

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

_____ Гаврилюк В.І.
(підпис) (ПБ)
2020__ р. _____ «_____»

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

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

Спеціалізація «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема Дослідження роботи двигунів постійного струму електроприводів
промислового підприємства

Theme Study of the operation of DC motors of electric drives of an industrial
enterprise

Керівник дипломної роботи доцент _____ Сердюк Т. М.

Студент групи АТ1926 _____ Сіданченко В.М.

Student АТ1926 _____ Sidanchenko Vladislav

Дніпро
2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра АТ

Спеціалізація

Автоматика та автоматизація на транспорті

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри

Гаврилюк

В.І.

« _____ » _____ 2020_р.

—

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Сіданченко Владислав Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи

Дослідження роботи двигунів постійного струму
електроприводів промислового підприємства

Затверджена наказом по університету № 798ст від « 18 » 10. 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 18.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи тип стрілочного електроприводу – СП-6, тип двигуна – МСП – 0,15, крива робочого струму, кількість пар полюсів $p=1$, кількість зубців на колекторі $k=18$

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1 Аналіз існуючих методів та засобів діагностування двигунів постійного струму	25 %	
2. Метод діагностування стрілочних двигунів типу МСП і його технічна реалізація	50 %	
3. Апаратно-програмний комплекс діагностування стрілочних двигунів	75 %	
4. Розробка математичної моделі щітково-колекторного механізму двигунів постійного струму	100 %	

Студент

Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про обсяг пояснювальної записки: 73 сторінок, 5 таблиць, 18 рисунків, 29 джерел літератури.

Ключеві слова: двигун постійного струму з послідовним збудженням, діагностування, стрілочний електропривод, математична модель, струм, спектральний аналіз.

Задача даного дипломної магістерської роботи – розробити методику діагностування двигунів постійного струму стрілочних приводів, дати йому математичне обґрунтування й розробити математичну модель технічного обслуговування стрілочних приводів

В першому розділі проаналізована статистика відмов пристроїв СЦБ й доведено, що відмови в стрілочних електроприводах складають 28 % з усіх пристроїв залізничної автоматики. Виконано аналіз існуючих методів і засобів діагностування двигунів постійного струму.

В другому розділі розроблено методику діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів типу МСП шляхом осцилографування робочого струму.

В третьому розділі здійснено розробку апаратно-програмного комплексу для технічного обслуговування стрілочних приводів на базі ООО ДОНПРОМТРАНС.

В четвертому розділі розроблено математичну модель щітково-колекторного механізму двигунів постійного струму типу МСП.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Аналіз існуючих методів та засобів діагностування двигунів постійного струму	9
1.1. Технологія обслуговування елементів електричної централізації. Статистика відмов в надольних пристроях систем СЖАТ	9
1.2. Двигуни постійного струму стрілочних електроприводів типу МСП	19
1.2.1. Електродвигун постійного струму типу МСП-0,1	20
1.2.2. Електродвигун постійного струму типу МСП-0,25	26
1.3. Технологія обслуговування двигуна постійного струму	29
1.4. Несправності двигунів типу МСП	31
1.5. Методи технічної діагностики стрілочних електроприводів	34
1.6. Висновки за розділом	39
2. Діагностування стрілочних двигунів типу МСП	41
2.1. Наукове обґрунтування методики діагностування двигунів постійного струму	41
2.2. Методика контролю параметрів двигуна постійного струму типу МСП	44
2.2.1. Нормальний режим роботи стрілочного приводу. Переведення стрілки	46
2.2.2. Робота двигуна на фрікцію	46
2.2.3. Автоматичне повернення стрілки в початкове положення	47
2.2.4. Перевірка спрацьовування реле технічної діагностики	47
3. Апаратно-програмний комплекс діагностування стрілочних	

двигунів	48
3.1. Розробка структурної схеми	48
3.2. Алгоритм роботи пристрою діагностування двигуна	51
3.3. Висновки за розділом	57
4. Розробка математичної моделі щітково-колекторного механізму двигунів постійного струму	58
4.1. Моделювання несправностей, які виникають в щітково-колекторному механізмі	58
4.2. Гармонійний склад робочого струму двигуна МСП	64
4.3. Висновки за розділом	69
Висновки	70
Список літератури	71

ВСТУП

При обслуговуванні систем автоматики й телемеханіки, які експлуатуються у народному господарстві, широко використовується регламентне обслуговування. Найбільш передовий спосіб технічного обслуговування "за станом об'єкта" вимагає наявності високонадійних і досить точних контрольних приладів вимірювання, що пов'язано з певними технічними труднощами й вимагає додаткових грошових витрат.

Ріст обсягів перевезень, підвищення швидкостей руху й ваги поїздів на основних напрямках залізниць збільшують інтенсивність роботи пристроїв залізничної автоматики, особливо напільних. На другорядних лініях інтенсивність роботи пристроїв сигналізації, централізації і блокування (СЦБ) на порядок менше, але витрати на їхню експлуатацію при діючій організації технічного обслуговування залишаються порівнянними з витратами на експлуатацію пристроїв СЦБ на лініях основних напрямків. Інтенсивність роботи пристроїв СЦБ навіть на одній станції також сильно розрізняється на головних і бокових коліях.

Єдина періодичність профілактичних робіт з технічного обслуговування пристроїв СЦБ по всій мережі доріг веде до нераціонального використання трудових ресурсів. Кроком до диференціювання строків проведення робіт з технічного обслуговування пристроїв СЦБ стало введення періодичності виконання робіт з технічного обслуговування пристроїв і строків проведення капітальних ремонтів з урахуванням категорії залізничних ліній за інтенсивністю руху поїздів. Висока інтенсивність використання технічних засобів залізничного транспорту обумовлює необхідність впровадження досягнень науково-технічного прогресу, передових методів праці, радикальної реформи керування перевізним процесом.

Рішення цих завдань багато в чому забезпечується на основі впровадження сучасних засобів автоматизації й контролю технічного стану пристроїв залізничної автоматики.

Стрілочні переводи обладнані електроприводами серії СП (СП-6М; СП-3; СП-12В; СПГ-3 і СПГБ-4М), які випускаються більше 50 років. У цілому системи електричної централізації стрілок з електроприводами серії СП забезпечують роботу станцій і перевізний процес зі швидкостями руху поїздів до 160 км/год.

Застосовувані в цей час стрілочні електроприводи (СП), стрілочна гарнітура й спосіб їхньої установки на стрілку не можуть забезпечити збільшення необхідних швидкостей руху поїздів на безпечному рівні. Удосконалити серійні технічні засоби перекладу стрілок практично не вдається, тому що запас удосконалювання їхніх конструктивних можливостей вичерпаний.

Утримання СП, стрілочної гарнітури, переїзного встаткування, світлофорів, кабельних муфт, релейних шаф й іншого надольного устаткування в робочому стані в умовах експлуатації вимагає постійних, значних витрат. Протягом багатьох десятиліть використовується й удосконалюється система планово-попереджувальних оглядів і ремонтів пристроїв СЦБ, тобто система оглядів і ремонтів з нормативною періодичністю й регламентним складом основних видів робіт.

При цьому використовуються єдині технологія й організація виконання технологічного обслуговування. Така система технічного змісту напільного устаткування в робочому стані супроводжується витратою значних людських ресурсів. Практично повністю відсутній автоматизований контроль і технічна діагностика СП (за винятком рівня ізоляції й контролю напруги й струму фаз двигуна). Контроль фактичного положення гостряків стрілки в необхідному виді відсутній.

Стан і досягнення науки й виробництва на сучасному етапі дозволяють використати інші принципи й структурні методи побудови конструкції напільного встаткування, застосовувати нові конструктивні рішення, матеріали, «безлюдні» (або малообслуговуємі) технології, які сприятимуть значному підвищенню надійності, безпеці й забезпеченню їхньої роботи з мінімальними витратами в експлуатації.

У зв'язку із цим виникає гостра необхідність приведення технічних можливостей пристроїв залізничної автоматики й телемеханіки до сучасних вимог безпеки, ресурсозбереженням і технологічності, на основі науково обґрунтованих конструктивних принципів, досягнень науки в області нових матеріалів, виробництва, технологій й автоматизації контролю технічного стану СП.

Отже удосконалення технічного обслуговування електродвигунів стрілочних приводів за рахунок реалізації автоматизованого контролю їх стану під час перевodu стрілки є актуальною задачею, що сприятиме покращанню умов роботи стрілочних приводів типу СП-6, дозволить зменшити кількість відмов і у подальшому перейти від планово-попереджувального виду обслуговування до обслуговування «за станом об'єкту». Вирішенню цієї задачі й присвячена дипломна магістерська робота.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

1.1. Технологія обслуговування елементів електричної централізації.

Статистика відмов в напільних пристроях СЦБ

Зовнішню перевірку стану приводів і стрілочних гарнітур централізованих стрілок виконують два рази в тиждень на стрілках, що беруть участь в маршрутах приймання і відправлення, і не рідше одного разу на тиждень на інших стрілках.

