцюзі включення ПС та МК нейтральним контактом ОК контролюється справність контрольного кола. При обриві лінійних проводів, втрати контакту в контрольному колі до обмотці реле ОК прикладається змінна напруга, внаслідок ОК відпускає нейтральний якір. До такого ж результату приводять коротке замикання в контрольному колі і виключення напруги живлення.

Пускове коло. Для переведення стрілки в мінусове положення ДСП повертає рукоятку в мінусове положення. Замикається пускове коло. У даній схемі застосований пускове коло з використанням двох пускових реле НПС і ППС. Першим спрацьовує реле НПС. У ланцюзі його включення здійснюється перевірка виконання умов безпеки: вільності ізольованої ділянки, в яку входить

дана стрілка (СП), що не замкнулась в маршруті (З). Після спрацьовування реле НПС відключає контрольний коло ОК, включає робоче коло і замикає коло включення реле ППС. При включенні робочого кола лінійна напруга між фазами С1Ф і С2Ф прикладається до діода ВС. Для обмеження струму через нього послідовно з діодом контрольного кола включається резистор опором 1 кОм.

Робоче коло. Після спрацьовування реле ППС, воно своїми контактами міняє місцями фази С1Ф і С2Ф. Живлення робочого кола виробляється від трифазного джерела напруги 245 В + 5 - 10 %. У разі завершення переведення стрілки контактами автопереключателя відключається електродвигун. Споживаний струм стає рівним нулю. В результаті знеструмлюється реле НПС і включає контрольне коло. Для виключення пошкодження електродвигуна в процесі переведення необхідно постійно контролювати справність кола включення і протікання струму в кожній з обмоток. Цей контроль здійснюється за допомогою БФК. Він складається з трьох трансформаторів струму Т1 - Т3 і випрямного моста В. Трансформатори розраховані таким чином, що при протіканні по їх струмовим обмоткам змінного струму 0.8 А і більше магнітопроводи насичуються .

П'ятипровідна схема управління стрілкою з двигуном змінного струму відрізняється від відомих простотою побудови всіх кіл, підвищеною надійністю за рахунок відсутності реле, встановлених в підлогових умовах, і застосування безконтактного двигуна, що має термін служби близько 20 років. У порівнянні з двухпровідной схемою значно підвищена надійність роботи контрольного кола за рахунок того, що контроль " +" і "-" положень здійснюється різними проводами і виключеним джерелом. По витраті кабелю ця схема дещо більше, ніж двухпровідна, проте в п'ятипровідній схемі не потрібно дублювання жил при віддаленні стрілки від поста ЕЦ на відстань до 1000 м.

2.2. Методика проведення досліджень функціонування станційного стрілочного приводу

Винахід належить до досліджувальнох техніки, тобто до пристроїв для стендового випробовування стрілочних електроприводів. Один із відомих стрілочний електропривід, що містить безконтактний керований електродвигун з датчиком рівня напруги живлення, положення ротора, струму, а також пристроєм діагностування.

За своїми характеристика, пристрій діагностики виробляє та подає сигнали на вхід пристрою порівння, яке видає сигнлаи про робочий, передвідмовний або аварійний стан стрілочного приводу. Однак у різних мережах пристрій діагностування не використовуються для випробування стрілочного приводу. Також до недоліків даного пристрою відносять: необхідність допрацювань стрілочного приводу в облачті ведення датчика положення ротора електродвигуна, а також введення в блок керування датчика рівня напруги електроживлення, струму, пристрою діагностування робочого стану приводу та пристрою порівняння. Пристрій порівняння встановлюють не в усі стрілочні електроприводи, а в конкретний з безконтактним електродвигуном ДБУ та, відповідно, контролює параметри та стан тільки допрацьованого електроприводу.

Відомий "Спосіб контролю робочого стану стрілочного електроприводу"

що полягає в реєстрації сигналів акустичної емісії (АЕ) за допомогою п'єзокерамічних перетворювачів, установлених на основних вузлах і деталях стрілочного електроприводу, посиленні та фільтрації сигналів АЕ, програмній обробці на ЕОМ сигналів АЕ, відображення графічних і числових параметрів АЕ на дисплеї персонального комп'ютера, при цьому як параметр сигналів АЕ, що визначає робочий стан основних вузлів і деталей стрілочного електроприводу, обирають інтегральну енергію від кожного вузла і деталі

окремо за певний період часу. Окремо, за певний період часу, причому стан окремого вузла і деталі стрілочного електроприводу, що потребує заміни або ремонту, контролюють за значенням інтегральної енергії, що більш ніж удвічі перевищує середнє значення інтегральної енергії останніх п'яти періодів вимірювання.

Даний спосіб складний у реалізації, так як потребує встановлення великої кількості п'єзокерамічних перетворювачів у електропривод, що перевіряється, і специфічної обробки інформації на ЕОМ. У результаті контролю видається інформація про поточний стан вузлів стрілочного приводу та їхній знос без отримання інформації про електромеханічні та часові характеристики електроприводу. Крім того, спосіб працює тільки в тому електроприводі, де встановлено п'єзокерамічні перетворювачі.

"Пристрій для перевірки стрілочних електроприводів" містить підсилювач, RC-фільтр, детектор, тригер, що запускає, одновібратор, три ключові елементи, реєстратор пам'яті, блок виділення мінімального рівня огинаючої робочого струму, блок виділення максимального рівня огинаючої робочого струму, суматор, шість компараторів, квадратор, функціональний перетворювач, помножувач, стартовий тригер, три елементи І, три елементи АБО-НЕ, блок індикації. У пристрої використовується принцип виявлення характерних несправностей двигуна і стрілочного переводу за формою обвідного робочого струму, що споживається електроприводом у процесі переводу, а за величиною струму проводиться обчислення зусилля на валу електродвигуна і порівняння цього зусилля з нормотивними значеннями.

Однак пристрій має обмежені функціональні можливості, бо призначений для діагностування стрілочних електродвигунів тільки постійного струму і служить для виявлення обмеженого числа несправностей, таких як іскріння щіток, обрив і коротке замикання секцій якоря, биття підшипника.

Воно не забезпечує вимірювання електромеханічних і часових характеристик електроприводу. Крім цього, пристрій має низьку надійність, трудомістку збірку і невисоку точність, оскільки зібрано на дискретних радіоелементах і логічних мікросхемах.

Наступний, "Установка і спосіб для контролю стрілочних приводів", яка містить у собі приймальний пристрій - два несучі елементи, які виконані з можливістю розміщення стрілочного приводу як випробуваного зразка або розміщення монтажного вагона, на якому змонтовано стрілочний привід. Також механізм, який виконаний з можливістю переміщення несучих елементів як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямку, так і у вертикальному напрямку, випробувальний стенд, що містить генератор зусиль, який виконано з можливістю прикладання сили протидії до випробуваного зразка під час виконання випробуваним зразком на випробувальному стенді процесів регулювання. Прицьому досліджувальний стенд виконано з можливістю регулювання та/або перевірки зусиль, що виробляються випробуваним зразком зразком, генератор зусиль і механізм виконані механічно й електрично незалежними один від одного, із забезпеченням переміщення несучих елементів без впливу на випробувальний стенд або генератор зусиль, регульованим є задане положення з'єднання між випробуваним зразком і генератором зусиль.

"Пристрій, випробувальний стенд і спосіб випробувань стрілочного приводу" містить горизонтальний конструктивний елемент, який встановлений з можливістю переміщення щонайменше на одній горизонтальній лінійній направляючій, вертикальний конструктивний елемент, який змонтований перпендикулярно на горизонтальному конструктивному елементі, орієнтований поперечно до горизонтальної лінійної направляючої та має виїмку, яка забезпечує можливість проведення об'єкта паралельно горизонтальній лінійній напрямної, причому вертикальний конструктивний елемент установлено на безлічі позицій зчеплення для утворення з'єднання позицій зчеплення та для

утворення з'єднання з кріпильною основою, кріпильна основа з'єднана з контрольною лінійкою стрілочного приводу, і робоча лінійка стрілочного приводу або конструктивний елемент, пов'язаний із робочою лінійкою стрілочного приводу, спрямовується за допомогою виїмки у вертикальному конструктивному елементі.

