

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні системи та технології
(назва факультету)

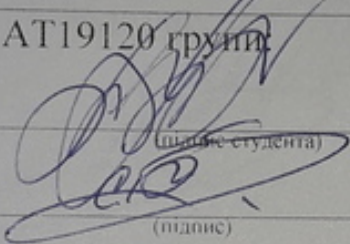
Автоматика та телекомунікації
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему: Діагностування стрілочних електроприводів змінного струму

за освітньою програмою Автоматика та автоматизація на транспорті
зі спеціальності: Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент АТ19120 групи


(підпис студента)

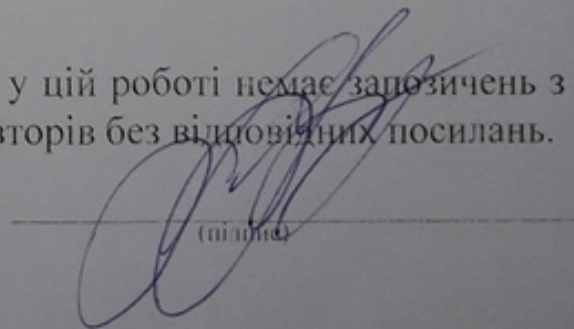
/ Ілля ПИРОЖЕНКО /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

/ доцент каф. АТ Сергій БУРЯК /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Computer technology and systems
(faculty)

Automation and telecommunications
(department)

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis
first
(higher education degree)

on the topic: Diagnosis of switch electric drives of alternating current

according to educational curriculum Automation and automation in transport

in the Speciality: 151 Automation and computer-integrated technologies

(speciality and its code)

Done by the student of the group: / Illia PYROZHENKO /
(name, surname)

Scientific Supervisor: /associate prof. Serhii BURIAK/
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні системи та технології (КСТ)

Кафедра: Автоматика та телекомунікації (АТ)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті

Спеціальність: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ _____

_____ Володимир ГАВ-
РИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

студенту Пироженко Ілля Сергійович

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Діагностування стрілочних електроприводів змінного струму

Керівник роботи: Буряк Сергій Юрійович, к.т.н., доц.

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

« 18 » 10 2021 р. № 704 ст

2. Строк подання студентом роботи: 27.05.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Стрілочний електропривод (СЕП) змінного струму, схеми керування СЕП, стрілочний перевід

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

4.1 Аналітична частина: Розглянути будову стрілочних електроприводів та дослідити статистику відмов його складових елементів включно з елементами стрілочних переводів

4.2 Основна частина: Провести дослідження кривої струму в робочому колі стрілочного електроприводу для випадків переведення стрілки у справному стані та при переведенні стрілки з дефектами, пошкодженнями, несправностями чи відмовами її складових частин.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	28.02-06.03	30%
2	Основна частина	18.04-24.04	60%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	23.05-29.05	100%
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Експертно-оцінювальної комісії	23.06.2022	

Студент
(підпис)

Ілля ПИРОЖЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи
(підпис)

Сергій БУРЯК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

34 с., 11 рис., 3 табл., 14 джерел літератури.

Об'єкт розробки – вплив дефектів робочих механізмів стрілочного електроприводу на форму та спектральний склад струму у робочому колі електроприводу.

Мета роботи – наукове обґрунтування можливості дистанційного діагностування стану стрілочного електроприводу змінного струму.

Методи дослідження – аналіз впливу недоліків у роботі стрілочних переводів на амплітудні коливання та спектральні складові струму в робочому колі електроприводу, статистичний аналіз відмов у роботі стрілочного переводу за його складовими елементами.

У роботі досліджується спосіб визначення несправностей стрілочного електроприводу змінного струму в залежності від стану його складових елементів. Встановлено взаємозв'язок між струмом у робочому колі двигуна стрілочного електроприводу та несправностями як самого електродвигуна так і частин електроприводу, або стрілочного переводу.

Виконані дослідження дозволять після розробки критеріїв визначення конкретного стану стрілочного переводу або окремо електроприводу скоротити час для визначення і усунення несправностей, а можливо навіть попередити відмову заздалегідь, завдяки здатності системи автоматизованого діагностування стану стрілочних електроприводів до прогнозування.

Ключові слова: ЦЕНТРАЛІЗОВАНА СТРІЛКА, СТРІЛОЧНИЙ ПЕРЕВІД, СТРІЛОЧНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, ДІАГНОСТУВАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН ЗМІННОГО СТРУМУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	8
1.1 Стрілочний електропривод. Коротка характеристика.....	8
1.2. Схеми керування централізованими стрілками.....	13
1.2.1. Основні експлуатаційні вимоги до пристрою керування стрілочним електроприводом.....	13
1.2.2. Вимірювання у п'ятипровідній схемі керування стрілочним електроприводом.....	16
1.3. Причини відмов централізованих стрілок.....	19
1.4. Висновки. Постановка мети і задачі дослідження.....	21
2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТРІЛОЧНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ.....	23
2.1. Експериментальні дослідження.....	23
2.2 Систематизація діагностичних ознак відмов стрілочних переводів...	29
2.3 Висновки з експериментів.....	30
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	32
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	33

ВСТУП

Залізнична автоматика й телемеханіка, що служить для керування рухом поїздів, складається з важливих технічних засобів залізниць. Вони використовуються для керування стрілками й сигналами на станціях і перегонах і від їхньої безвідмовної роботи багато в чому залежить перевізний процес.

Автоматизація перевізного процесу та безпека руху в значній мірі залежать від надійності окремих пристроїв. При цьому зростає збиток, який наносять відмови в роботі технічних засобів, особливо на ділянках з інтенсивним рухом поїздів. Особливого значення набувають питання попередження відмов і швидкого відновлення нормальної дії технічних пристроїв.

Статистичні дані про відмови пристроїв електричної централізації показують, що найбільше несправностей припадає на рейкові кола, стрілочні електроприводи, релейну апаратуру, елементи захисту, світлофори.

Щоб підвищити експлуатаційну надійність пристроїв і систем, а також скоротити час відновлення потрібно впроваджувати безперервний контроль за їх станом. Типові рішення електричної централізації передбачають безперервний контроль стану рейкових кіл, положення стрілок, справності світлофорних ламп, цілості запобіжників і нормативних значень опору ізоляції електричних кіл, що перебувають під напругою. Однак такий обсяг контролю є замалим.

Потрібно підвищити надійність роботи пристроїв в умовах експлуатації, для чого необхідно виключи вплив з боку обслуговуючого персоналу в роботу пристроїв, а втілення провести шляхом автоматизації контролю параметрів апаратури та пошуку несправностей [1].

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Стрілочний електропривод. Коротка характеристика

Стрілочні електроприводи призначені для перевodu, замикання й контролю чотирьох положень гостряків стрілочного перевodu – нормального (плюсове), переведеного (мінусове), проміжного (середнє) і взрізу.

Стрілочний електропривод (СЕП) має чотири режими роботи [2]: робочий, при якому СЕП забезпечує переміщення гостряків з нормованим зусиллям, що досягає 6 кН; контрольний (статичний), коли здійснене механічне запирання гостряків у крайнім положенні із зусиллям, що виключає їхній відхід при проходженні поїзда, і є надійний електричний контроль щільного прилягання одного гостряка до рамної рейки й відведення іншого гостряка від рамної рейки; динамічний, коли СЕП й елементи його кріплення до стрілочного перевodu (стрілочна гарнітура) сприймають динамічні впливи рухомого складу, при яких не повинні порушуватися взаємозв'язки функціональних вузлів СЕП і відбуватися залишкові деформації; взрізу стрілки рухомим складом, у результаті якого порушується контрольний режим і виключається можливість виконання робочого режиму.

Повна маршрутизація й осигналізування маневрових пересувань, що виключають можливість руху по стрілках, якщо вони не замкнуті й не перебувають у відповідному заданому маршруту положенні, сприяли появі можливості застосування невзрізних електроприводів, що допускають при взрізі поломку того або іншого елемента приводу або гарнітури [2].

Стрілочний електропривод (рис. 1.1) установлюється на двох фундаментних косинцях 1-5 й 6-10, прикріплених у вузлах (болтові з'єднання) 1, 2 й 9, 10 до рамних рейок, а у вузлах 4, 5 й 6, 7 – до корпусу приводу.

Для додавання конструкції більшої жорсткості й зниження коливань приводу у вертикальній площині при динамічному режимі фундаментні косинці скріплені додатково у вузлах 3, 8 поздовжньою зв'язковою смугою, що опирається на стрілочні бруси. Робочий шибєр Ш приводу шарнірно (шарнір Гука, вузол 18) зв'язаний з робочою тягою 12-18, що у вузлі 12 прикріплена до міжгостря-

кової (сполучна) тяги 11-13, а остання – до гостряків. Контрольні лінійки *Л* у вузлах 16, 17 шарнірно пов'язані з контрольними тягами гарнітури, які жорстко прикріплені до стрілочних гостряків у вузлах 14, 15. Щоб запобігти шунтуванню електричного рейкового кола елементами стрілочної гарнітури, у вузлах 1, 2, 9-11, 13-15 встановлюють ізолюючі фіброві прокладки й втулки.