При цьому перевіряють: щільність притиснення гостряка до рамної рейки без переведення стрілки; надійність і вірність кріплення приводу, гарнітур, контрольних і робочих тяг; відсутність видимих тріщин і вм'ятин на корпусі приводу, фундаментних і кріпильних косинцях, поздовжньої зв'язковий смузі, робочих і контрольних тягах; шплінтів і закруток в болтах і валиках; відсутність перешкоди в шпальному ящику для руху тяг. Особливу увагу звертають на наявність і справність стопорних планок. При огляді необхідно звертати увагу на недоліки стрілочного переводу, які можуть порушити нормальну роботу електроприводу.

Щільність притиснення гостряка до рамної рейки, стрілок при закладці шаблону товщиною 4 мм і замикання стрілок при закладці шаблону 2 мм перевіряють один раз в тиждень на стрілках, що входять до маршрутів приймання та відправлення, і один раз в два тижні на інших стрілках.

При закладці шаблону товщиною 4 мм між притиснутим гостряком і рамною рейкою стрілка не повинна замикатися і давати контроль закінчення переводу, тобто електропривод повинен продовжувати працювати на фрикцію; при закладці шаблону товщиною 2 мм стрілка повинна переводитися і давати контроль закінчення переводу, при цьому шибер не повинен заклинюватися.

При внутрішній перевірці електроприводу з переводом стрілки, яка здійснюється один раз в чотири тижні, перевіряють: стан і кріплення внутрішніх частин приводу; стан монтажу і його кріплення; правильність регулювання контрольних тяг; стан колектора і щіткотримачів двигуна; рівень масла в редукторі електроприводу СП; ущільнення приводу; роботу блокувальної заслінки і дію замку; стан контактів і врубання ножів автоперемикача; взаємодію частин електроприводу і роботу автоперемикача.

При внутрішньої перевірці стрілочної коробки і муфти УПМ, яка здійснюється один раз в 3 місяці, перевіряють: монтаж; справність реверсуючого реле; стан і дію контакту місцевого управління, корпусу шланга; ущільнення.

Перевіряючи струми, споживані електродвигуном при нормальному переводі стрілки і роботі електродвигуна на фрикцію, визначають значення струмів, які нормуються в залежності від хрестовини стрілочного переводу, рейок, електроприводу, електродвигуна і робочої напруги на електродвигуні.

Технологія регулювання фрикційного зчеплення електроприводів СП. Це регулювання виконують із застосуванням спеціального пристрою, що містить динамометр ДОСМ- 3-1, вимірюється максимальне зусилля, яке дорівнює 9800 Н. За допомогою цього пристрою можна встановлювати і утримувати динамометр між рамною рейкою і притиснутим гостряком стрілки.

Для вимірювання зусилля переведення стрілки необхідно фрикційне зчеплення відпустити до стану, при якому забезпечується вільний проворот фрикційного пристрою двигуном електроприводу без переведення стрілки. Далі фрикційне зчеплення потрібно затиснути до стану, при якому стрілка починає переводитися, і виміряти динамометром встановлене зусилля, яке і буде зусиллям переведення стрілки.

Зусилля замикання стрілки може бути більшим в порівнянні з зусиллям переводу. В цьому випадку фрикційне зчеплення необхідно затягнути до стану, при якому замикається стрілка, і виміряти зусилля замикання.

При регулюванні фрикційне зчеплення затягують з необхідним зусиллям, встановленим для даного типу стрілочного переводу, яке вимірюють динамометром [8, 12, 13].

Аналіз відмов пристроїв сигналізації, централізації й блокування (СЦБ) показує, що близько 85 % відмов є експлуатаційними, інші - заводськими або конструктивними. Відмови СП становлять більше 28 % від загального числа відмов. Тому найважливішим завданням ефективної експлуатації стрілочних електроприводів є забезпечення надійної роботи, у першу чергу, стрілочного електродвигуна й автоперемикача, робочих і контрольних ножових контактів.

У сучасних економічних умовах підвищення надійності роботи СП, що перебувають в експлуатації, здійснюється за рахунок модернізації найбільш відповідальних вузлів і деталей, удосконалювання системи технічного обслуговування й ремонту їх при скороченні експлуатаційних витрат. Сумарні витрати господарства сигналізації й блокування становлять 45% від загальних експлуатаційних витрат мережі залізниць. З них близько 30% затрачається на технічне обслуговування, ремонт СП, а також іншого встаткування елементів переводу стрілок.

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

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

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

Обслуговування складних систем передбачає рішення ряду питань, які є необхідними для вироблення найкращого регламенту профілактики. Система ЕЦ має ієрархічну структуру, тобто складається з ряду підсистем.

На практиці обраний клас таких підсистем, на яких проводиться обслуговування ЕЦ (стрілки, рейкові кола, джерела електроживлення та ін.). При цьому передбачається, що підсистеми, обрані як базові елементи, у процесі обслуговування повністю оновлюються. На процес технічного обслуговування оказують вплив не тільки надійність її параметрів, але й співвідношення витрат на діагностику й ремонт, наявність диспетчерського контролю за станом об'єктів та пристроїв.

Статистично-ймовірнісний метод оцінки надійності пристроїв засновано на використанні статистичних даних про відмови, які було здобуто з досвіду експлуатації систем ЕЦ.

При виборі базових елементів мають на увазі глибину обслуговування. В свою чергу, при відомій, у нашому випадку, глибині обслуговування задача полягає в відшукуванні найкращих строків (періодичності) проведення профілактики та оптимізації обсягу робіт, що виконуються.

В нашому випадку базовим елементом є електропривод стрілки. Він уявляє собою функціональний елемент, який складається з сукупності конструктивних елементів, що виконують окремі логічні функції. Ці елементи мають свої конкретні показники надійності, сума яких визначає надійність базового елемента.

Збір інформації було проведено на підставі даних експлуатації про відмови ряду устаткувань електричної централізації Придніпровської залізниці, а також з літературного джерела [1]. При цьому було зафіксовано характер та причину відмови.

Слід зазначити, що отримана достовірність оцінки надійності в умовах експлуатації з урахуванням всього комплексу факторів, що оказують вплив, є відмінною особливістю й перевагою методу збору та обробки статистичної інформації щодо відмов.

Порівняльна характеристика потоку відмов виконується на основі параметрів [1, 2]:

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

Δn_i - число відмов i -того базового елемента;

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

$$\Delta n_{i \text{ стр}} = \frac{\Delta n_i}{N_{\text{стр}}} - \text{число відмов базової одиниці віднесене до числа стрілок};$$

$$K_0 = \frac{\Delta n_i}{\sum \Delta n_i} \cdot 100 - \text{коефіцієнт відмов, який використовується для вибору}$$

найбільш надійного елемента.

Виконано порівняльну характеристику потоку відмов та його інтенсивність в залежності від часу та об'єму вибірки для основних базових елементів ЕЦ. Результати обробки інформації щодо відмов зведено в табл.1.1. Виходить, що стрілки з електроприводом, що знаходяться на другому місці в ряду відмов базових елементів після рейкових кіл (28,4%).

Середня інтенсивність відмов стрілок з електроприводом досягає $6,58 \cdot 10^{-5}$ 1/год..

Таблиця 1.1

Параметри відмов базових елементів електричної централізації

Базовий елемент	Кількість елементів, N	Число відмов на рік			$\omega(t) \cdot 10^{-5}$, 1/год.	K_0 , %
		Δn_i	Δn_i^*	$\Delta n_{i\text{сmp}}$		
Стрілки з електроприводом	359	207	0,576	0,576	6,58	28,4
Рейкові кола	420	320	0,761	0,891	8,718	43,9
Світлофори	380	71	0,187	0,198	2,1	9,7
Інші елементи	359	131	0,365	0,364	4,16	18,0
Всього на 1 стрілку	1579	729		2,03		100

ТО пристроїв ЕЦ поєднує дві групи робіт (рис. 1.1): регламентні (профілактичні) і відновлення після відмов (аварійний ремонт). У наш час процес ТО пристроїв ЕЦ має суцільно профілактичну спрямованість і служить для попередження появи відмов – порушень працездатності, що призводить до часткового або повного припинення нормальної дії пристроїв. Профілактика чітко регламентована у часі. У результаті ТО повинна бути забезпечена безвідмовна робота засобів ЗА. Регламентується процес нормативними документами [8, 13].

Таким чином, розробка автоматизованого методу діагностики стану електродвигунів стрілочних електроприводів є актуальною задачею, яка направлена на зменшення експлуатаційних витрат та підвищення надійності стрілок.