Випробувальний стенд для дослідження стрілочного приводу, на якому змонтовано пристрій, причому випробувальний стенд має силовий генератор, який виконано з можливістю прикладання протидіючої сили до стрілочного приводу, тоді як стрілочний привід виконує сили до стрілочного приводу, у той час як стрілочний привід виконує на випробувальному стенді процеси стрілочного переведення, завдяки чому даний стенд виконано з можливістю встановлення та/або випробування сил, які виробляє стрілочний привід, і силовий генератор і пристрій механічно та електрично незалежні один від одного, так що за допомогою пристрою кріпильна основа може позиціонуватися, не впливаючи на випробувальний стенд або силовий генератор, у результаті чого задана позиція зчеплення для контрольної лінійки стрілочного приводу може встановлюватися на цьому стенді.

"Установка для перевірки та ремонту стрілочного приводу для залізничного стрілочного переводу", що містить випробувальний стенд для механічної та електричної перевірки надійності зазначеного виконавчого приводу відповідно до заданих приписами для проведення випробувань. Випробувальний стенд виконано з можливістю розміщення та експлуатації в контейнері великих розмірів, що транспортується, доступних розмірів пристосованих для переміщення по ньому персоналу.

Вищеописані технічні рішення призначені для перевірки та регулювання механічних зусиль, які виробляє стрілочний електропривод під час переведення стрілки. Їхні навантажувальні пристрої виконані в різних модифікаціях для адаптації до різних типів електроприводів і з можливістю їх різного

позиціонування. Таким чином, описані технічні рішення слугують для випробувань механічної частини електроприводів і не призначені для вимірювання їхніх електромеханічних і часових характеристик.

Відомий стенд перевірки електроприводів , призначений для зняття електромеханічних і часових характеристик стрілочних електроприводів СП-6М, СПГБ-4Б, СП-6К після їхнього ремонту та проведення профілактичних робіт.

Стенд містить під'єднані до трифазної живильної мережі трансформатор і засоби формування однофазної та трифазної напруги живлення, гідравлічний пристрій навантаження, що механічно з'єднується з випробовуваним електроприводом, що випробовується, який електрично під'єднується до шафи керування, що містить панель управління та індикації. Вихід панелі керування та індикації під'єднаний до лічильника числа переведень, першого і другого комутаторів, при цьому вхід і вихід панелі керування та індикації з'єднано з таймером і лічильником часу переводу.

Трансформатор через перший і другий амперметри з'єднаний з випробовуваними безконтактними датчиками ДБЛ (датчик безконтактний лівий) і ДБП (датчик безконтактний правий) відповідно. Виходи датчиків ДБЛ і ДБП приєднані до першого і другого вольтметрів.

Засіб формування однофазної напруги живлення для електроприводу з двигуном постійного струму, виконаний у вигляді додаткового виходу трифазного автотрансформатора, з'єднаний із випрямлячем, до виходу якого під'єднано третій вольтметр і третій амперметр. Останній з'єднаний із входом першого комутатора, вихід якого під'єднано до випробовуваного електроприводу з двигуном постійного струму.

Засіб формування трифазної напруги живлення для електропривода з двигуном змінного струму, виконаний у вигляді трифазного автотрансформатора, з'єднаний із засобом вимірювання електричних

параметрів трифазної напруги, виконаним у вигляді трьох додаткових вольтметрів і одного додаткового амперметра, і двома входами другого комутатора. Прицьому третій вхід іншого комутатора підключений до автотрансформатора через додатковий амперметр. Виходи іншого комутатора під'єднані до випробовуваного електроприводу з двигуном змінного струму.

Недоліками відомого стенда є його обмежені функціональні можливості та маленька точність вимірювання параметрів. Для вимірювання електромеханічних характеристик випробовуваних електроприводів застосовано стрілочні прилади, які не володіють достатньою швидкодією під час вимірювання параметрів під час швидких переводів шибера. Для вимірювання часових характеристик електроприводу використовується механічний секундомір, що відрізняється низькою точністю і незручністю зняття показань. Для регулювання всіх живильних напруг встановлено тільки один автотрансформатор, тобто відсутня можливість коригування напруги будь-якої з фаз за необхідності.

Не реалізовано контроль напруги, що подається на датчики ДБЛ і ДБП, а під час випробуванні електроприводу з двигуном змінного струму вимірюється струм однієї фази з трьох, таким чином, не досягається повнота вимірювань.

Гідравлічний пристрій навантаження зібрано з використанням гідравлічних дроселів, регульованих вручну за допомогою механічного манометра, що є трудомістким і не забезпечує необхідну точність.

Крім того, цей пристрій не здатний підтримувати сталість зусилля на шибері під час його переведення. Під час роботи стенда в режимі технологічного прогону не реалізовано можливість завдання необхідної кількості переведень шибера, а також відсутня можливість фіксування зміни струму переведення в часі.

Ще одним недоліком стенда є ручне оформлення протоколу випробування при візуальному зчитуванні показань вимірювальних приладів, що мають

стрілочну шкалу, що збільшує трудомісткість і може призводити до помилок через вплив людського фактора.

Технічною проблемою, на розв'язання якої спрямований винахід, що заявляється, є досягнення можливості повної перевірки електроприводів стрілочних переводів типів СП-6, СП-6М, СПГБ-4М, СПГБ-4Б, поліпшення якості перевірки та підвищення продуктивності праці, скорочення експлуатаційних витрат і зменшення впливу людського фактора під час перевірки за рахунок автоматичної фіксації та протоколювання результатів випробувань. Технічний результат полягає в розширенні функціональних можливостей стенду, підвищенні повноти й точності вимірювань.

Приведений технічний результат досягається тим, що стенд для досліджень електроприводів стрілочних переводів містить панель керування та індикації, гідравлічний пристрій навантаження, що механічно з'єднується з шибером випробовуваного електроприводу, лічильник числа перекладів, таймер, лічильник часу перекладу, перший, другий і третій вольтметри, під'єднаний до електричної мережі змінного струму трансформатор, з'єднаний через перший і другий амперметри з входами датчиків, до виходів яких приєднані перший і другий вольтметри, засіб формування однофазної напруги живлення для електроприводу з двигуном постійного струму, послідовно з'єднаний із випрямлячем і третім амперметром, засіб формування трифазної напруги живлення для електроприводу з двигуном змінного струму, з'єднаний із засобом вимірювання електричних параметрів трифазної напруги, перший комутатор, підключений до випробовуваного електроприводу з двигуном постійного струму і другий комутатор, приєднаний до випробовуваного електроприводу з двигуном змінного струму.

До складу стенда додатково введено програмований контролер, персональний комп'ютер, реєстратор і четвертий вольтметр. При цьому вхід і вихід панелі управління та індикації, таймера і лічильника числа перекладів

з'єднані з програмованим контролером, вихід якого підключено до персонального комп'ютера, інші виходи контролера з'єднані з входами першого комутатора, другого комутатора, лічильником часу перекладу. Четвертий вольтметр приєднано до виходу трансформатора.

Вихід третього амперметра з'єднаний із входом реєстратора, вихід якого під'єднаний до третього вольтметра і першого комутатора. Вихід засобу вимірювання електричних параметрів трифазної напруги з'єднаний з іншими входами реєстратора, інші виходи якого підключені до другого комутатора. Виходи лічильника часу переведення, першого вольтметра, другого вольтметра, третього вольтметра, четвертого вольтметра, інші виходи першого амперметра, другого амперметра, третього амперметра, засобу вимірювання параметрів трифазної напруги, реєстратора, електричний вхід і вихід гідравлічного пристрою навантаження підключені до персонального комп'ютера, а електричний вихід випробовуваного електроприводу під'єднано до іншого входу контролера.

Технічний результат досягається також тим, що засіб формування однофазної напруги живлення для електропривода з двигуном постійного струму виконано у вигляді окремо розташованого автотрансформатора. Засіб формування трифазної напруги живлення для електропривода з двигуном змінного струму виконано у вигляді трьох окремо розташованих автотрансформаторів. Засіб вимірювання електричних параметрів трифазної напруги виконано у вигляді вимірювача універсального. Лічильник числа переведень виконано програмованим. У стенді застосовано вимірювальні прилади цифрових моделей.