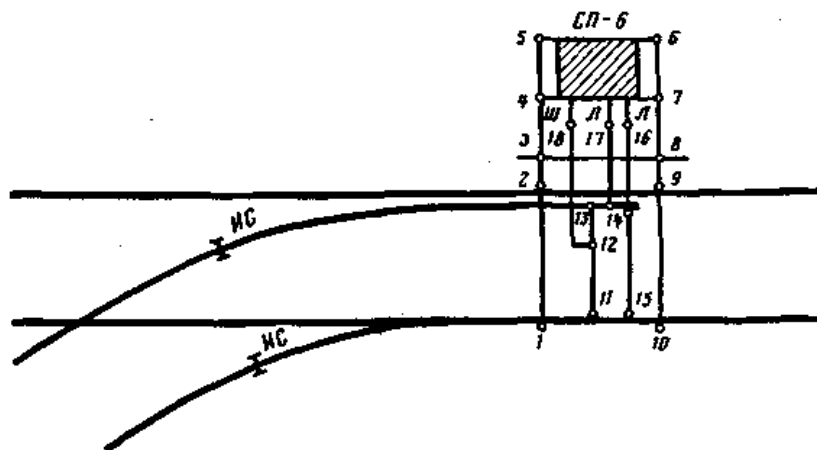


Рис. 1.1 – Схема встановлення електроприводу на стрілці

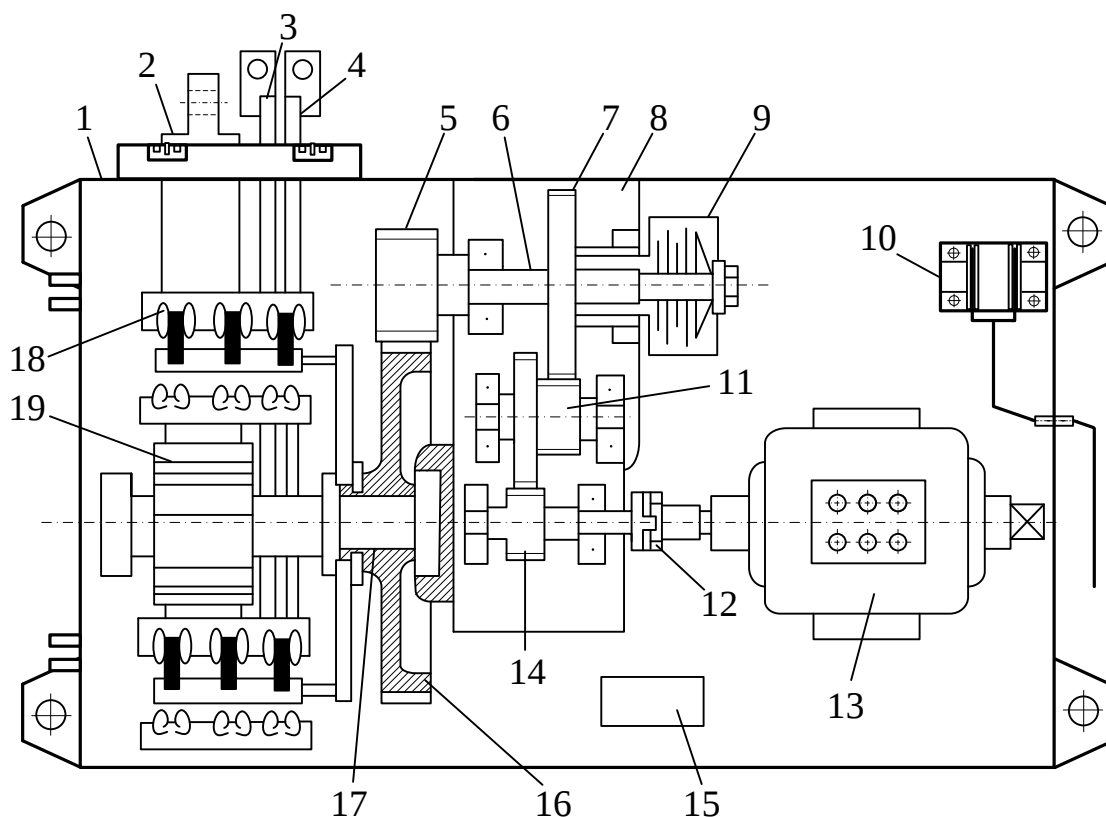
У відповідності до принципової схеми встановлення рамні рейки, гарнітура й привід повинні являти собою єдину жорстко зв'язану конструкцію для рішення декількох важливих завдань [2].

Силову передачу приводу повинно здійснюватися переміщення гостряків стрілки на одну й ту саму задану відстань (152 мм) незалежно від уgonу стрілочного переводу відносно шпал (земляного полотна) у процесі експлуатації, що забезпечує запирання гостряків і контроль їх крайнього притиснутого до рамних рейок положення.

Повинні забезпечуватися додатковий жорсткий зв'язок між рамними рейками для стабілізації зазору «гостряк-рамна рейка» і механічний зв'язок рамних рейок з гарнітурою приводу для контролю їхнього місцезнаходження. Елементи гарнітури й приводу не повинні деформуватися при прогинах стрілочного переводу відносно земляного полотна.

Отже, основну схему й компонування всіх вузлів приводу й гарнітури визначила, по суті, ідея реалізації дистанційного контролю положення стрілки, що полягає у фіксуванні контрольним пристроєм приводу переміщення гостряків

на задану відстань відносно жорстко зв'язаної конструкції «привод-гарнітура-рейки». Це забезпечило простоту кінематичної схеми приводу й зосередження його силових і контрольних органів в одному місці поза рейковою колією.



1 – корпус; 2 – шибєр; 3,4 – контрольні лінійки; 5 – шестерня редуктора; 6 – вал; 7 – шестерня редуктора 8 – редуктор; 9 – фрикційна муфта; 10 – блокуючи заслінка з контактом; 11, 14 – шестерні; 12 – вирівнюючи муфта щєплєння; 13 – електродвигун; 15 – обігрівач; 16 – зубчатє колєсо з упором; 17 – головний вал; 18 – блок автоперємикача; 19 – шибєрна шестерня.

Рисунок 1.2 – Структурна схема стрілочного електроприводу

Для прикладу розглянемо будову стрілочного електроприводу СП-6. У корпусі приводу (рис. 1.2) розташований електродвигун постійного або змінного струму, редуктор з убудованим у тім же блоці фрикційним пристроєм у вигляді сталєвих дисків, стиснєних пружиною, блок автоперємикача, головний вал, шибєр з кулачковим замикаючим механізмєм, контрольні лінійки, штепсельна розетка для підключєння перєсної освітлювальної лампи, обігрівачі (резистори) контактів автоперємикача, контактний блокувальний пристрій, кєрований

заслінкою (важіль), що відключає коло електродвигуна при переводі стрілки курбельною рукояткою й знятті кришки корпусу.

Редуктор з вбудованим фрикціоном являє собою окремий вузол, що монтується у корпусі електропривода. Редуктор складається із чавунного корпусу із кришкою, усередині якого перебувають сталеві вали-шестірні, зубчасті колеса нормального циліндричного зачеплення, а також фрикційної муфти, змонтованої усередині зубчастого колеса. Фрикційна муфта складається із чотирьох рухливих і чотирьох нерухливих сталевих дисків. Рухливі диски з'єднані із зубчастим колесом, а нерухомі диски розташовані на втулці, що з'єднана шпонкою з валом-шестірнею.

Стискаються диски трьома тарілчастими пружинами за допомогою регулювальної гайки. Зусилля фрикційного зчеплення регулюється від 1000 до 7000 Н. Обертання від електродвигуна на редуктор передається через муфту, розташовану на квадраті вала-шестірні редуктора.

Електродвигун, одержуючи живлення з поста керування або від місцевого джерела постійного або змінного струму, обертає перший із чотирьох каскадів зубчастих передач редуктора. Це обертання передається через диски фрикційної муфти наступним каскадам редуктора й головному валу, що при переводі стрілки з одного крайнього положення в інше робить один неповний оберт (280°).

Механічна передача електропривода типу СП-6 чотирьохкаскадна. Загальне передатне число – 70,5. Головний вал пов'язаний з робочим шиберам за допомогою кулачкового замикаючого механізму, що являє собою зубчасту передачу рейкового типу, ведуча шестірня якої розташована на головному валу й має спеціальну форму двох крайніх зубів (зуби скошені, утворюючи кулачки). Аналогічну форму мають два крайніх зуби робочого шибера. Тому наприкінці переводу стрілки, коли скошені зуби (шестірні головного вала й шибера) входять у зіткнення, створюється упор, що перешкоджає пересуванню шибера й пов'язаної з ним робочої тяги стрілочної гарнітури, гостряки стрілки виявляються переведеними й замкненими від переміщення стрілочних гостряків усе-

редину колії. Убік рамної рейки кулачковий механізм у замикаючому положенні забезпечує можливість вільного руху робочого шибера (рис. 1.2) на 12 мм щоб уникнути руйнування приводу при проході поїздів по стрілці.