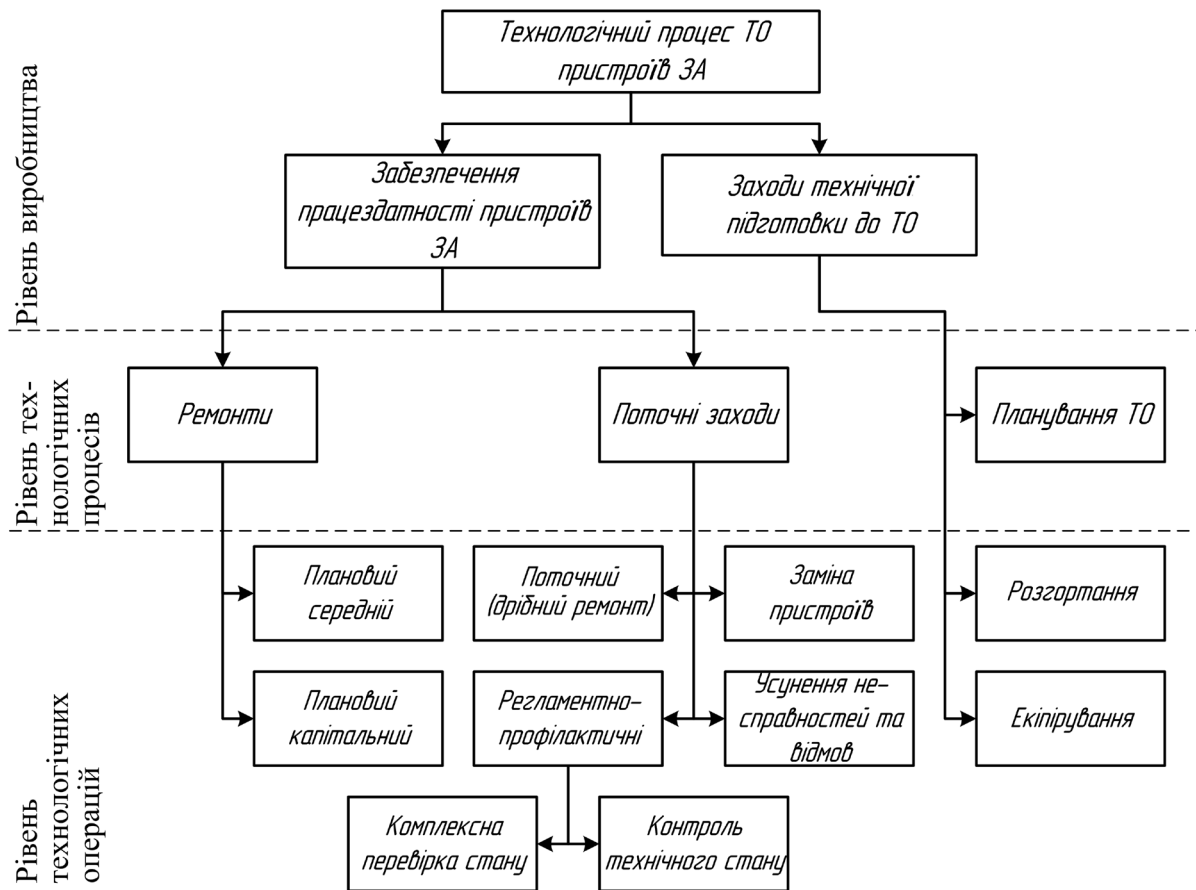


Рис. 1.1. Структура технічного обслуговування пристроїв ЕЦ

Роботи ТО і капітального ремонту виконуються окремо. Перша група містить у собі чотири групи робіт: регламентні – основні роботи ТО; додаткові роботи; комплексні перевірки стану пристроїв і відбудовні роботи після відмов.

Метою проведення регламентних робіт є надання пристроям первісних властивостей, що були втрачені в процесі експлуатації, а метою додаткових робіт є підвищення надійності пристроїв ЕЦ порівняно з існуючим рівнем. Додаткові роботи виконуються за перспективними і річними планами підвищення надійності в рамках системи управління якістю ТО.

Регламентні роботи можна розділити на два етапи: контроль технічного стану і поточний ремонт. Контроль стану проводиться для оцінки відповідності діючих пристроїв висунутим до них вимогам нормативно-

технічної документації (НТД). Ремонт пристроїв здійснюється з метою доведення технічного стану пристроїв до встановлених вимог.

З урахуванням того, що від якості виконання ТО залежить безпека і безперебійність руху поїздів, у систему ТО включено організаційно-технологічні заходи: визначення програми профілактичних робіт; вибір методів ТО; розроблення технології; планування робіт; контроль виконання та ін. Основним заходом є визначення програми робіт, що складається з двох основних частин: регламентних робіт – набору операцій, однакових для визначених видів пристроїв, і додаткових робіт – набору операцій, що залежать від місцевих умов експлуатації.

При виборі стратегії ТО пристроїв ЕЦ необхідний спільний аналіз як соціальних, економічних, технологічних процесів, що пов'язані з ТО, так і алгоритмів та технічних умов роботи пристроїв. Складність організації ТО комплексу пристроїв ЕЦ пов'язана з великою кількістю різних пристроїв, вузлів та інших видів обладнання, розосереджених у межах станції.

Існує ряд особливостей, що пов'язані з експлуатацією пристроїв ЕЦ і які відповідно впливають на вибір стратегії ТО [7,8]. З точки зору забезпечення руху поїздів, пристрої ЕЦ повинні мати тільки захисну відмову, небезпечна відмова повинна виключатися як алгоритмом роботи пристрою, так і проведенням ТО. Різноманітність пристроїв ЕЦ, що поділяється за принципом дії та за функціональною спрямованістю на електричні пристрої (виконання логічних операцій, сигналізація, комутація електричних кіл) та механічні (здійснення механічних пересувань). Вплив зовнішнього середовища на пристрої (рух поїздів – хімічні, механічні та електричні впливи; атмосферні впливи – хімічні та електричні; розкрадання технічних засобів). Пристрої ЕЦ постійно знаходяться в режимі очікування у реальному часі, і для них виділяються два основні режими роботи – статичний та динамічний:

– стрілочний перевід: статика – контроль поточного положення та очікування команди на переведення; динаміка – переведення у крайнє положення;

– станційна ізольована ділянка колії: статика – відсутність маршруту, рейкове коло у нормальному режимі; динаміка – встановлення та розмикання маршруту, рейкове коло у шунтовому режимі, у режимі АЛС;

– світлофор: статика – забороняюче або дозволяюче показання; динаміка – перемикання вогнів.

Для пристроїв ЕЦ існує поняття методу ТО, що визначається як сукупність технологічних та організаційних правил, виконання робіт згідно з технологією обслуговування, які містять основні принципи взаємодії працівників, що пов'язані з процесом ТО, їх кооперації та розподілу праці між ними [7, 8]. За цими ознаками розрізняють методи індивідуальні (околоткові), групові (бригадні) та комбіновані (бригадно-околоткові). За критерієм централізації бригад розрізняють методи централізовані та децентралізовані.

Вибір методу ТО залежить від багатьох факторів:

- рівня складності обслуговуваної техніки;
- наявності кваліфікованого персоналу;
- комплексів апаратури, що згруповані за критерієм складності та можливістю знімання для централізованого ремонту;
- наявності розвинутих ремонтних баз ТО та транспортних засобів на них;
- різноманітності техніки, яка обслуговується;
- наявності систем технічної діагностики та автоматизації деяких робочих операцій технології ТО;
- концентрації техніки на виробничій дільниці;
- концентрації місць проживання персоналу та наявності великих міст;
- наявності на дільниці зручних під'їздів до об'єктів.

В основу аналізу покладені матеріали звітів з експлуатаційної роботи галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці [1, 8]. На їх основі побудована узагальнююча таблиця А.1 (Додатку А). Аналіз цієї таблиці вказує на те, що при існуючій стратегії системи ТО пристроїв ЗА спостерігається зниження кількості відмов, але “підтримуються” на одному рівні причини їх виникнення та зв'язок їх кількості з наслідками з затримки поїздів. Причому при зниженні загальної кількості відмов пристроїв ЗА і відповідно відмов пристроїв ЗА, що віднесені за службою сигналізації та зв'язку, цей відсоток відмов зростає. Це можна пояснити різними темпами впровадження організаційно-технічних заходів зі зниження кількості відмов пристроїв ЗА у різних службах, що мають відношення до роботи пристроїв ЗА.

З вини персоналу, що виконує ТО і ремонт пристроїв ЗА, відбувається від 85,40 до 88,78 % всіх відмов. При дослідженні причин відмов експлуатаційного характеру встановлено, що допущені персоналом помилки призводять до невиконання графіка ТО та неякісного виконання робіт, що вказує на недотримання вказівок нормативно-технічної документації [8,13] та недостатню кваліфікацію і невідповідні, з точки зору ТО, особисті риси обслуговуючого персоналу, що впливає разом і на стан пристроїв ЗА. Відсоток таких відмов знаходиться в межах від 65,74 до 71,14 %, що свідчить про стійкість негативних показників.