Крім того, пристрій навантаження виконано у вигляді пристрою з використанням керованого регулювального гідравлічного клапана, що регулюється.

Стенд для випробування електроприводів стрілочних переводів дає змогу провести повну перевірку електромеханічних і часових характеристик електроприводів з двигунами постійного струму та електроприводів з двигунами змінного струму.

Стенд виробляє необхідні для перевірки напруги живлення, контролює напруги живлення і споживані двигунами струми, створює і підтримує механічне навантаження на шибері випробовуваного електроприводу, задає і вимірює кількість переведень, вимірює час переведень шибера, дає змогу відстежити зміну струму переведення в часі, а також виконує автоматичне фіксування і протоколювання результатів випробувань.

Стенд для випробування електроприводів стрілочних переводів містить стіл з розміщеним на ньому персональним комп'ютером, шафу керування з панеллю керування та індикації, Т-подібний стіл. Т-подібний стіл призначений

для розміщення гідравлічного пристрою навантаження і встановлення випробовуваного електроприводу з двигуном постійного струму або випробовуваного електроприводу з двигуном змінного струму. При цьому залежно від виду збірки випробовуваний електроприводом може бути встановлений на ліве або на праве плече Т-подібного столу .

Гідравлічний пристрій навантаження , керований за допомогою персонального комп'ютера , служить для створення протидіючого зусилля на шибері випробовуваного електроприводу що механічно з'єднується зі штоком гідравлічного пристрою навантаження.

На панелі управління та індикації розміщено елементи управління та індикації у вигляді кнопок і ламп, електровимірювальні прилади для контролю електромеханічних і часових характеристик електроприводів, а також лічильник, що задає і підраховує кількість переведень шибера, і таймер, який формує часові паузи між зазначеними перекладами.

Вихід панелі керування та індикації з'єднаний із входом розміщеного у шафі управління програмованого логічного контролера, вихід якого з'єднаний із входом панелі керування та індикації.

Контролер іншими своїми виходами з'єднаний з персональним комп'ютером, призначеним для реєстрації та протоколювання параметрів випробовуваних електроприводів, а також із входами першого комутатора, другого комутатора, лічильника часу переведення, пов'язаного з персональним комп'ютером, лічильника числа переведень і таймера, виходи яких з'єднані з входами контролера.

Перший комутатор дає змогу комутувати і змінювати полярність напруги,

що надходить на випробовуваний електропривод із двигуном постійного струму, для зміни напрямку переведення шибера. Другий комутатор призначений для увімкнення живлення і зміни черговості фаз трифазної напруги, що надходить на випробовуваний електропривод із двигуном змінного струму, для здійснення реверсу електродвигуна.

Керований персональним комп'ютером гідравлічний пристрій навантаження призначений для механічної протидії переміщенню шибера випробовуваного електроприводу або випробовуваного електроприводу, виходи яких з'єднані з входом контролера.

Трансформатор, що перетворює однофазну змінну напругу, яка надходить із мережі, на змінну напругу 220 В у змінну напругу 24 В, з'єднаний із четвертим вольтметром, першим амперметром і другим амперметром. Виходи першого амперметра і другого амперметра під'єднані до входів відповідно датчика ДБЛ (датчика безконтактного лівого) і датчика ДБП (датчика безконтактного правого),що входять до складу електропривода. Для контролю вихідної напруги датчиків ДБЛ і ДБП слугує перший вольтметр і другий вольтметр відповідно.

Для опрацювання виміряних показань виходи першого, другого і четвертого вольтметру, а також інші виходи першого і другого амперметру з'єднані з персональним комп'ютером.

Засіб формування однофазної напруги живлення, виконаний у вигляді першого автотрансформатора, через випрямляч з'єднаний із третім амперметром. Вихід третього амперметра підключений до реєстратора, з'єднаного з третім вольтметром і першим комутатором. Третій амперметр, реєстратор і третій вольтметр іншими своїми виходами підключені до персонального комп'ютера для фіксації результатів вимірювань.

Засіб формування трифазної напруги живлення, виконаний у вигляді другого автотрансформатора, третього автотрансформатора і четвертого автотрансформатора, під'єднаний до засобу вимірювання електричних параметрів трифазної напруги, виконаного у вигляді вимірювача універсального. З виходами вимірювача універсального послідовно з'єднані реєстратор і другий комутатор. Іншим виходом вимірювач універсальний з'єднаний з персональним комп'ютером.

Працює стенд наступним чином: на Т-подібному столі з розміщеним на ньому гідравлічним пристроєм навантаження встановлюють і закріплюють електропривод з двигуном постійного струму або електропривод з двигуном змінного струму

Шибер установленого електропривода механічно з'єднують із гідравлічним пристроєм навантаження, а електричні контакти електроприводів приєднують до шафи керування і потім вмикають живлення шафи управління.

За допомогою кнопок, розташованих на панелі керування та індикації обирають тип випробовуваного електропривода, а саме електропривод із двигуном постійного струму або електропривод з двигуном змінного струму, режим роботи стенду, вид складання електроприводу і режим переведення шибера електроприводу.

Залежно від типу обраного електропривода першим автотрансформатором задають напругу на електроприводі, або другим автотрансформатором, третім автотрансформатором і четвертим автотрансформатором виставляють напругу живлення на електроприводі, коригуючи, за необхідності, перекіс фаз на вході. За допомогою персонального комп'ютера встановлюють необхідну величину протидіючого зусилля на гідравлічному пристрої навантаження.

Команди з панелі керування та індикації і сигнали з випробовуваного електроприводу надходять у програмований логічний контролер, де записано керувальну програму, що задає алгоритм роботи стенда. З виходів контролера логічні керувальні сигнали надходять на панель управління і індикації, комп'ютер, лічильник числа перекладів, таймер, лічильник часу перекладу, перший комутатор і другий комутатор.

Відповідно до обраного напрямку переведення шибера перший комутатор задає полярність напруги живлення електроприводу, змінюючи її за необхідності, а також вмикає і вимикає живлення двигуна постійного струму.

Другий комутатор, з виходу якого трифазна напруга надходить на електропривод, комутує напругу, що подається на двигун змінного струму і змінює черговість її фаз, здійснюючи реверс двигуна.

Однофазну змінну напругу 220 В, що надходить із мережі, трансформатор перетворюється на змінну напругу 24 В для живлення випробовуваних датчиків ДБЛ і ДБП електропривода. Напругу, що формується трансформатором, контролюється четвертим вольтметром. Першим амперметром і другим амперметром фіксуються струми, споживані датчиками ДБЛ і ДБП.

Вихідні напруги датчиків ДБЛ і ДБП вимірюються першим вольтметром і другим вольтметром відповідно. Виміряні приладами величини напруги та струму фіксуються персональним комп'ютером.

З мережі однофазна змінна напруга 220 В надходить також на перший автотрансформатор, за допомогою якого регулюється величина напруги на

випробовуваному електроприводі. З його виходу змінна напруга надходить на випрямляч, де вона перетворюється на постійну. Третім амперметром вимірюється струм переведення електропривода, який також фіксується і архівується реєстратором для побудови графіка зміни його значень у часі. Третій вольтметр при цьому контролює напругу, що подається через перший комутатор на електропривод.

Для живлення випробовуваного електроприводу трифазна змінна напруга 380 В надходить із мережі на другий автотрансформатор, третій автотрансформатор і четвертий автотрансформатор, де вона регулюється окремо за фазами А, В і С відповідно для вирівнювання вихідних напруг у разі перекосу фаз на вході. Значення сформованої трифазної напруги та споживаного двигуном струму, контролюються вимірювачем універсальним, сигнали з якого передаються на вхід реєстратора, що фіксує та архівує значення струму переведення електроприводу. З виходу реєстратора напруга надходить на вхід другого комутатора.

Під час випробування електроприводів у режимі технологічного прогону за допомогою лічильника числа переведень задають необхідну кількість переведень шибера, таймером встановлюють проміжок часу між переводами. Фактичний час переведення шибера вимірюється лічильником часу переведення.