Факт запирання гостряків кулачковим механізмом не відбиває дійсного положення стрілочних гостряків, оскільки шибера і робоча тяга, наприклад, можуть виявитися роз'єднаними до й під час переводу стрілки. Запирання повинне контролюватися й відбуватися одночасно з фактичним приведенням гостряків у крайнє положення.

При взрізі кулачковий механізм продовжує втримувати робочий шибера, тому відбувається стискання й, як наслідок, деформація (вигин) робочої тяги, якщо зусилля взрізу було спрямовано (залежить від положення стрілки в момент взрізу) убік приводу. У цьому випадку несуча здатність робочої тяги нижче міцності замикаючого механізму. Якщо зусилля взрізу було спрямовано від приводу, то несуча здатність робочої й міжгострякових тяг вище міцності замикаючого механізму.

Тому, незважаючи на деяке розтягання й деформацію тяг, руйнується автоперемикач, наприклад, лопаються підшипники головного вала або болти автоперемикача (можливий його зсув). Привід стає некерованим.

Таким чином, при взрізі стрілки завжди ламаються різні вузли приводу або гарнітури без роз'єднання гостряків і замикаючого механізму, тому що спеціальних ослаблених деталей у ньому не передбачено. Вважається, що взріз стрілки є надзвичайною подією, що вимагає післявзрізного огляду не тільки приводу, але й стрілочного переводу.

Гарантійний строк експлуатації – дванадцять місяців з моменту введення електропривода в експлуатацію. Гарантійний строк зберігання – дев'ять місяців з моменту виготовлення. Електроприводи СП-6 призначені для роботи при температурі навколишнього повітря від -45°C до $+55^{\circ}\text{C}$; відносної вологості не більше 98 % при температурі не вище $+30^{\circ}\text{C}$. Габаритні розміри – 785x422x255 мм; маса – 170 кг.

1.2. Схеми керування централізованими стрілками

1.2.1. Основні експлуатаційні вимоги до пристрою керування стрілочним електроприводом

Схеми керування стрілочними електроприводами відносяться до числа найбільш відповідальних у системах електричної централізації [3].

Стрілочні електроприводи повинні забезпечувати: перевід з одного крайнього положення в інше незамкнutoї у маршруті й незайнятої рухомим складом стрілки; перевід стрілки із проміжного положення в будь-яке крайнє; контроль фактичного положення стрілки, що може займати плюсове, мінусове й проміжні положення.

Для виконання зазначених вимог схеми керування стрілочними електроприводами містять керуюче, робоче й контрольне кола.

Керуюче коло призначено для включення з пульта керування пускових приладів стрілочного електропривода з перевіркою умов, що забезпечують безпеку руху: вільності ізольованої ділянки від рухомого складу, контрольованої фронтовим контактом стрілочного колійного реле СП, і відсутності встановленого за участю стрілки маршруту, що перевіряється фронтовим контактом замикаючого реле.

Одне з основних вимог до керуючого кола полягає в тім, що пускове реле, що включає робоче коло електропривода, повинне спрацьовувати від короткочасного імпульсу незалежно від тривалості замикання контактів стрілочної керуючої кнопки або рукоятки.

Після спрацьовування воно повинне втримуватися в цьому стані до кінця перевodu стрілки струмом, що протікає в робочому колі через обмотки стрілочного електродвигуна, чим фіксується фактичне підключення електродвигуна до джерела живлення. Якщо пускове реле по робочому струму не блокується, то воно повинне негайно вимикатися й розмикати робоче коло.

Інша вимога до керуючого кола полягає в тім, що перевід стрілки, що починається при вільній стрілочній ділянці, повинен закінчитися навіть у тому випадку, якщо після його початку на стрілочну ділянку вступає рухома одиниця

або вимикається живлення рейкового кола. При виконанні цієї вимоги запобігається схід рухомого складу з рейок через недохід гостряків до крайнього положення. Для виконання цієї вимоги вільність стрілочно-коліїної ділянки перевіряється тільки в колі збудження пускових реле.

Керування пусковими приладами не повинне залежати від положення стрілки. Цим забезпечується можливість виведення гостряків з будь-якого положення й незалежність переводу стрілки від стану контрольного кола.

Робоче коло призначено для підключення електродвигуна стрілочного електропривода до джерела живлення при переводі стрілки з одного положення в інше. Вона утвориться обмотками стрілочного двигуна, контактами автоперемикача, лінійними проводами й контактами пускової апаратури.

До робочого кола пред'являються наступні основні вимоги: вихід з ладу будь-якого елемента робочого кола повинен виявлятися не пізніше чергового переводу стрілки; всі обмотки стрілочного електродвигуна в нормальному (контрольному) режимі повинні бути відключені від всіх полюсів джерела живлення робочого кола, чим забезпечується захист електродвигуна від розвороту при однополюсних сполученнях з робочими колами інших стрілок і лінійних кіл інших колійних елементів електричної централізації; стрілочний електродвигун, робоче коло якого має загальні лінійні проводи з контролним колом, не повинен розвертатися при протіканні по його обмотках контрольного струму; робоче коло повинне забезпечувати можливість подвійного (централізованого й місцевого) керування стрілкою, спарювання стрілок з їх послідовним або паралельним переводом. Робоче коло електропривода неприпустимо поєднувати з колами автоматичного очищення стрілок, обігріву контактної системи автоперемикача й т.п. ; стрілочний електродвигун повинен бути захищений від розвороту під дією індукованих у лінійних проводах ЕРС змінного струму, якщо схема керування електроприводом не контролює появи в її лінійній частині заземлень.

Контрольне коло призначено для безперервного контролю всіх положень стрілочного електропривода (плюсове, мінусове й проміжне).

До контрольних кіл пред'являються наступні основні вимоги: вихід з ладу будь-якого елемента контрольного кола повинен негайно виявлятися, у зв'язку із чим у нормальному режимі ці елементи повинні обтікати контрольним струмом; контрольний струм підводиться до контрольних приладів з боку автоперемикача приводу, що забезпечує захищеність контрольного кола від спрацьовувань при обривах і коротких замиканнях лінійних проводів; якщо конструкцією автоперемикача електропривода допускається ймовірність зварювання його контрольних контактів, то в контрольному колі повинен бути захист від появи в цьому випадку помилкового контролю; при знаходженні стрілки в середньому положенні контрольні прилади повинні бути відключені від всіх полюсів джерела живлення, що забезпечує захист від помилкових спрацьовувань при сполученнях у лінійних проводах; як контрольні органи стрілочного електропривода використовуються прилади, для спрацьовування яких від змінного струму потрібна напруга не менш 800-1000 В, що створює захист від дії поздовжніх ЕРС; небезпечні стани в контрольному колі не повинні виникати при відмові в роботі якоря поляризованого реле, перегорянні запобіжників, змін тимчасових характеристик реле, заземленні лінійних проводів, з'єднанні через ємнісні опори жил кабелю, наведенні в лінії поздовжніх ЕРС, перехідних процесах у будь-яких частинах схеми; при нормальному положенні проходження контрольного струму через колектор стрілочного двигуна постійного струму не допускається, щоб не порушувався контроль положення стрілки при зміні його перехідного опору; коло контролю не повинно порушуватися при заміні двигуна або виробництві ремонтних робіт в електроприводі; контрольне коло не допускається поєднувати з колами менш відповідальних пристроїв, а також з робочим колом, що містить елементи, ушкодження яких можуть викликати помилкове спрацьовування контрольного реле.

1.2.2. Вимірювання у п'ятипровідній схемі керування стрілочним електроприводом

Під час проведення вимірювань перевід стрілочного електропривода виконувався на випробувальному стенді ввімкненого за схемою (рис. 1.3), ідентичною до п'ятипровідної схеми управління стрілкою [2, 3, 4]. Для цього було виконано підключення аналого-цифрового перетворювача до робочого кола схеми управління стрілкою. В розімкнуте курбельним вимикачем робоче коло електропривода під'єднувалась на один з виводів перемикача, а на іншій – послідовно включався шунт з опором 0,5 Ом, до якого і підключається АЦП і який на рис. 1.3 показано стрілочками. Проводиться запис кривої струму, який протікає в колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі стрілки з одного положення в інше.

Щодо недоліків у роботі, то, наприклад, підвищення напруги мережі призводить до рівномірного перегрівання сердечника статора. Якщо ж сердечник статора перегрівається місцями, то це може бути свідченням або наявності задирок, що утворилися при обточуванні статора і замикають листи сердечника, або зачіпання ротором статора при обертанні.

Перегрів обмотки статора відбувається також у таких випадках: перевантаження електродвигуна, занижена напруга мережі, сполучення витків в обмотці статора, неправильне з'єднання вивідних кінців обмоток, коротке замикання між фазами.