Порушення технологічної дисципліни можуть бути обумовлені не тільки низькою кваліфікацією персоналу, але і цілою низкою інших причин [8]:

- недостатнім забезпеченням запасними частинами, приладами, інструментами та матеріалами;
- недоліками системи підвищення кваліфікації;
- низьким рівнем робіт із соціального розвитку колективу;
- особистими якостями обслуговуючого персоналу;

– недостатньою виробничою дисципліною, що у свою чергу знижена внаслідок слабкого контролю та відсутності зацікавленості персоналу;

1.2. Двигуни постійного струму стрілочних електроприводів типу МСП та ДП

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

Пускові характеристики визначаються пусковим струмом $I_{п}$, пусковим моментом $M_{п}$, часом пуску $t_{п}$. Робочі характеристики представляють собою залежності швидкості обертання, моменту на валу, корисній потужності і К.К.Д. від струму якоря. До робочих відноситься також і механічна характеристика: залежність швидкості обертання від моменту на валу. Регульовальні характеристики визначаються в основному межами регулювання швидкості, установлюваними по відношенню найбільшої швидкості обертання до найменшої.

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

1.2.1. Електродвигун постійного струму типу МСП-0,1

Номінальні параметри стрілочних електродвигунів типу МСП-0,1 приведені в табл. 1.2

Електродвигуни випускаються на напруги 30, 100 і 160 В и застосовуються при місцевому, центральному і магістральному живленні пристроїв. Габаритні розміри електродвигунів: 320 x 250 x 190 мм, маса 20 кг.

Електродвигуни типу МСП-0,1 незалежно від величини номінальної напруги мають зовсім однакові вузли і деталі і відрізняються тільки намотувальними даними.

Аналіз характеристик двигунів типу МСП-0,1 показує, що вони мають низький К.К.Д. Недоліком є також однополюсне розташування обмоток збудження, що приводить до підвищення магнітного розсіювання. Коефіцієнт розсіювання магнітного потоку під навантаженням доходить до 1,25.

Коефіцієнт корисної дії двигуна в області навантажень, що застосовуються найбільше часто не перевищує 0,4-0,5, що знижує економічність стрілочного приводу в цілому.

Таблиця 1.2

Номінальні параметри електродвигунів типу МСП-0,1

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

Примітка:

1. Паспортна номінальна потужність складає 100 Вт.
2. Коефіцієнт корисної дії (К.К.Д.) при номінальній потужності складає 56%.

Конструкція електродвигуна типу МСП-0,1. Корпус 5 електродвигуна (рис.1.2) являє собою порожній циліндричний виливок з лапками із сірого чавуна. Усередині корпуса розміщаються наступні вузли: полюси з катушками 6, якір 8, колектор 12, щітковий пристрій 10. Корпус закритий передній 9 і задній 4 кришками, у яких знаходяться опори якоря – шарикоподшипники 2.

Для запобігання від вибивання змащення з підшипників, а також від улучення пилу використовуються маслозащитні шайби 3 і фетрові сальники 13. Продовжній люфт вала якоря регулюється компенсаційними шайбами 1. Для полегшення умов транспортування передбачений рим 7, а для огляду – отвір у передній кришці, що закривається оглядовою заслінкою 11.

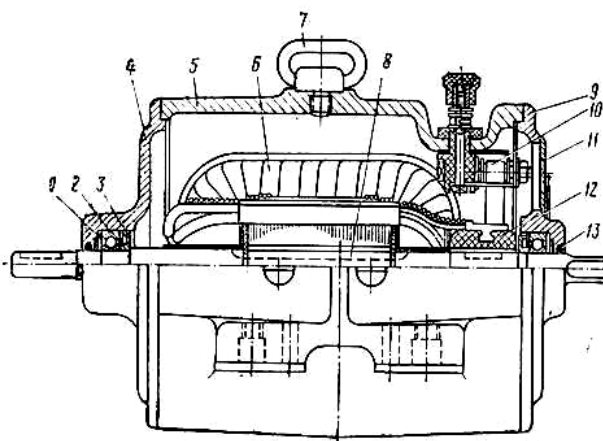


Рис. 1.2. Електродвигун типу МСП-0,1

Полюс з обмоткою (рис. 1.3) є електромагнітом збудження. Сердечник його зібраний зі сталевих пластин 6 товщиною 1 мм. Довжина сердечника складає 78 мм. Пакет полюса стягнуть чотирма сталевими заклепками 2. Кріплення полюса до корпуса двигуна здійснюється двома гвинтами 3, для чого в сердечнику передбачені різьбові отвори. Полюс закінчується полюсним наконечником, що охоплює по дузі якір. Призначення полюсного

наконечника – полегшити проходження магнітного потоку через воздушний зазор за рахунок сталості його магнітного опору по всій дузі.

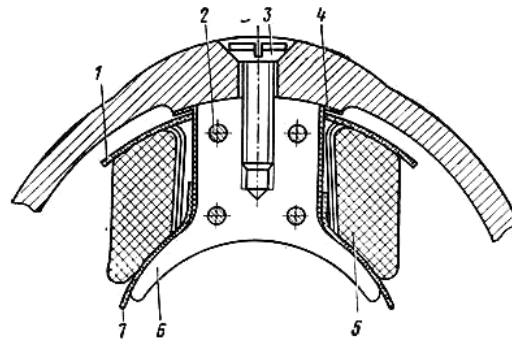


Рис.1.3. Поліус з обмоткою

Кількість полюсів у двигуні 2. Величина полюсного розподілу 10,99 см, а коефіцієнт перекриття – відношення величини полюсної дуги до величини полюсного розподілу – 0,8.

На кожному полюсі розміщено по обмотці збудження 5, кожна з котрих створює магнітні потоки протилежних напрямків. Для обертання якоря у визначеному напрямку включається тільки одна обмотка, друга при цьому не використовується. Обмотки збудження ізолюються від полюса і корпусу двигуна картонними прокладками 1, 4 і 7. Обмотки полюсів намотуються мідним проводом марки ПЭВ-2. Після намотування обмотка обгортається лакотканню, міткалевою стрічкою, піддається вакуумному просоченню лаком МЛ-92 і покривається емаллю ГФ-92-ХС.

Вивідні кінці котушок виконані проводом ПГВ перетином 1,5. Повітряний зазор між полюсами і якорем складає 0,5 - 0,75 мм.

Барабанний зубцюватий якір електродвигуна (рис. 1.4) виготовляється зі штампованих листів електротехнічної сталі марки Э-12 товщиною 0,5 мм. та має 24 паза прямокутної форми для укладання секцій якоря. З однієї сторони лист покритий лаком № 317.

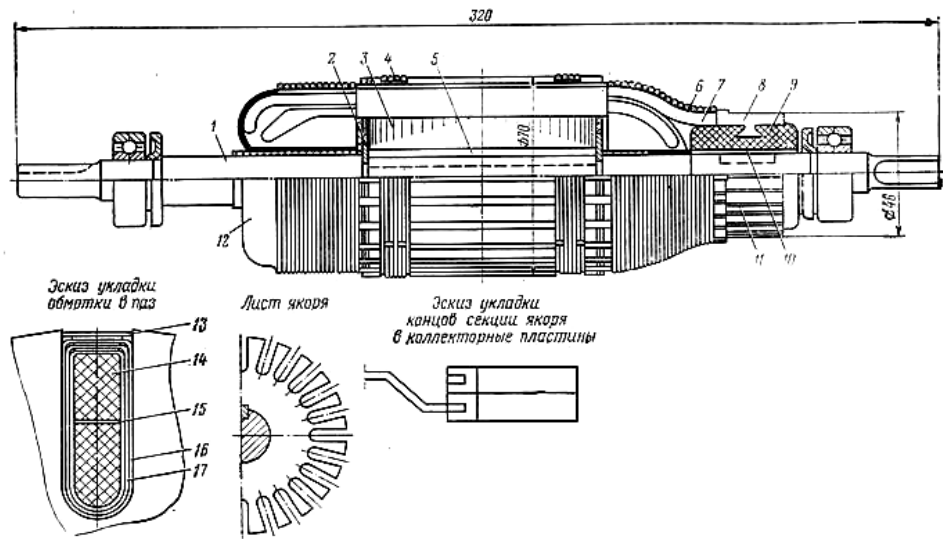


Рис.1.4. Якір з колектором електродвигуна типу МСП-0,1

Сердечник 3 якоря запресовується на вал 1 і закріплюється шайбами 2. Крайні пластини якоря стовщені для додання йому належної твердості. Сердечник зв'язаний з валом шпонкою 5. Довжина сердечника перевищує довжину полюса на 2 мм. Це зроблено для того, щоб зменшити зміну провідності магнітного кола двигуна, що виникає за рахунок осьового люфту якоря. Сердечник у зібраному виді покривається лаком № 317.

Обмотка якоря складається з 24 секцій. У кожнім пазу сердечника розташовані по дві сторони секцій 14, ретельно ізолюваних від сердечника. Пазова ізоляція складається із шарів, що чергуються, електрокартона 16 і лакоткані 17. Секції в пазу ізолюються друг від друга прокладками 15.

Обмотки в пазах закріплюються за допомогою фібрових клинів 13. Для виключення викидання секцій під час обертання сердечник бандажується дротовими скобами 4, а лобові частини обмотки якоря – льняним шнуром 6 поверх ізоляції лобових кінців 7 і 12. Тип обмотки якоря – проста петльова з кроком по пазах 1-12.