Під час випробувань контрольовані параметри, виміряні за допомогою цифрових приладів, а саме лічильника часу переведення, четвертого вольтметра, першого амперметра, другого амперметра, першого вольтметра, другого вольтметра, третього амперметра, третього вольтметра, реєстратора, вимірювача універсального, передаються на персональний комп'ютер, де після завершення випробувань формується протокол із зазначенням відповідності виміряних номінальним параметрам.

Стенд для випробування електроприводів стрілочних переводів, що містить панель управління та індикації, гідравлічний пристрій навантаження, що механічно з'єднується з шибером випробовуваного електроприводу, лічильник числа перекладів, таймер, лічильник часу переведення, перший, другий і третій вольтметри, під'єднаний до електричної мережі змінного струму трансформатор, з'єднаний через перший і другий амперметри з входами датчиків, до виходів яких приєднані перший і другий вольтметри. Також включає засіб формування однофазної напруги живлення для електроприводу з двигуном постійного струму, послідовно з'єднаний із випрямлячем і третім амперметром, засіб формування трифазної напруги живлення для електроприводу з двигуном змінного струму, з'єднаний із засобом вимірювання електричних параметрів трифазної напруги, перший комутатор, підключений до випробовуваного електроприводу з двигуном постійного струму, і другий комутатор, приєднаний до випробовуваного електроприводу з двигуном змінного струму, що відрізняється тим, що в нього додатково введено програмований контролер, персональний комп'ютер, реєстратор, четвертий вольтметр.

2.3. Висновки за розділом

Отже, розглянуто сучасний стан конструктивного розвитку стрілочних електроприводів. Рекомендується розробляти та впроваджувати стрілочні приводи подібні до УПС, у яких використовується єдина координатна база (порожнистий металевий брус) для взаємопов'язаного розташування виконавчого модуля, стрілочної гарнітури та елементів монтажу до стрілочного переводу, рамної рейки та вістряка, що забезпечує точність положення вістряка відносно рамної рейки; зниження в 5...7 разів рівня динамічних навантажень від рухомого складу внаслідок інерційності та високої жорсткості опорного

елемента, пропорційно знижує ризик відмови в механізмах і електричних комунікаціях з причин зносу і руйнувань виробів; унеможливлює засмічення в місці розташування стрілочної гарнітури; запобігає механічним пошкодженням стрілочної гарнітури сторонніми предметами і вандальними діями; унеможливлює технічне обслуговування фрикційної муфти і редуктора, а отже, вплив суб'єктивного чинника на їхню працездатність; у вузлі електрокомутації автоперемикача унеможливлено ризик відмов [12].

Такі приводи є аналогами зарубіжних розробок і є кращими для встановлення на новопроєктованих швидкісних залізницях України. Зменшення кількості відмов у вузлах стрілочних приводів дасть змогу підвищити безпеку на залізничному транспорті завдяки впровадженню сучасних пристроїв автоматики, що дадуть змогу поліпшити показники безвідмовності та ремонтопридатності.

Для виключення різних видів несправності стрілочних електроприводів розглянуто методи діагностування даних пристроїв, їх реалізація, застосування, впровадження та виконання спільних профілактичних випробувань для стрілочного переводу.

3. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТРІЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗМІННОГО СТРУМУ

3.1. Асинхронні електродвигуни трифазного змінного струму

Асинхронні електродвигуни трифазного змінного струму (рис. 3.1) мають низку переваг порівняно з електродвигунами постійного струму з послідовним збудженням, що застосовуються в стрілочних приводах.

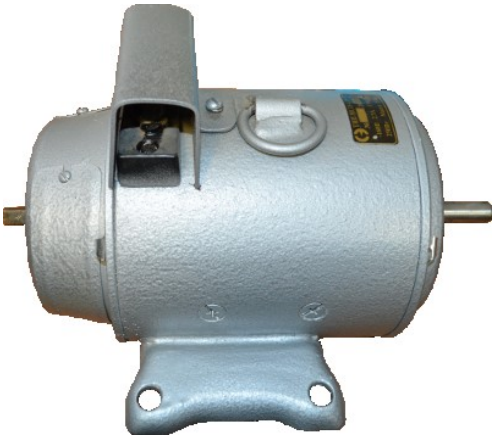

Рисунок 3.1 – Асинхронні електродвигуни стрілочних електроприводів типу МСТ

Насамперед, це відсутність в асинхронних електродвигунах такого складного і малонадійного вузла, як колектор, що значно скорочує експлуатаційні витрати на поточне обслуговування та ремонт, а також унеможливлює отримання хибного контролю положення стрілки завдяки випрямляючому ефекту дуги під час іскріння колектора [2, 6, 15].

Міжремонтний термін служби електродвигунів змінного струму в 3...4 рази більший порівняно з двигунами постійного струму.

Нині на залізниці застосовуються електродвигуни змінного струму типу МСТ. До них належать такі електродвигуни, як МСТ-0,3; МСТ-0,3А; МСТ-0,3Б; МСТ-0,3В і МСТ-0,6; МСТ-0.6А [2, 6].

Асинхронні трифазні електродвигуни типів МСТ-0,3, МСТ-0,3А, МСТ-0,3Б, МСТ-0,3В встановлюють в електроприводах типу СП для переведення вістряків важких і звичайних стрілок електричної централізації; типів МСТ-0,6, МСТ-0,6А встановлюють в електроприводах типу СП для переведення вістряків стрілок у маневрових районах.

3.2. Сучасні типи двигунів стрілочних електроприводів

Нині випускаються стрілочні електродвигуни змінного струму типу МСА (рис. 3.2), асинхронні, реверсивні, трифазні з поліпшеними ергономічними властивостями (наявність ручки для перенесення і зменшення маси).

Електродвигуни, що випускаються заводом, мають вбудоване з'єднанням обмоток "зіркою". МСА є повністю взаємозамінним електродвигуна типу МСТ. Двигуни МСА застосовуються і в нових шпальних електроприводах типу УПС [6, 12].

Слід зазначити, що колекторні двигуни за керованістю та енергоекономічністю вважаються найкращими, особливо для електроприводів із регулюванням швидкості або положення.

Рисунок 3.2 – Електродвигун змінного струму типу МСА

Їхній основний недолік - ненадійний щітково-колекторний вузол, який швидко зношується, що спричиняє іскріння і перешкоди, а в стрілочних електроприводах - і помилковий контроль положення вістряків.

Асинхронні двигуни змінного струму, по суті безконтактні, позбавлені цього недоліку, але істотно нижчі за енергетичною ефективністю і керованістю.

Найкращими галузями застосування асинхронних двигунів є довгостроково працюючі нерегульовані електроприводи з однією або двома швидкостями обертання, стабільність яких не має вирішального значення (звичайні вентилятори, насоси, транспортери та ін.) [9 – 12].

Розвиток електроніки призвів до появи вельми складних і дорогих асинхронних двигунів із частотним керуванням, регульованих за швидкістю.

Але їхні динамічні показники, такі, як точність регулювання і швидкодія, не можуть конкурувати з простішими електроприводами постійного струму аналогічного класу і вартості.

Загальним недоліком колекторних і асинхронних двигунів класичної конструкції є те, що основна частка тепла в них виділяється в роторі, звідки, вельми утруднений тепловідвід. Це істотно знижує надійність, термін служби і збільшує габарити цих двигунів.

Електродвигун безконтактний керований постійного струму (ДБУ) - це сучасний перспективний електродвигун, призначений для роботи у складі стрілочних електроприводів постійного струму. (рис. 3.3). ДБУ сконструйовані для використання в компактних, надійних, регульованих приводах будь-якого призначення з найбільшим терміном служби, особливо у важких умовах експлуатації (мороз, тепло, вологість, вібрації та ін.). Вони не потребують обслуговування і регламентних робіт [13, 14].

Електродвигун ДБУ призначений для застосування в електроприводах стрілочних переводів СП-6, СП-6М, СП-6К та інших електроприводах стрілочних переводів залізниць.