Поганий контакт між стрижнями обмотки і короткозамикаючими кільцями ротора внаслідок розриву стрижня або його відриву від кільця стає причиною поганого запуску в хід електродвигуна і перегріву ротора. Супроводжується дана несправність тим, що двигун під час пуску не може розвинути номінальної частоти обертання і видає гудіння, крутний момент знижений, струм в статорі пульсує.

У мережі живлення виникнуть коливання струму з частотою, рівній частоті ковзання і коливання напруги, а при обриві в короткозамкненому роторі декількох стрижнів пуск двигуна стає неможливим.

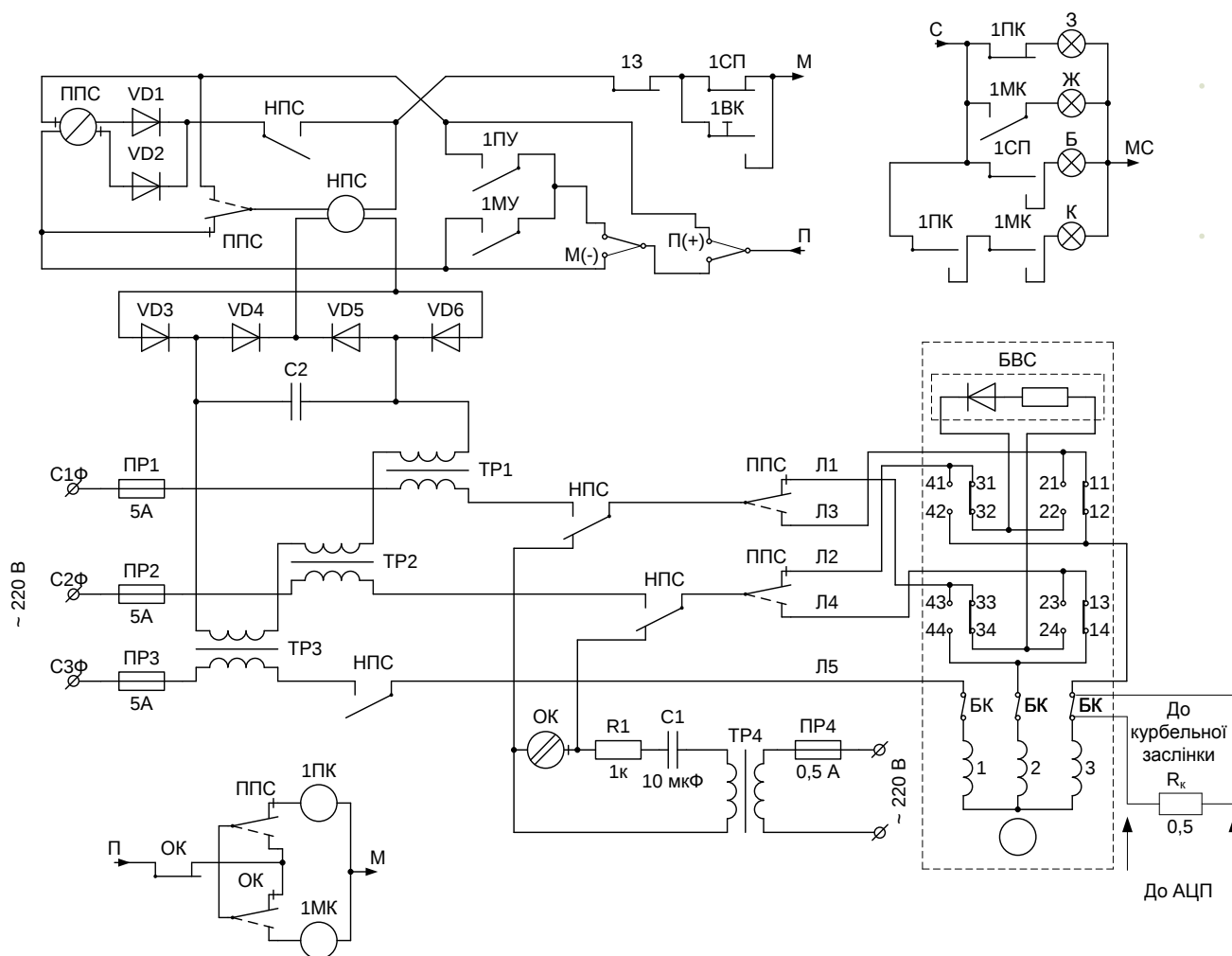


Рис. 1.3 – Схема підключення вимірювального пристрою до електропривода з п'ятипровідною схемою управління

Якщо електродвигун зовсім не йде в хід також і у випадку обриву в одній фазі статора при включенні зіркою. При цьому струм в двох інших фазах завищений. Якщо обрив станеться під час роботи електродвигуна, він перевантажиться.

У випадку з'єднання обмотки в трикутник обрив однієї з фаз призведе до значного перевищення струму в провіднику між двома іншими фазами над зниженим струмом в провідниках, що контактують з цією фазою.

При обриві в одній паралельній гілці підвищиться струм в інших гілках, що призведе до перегріву цих гілок значно більше за інших. І до того ж пуск двигуна в такому випадку можливий, але його потужність значно знизиться.

Робота ж двигуна на двох фазах неприпустима, та як це призведе до виходу його з ладу. Обмотка загальмованого двигуна при подачі живлення по двом фазам перегрівається зі швидкістю приблизно 7° C/сек [5].

Головною ознакою статичного ексцентриситету ротора асинхронного двигуна служать величини додаткових гармонійних електрорухомих сил в струмах і магнітних полях асинхронних двигунів, викликані нерівномірністю повітряного зазору. Поява ексцентриситету ротора в асинхронному двигуні призводить до значного зростання величин ударного електромагнітного моменту при прямому пуску електродвигуна. Це несприятливо впливає на сам двигун і приводний механізм, знижуючи термін їх служби. Ознака того, що зазор в будь-яких точках, в результаті статичного чи динамічного ексцентриситету не зник, але близький до нуля можна вважати появу в спектрі струму однієї з фаз асинхронного двигуна складової з частотою обертання ротора [6].

При пошкоджених стержнях ротора двигун рушає з місця при напрузі, меншій, ніж справний двигун. Це і підтверджує наявність даної несправності. При наявності короткозамкнених витків в одній з фаз обмотки статора ротор починає рухатися, навпаки, при більшій напрузі, ніж у справного двигуна. Це пояснюється тим, що при наявності короткозамкнених витків порушується симетрія трифазної обмотки, і при протіканні по ній струму створюється також еліптичне магнітне поле, але чинне з боку статора, яке також можна розкласти на два поля, що обертаються в протилежні сторони. Навпаки обертове поле створює у всьому діапазоні ковзань гальмівний момент, і тому результуючий електромагнітний момент зменшується. У зв'язку з цим для створення необхідного моменту потрібна більша напруга.

У випадку, якщо двигун починає обертання при напрузі, меншій величини еталонного показника, то це є діагностичною ознакою розриву одного або декількох стрижнів ротора, при більшій напрузі – наявності пошкодження в обмотці статора або несиметричності напруги, що подається [7].

1.3. Причини відмов централізованих стрілок

Стрілки разом з електричними приводами на них є найважливішими вузлами електричної централізації. Відмова в роботі стрілки може звести до мінімуму надійність будь-якої системи централізації й привести до найважчих наслідків. Тому утримувannya цього вузла в справному стані приділяється основна увага обслуговуючого персоналу станції – працівників сигналізації й зв'язку й працівників колії. Централізована стрілка містить у собі власно стрілочний перевід, електропривод і схему керування їм. Несправності стрілочного переводу звичайно пов'язані з його неякісним обслуговуванням працівниками колії. У першу чергу сюди відноситься брудний стан стрілки, несвоєчасне очищення її від снігу, провисання гостряків стрілки, наявність накату на рамних рейках, невідповідність розмірів нормам утримувannya й т.д. Найбільш характерні відмови на стрілочному переводі, усунення яких покладено на працівників колії, а також ознаки прояву цих відмов наведені в табл. 1.1 [1].

Особливо піддані відмовам централізовані стрілки при різких перепадах температури й вологості. Цьому сприяє напресування снігу й льоду в кореневих кріпленнях, причому ні обдування, ні обігрів стрілочного переводу не можуть повністю запобігти цьому явищу.

Відмова в роботі стрілки може бути обумовлена також порушеннями в утримувannya стрілочного електропривода.

Відмови електроприводів в основному обумовлені порушенням контакту автоперемикача, несправностями механічної частини й електродвигуна. Порушення контакту автоперемикача є наслідком неправильного регулювання зламу контактних колодок, важелів, контактів; індивіювання контактів; забруднення контактів й ін. У табл. 1.2 даний розподіл відмов елементів стрілочних електроприводів.