Намотування секцій виконується мідним проводом марки ПЭВ-2. Якір після намотування піддається вакуумному просоченню лаком МЛ-92 чи компаундом КП-34, після чого покривається емаллю ГФ-92-ГС.

Виводи секцій якорі приєднуються до колектора. Колектор представляє собою циліндр 9, у поверхню якого запресовані 24 колекторні пластини 8, ізолювані друг від друга прокладками 11. Тіло колектора 9 пресується з пресматериалу марки АГ-4-В і насаджується на вал якоря на шпонці 10. Колекторна пластина 8 виготовляється з міді і кріпиться виступом, виконаним у виді "ласточкина хвоста". У пластині мається проріз, у яку укладаються виводи секцій якоря і запаюються. Ізоляційна прокладка 11 виготовляється з міканіту і за формою відповідає колекторній пластині. Колекторний розподіл двигуна складає 6мм.

Щітковий пристрій призначений для з'єднання якоря двигуна з зовнішнім колом. Він складається (рис. 1.5) із пластмасової підстави 12, щікотримачів 2, щіток 10, лівої 9 і правої 8 пружин, лівої 11 правої 7 направляючих стійок, сполучної пластини 6, трьох клемних виводів 4.

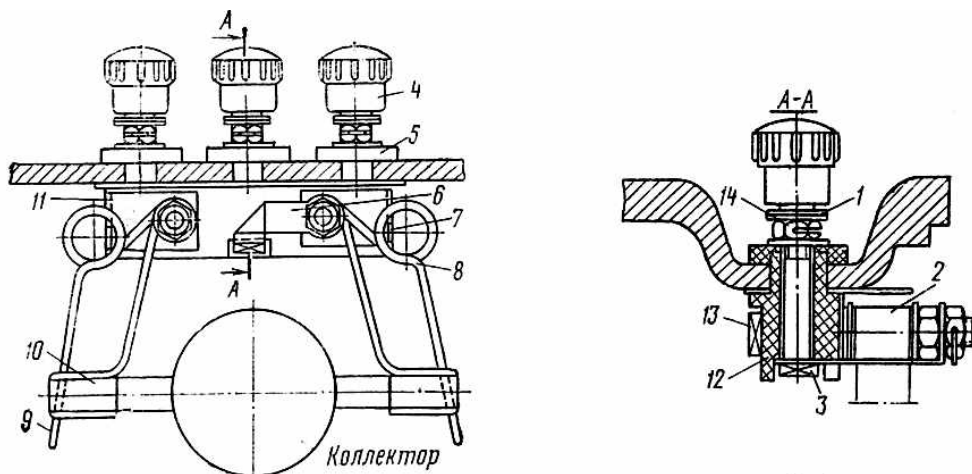


Рис.1.5. Кріплення щіток в стрілочних двигунах постійного струму

Підстава 12 щікотримача виготовляється з преспорошку і призначена для зборки усього вузла щіткового пристрою й ізоляції струмопроводу від корпуса двигуна. У ньому маютьься три отвори для клемних виводів 4 і два

отвори для осей 13 щіткотримачів. Для виключення провертання клемних стержнів 3 при затягуванні клем 4 у підставі передбачені виступи в місці розташування квадратних голівок стержнів.

Щіткотримач 2 виготовляють з латуні, тому що він є струмоведучим. Він являє собою смужку шириною 12 мм і товщиною 1 мм, на одному кінці вигнута в кільце, а на другому у формі склянки для розміщення щітки. Кільце щіткотримача насаджене на латунну втулку, забезпечуючи легкість обертання на осі 13 і надійний електричний контакт.

Щітку 10 виготовляють із графіту марки Г1 (ГЗ). Її перетин у місці прилягання до колектора 0,8 X 1,2. Кінець щітки, що спирається на колектор, повинний мати радіальну увігнуту поверхню, що відповідає кривизні колектора.

Для цієї мети здійснюється притирання щіток до колектора. Щітки постійно притискаються до колектора під дією пружин 8 і 9 і установлюються на геометричній нейтралі двигуна.

Пружини 8 і 9 зовсім аналогічні і відрізняються лише ліво- і правою навіскою. Кожна пружина має по два кільця. Одне з них служить для кріплення на осі 13, а інше – більшого діаметра – для регулювання зусилля натискання щітки на колектор. Через велике кільце проходить виступ направляючої стійки 7, що служить точкою опори пружини. Початкове зусилля, створюване пружиною, складає 400 гс.

Клемний вивід складається з латунного стержня 3, що ізолює втулки 5, гайки 14, що самостопориться і шайб 1. Середній вивід з'єднаний з якорем двигуна пластиною 6, а два крайні – безпосередньо з кінцями обмоток збудження. Другі кінці обмоток якоря і збудження електрично з'єднують між собою на осі щіткотримача 13.

1.2.2. Електродвигун постійного струму типу МСП-0,25

Паралельно зі створенням електроприводів для переводу важких стрілок розроблявся й удосконалювався більш потужний електродвигун типу МСП-0,25.

Електродвигуни типу МСП-0,25, як і МСП-0,1, випускаються для приводів електричної централізації на напруги 30, 100 і 160 В. Крім того, електродвигун типу МСП-0,25 100В, як уже згадувалося, використовується при напрузі 200В для приводів гіркової централізації і позначений умовно: МСП-0,25 100/200 В.

Номінальні параметри стрілочних електродвигунів типу МСП-0,25 приведені в табл. 1.3

Таблиця 1.3

Номінальні параметри електродвигунів типу МСП-0,25

Характеристика	Параметри		
	30	100/200	160
Напруга, В	30	100/200	160
Потужність, Вт	250	250/550	250
Споживаний струм, А	12,5	3,3/3,6	2,5
Частота обертання, об/хв.	1460	1700/3600	1700
Момент, кгс • см	15	15/15	15
К.К.Д.	0,6	0,7/0,8	0,7

Габаритні розміри електродвигунів: 320 X 244 X 190 мм, маса 17 кг. Зменшення маси двигуна МСП-0,25 досягнуто за рахунок застосування сталевих корпусу замість чавунного як у МСП-0,1.

Конструкції електродвигунів типу МСП-0,25 з різними номінальними напругами зовсім однакові, відмінні лише їхні намотувальні дані.

При зміні моменту навантаження в широких межах корисна потужність змінюється в менших межах, що свідчить про високу перевантажувальну здатність двигуна. Споживана потужність двигуна P знаходиться в лінійній залежності від струму I .

Крива К.К.Д. двигуна спочатку швидко росте з збільшенням навантаження, потім К.К.Д. при навантаженні, близьким до номінального, досягає максимуму і

при великих навантаженнях починає зменшуватися. Останнє пояснюється, зокрема, тим, що втрати в якорі й обмотці збудження ростуть швидше, ніж корисна потужність.

Конструкція електродвигуна типу МСП-0,25.

На відміну від литого чавунного корпусу двигуна типу МСП-0,1 корпус двигуна типу МСП-0,25 виготовляють зі сталеві труби діаметром 160 мм із приварними лапками. Сталева станина перед чавунною має значну перевагу за рахунок більш високої індукції насичення сталі. Конструкція полюсів і ізоляція обмоток збудження двигуна типу МСП-0,25 виконані аналогічно двигуну типу МСП-0,1. Обмотки збудження намотуються проводом марки ПЭВ-2, а вивідні кінці виконуються проводом марки ПГВ перетином $1,5 \text{ мм}^2$.

У двигуні типу МСП-0,25 на відміну від МСП-0,1 зубці якоря утворюють напівзакриті пази грушоподібної форми (рис. 1.6). Обмотка якоря містить 24 секції. У кожному пазу розташовані по дві сторони секцій 2, намотаних одна поверх інший проводом марки ПЭВ-2 і ізольованих лакотканню і електрокартоном 3 від стінок паза. Обмотки в пазах закріплені клинами 1.

Виводи секцій якоря припадають до колекторних пластин. Колектор у двигуні типу МСП-0,25 використовується такий же, як у двигуні типу МСП-0,1. Електродвигуни типу МСП-0,25 випускаються з курковими щіткотримачами 3 (рис. 1.7, а), закріпленими на ізоляторах 2 до дна переднього щита 1. Доступ до щіток забезпечений через бічні отвори в щиті.

Курковий щіткотримач (рис.1.7, б) містить корпус 3, щітку 1, курок 5, пружину 6. Корпус 3 щіткотримача відливається з антифрикційного сплаву на цинковій основі. У ньому мається прямокутний профільований отвір для щітки, кишеня для розміщення курка і пружини, два отвори для кріплення його гвинтами до ізолятора 7 і отвір для кріплення струмопроводу.

Щітка 1 марки ГЗ виготовляється з графіту. У тіло щітки на глибину близько 12 мм методом пайки забита литця 2. Перехідне падіння напруги на пару щіток при щільності струму, що рекомендується, $10 - 11 \text{ А/см}^2$ становить 1,9 В. Перед установкою двигуна в експлуатацію щітки обов'язково повинні бути притерті до

колектора. Максимальний знос щітки не повинний перевищувати 50% її первісної довжини.