Рисунок 3.3 – Безколекторний електродвигун постійного струму типу ДБУ

Він розроблений і виготовлений з використанням новітніх матеріалів і сучасних технологій. ДБУ має низку переваг щодо колекторних двигунів постійного струму МСП-0,15, МСП-0,25, які застосовують нині, а саме:

- підвищена надійність двигуна за рахунок відсутності колекторного вузла гарантія - 4 роки;

- виключення можливості пробою обмоток під час кліматичних і механічних впливів завдяки оригінальному конструктивному рішенню двигуна;

- захист двигуна під час перевантажень за допомогою блоку електронного керування двигуном; підвищена надійність стрілочного електроприводу завдяки вилученню механічного фрикціона, функції якого забезпечує електронний блок керування двигуна;

- автоматичне вимкнення двигуна через 2...10 с після увімкнення; дворазове зменшення масогабаритних характеристик (порівняно з колекторними двигунами);

- можливість планового пуску двигуна, унеможливлення удару вістряка об рамну рейку; двигун може бути виготовлений як для роботи в мережах як постійного, так і змінного струму;

- блок керування двигуна забезпечує самодіагностику та діагностику електроприводу (без прокладання додаткових проводів) [13, 14].

Габаритні та установчо-приєднувальні розміри двигуна ДБУ наведено на

рис. 3.4.

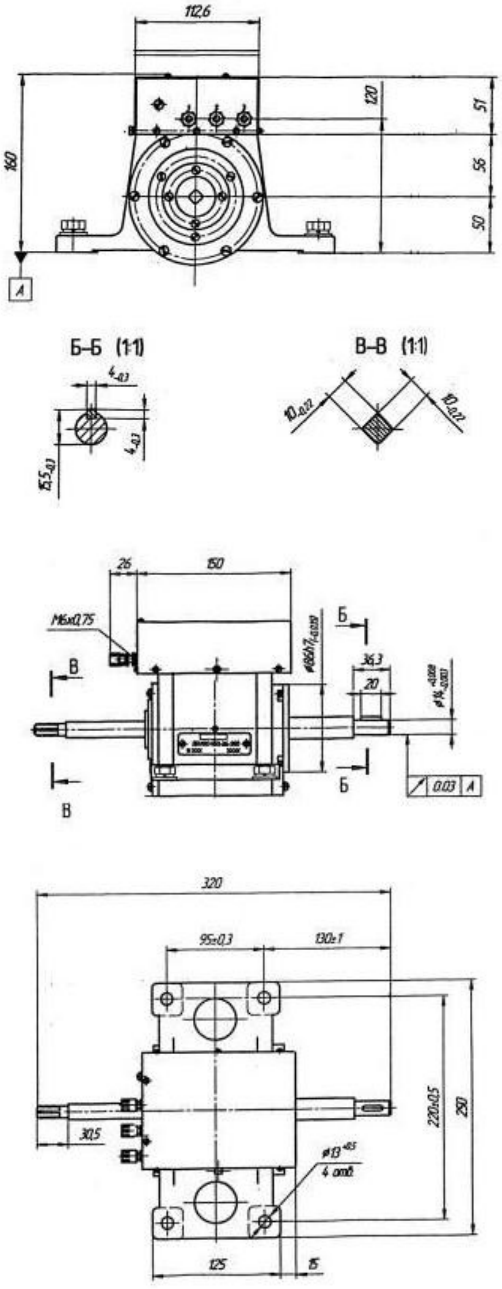

Рисунок 3.4 – Габаритні та установчо-приєднувальні розміри ДБУ

Також розроблено "інтелектуальний" стрілочний електродвигун ЕМСУ, що має електронне управління і працює як від постійного, так і від змінного струму. Він може замінити практично всі типи стрілочних електродвигунів, що випускалися раніше [15].

На заводі виробнику виробляється близько 20 модифікацій електродвигунів, що є невигідним, тому що під кожний потрібне специфічне оснащення, яке повинно підтримувати в працездатному стані, навіть якщо його використовують лише кілька разів на рік. Тому фахівці придумали універсальний двигун, який, завдяки використанню електронної плати, може бути запрограмований на різне число обертів і різний вид напруги. При цьому сама механіка для всіх типів двигунів залишається єдиною[14, 15].

Двигун ЕМСУ (рис. 3.5) розроблено на базі вентильно-індукторного двигуна. ЕМСУ призначений для експлуатації на залізничному транспорті у складі стрілочних електроприводів потужністю 0,1 кВт. Він оснащений мікропроцесорною системою керування, що дає змогу йому бути універсальним за напругою живлення і частотою обертання ротора. Основні технічні характеристики електродвигуна типу ЕМСУ наведено в табл. 3.1 [15].

Рисунок 3.5 – Електродвигун стрілочного електроприводу типу ЕМСУ

Таблица 3.1 –Основні технічні характеристики електродвигуна типу ЕМСУ

Найменування параметра	Значення параметра
Споживана потужність, Вт	450, не більше
Частота обертання, хв-1	1400 / 100
ККД, %	60, не менше
Маса, кг	8.0, не більше

Ще одна зручність під час експлуатації електродвигуна ЕМСУ - це налаштування номінальної частоти обертання ротора, залежно від типу стрілочного переводу, яке можна проводити як на заводі-виробнику, так і в умовах експлуатації від переносного пульта або ноутбука.

Робота ЕМСУ в стрілочних переводах здійснюється від серійних схем управління ЕЦ і не вимагає перерахунку кабельних мереж. Застосування двигунів типу ЕМСУ набуває особливої актуальності з введенням швидкісного руху в Україні. Він має стабільну швидкість обертання і стабільне споживання струму, легко перепрограмується.

Система керування двигуном передбачає можливість забезпечення синхронної роботи двох і більше електроприводів, що робить його перспективним для застосування в стрілочних переводах швидкісних доріг [13].

Електродвигун універсальний за живленням, може працювати як від мережі постійного струму, так і від мережі трифазного змінного струму. Електронний блок керування ЕМСУ забезпечує його роботу в діапазоні напруг від 160 В до 350 В постійного струму і від 190 В до 250 В трифазного змінного струму.