Таблиця 1.1 – Типові відмови стрілочного переводу й ознаки їх появи

Ознака відмови	Найбільш імовірна причина відмови
При перевірці стрілки на щільність притиснення гостряків стрілка замикається при шаблоні товщиною 4 мм	1. Розширення колії біля гостряків стрілки; 2. Викантовування гостряків через ослаблення кореневого кріплення; 3. Відбій рамної рейки внаслідок слабкої її кріплення; 4. Скривлення гостряка; 5. Неправильне регулювання тяг
При переводі стрілки зазор між гостряком і рамною рейкою менш 4 мм, але стрілка переводу не закінчує	1. Звуження колії в гостряків стрілки; 2. Накат на гостряку або рамній рейці; 3. Регулювання приводу без допуску, у результаті чого при зміні температури відбувається недохід стрілки при нормальному зазорі
При переводі стрілки зазор між гостряком і рамною рейкою більше припустимого, але стрілка переводу не закінчує (працює на фрикцію)	1. Напресування снігу або бруду між гостряком і рамною рейкою або в кореновому кріпленні; 2. Скривлення гостряка; 3. Надмірно затягнуті кореневі болти; 4. Упорні болти впираються в гостряк; 5. Забруднені й не змазані башмаки стрілки. Гостряки лежать на малому числі башмаків
При переводі стрілка не рушає з місця, електродвигун працює на фрикцію, струм фрикції в нормі або ж стрілка переводиться важко, електродвигун споживає підвищений струм	1. Притиснутий гостряк затиснутий накатом рамної рейки; 2. Стрілка сильно забруднена; 3. Угон гостряка; 4. Сильно затягнуті кореневі болти; 5. Розгорнулися упорні болти

У процесі експлуатації спостерігаються випадки нестабільної роботи фрикційного пристрою, викликані відсутністю мастильного матеріалу на поверхнях фрикційних дисків і перекосом тертьових поверхонь відносно один одного.

Обриви секцій якорі є наслідком порушення технології виготовлення на заводі. Відмови електродвигунів можна попередити застосуванням методу дистанційної перевірки за допомогою осцилографа й перевірки в польових умовах омметром відповідно до технології обслуговування.

Таблиця 1.2 – Розподіл відмов елементів стрілочних електроприводів

Причина відмов	Кількість відмов, %, електроприводу типу						
	СП-1	СП-3	СП-6	СП-2Р	СПВ-5,6	СПГ-2,3	СПГБ-4
Порушення контакту автоперемича	62,07	57,57	53,25	59,36	56,14	62,75	45,45
В тому числі:							
неправильне регулювання	20,69	21,7	22,73	16,85	16,37	33,33	36,36
злам колодки контакту, важелів, контрольних лінійок	17,24	18,45	12,34	18,91	20,47	25,49	9,09
збурднення							
індивідуальності	10,34	3,67	4,87	6,55	4,09	3,92	—
Заклинювання шиберу	13,79	12,15	11,69	8,61	12,28	—	—
Несправність механічної передачі	3,45	4,17	2,92	1,5	7,02	1,96	—
Порушення контакту блокувального пристрою	—	7,52	3,57	6,74	12,28	15,69	27,27
Порушення роботи електродвигуна	6,9	3,78	11,36	3,93	2,34	—	—
Інші	24,14	26,22	27,27	24,72	19,88	17,65	27,27
	3,45	0,75	1,62	3,75	2,34	1,96	—

Поряд з несправностями стрілочного приводу, в експлуатації можуть мати місце й відмови в схемі керування стрілкою. На відміну від несправностей самого приводу відмови електричної схеми вимагають для свого відшукування попереднього аналізу схеми.

1.4. Висновки. Постановка мети і задачі дослідження

Недоліком існуючої технології обслуговування стрілочних переводів є значні затрати ручної праці, часу та неможливість своєчасного виявлення та попередження відмов стрілки [8]. Крім цього виявлення тієї чи іншої відмови фіксує обслуговуючий персонал візуальним оглядом, що не дає необхідної точності та достовірності. Це зумовлює необхідність розробки систем автоматизованого діагностування та контролю пристроїв залізничної автоматики.

Важливість контролю та діагностики даного елемента ЕЦ визначається тим, що при виході з ладу елемента електроприводу відбувається відмова всього стрілочного переводу, а це в свою чергу призводить до того, що частина системи ЕЦ виходить з ладу (залежно від важливості стрілки і положення на станції з

роботи може бути виключено як одне рейкове коло, так і значна частина горловини станції). При виникненні відмови, всі маршрути до складу яких входить стрілка, що відмовила, не можуть використовуватися в роботі (якщо стрілка не дає контролю), чи використовується лише частина маршрутів, які проходять через дану стрілку (стрілка дає контроль, але не переводиться). Затримки поїзної роботи у зв'язку з виходом з ладу стрілочних електроприводів, складають 18,1 хвилин, що є найбільшим часом затримки серед всіх параметрів ЕЦ [9]. Час пошуку і усунення несправності – це середня тривалість відмови – складає 32,3 хв. Цей час є досить значним і поребує зменшення, яке можливе при застосуванні автоматизованого діагностування стрілочного переводу.

Отже, необхідно створити систему, що прискорить пошук відмов, а також допоможе не тільки їх виявляти, але й заздалегідь прогнозувати можливі відмови. Такими системами в залізничній автоматичі є системи технічного діагностування й контролю.

Метою роботи є розробка методу автоматизованого діагностування стрілочного переводу, який дозволить завдяки постійному контролю параметрів під час кожного переведення стрілки слідкувати за їх зміною та робити висновки про відповідність їх нормативним значенням технічної документації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: провести експериментальні дослідження на справних стрілочних переводах та переводах з певними дефектами; визначити діагностичні ознаки СЕП; розробити методи та засоби автоматизованого контролю СЕП.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТІЛОЧНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

2.1. Експериментальні дослідження

Струм нормального переводу стрілки відзначається рівномірним значенням по всій протяжності переводу (рис. 2.1). Наприкінці переводу помітний незначний струм залишкового обертового поля статора. Переведення стрілки здійснювалося плавно і рівномірно, без ривків, вповільнень і різких прискорень, без заїдань і сторонніх звуків, що також є ознакою його справного стану.

З даної часової характеристики, можна встановити три найважливіших параметра: характер зміни кривої струму, величину струму переводу і його тривалість. Часову залежність кривої струму переведення стрілки стрілочним електроприводом змінного струму можна розбити на дві ділянки: пуск двигуна в хід з подоланням інерційності системи і розмикання стрілки, власне перевід гостряків стрілки і доведення гостряків до протилежної рамної рейки з замиканням гостряків.

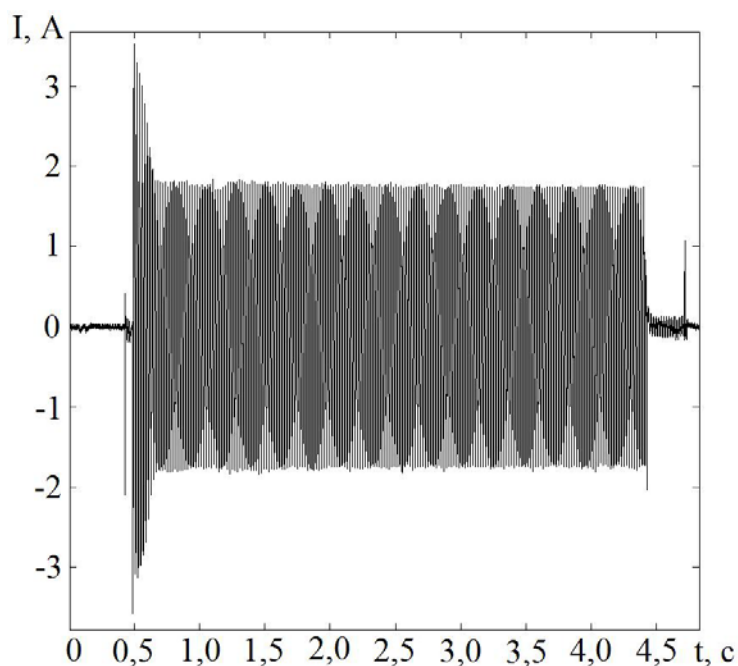


Рисунок 2.1 – Струм робочого кола стрілочного електропривода змінного струму при переводі справної одиночної стрілки

Спочатку спостерігається невеликий сплеск струму, відповідний перекиданню контактів ППС (пускового поляризованого стрілочного) і значне короткочасне збільшення струму, що є ознакою рушання вала двигуна з місця зі зрушен-

ням з місця всіх передавальних ланок. Струм при цьому досягає значень 3,5 А. Наступну ділянку характеризує рух механізмів приводу з приведенням у рух гостряків і їх переміщенням з незмінним значенням струму 1,9 А. На завершальному етапі переведення стрілки, коли відбувається підведення гостряка до рамної рейки, після замикання стрілки спостерігається залишкове обертаюче магнітне поле в статорі двигуна.

З зображення спектра струму в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі справної одиночної стрілки (рис. 2.2, а) видно, що вагомими в спектрі сигналу є низькі частоти в діапазоні від 0 до 2 кГц. Оскільки вони є періодичними, то візьмемо для зручності і наочності лише перші з них. При розгляді спектра струму в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі справної одиночної стрілки на низьких частотах (рис. 2.2, б) легко визначити, що найбільше значення має частота живильної мережі, а в сигналі присутні гармоніки кратні в непарне число раз частоті живильного струму.