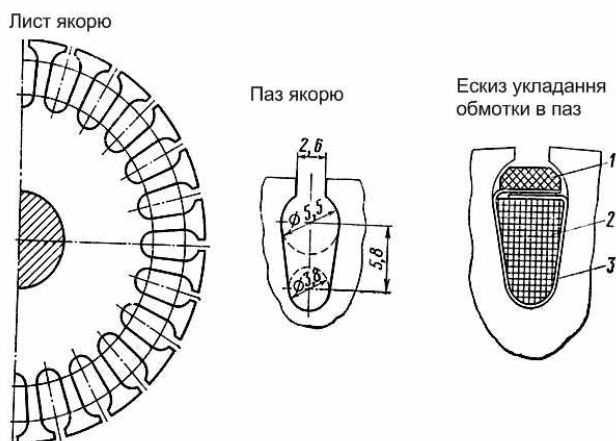


Рис.1.6. Елементи якоря електродвигуна типу МСП-0,25

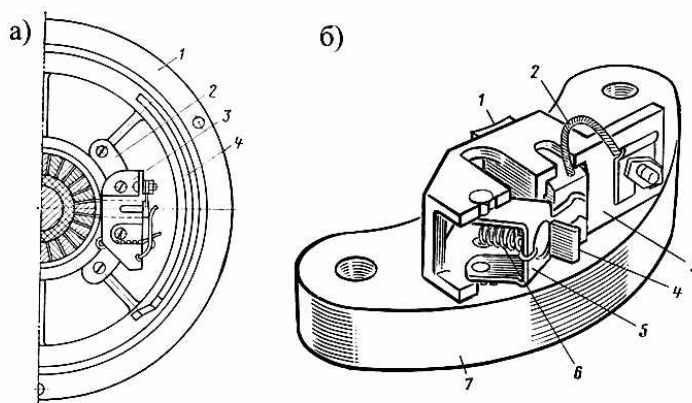


Рис.1.7. Курковий щітковий пристрій

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

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

У табл. 1.4 представлені основні параметри електродвигунів постійного струму ДП-0,18 і ДП-0,25.

Таблиця 1.4

Основні параметри двигунів постійного струму типу ДП-0.18 та ДП-0.25

Основні параметри	ДП-0,18	ДП-0,25
Номінальна потужність на валу, Вт	180	250
Напруга джерела живлення, В	220	220
Напруга на клеммах двигуна, В не менш	160	160
Опір лінії, Ом	30	20
Струм, А не більше	1,8	2,5
Кількість полюсів	4	4
Частота обертання, об / хв не менш	850	1700
Обертаючий момент на валу, Нм не менше	2,0	1,5
К.К.Д., не менше %	63	70
Режим роботи	повторно-короткочасний	
Тривалість включення (ПВ), %	15	
Тривалість циклу, с	30	15
Кліматичне виконання	У2; ХЛ2	
Робочий діапазон температур, °С	-60...+55	
Габаритні розміри, мм не більше		
- довжина	320	320
- ширина	255	255
- висота	165	165
Маса, кг не більше	12	11

1.3. Технологія обслуговування двигуна постійного струму

1) За записом в журналі реєстрації заміни електродвигунів знайдіть за номером стрілки правильний тип електродвигуна (потужність і напруга

повинні відповідати значенням, записаним у журналі за попередньої заміни двигуна на цьому електроприводі).

2) Перевірте руками легкість обертання якоря двигуна. Якір електродвигуна повинен мати поздовжній люфт. Перевірте надійність кріплення контактних виводів обмоток.

3) Виміряйте опір ізоляції обмоток від корпусу. Для цього один висновок мегомметра підключіть до висновку обмотки, а другий до корпусу. Обертаючи ручку мегомметра зі швидкістю 2 обороту в секунду, визначте значення опору, запишіть вимірне значення в журнал реєстрації заміни електродвигунів. Опір ізоляції у справного електродвигуна має бути вище 100 МОм.

4) Підготуйте необхідний інструмент.

5) Перед початком робіт оформите запис у «Журналі огляду колій, стрілочних переводів, пристроїв СЦБ, зв'язку і контактної мережі» ДУ-46. Запишіть дату, час. Після того як ДСП поставить час і розпис перемістяться до місця роботи (лабораторному стенду, полігону).

У електроприводу з двигуном МСП необхідно виміряти струм нормального переведення стрілки і напруга при роботі на фрикцію. У приводу з двигуном МСТ вимірюють тільки напруга.

Напруга електродвигуна МСП при роботі на фрикцію можна виміряти тільки в умовах полігону. Для цього між гостряком і рамною рейкою закладається щуп товщиною 4 мм. До висновків двигуна підключається вольтметр налаштований на вимірювання постійної напруги до 300 В. У ДСП запитується багаторазовий переведення стрілки. Для вимірювання струму нормального переключення розмикається курбельний контакт. Ампервольтметр налаштовується на вимір струму 3 А постійного струму. Висновки амперметра підключаються до виводів, які замкнув би курбельний контакт, якби був опущен. У ДСП запитується багаторазовий переведення стрілки.

По закінченню електричних вимірювань закрийте кришку електроприводу, повідомте ДСП про закінчення роботи на стрілці.

1.4. Несправності двигунів типу МСП

До характерних відмов електродвигунів постійного струму відносяться: забруднення колектору вугільним пилом від щіток; зниження ізоляції обмоток із-за присутності пилу та вологи; вигорання ізоляції між лам елями колектору внаслідок неякісного їх виготовлення; нещільне притискання щіток, що веде до їх здвигу відносно нейтралі; пробої ізоляції колектору внаслідок дефектів ізоляції при виготовленні. Всі дефекти ведуть до порушення нормальної роботи стрілочних переводів й, як наслідок, зриву графіка руху поїздів.

Існуючі профілактичні методи діагностики дефектних станів стрілочних переводів не повною мірою забезпечують вимоги експлуатації систем централізації. Проведений статистичний аналіз дефектів магістральних стрілочних переводів відбиває стан проблеми деяких великих станцій і сортувальних гірок Придніпровської залізн. Виявилось, що при добовій пропускній здатності 90-100 пар поїздів середня частота переведень стрілки ЕЦ складає від 80 до 120, а на сортувальних гірках – до 350.

З огляду результатів аналізу, були розроблені й запропоновані способи й технічні засоби дистанційної безперервної діагностики стрілочних переводів, зокрема, спосіб діагностики переведень, що дозволяє практично з високою вірогідністю виявляти наступні дефекти: люфт якірних підшипників і шарикопідшипників у підшипниковому вузлі, забруднення або відсутність змащення башмаків стрілки [3].

Існує також спосіб діагностики електричних дефектів стрілочних електроприводів із двигунами постійного струму [4]. Спосіб дозволяє виявляти такі дефекти: обриви й коротке замикання секції якоря;

розпаювання (обрив) і коротке замикання пластин колектора; люфт і кількість дефектних щіток електродвигуна; дефекти пускової апаратури; зниження рівня ізоляції й опори жил живильного кабелю.

При виявленні згаданих вище дефектів також проводять аналіз спектра кривої струму. З появою в спектрі певних гармонік по їхніх характеристиках роблять висновки про несправності електричних параметрів двигуна. Так, люфт щітки фіксується по появі в спектрі гармоніки швидкісної частоти, а кількість дефектних щіток визначається числом цих гармонік. Ушкодження в обмотках – коротке замкнення (КЗ) якоря - супроводжуються появою в спектрі гармоніки кратній швидкісній частоті. Обриви в обмотці якоря викликають стрибкоподібна зміна амплітуд гармонік.

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

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

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

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

Електродвигун погано йде в хід і перегрівается. Варто мати на увазі, що електродвигун призначений для повторно-короткочасного режиму роботи, тому при зайво тривалому включенні, наприклад при роботі на фрикцію, він може перегріватися. Перегрів обмоток не повинний перевищувати 650 С понад температуру навколишнього середовища.

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

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

Частота обертання електродвигуна при номінальній напрузі і номінальному навантаженні менше чи більше номінальної чи неоднакова при обертанні в різні сторони. При обертанні в різні сторони електродвигун споживає неоднаковий струм. Щітки зрушені з нейтралі: у першому випадку - по напрямку обертання, у другому - проти напрямку обертання електродвигуна. Для усунення несправності щітки потрібно поставити на нейтраль.

Втрата ізоляції. Опір ізоляції обмоток стосовно корпусу, обмірюваний мегомметром напругою не нижче 500 В, повинен бути не менш 5 МОм. При

трохи меншому опорі ізоляції іноді виявляється достатнім продути двигун стисненим повітрям від вугільного пилу. Якщо ця міра не приводить до підвищення опору ізоляції, двигун необхідно підвергнути сушінню і просоченню.