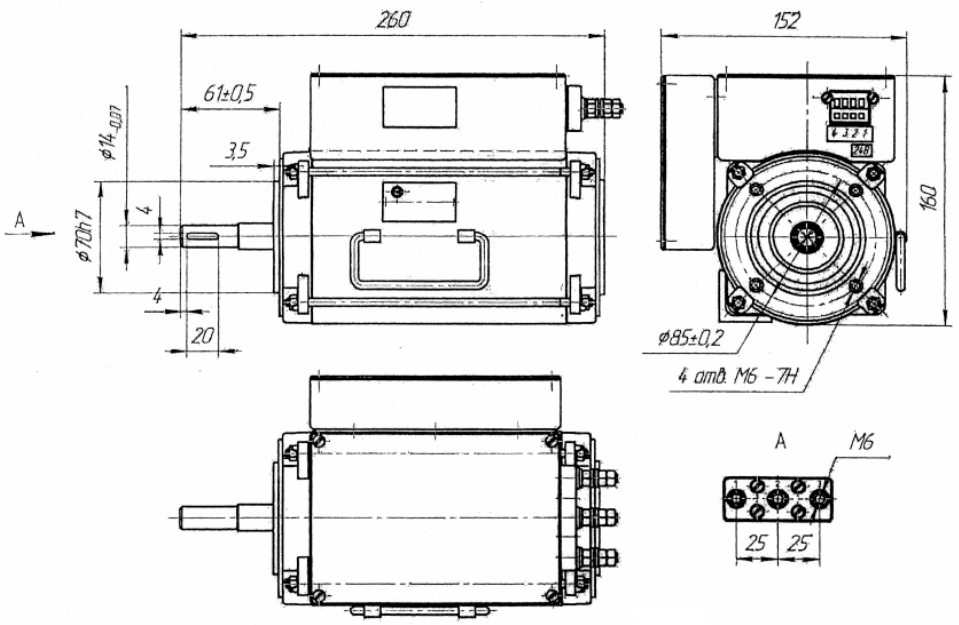

Рисунок 3.6 – Габаритні та установчі розміри електродвигуна ЕМСУ-Ф

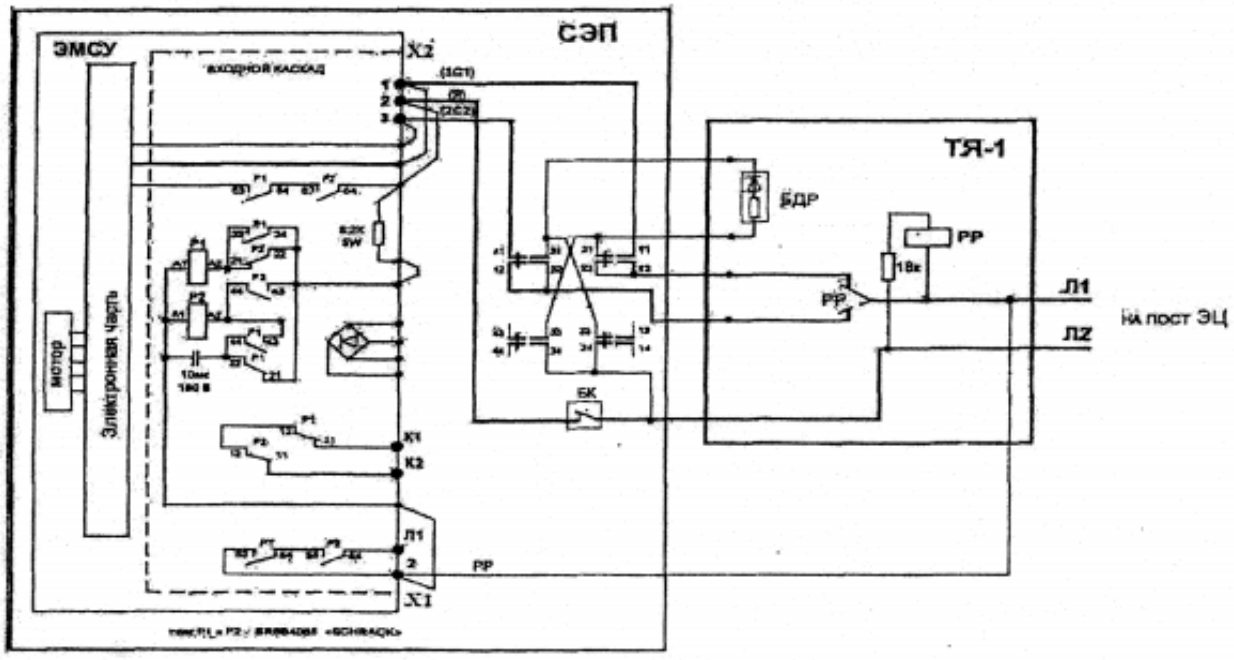

Рисунок 3.7 – Підключення електродвигуна ЕМСУ до мережі постійного струму

Примітка. У цьому випадку необхідно встановити перемичку проводом 0,75мм2 між контактами "2 РР" на роз'ємі XI і проводом JJ1 у колійному ящику ТЯ-1 [13].

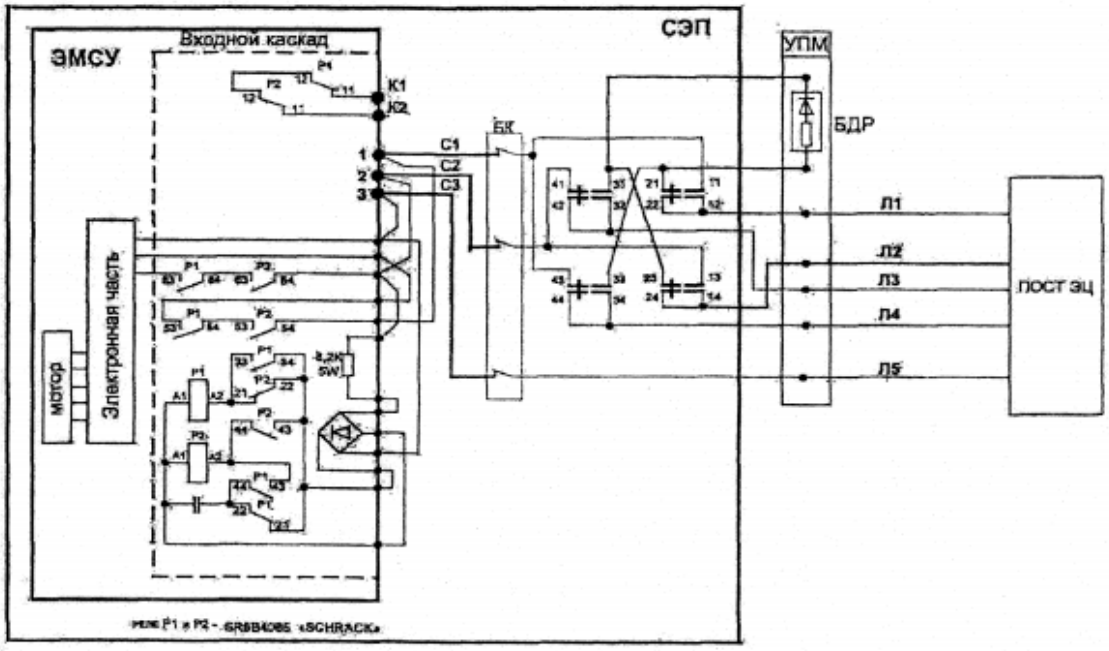

Рисунок 3.8 – Підключення електродвигуна ЕМСУ до мережі трифазного змінного струму

Наявність мікропроцесорної системи управління, що дає змогу двигуну бути універсальним за живильною напругою і частотою обертання ротора, водночас є і його недоліком, оскільки потребує спеціально навченого персоналу. Цей же факт робить двигуни ЕМСУ складнішими в експлуатації та дорожчими (див.рис.3.8) [13].

Таким чином, найперспективнішими є асинхронні трифазні двигуни з огляду на відсутність щітково-колекторного механізму та необхідність у програмуванні для задавання режимів роботи.

Нижче наведено метод визначення параметрів двигунів МСТ, його робочих і механічної характеристик за експериментальними даними, отриманими під час діагностики його стану, запропонований авторами.

3.3 Електромагнітні процеси в асинхронному двигуні стрілочного електроприводу

Електромагнітні процеси в асинхронному двигуні багато в чому аналогічні процесам у трансформаторі. У режимі холостого ходу - статор перебуває під дією номінальної напруги, а струм в обмотці ротора відсутній. Це може бути тільки в разі обертання ротора за напрямком обертання поля статора із синхронною швидкістю, тобто коли хід S = 0. На рис. 3.9 еквівалентна схема заміщення асинхронного двигуна.

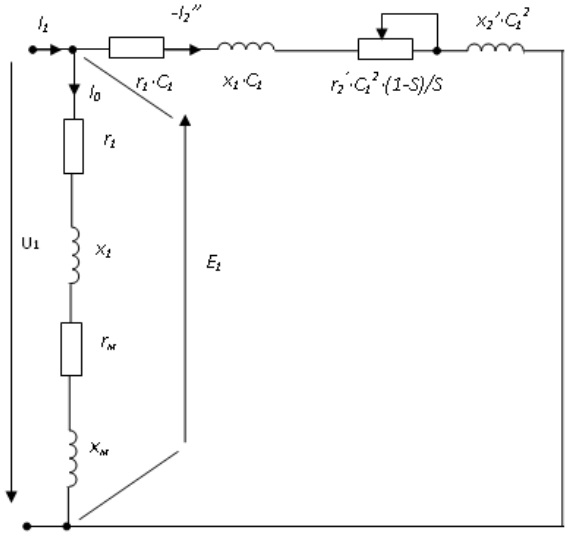

Рисунок 3.9 – Еквівалентна схема заміщення асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

Коло наведеного струму ротора I_2’ містить активні опори обмоток r_1, r^1_2 - активні опори обмоток статора та ротора, x_1, x^1_2 - індуктивні опори обмоток статора та ротора; коло, що намагнічує, представлено опорами $r_м$, $x_м$, r_1,и x_1. Зі схеми заміщення виходить, що струм [11, 12]

$$I_2^1 = \frac{U_1}{\left(r_1 + r_2^1 + \frac{1-S}{S}\cdot r_2^1\right)^2 + \left(x_1 + x_2^1\right)^2} \qquad (3.1)$$

Видно, що в момент пуску t = $t_{пуск}$, S=1, а струми в обмотці ротора та в обмотці статора мають максимальне значення (у трансформаторі це відповідає

режиму КЗ), оскільки опір $R^1_д$, який імітує навантаження, дорівнює нулю.