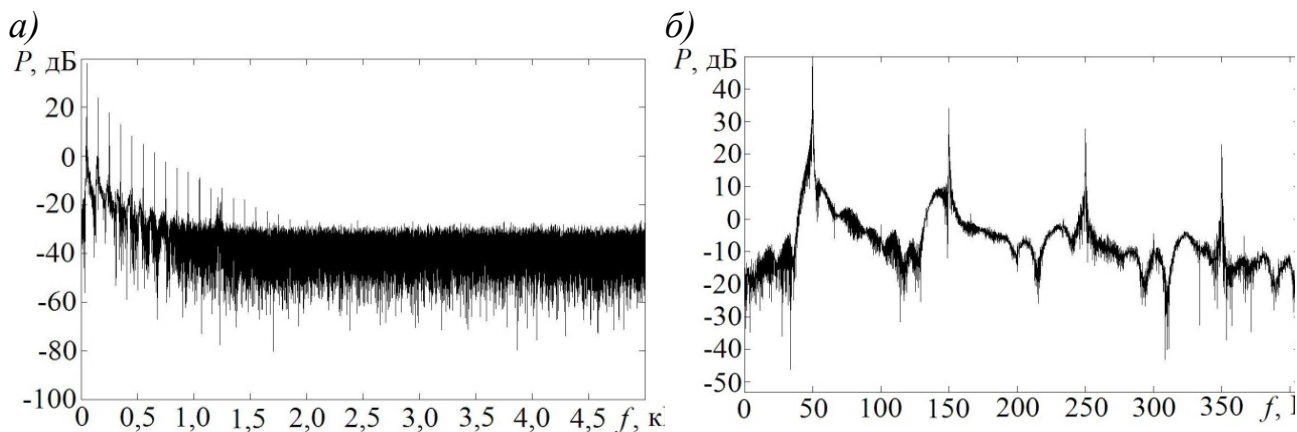


Рисунок 2.2 – Спектр струму робочого кола стрілочного електропривода змінного струму при переводі справної одиночної стрілки
а) в широкому діапазоні частот; б) на низьких частотах.

Для визначення правильності регулювання натискання тарілчастих пружин можливо скористуватися характеристикою струму при роботі приводу на фрикцію (рис. 2.3). Дослідження показали, що в даному режимі роботи струм підвищується зі значення 1,9 А до 2,25 А, що відповідає нормальному регулюванню струму роботи на фрикцію [10].

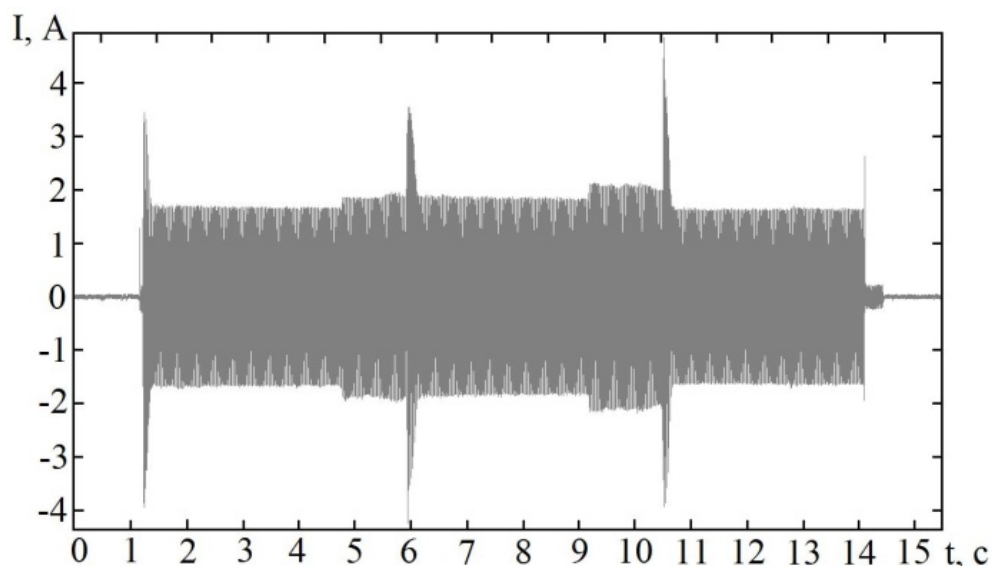


Рисунок 2.3 – Струм робочого кола електропривода при роботі двигуна на фрикцію

При засипанні стрілочного переводу сипучими матеріалами струм у колі стрілочного електродвигуна змінюється протягом переводу в залежності від з опору руху гострякам стрілки, який вони зустрічають при переведенні з одного положення в інше (рис. 2.4). На початку руху, коли стрілочний перевід починає відмикатися, часова залежність повторює струмову криву переводу стрілки у справному стані. Але коли починають свій рух гостряки, які пересуваються по засипаній ділянці і викликають збільшення навантаження на валу, що призведе до збільшення струму з 1,8 А до 2,6 А.

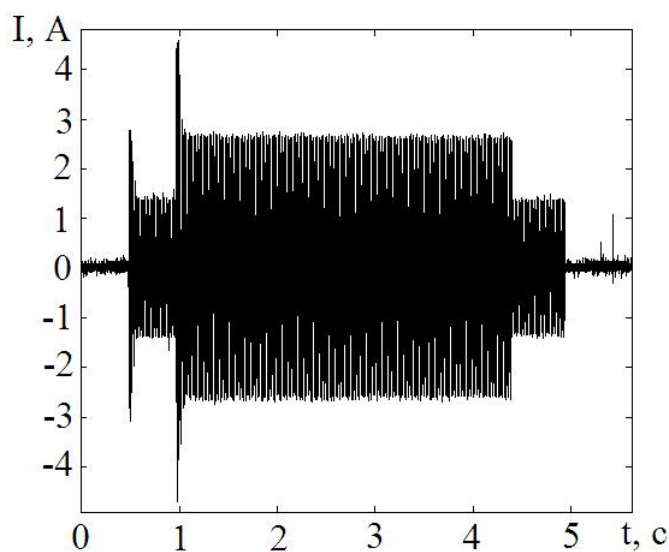


Рисунок 2.4 – Струм переведення стрілки при засипанні сипучими матеріалами

Струм в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з упором кореня гостряка і/або відбоєм рамної рейки (рис. 2.5) аналогічний переводу справної стрілки лише на першій ділянці часової залежності. В кінці другої ділянки струмової кривої спостерігається збільшення струму в колі електродвигуна з 2,1 А до 2,5 А, яке є наслідком збільшення опору руху гостряків стрілки через упор кореня дальнього гостряка в рейку, що лежить за ним, і/або відбій рамної рейки. На подолання додаткової сили, що виникла, електродвигун розвиває більшу потужність, що викликає збільшення струму в робочому колі.

Упор кореня гостряка і стрілка засипана сипучими матеріалами, впливає тільки на амплітудне значення струму в робочому колі електродвигуна, то його можна зафіксувати виключно у часовій області.

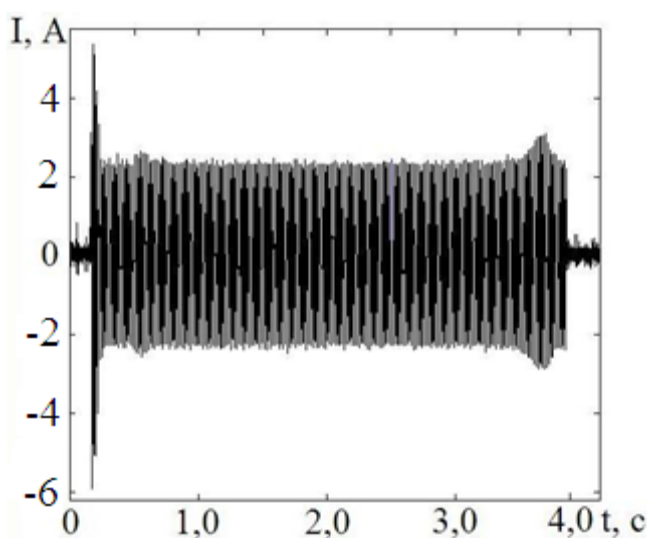


Рисунок 2.5 – Струм робочого кола стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з упором кореня гостряка і/або віджимом рамної рейки

На стрілочних переводах після проведення вимірювань кривих струму нормального переводу штучно створювалось порушення вимог до технічного утримання стрілочних переводів [10, 11] і вносився надмірний люфт в шарнірних з'єднаннях шибера з робочою тягою. Люфт у вузлі Гука досягав значень понад 1,5 мм, хоч за нормативним значенням не має перевищувати 0,5 мм. У зв'язку з появою люфтів у вузлах кріплення збільшився час переведення стрілки

на 0,5 с з нормативних 4,5 с [12] та форма перевідної кривої, значення якої в середині переводу зменшувалося з 1,9 А до 1,4 А (рис. 2.6).