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

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

1.5. Методи технічної діагностики стрілочних електроприводів

Аналіз показує, що існуючі методи і системи контролю та діагностики електроприводів стрілок електричної централізації не дозволяють перевіряти рід найважливіших параметрів електродвигунів (ЕД). Статистика показала, що доля відмов електроприводів з загального числа відмов ЕЦ складає близько 21 %. В свою чергу доля відмов у електродвигунах постійного струму стрілочних електроприводів складає від 19 до 25 %. Більшу за цю долю відмов має лише автоперемикач, який на відміну від електродвигуна перевіряється електромеханіком при внутрішньому огляді в повному обсязі по графіку.

Зниження долі відмов стрілочних електроприводів може бути досягнуто шляхом впровадження дистанційної технічної діагностики (ТД) електродвигунів постійного струму стрілочних електроприводів, що і є метою науково-дослідної роботи.

В процесі виконання першого етапу науково-дослідної роботи проаналізовано ряд існуючих методів ТД стрілочних електродвигунів. Так, у

роботах [4, 5] розглядається метод дистанційного визначення несправностей та осцилографічний метод оцінки стану стрілочного електродвигуна. При цьому якір електродвигуна, який перевіряється, приводяться в рух від окремого електродвигуна з частотою обертання 300...500 об/хв. При цьому електродвигун, який перевіряється, працює в режимі генератора. Електро-рушійна сила, яка виникає в генераторі, подається на трансформатор, а далі на вхід осцилографа. Після аналізу здобутих осцилограм можна оцінити стан електродвигуна.

Аналіз схемних рішень та методів пошуку та оцінки несправностей ЕД показали, що практично всі з них мають недоліки, головним чином пов'язані з складністю реалізації схем технічної діагностики, потребують зняття електричного двигуна з приводу та, що саме головне, відрізняються великими погрішностями при оцінці параметрів електричного двигуна.

В роботах [6-10] запропоновано більш ефективні методи технічної діагностики ЕД, що дозволяють контролювати як механічні, так і електричні параметри електродвигунів і стрілочних переводів. При цьому в схему живлення стрілочного переводу постійно включають датчик струму, з якого в безперервному режимі виділяють і аналізують криву струму, який споживається, і при наявності в спектрі струму гармонік в діапазоні від 20 до 10000 Гц за їх характеристиками роблять висновок про дефекти електричних складових електродвигуна стрілочного переводу. А саме, пошкодження в обмотці якоря фіксують по наявності в спектрі гармоніки кратної швидкісній частоті, а кількість пошкоджень - по кількості перевищень частот цих гармонік; обриви в обмотці якоря фіксують по стрибкоподібній зміні амплітуди гармоніки, а коротке замкнення в обмотці якоря – по наявності в спектрі змінювань амплітуди основної частоти.

При діагностиці стану механічної частини стрілочного переводу з датчика струму постійно включеного в схему живлення електроприводу виділяють, осцилографують і аналізують змінну складову кривої струму. При

появі в спектрі гармонік в діапазоні від 1 до 1000 Гц за їх характеристиками роблять висновок про стан механічної частини переводу. Таке діагностування дозволяє виявити дефекти шарикопідшипників при появі в спектрі споживаного струму гармоніки частотою від 10 до 150 Гц; «пружність» гостряка стрілочного переводу та забруднення башмаків фіксують по стрибкоподібному змінненню швидкісної частоти; люфт щіток електродвигуна фіксують по появі підвищення гармонік підвищених гармонік, а кількість дефектних щіток – по числу цих гармонік.

В роботі [11] розглянуті причини сходу швидкісного пасажирського рухомого складу з рейок на залізничній дільниці “Лондон-Бирмигнем” на стрілочному переводі, обладнаному електроприводом, та обговорені заходи по профілактиці та попередженню таких випадків.

Таким чином, реалізація цих методів дозволяє суттєво підвищити ефективність технічної діагностики електричного двигуна постійного струму стрілочних електроприводів за рахунок:

- збільшення глибини діагностування об’єкту дослідження (підвищення об’єму інформації про стан стрілочного переводу);
- підвищення точності оцінки параметрів несправності електроприводів постійного струму;
- прискорення проведення діагностування та прогнозування несправності об’єкта в умовах експлуатації;

зміна структури та технології профілактичних робіт, які пов’язані зі зниженням експлуатаційних витрат.

В даний час, при вирішенні завдань післяремонтного діагностики та експлуатаційного моніторингу ЕМ, актуальними є методи діагностики параметрів ЕМ, які повинні відповідати таким вимогам: можливість реалізації в умовах ремонтного цеху підприємства чи безпосередньо на місці експлуатації; універсальність по відношенню до типу ЕМ; оперативність;

повнота і достатня точність визначених параметрів. Існуючі методики можна розбити на наступні види:

1. Методи аналітичного визначення параметрів електричної машини. Дані методи дозволяють наближено визначати параметри електричної машини, включаючи постійні часу, що не завжди справедливо для електромеханічних систем.

2. Методи визначення динамічних параметрів якірного ланцюга. У свою чергу, дані методи можна розділити на методи, засновані на експериментально знятої кривій струму і швидкості.

2.1. Методи визначення динамічних параметрів якірного ланцюга з експериментальної кривій якірного струму. Дані методи базуються на аналізі експериментальної кривій якірного струму, знятої при розгоні приводу, і справедливі для лінійних систем.

2.2. Методи визначення динамічних параметрів якірного кола з експериментальної кривій швидкості обертання. Дані методи базуються на аналізі експериментальної кривій швидкості обертання, знятої при стрибкоподібному додатку якірного напруги до кола двигуна постійного струму.

3. Методи визначення динамічних параметрів ланцюга збудження. У загальному випадку динаміка процесів в обмотці збудження описується складними математичними залежностями, експериментальні методи визначення динамічних параметрів носять наближений характер навіть при самому ретельному виконанні обчислень, потрібних при тому чи іншому методі.

4. Методи визначення динамічних параметрів якірного кола по частотній характеристиці. Динамічні параметри якірного кола можуть бути визначені за відомими частотним характеристикам якірного кола електродвигуна при незмінному потоці збудження. До недоліків даних методів можна віднести складний алгоритм обчислень параметрів, що вельми

скрутно для обчислення параметрів в реальному часі. При визначенні того чи іншого параметра електричної машини одним з перерахованих методів, необхідні початкові дані (рис. 1.8). В основному це перехідні характеристики (струм, швидкість). Використання одних і тих же початкових даних різними методами розширює можливості визначення параметрів двигуна (табл. 1.2)

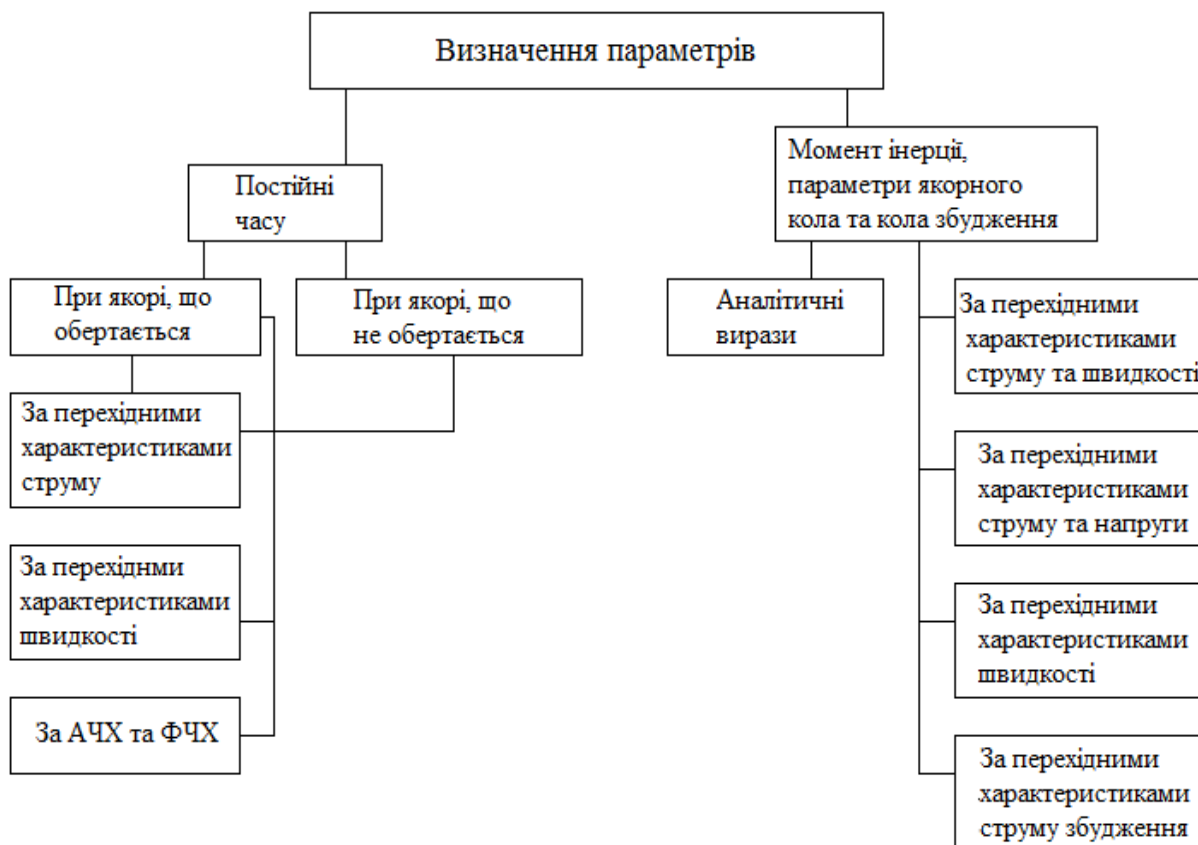


Рис. 1.8. Структурна схема методів визначення параметрів двигуна постійного струму

При аналізі існуючих методів діагностики машин постійного струму було встановлено відсутність методу, відповідного перерахованим вище вимогам. Більшість методів дозволяє визначити лише частина параметрів електричної машини або величин, пов'язаних з цими параметрами. Прогрес у вимірювальній техніці, обумовлений застосуванням мікропроцесорних систем з досконалими методами обробки цифрової інформації, дозволяє поглиблено аналізувати енергетичні процеси в квазістаціонарних та

перехідних режимах. Дослідження в даному напрямку представляються багатообіцяючими в тому відношенні, що методи дозволяють аналізувати в усій сукупності енергопроцеси різноманітних електромеханічних вузлів і систем з різною фізичною природою процесів.