Електромагнітний момент обертання двигуна, що виникає в результаті силової взаємодії полів статора і ротора

$$M = \frac{P_{эм}}{9{,}81\Omega_1} = \frac{P_{2э}}{S\Omega_1 9{,}81} = C_m \Phi I'_2 \cos\varphi \tag{3.2}$$

де I - струм, пропорційний робочому потоку й активній складовій струму ротора $I_{2S}=I^1{}_2\cos\varphi_2$, де ковзання, $S = \frac{\Omega_1 - \Omega_2}{\Omega_1}$, $P_{2э} = m_1 I_2' r_2'$- потужність втрат в обмотці ротора, Ω_1, Ω_2 - частоти обертання поля статора і ротора. Механічний момент $P_{мех} = \Omega_2 M_T$, де M_T - гальмівний момент. Формулу можна записати в такому вигляді:

$$M = \frac{m_1 r_2 U_1^2}{9{,}81 S \Omega_1 [(r_1 + \frac{r_2'}{S})^2 + (x_1 + x_2')^2]} \tag{3.3}$$

Таким чином, залежність (3.3) називається механічною характеристикою асинхронного двигуна. Видно, що М залежить від квадрата напруги $U_1{}^2$ прикладеної до обмотки статора, що характеризує чутливість моменту до змін напруги живильної мережі. З іншого боку, з рівняння можна показати, що момент М за незмінних U_1 і f_1 є величина постійна, яка не залежить від активного опору ротора.

Критичне ковзання це таке, за якого двигун розвиває максимальний момент. Воно може бути визначено за формулою [11].

$$S_{кр} = \pm \frac{r_2'}{x_1 + x_2'} \tag{3.4}$$

Механічна характеристика може бути розрахована за формулою Клосса, яка дає змогу визначити залежність відносного моменту від потоку

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2}{\frac{S_{кр}}{S} + \frac{S}{S_{кр}}} \tag{3.5}$$

У перший момент часу n=0, $S = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{n_1}{n_1} = 1$ Таким чином, пусковий момент не максимальний і дорівнює

$$M_{пуск} = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r_2'}{\Omega_1 \cdot ((r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2)} \quad (3.6)$$

Ковзання S=0, якщо n_1= n, тобто не буде перетину магнітного поля статора і ротора. У цей час ЕРС E_2 і струм ротора I_2 , а значить і момент на валу ротора М дорівнюватимуть 0.

Коли S< $S_{кр}$ у формулі (3.5) чисельник переважає знаменник, крива йде вгору, а за S>$S_{кр}$ навпаки знаменник переважає чисельник, то крива механічної характеристики йде вниз.

Максимальний момент може бути визначений як

$$M_{\max} = \frac{m_1 \cdot U_1^2}{2 \cdot \Omega_1 \cdot (x_1 + x_2')} \quad (3.7)$$

Для оцінки робочих властивостей асинхронного двигуна і ступеня його придатності для роботи треба знати його робочі характеристики, що являють собою залежність моменту М, струму статора I_1 , коефіцієнта корисної дії η, потоку S і коефіцієнта потужності cos φ від корисної потужності P_2 за номінальної напруги та частоти живильної мережі. Залежності можуть бути побудовані шляхом прямих вимірювань величин, які цікавлять, за різних навантажень двигуна або розраховані.

Залежність n(P_2) називається жорсткою характеристикою. Під час роботи двигуна в режимі холостого ходу P_2=0, а ротор буде обертатися зі швидкістю n ≈ n1. У міру збільшення навантаження швидкість падатиме, а S потік зростатиме. Для звичайних асинхронних двигунів $S_{ном}$=0,015...0,06, а для двигунів стрілочних електроприводів типу МСТ $S_{ном}$=0,18. Це зроблено для збільшення пускового моменту.

Залежність M(P_2) зростає зі зростанням P_2. Оскільки швидкість обертання

ротора практично змінюється мало, то момент на валу ротора буде пропорційний потужності P_2.

Хід кривої $I_1(P_2)$ відповідає рівнянню, якщо вважати $I_1 \approx I_{12}$. Під час роботи вхолосту ($M_г=0$) ротор обертається приблизно із синхронною швидкістю n1, а двигун споживає великий струм хх, який становить 25...75% від номінального. Зі зростанням навантаження збільшується струм у роторі I_{12} і струм I_1 в обмотці статора.

Характеристика коефіцієнта потужності $\cos\varphi$ (P_2) показує, що в міру зростання навантаження на валу двигуна відношення активної потужності P_1, споживаної з мережі, до повної потужності S зростає

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{S} = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} \qquad (3.8)$$

де Q_1 - реактивна потужність в обмотці статора. Ця потужність під час роботи машини в режимі холостого ходу - максимальна, а cos φ= min =0,08...0,2

Під час навантаження швидкість обертання ротора падає, потужність P_1 зростає, $\cos\varphi$ зростає до 0,75....0,95 ,а реактивна потужність Q_1 зростає меншою мірою, ніж P_1). Зі зростанням перебігу зростання cos сповільнюється, оскільки зростає потужність Q_1 за рахунок посилення полів розсіювання, що пропорційні струмам. cos двигуна, що працює з недовантаженням, можна збільшити зниженням у раз напруги фазних обмоток статора шляхом перемикання обмоток статора, якщо це припустимо, з трикутника на зірку.

Залежність $\eta(P_2)$. Коефіцієнт корисної дії показує відношення корисної потужності до витраченої. При хх P_2=0, тому =0. Форма кривої ККР залежатиме від величини втрат. Зі збільшенням P_2 струм I_2 і хід S зростатимуть. Але спочатку I_2 і S будуть малими. За значних навантажень величина потоку збільшуватиметься, тому втрати теж зростатимуть, а крива почне схилятися вниз.

Електромеханічні характеристики двигуна типу МСТ-0,25, визначені за допомогою запропонованого методу, наведено в табл. 3.2.

У робочому режимі ротор двигуна обертається з частотою n_2, меншою за частоту n_1 магнітного поля статора, що обертається в тому самому напрямку, що й ротор.

Таблиця 3.2 –Зняття електромеханічних характеристик стрілочного двигуна типу МСТ-0,25, $n_1 = 1500$ *об / хв*

F, кгс	U_1, В	I_1, А	P_1, Вт	P_2, Вт	n, об/хв	$\cos\varphi_1$	$\eta = \frac{P_2}{P_1}$	$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$	$M = \frac{P_2 60}{2\pi n}$, Н·м
100	190	-	-	-	-	-	-	-	-
	220	1	220	95	1450	0,71	0,43	0,033	0,6
	240	-	-	-	-	-	-	-	-
150	190	-	-	-	-	-	-	-	-
	220	1,1	242	132,6	1400	0,56	0,55	0,067	0,9
	240	-	-	-	-	-	-	-	-
250	190	-	-	-	-	-	-	-	-
	220	1,2	264	211,5	1350	0,4	0,8	0,133	1,49
	240	-	-	-	-	-	-	-	-

Тому магнітне поле, що має більшу частоту, ковзання відносно ротора змінюватиметься з частотою, що дорівнює різниці частот поля і ротора, тобто $n_s = n_1 - n_2$.

Якщо ротор є нерухомим ($n_2 = 0$)то ковзання дорівнює $S = 1$ або 100%. Що більша частота обертання ротора, то менше ковзання.

У робочому режимі асинхронного двигуна значення ковзання мале. У сучасних асинхронних двигунів ковзання при повному навантаженні становить 2... 6%, тобто ротор обертається з частотою, що незначно відрізняється від частоти магнітного поля статора. У двигунів МСТ ковзання завищене і дорівнює 18 %, що пояснюється умовами роботи.