За часом протікання струму в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки (рис. 2.6) можна ідентифікувати люфт в шарнірних з'єднаннях робочої тяги за збільшеною тривалістю переведення стрілки, яка значно перевищує аналогічний показник справної стрілки.

Початкова ділянка кривої струму характеризується пуском двигуна в хід і проходженням люфтів і зазорів в кріпильних елементах. Потім спостерігається підвищене значення струму в колі електродвигуна внаслідок збільшеного опору руху через неправильне регулювання кріпильних вузлів. І з останньої ділянки кривої струму стає зрозуміло про припинення лінійного пересування гостряків і ілюструє процес замикання стрілки з притисканням гостряка [13].

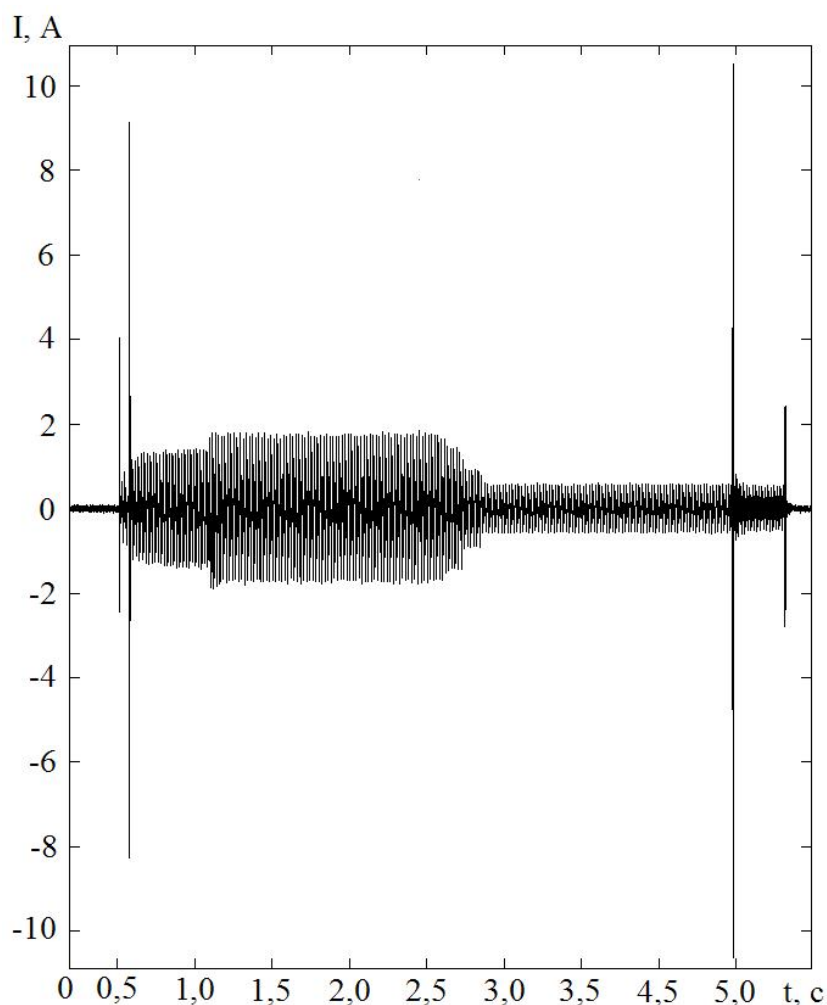


Рисунок 2.6 – Струм робочого кола стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з люфтом в шарнірних з'єднаннях

Таким чином, несправності, які стосуються механічної частини стрілочного переводу, можна встановити за часовою характеристикою кривої струму переведення стрілки.

У свою чергу струм в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з несправним ротором (рис. 2.7) нічим не відрізняється від струму переводу справної стрілки, хоча переведення стрілки супроводжується вібрацією і характерним високочастотним стуком всередині двигуна. При огляді двигуна було встановлено пошкодження стрижня ротора типу «біляча клітка» з присутністю намагніченого металевго пилю [14].

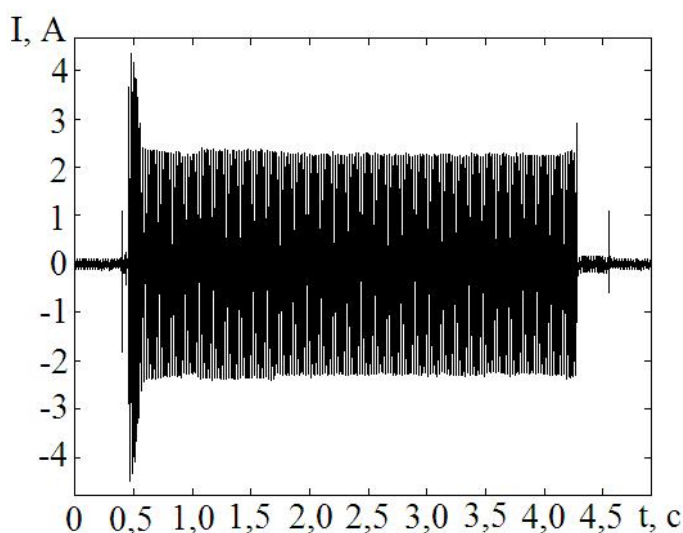
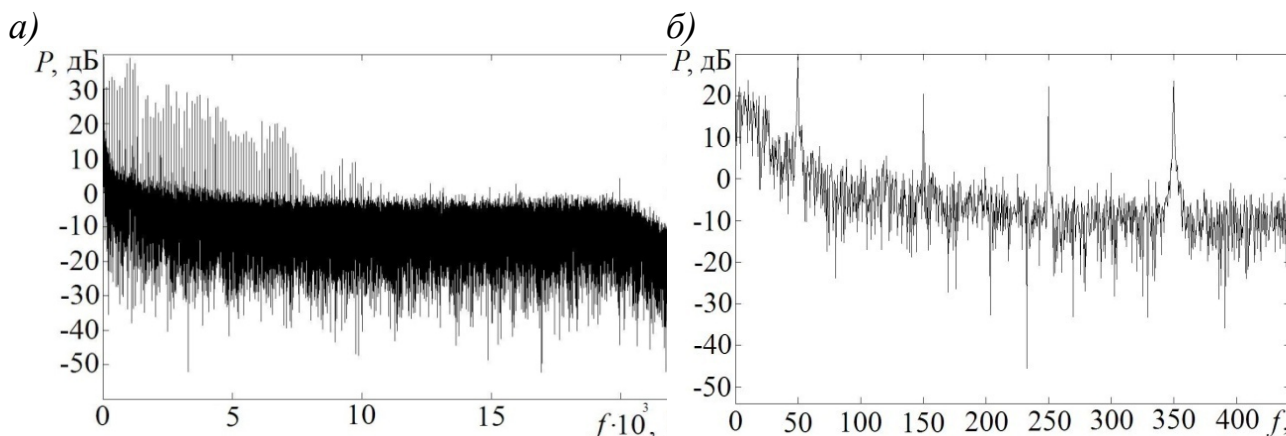


Рисунок 2.7 – Струм робочого кола стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з несправним ротором

При вивченні ж спектра струму в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з несправним ротором (рис. 2.7) було виявлено, що якщо для спектра струму переведення стрілки в справному стані характерна присутність значущих частот в діапазоні від 0 до 2 кГц, то в даному випадку спостерігався спектр сигналу з появою частот в області значень від 0 до 8 кГц. Крім цього, спектр струму в робочому колі стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з несправним ротором (рис. 2.8, б) містив високу постійну складову, якої немає в спектрі струмової кривої переводу справної стрілки (рис. 2.2, б).

Таким чином, можна визначати такі несправності, які пов'язані як з механічною частиною стрілочного переводу, так і з електричною його частиною, контролюючи при цьому такі параметри як величину струму нормального переводу і при роботі електродвигуна на фрикцію, стан електродвигуна, тривалість переводу, правильність регулювання гарнітури і вузлів кріплення.



а) в широкому діапазоні частот; б) на низьких частотах.

Рисунок 2.8 – Спектр струму робочого кола стрілочного електропривода змінного струму при переводі одиночної стрілки з несправним ротором

2.2 Систематизація діагностичних ознак відмов стрілочних переводів

Для систематизації отриманих результатів за встановленими відмінностями між кривими струму та спектральним складом справного стрілочного переводу та стрілочних переводів з присутніми несправностями складемо результуючу таблицю діагностичних ознак відмов стрілочних переводів і представимо у вигляді табл. 2.1.

Дані ознаки, які наведені в таблиці 2.2 є характеристичними для кожного виду несправності й являють собою відмінну рису від справного стрілочного переводу. Такі несправності, як люфти в з'єднаннях кріпильних елементів, відсутність зазору в корені гострияка, несправність контактів автоперемикача впливають на амплітудно-часові показники сигналу переводу стрілки. До відмов, які змінили спектральний склад струмової кривої, відносяться ексцентриситет ротора і злам стрижня ротора.

Таблиця 2.1 – Діагностичні ознаки відмов стрілочних переводів

Тип відмови	Ознаки відмови	Обґрунтування визначення дефекту
Відсутність зазору в корені гостряка стрілки	Поступове або різке збільшення амплітуди сигналу в кінці часової залежності	Корінь гостряка в кінці переводу своїм кутом впирається в наступну рейку
Відбій рамної рейки з/без затисненням гостряка під рамну рейку	струму переводу	Гостряк боковою гранню впирається в рамну рейку, і момент з боку стрілочного двигуна зростає, що призводить до збільшення амплітуди струму
Ексцентриситет ротора	Додаткові сплески в спектральному складі біля основної гармоніки 50 Гц	Порушення рівномірності повітряного зазору між статором і ротором стають причиною виникнення додаткового електромагнітного поля
Забруднення башмаків стрілки	Поступове зростання амплітуди струму під час кожного наступного переводу стрілки	Зростає момент навантаження на валу двигуна, не змащеним подушкам, а двигун повинен постійно проштовхувати їх вперед і долаючи додатковий опір від тертя
Засипання стрілочного переводу сипучими матеріалами	Різке збільшення амплітуди струму під час переводу стрілки у порівнянні з попереднім переводом	Амплітуда сигналу змінюється ривками, відповідно до уривчастої зміни навантаження через нестабільний рух стрілки
Люфти в з'єднаннях робочої тяги стрілки	Збільшення часу роботи стрілки в не навантаженому режимі. Загальне збільшення часу переводу стрілки	За величиною приросту часу між початком роботи двигуна і початком руху гостряків стрілки можна визначати збільшення величини люфту робочої тяги, який з'являється через додатковий час на виконання зайвого ходу
Неправильне регулювання стрілочного переводу	Перевищення рівня амплітуди струму, максимально допустимої для даного типу стрілки з даним типом електродвигуна	Порушення технології встановлення стрілочного електропривода призводить до невідповідності площини прикладення зусилля, через що збільшується момент опору руху.
Пошкодження кабельної мережі	Перевищення рівня амплітуди струму, максимально допустимої для даного типу стрілки з даним типом електродвигуна	Втрати струму витoku в кабельній мережі
Розрив одного або декількох стрижнів ротора	В спектрі присутні значущі частоти в області значень від 0 до 8 кГц	Зменшення кількості провідників призводить до зменшення взаємодії електрорухомих сил, що виникають в роторі і їх взаємодії з полем статора, а двигун починає обертання при меншій від нормативного значення напрузі
Пошкодження в обмотці статора	Ротор не розвиває номінальної швидкості обертання	Порушується симетрія трифазної обмотки, і при протіканні по ній струму створюється еліптичне магнітне поле, яке складається з двох протилежно направлених полів. Обертове поле, яке обертається навпаки, створює у всьому діапазоні ковзань гальмівний момент, і тому результуючий електромагнітний момент зменшується. У зв'язку з цим для створення необхідного моменту потрібна більша напруга
Несиметрія напруги		

Таким чином, пошкодження стрілочних переводів, які стосуються механічної частини, визначаються шляхом порівняння параметрів часової залежності струму, а за допомогою порівняння спектрального складу визначаються невідповідності справному стану в електричній частині. Кожна несправність визначається за своєю власною ознакою, проте, як видно з порівняння дефектів (табл. 2.1), відбій рамної рейки та упор кореня гостряка відрізнити один від одного практично неможливо.

2.3 Висновки з експериментів

Для встановлення залежності форми і амплітуди струму від виду та характеру навантаження, а також якісного та кількісного визначення реакції двигуна стрілочного електропривода на вплив різних несправностей за струмом в його обмотках, були виконані вимірювання і запис форми струмової кривої в умовах реальної експлуатації стрілок.

За отриманими результатами вдалося встановити відповідність ознак і властивостей форми та спектрального складу струмових кривих робочого кола стрілочного електроприводу в різних умовах експлуатації. Це дозволяє зробити припущення, що після розробки критеріїв визначення конкретного стану стрілочного переводу або окремо електроприводу для визначення і усунення несправностей буде витрачено набагато менше часу, а можливо навіть попереджено відмову заздалегідь, завдяки здатності системи автоматизованого діагностування стану стрілочних електроприводів до прогнозування. Дана функція буде можливою для застосування у випадку створення умов, за яких крива струму переведення кожної конкретної стрілки буде оцінена за певними критеріями не тільки відносно еталонного сигналу, прийнятого за взірець, а й відносно власної кривої струму попереднього переводу. Отже, система діагностування повинна володіти окрім селективності також і елементом пам'яті.

Таким чином, вдале поєднання діагностичної інформації з прогнозом станів стрілочних електроприводів в межах електричної централізації стрілок і сигналів дозволить витрачати набагато менше часу на пошук і усунення несправностей та навіть створить умови для запобігання відмов.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для експериментального дослідження СЕП виконано запис і аналіз стану стрілочних переводів. Визначення діагностичних ознак стрілочних переводів з електроприводами змінного струму виконані за часовою залежністю та частотним складом кривої струму переведу стрілки. З проведених досліджень можна зробити висновок, що при проведенні вимірювань на діючих стрілочних переводах шляхом підключення вимірювального обладнання до робочого кола стрілок є можливість всього при використанні одного комплекту обладнання для проведення діагностування виконувати аналіз стану всіх стрілок, підключених до систем електричної централізації стрілок і сигналів на станції.

Аналіз можливо виконувати шляхом порівняння часових кривих струмів та їх спектрів справного діючого стрілочного переводу зі стрілочним переводом, який має дефекти, а також порівняння можливо застосовувати відносно самого себе з метою прогнозування його подальшого стану.

Під час виконання експериментальної частини було визначено вплив різних несправностей стрілочного переводу на струм живлення електродвигуна. При цьому встановлено залежність форми та складу кривої струму в кожному з проведених вимірювань від механічної та електричної складових стрілочного переводу. Отримані результати доводять, що різні несправності внаслідок не виконання або не дотримання технології обслуговування і ремонту, раптово виниклого пошкодження чи відмови не опосередковано впливають на часову залежність і спектральну складову струму в робочому колі електродвигуна.

Визначено, що при наявності люфтів понад 1,5 мм в з'єднаннях робочої тяги збільшується час перевodu на 0,5 с. Встановлено підвищення струму в кінці перевodu стрілки на 0,4 А при упорі кореня гостряка та відбої рамної рейки. Підвищення ж струму, яке відбувається з причини забруднення башмаків чи засипання сипучими матеріалами, складає від 0,5 А до 1 А. Розрив навіть одного стрижнів ротора двигуна призводить до появи в спектрі значущих частот в області значень від 0 до 8 кГц.

Отже, підвищення якості та швидкості обслуговування можливо досягти лише при застосуванні системи автоматизованого діагностування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. – 254 с.
- 2) Станционные системы автоматики и телемеханики: Учебн. для вузов ж.-д. трансп./ Вл. В. Сапожников, Б. Н. Елкин, И. М. Кокурин и др.; Под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 2000. – 432 с.
- 3) Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Станционные устройства автоматики и телемеханики: Учебник для техникумов ж.-д. трансп. М.: Транспорт, 1990. – 431 с.
- 4) Сапожников В. В. Основы технической диагностики: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – М.: Маршрут, 2004. – 318 с.;
- 5) Мандыч Н. К. Ремонт электродвигателей: Пособие электромонтеру / Н. К. Мандыч. – К.: Тэхніка, 1989. – 152 с. – (Библиотека рабочего);
- 6) Диагностирование эксцентриситета ротора асинхронного двигателя по среднеквадратичной величине дополнительных гармонических токов статора / А. Н. Новожилов, Е. В. Крюкова, Н. А. Исупова, Т. А. Новожилов, К. И. Никитин // СибАК. Научно-практические конференции ученых и студентов с дистанционным участием. Коллективные монографии. – Режим доступа: <http://sibac.info/10949>.
- 7) Новые методы диагностики асинхронных двигателей / А. И. Титко, В. М. Андриенко, А. В. Худяков, М. С. Гуторова // Институт электродинамики НАН Украины – 2014. Режим доступа: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/PIED_2014_37_13.pdf.
- 8) ЦШЕОТ 0012, Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокуваннях – К.: Укрзалізниця, 1998. – 72 с.

- 9) Маловічко В. В. Визначення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочних електродвигунів / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк, В. Я. Кізяков // Вісник Дніпропетровського національного університету імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 17. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007.
- 10) Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ/0042. – К. : Укрзалізниця, 2006. – 461 с.;
- 11) Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), ЦШ/0060 – К.: Укрзалізниця, 2009. – 87 с.;
- 12) Резников Ю. М. Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1985. – 288 с.;
- 13) Дистанционное диагностирование состояния стрелочных переводов по временной характеристике и спектральному составу токовой кривой / С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова, М. А. Коврыгин // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: ДНУЗТ, 2015. Вип. 2 (56). – С. 7-24;
- 14) Буряк С. Ю. Исследование временной зависимости и спектрального состава сигнала в цепи стрелочных электродвигателей переменного тока /С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: ДНУЗТ, 2014. Вип. 6 (54). – С. 7-22