Двигун працюватиме стійко з постійною частотою обертання ротора за умови рівноваги моментів, тобто якщо обертальний момент двигуна M_T дорівнюватиме гальмівному моменту на його валу МТ, який розвиває приймач механічної енергії. Отже, можна записати $M = M_T$. Будь-якому навантаженню машини відповідає певна частота обертання ротора n_2 і певне ковзання S.

Магнітне поле статора обертається відносно ротора з частотою n_s й індукує в його обмотці ЕРС, під дією якої замкнутою обмоткою ротора протікає струм I_2. Якщо навантаження на валу машини збільшується, тобто зростає гальмівний момент, то рівновагу моментів буде порушено, оскільки гальмівний момент виявиться більшим за обертальний. Це призведе до зменшення частоти обертання ротора, а отже, і до збільшення ковзання. Зі збільшенням S магнітне поле статора перетинатиме провідники обмотки ротора частіше, ЕРС E_2, що індукується в обмотці ротора, зросте, а в результаті збільшиться як струм у роторі, так і крутний момент, який розвиває двигун. Течія і струм у роторі збільшуватимуться до значень, за яких знову настане рівновага моментів, тобто крутний момент стане рівним гальмівному.

Зі зменшенням навантаження на валу двигуна гальмівний момент стає меншим від обертального, що призводить до збільшення частоти обертання ротора або до зменшення S. У результаті зменшується ЕРС і струм в обмотці ротора, а отже, і крутний момент, який знову стає рівним гальмівному моменту.

Пуск у хід двигуна, як уже зазначено вище, супроводжується значним споживанням із мережі електроенергії, що в малопотужних мережах може викликати небажане для роботи інших приймачів тимчасове зниження напруги (наприклад, перекриття сигналів світлофорів на заборонні). Тому застосовуються різні технічні заходи, які знижують наслідки такого явища. Наприклад, збільшення активного опору ротора, застосування спеціальної конструкції короткозамкненого ротора та інше.

3.4. Висновки за розділом

Отже, поліпшення умов енергопостачання, наявність недоліків двопровідної схеми керування стрілкою з двигунами постійного струму, впровадження нових сучасних методів і технологій обслуговування, дають змогу розглядати двигуни з використанням змінного струму як досить перспективний напрямок, що забезпечує високий рівень безпеки.

Сучасний рівень модернізації залізничних станцій, що дає змогу використовувати приводи з електродвигунами змінного струму, забезпечують не тільки високу надійність, а й зручність в експлуатації.

Тобто, залишається значність та актуальність асинхронного електродвигуна на залізниці України. Незважаючи на це, більша частина переводів на мережі залізниць досі оснащена двигунами постійного струму. Тому зараз відбувається стрімкий перехід станцій на використання саме двигунів змінного струму, які у порівняні із двигунами постійного струму значно простіші та надійніші у користуванні, містять меншу конструктікцію та не потребують додаткової апаратури, яка перетворює змінний струм в постійний.

Розроблення новітніх типів двигунів стрілочних електроприводів, які ще не почали, але вже використовуються на залізничному транспорті. Завдяки розвитку науки, розробили нелегкі та дорогі асинхронні двигуни з частотним керуванням та регулюванням швидкості.

Винайшли двигуни безконтактного керування постійним струмом з великим терміном придатності, надійністю, використанні у важких умовах експлуатації. Зменшується час обслуговування та технічні роботи, адже даних дій вони не потребують.

Ряд розроблених двигунів дає ряд переваг, а також ряд недоліків: збільшення надійності, якість та швидкості роботи, підвищення безпеки руху поїздів, забезпечення швидкого пропускання рухомого складу, а також одна із проблем – висока вартість пристрою, складність в осблуговуванні, застосування додаткового обладнання тощо.

ВИСНОВКИ

Таким чином, у цій науково-дослідній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня «магістр» виконано аналітичний огляд сучасного стану конструктивного розвитку двигунів стрілочних електроприводів змінного струму, розроблено методику автоматизованого діагностування нормальнодіючих стрілочних електроприводів; виконано моделювання роботи стрілочного трифазного асинхронного малопотужного двигуна.

Для підвищення рівня безпеки експлуатації залізничних поїздів неможливо без забезпечення надійної роботи одного з найважливіших пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки - стрілочного електроприводу.

Проведено оцінку наявних типів електродвигунів стрілочних приводів і сучасних аналогів. Сучасними аналогами наявним типам моторів МСТ, ДП і МСП є ДБУ і ЕМСУ. Двигуни типу ДБУ, ЕМСУ є уніфікованими, обладнані мікропроцесорною системою керування, яка передбачає можливість забезпечення синхронної роботи двох і більше електроприводів (у разі двигунів ЕМСУ), що робить їх перспективними для застосування в стрілочних переводах швидкісних доріг. Система керування двигунів ДБУ дає змогу виключити фрикційну муфту в стрілочному електроприводі та мінімізувати його розміри, завдяки використанню електронної системи керування. Однак, такі двигуни є дорожчими і складнішими в експлуатації, як порівняти з наявними типу МСП і МСТ, оскільки потребують для обслуговування спеціально навченого персоналу.

Розроблено метод визначення параметрів і робочих та механічних характеристик асинхронних трифазних двигунів стрілочних приводів типу МСТ.

Було встановлено, що зі збільшенням навантаження на валу ККД асинхронного стрілочного двигуна збільшується.

Коефіцієнт потужності нижчий за норму ($\cos\varphi_{ном} = 0{,}9...1$). Це пояснюється значним реактивним опором обмоток і осередків асинхронного двигуна.

Швидкість обертання ротора зменшується, що призводить до збільшення ковзання S асинхронної машини. Для двигунів типу МСТ номінальне значення ковзання становить $S_{ном} = 0{,}18$. Оскільки навантаження менше за номінальне, розраховане за виміряними даними значення S залишається нижчим за нормативне.

Зі збільшенням навантаження на валу струм I_1, потужність P_1 і момент M збільшуються відповідно до теорії роботи асинхронного двигуна.

Результати науково-дослідної роботи на здобуття ОКР «магістр» були апробоані на XVI Міжнародної науково-практичної конференції, Дніпро, 14-15 грудня 2022 р. Опубліковано тези [13].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.

2. Призначення та класифікація стрілочних еелктроприводів URL: https://studme.org/404095/tehnika/naznachenie_klassifikatsiya_strelochnyh_privodov

3. Дубинець, Л. В. Електричні машини. Трансформатори. Асинхроні 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.

4. Дорохін, Б. П. Впровадження нових типів двигунів стрілочних електроприводів / Б. П. Дорохін, Т. М. Сердюк // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – Ном. 6. – Дніпропетрвськ: Вид-во ДНУЗТ, 2013. – С. 71–84

5. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування [Текст]. – Київ, 2006. – 433с.

6. Корнійчук, М. П., Липовець Н.В., Шамрай Д.О. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту [Текст] / М. П. Корнійчук, Н. В. Липовець, Д. О. Шамрай – К.: Дельта, 2006. – 500 с.

7. Електропривод стрілочній з внутрішнім замикачем типу ВСП-150. URL: http://scbist.com/postovoe-i-napolnoe-oborudovanie/704-elektroprivod-strelochnyi-s-vnutrennim-smykaniem-tipa-vsp-150-a.html

8. Електропривод СП-12У. URL: Режим доступа: http://www.signador.org/catalogue/ctl-priv.html

9. Електроприводи стрілочні невзрізні. URL: http://www.aemz.elteza.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=420&Itemid=40

10. Парфенов, В. И., Руденко А. Б. Спосіб дистанційної діагностики стану механічної частини стрілочного перекладу з електроприводом постійного струму / В. И. Парфенов, А. Б. Руденко – Д. П. України № 8573, B61L7/08, опубл. 15.08.2005, бюл. № 8

11. Лагута В. В., Сердюк Т. М. Моделювання ефективної системи діагностування тягового електродвигуна з урахуванням вибору варіантів комплектації елементів. Транспортні системи та технології перевезень. 2017. № 13. С. 52–58.

12. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання. Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.; табл. 6, іл. 20, бібліогр. 44 найм.

13. 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.: ДІІТ, 2022. – С.39.