1.6. Висновки за розділом

Аналіз процесу ТО пристроїв ЕЦ показав, що існуюча система ТО на основі планово-профілактичної стратегії не повною мірою забезпечує її підтримання на необхідному рівні та має потребу в удосконаленні. Питанням підвищення якості ТО пристроїв ЕЦ та зниження витрат на їх експлуатацію присвячено багато робіт вітчизняних і закордонних авторів. У них чітко просліджуються два основні напрямки:

– удосконалення організації системи ТО пристроїв ЕЦ на базі стратегії ТО за фактичним технічним станом;

– удосконалення конструкції пристроїв ЕЦ в цілому та їх окремих елементів з метою підвищення надійності та пристосованості до ТО в умовах експлуатації.

В стрілочних електроприводах типу СП використовуються двигуни постійного струму з послідовним збудженням. Головними перевагами електродвигунів цього типу є обертовий момент пропорційний робочому струму в квадраті; практично лінійні характеристики двигуна: механічна (залежність частоти від моменту), регульовальна (залежність частоти від напруги якоря); простота регулювання частоти обертання в широких межах; великий пусковий момент; компактні розміри. Але наряду з перевагами ці двигуни мають і недоліки: неможливість вмикання цього двигуна до мережі живлення без навантаження на валу; витрати на профілактичне обслуговування колекторно-щіткових вузлів; обмежений термін служби

через зношування колектора; висока вартість у порівнянні з асинхронними електродвигунами.

Із проведеного вище аналізу [1-14] можна зробити висновок, що найбільш перспективними є методи, що пов'язані з діагностуванням стану двигуна постійного струму за кривою робочого струму.

З осцилограм робочого струму отримують спектральний склад, рівень амплітуд та їх частоти. За цими параметрами комплекс визначає характер відмов. Це дає можливість визначати такі несправності в стрілочному приводі та переводі: обриви та коротке замкнення в обмотці електродвигуна; несправності в шарикопідшипниковому механізмі (“биття підшипника”); люфт щіток електродвигуна та дефекти в них; “пружинистість гостряка” та забруднення башмаків стрілки.

Реалізація цього способу викликає необхідність розробки математичної моделі стрілочного двигуна постійного струму для наукового обґрунтування автоматизованого методу виміру його параметрів й параметрів діагностування (рівнів й спектрального складу частот в кривій робочого струму).

2. ДІАГНОСТУВАННЯ СТІЛОЧНИХ ДВИГУНІВ ТИПУ МСП. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ

2.1. Наукове обґрунтування методики діагностування двигунів постійного струму

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

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

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

Таким чином, у нормальному режимі роботи виникають три гармоніки:

$$\sum f_i = f_{n1\phi} + f_{n3\phi} + f_{i\text{швид.}}, \quad (2.1)$$

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

При відхиленні режиму роботи електродвигуна від нормального спектр гармонік збагачується:

- за рахунок погіршення умов комутації виникає випадкова аперіодична гармоніка внаслідок ексцентриситету колектору;
- за рахунок забруднення колектору графітовим пилом з'являються струми утікання між ламелями колектору;
- при обривах чи короткому замкненні в секціях якорю з'являється гармоніка, що залежить від швидкості обертання. Так, для двигуна зі швидкістю обертання $n = 1500 \text{ об/хв} = 25 \text{ об/с}$. Період частоти за одне обертання складе $25 \cdot 2 = 50 \text{ Гц}$.

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

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

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

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

Частота гармонік f_u , що виникають в результаті роботи двигуна і були названі «швидкісними» визначаються таким чином.

$$f_u = N_n \cdot \frac{n}{60}, \quad (2.2)$$

де N_n - число ламелей на колекторі двигуна постійного струму, n - швидкість обертання ротору, об/хв., 60 – число, що дозволяє перерахувати хвилини в секунди, кількість коротких замикань в двигуні.

Так, при швидкості обертання ротора (якорю) двигуна $n=1050$ об/хв. і числі ламелей $N_n=24$, швидкісна частота складає $f_{ш} = 24 \cdot \frac{1050}{60} = 420$ Гц.

При наявності к.з. в двигуні постійного струму частота відмови f_0 визначається за такими міркуваннями.

$$f_0 = \left(n \cdot \frac{2}{60} \right) \cdot N_{кз}, \quad (2.3)$$

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

Так, при $n=1050$ об/хв. і одному к.з. $f_0 = (1050 \cdot 2)/60 = 35$ Гц, при двох к.з. – $f_0 = 70$ Гц.

При двох, трьох і більше місцях ушкодження обмотки якоря частота відмови змінює свій закон утворення. Утвориться ряд спектральних ліній із кроком у f_e Гц, які чисельно будуть дорівнювати циклічній частоті, і пов'язаній з числом числу місць ушкоджень.

$$f_e = f_{e1} + f_{e2} + \dots + f_{eN}, \quad (2.4)$$

де f_{e1} - частота гармоніки, що виникає у результаті виникнення обриву в обмотці й умовно позначена № 1, f_{e2} - частота гармоніки, що виникає у результаті виникнення обриву в другому місці обмотки й умовно позначена № 2 і т. ін.

У спектрі також присутні гармоніки кратні за частотою числу ушкоджень обмотки й укладається в загальний ряд гармонік відмови

$$f_e = \left(\frac{n}{60} \right) \cdot N_e, \quad (2.5)$$

де N_e - число ушкоджень.

Тобто, в цьому випадку виникають низькочастотні гармоніки кратні 17,5; 35; 52,5... Гц, оскільки $f_g = \left(\frac{1050}{60}\right) \cdot N_g = 17.5 \cdot N_g$ Гц.

2.2. Методика контролю параметрів двигуна постійного струму типу МСП

Для проведення досліджень на лабораторному стенді необхідно зробити підключення розробленого аналого-цифрового пристрою для діагностування стану двигунів (осцилографа) до виводів позначених на схемі управління стрілочних приводів. Після підключення пристрою (осцилографа) необхідно зробити включення лабораторного стенда. Перші показання будуть зніматися при переводі стрілки з одного положення в інше.

Перевід стрілки здійснюється поворотом "стрілочної рукоятки", що перебувають на стенді у відповідному положенні. Якщо стрілка перебувала в плюсовому положенні, то повертаємо рукоятку в мінусове положення. Під час переводу знімаємо осцилограму.

Кнопка В використовується після усунення несправності. Вона є груповою. Після її натискання по обмотці 2-4 включаються реле ТД. Останнє перемикає поляризований якір у нормальне положення, чим відновлюється робочий коло керування стрілкою. За допомогою пробних пусків стрілки в одне й інше положення переконуються в справності всіх елементів схеми.

Контроль стрілочної секції здійснюється за допомогою перемикача контролю вільності й зайнятості, що контролює вільність і зайнятість стрілочної секції.

Контроль робочого струму переводу стрілки здійснюється за допомогою амперметра, що встановлюється на панелі схеми керування стрілочним електроприводом з безконтактним автоперемикачем.

Контроль струму фрикції здійснюється за допомогою амперметра, що контролює і робочий струм. Робота двигуна на фрикцію можлива при

виникненні яких-небудь механічних завад при переводі гостряків і наприкінці переводу стрілки. На лабораторному стенді робота двигуна на фрикцію реалізується при підключенні до приводу пружин з коефіцієнтом твердості, що відповідає силі не більше 6000 Н.

Контроль автовозврата стрілки здійснюється за допомогою реле АВ. Якщо перевод стрілки в мінусове положення триває довше часу вповільнення реле АВ, то це реле, витримавши нормативне вповільнення відпускає якір.

При роботі приводу на фрикцію в плинні 15-18 с включається схема автовозврата стрілки. Автовозрат можливий тільки в тому випадку, якщо стрілочна ділянка вільна. При зайнятості стрілочної секції автовозврата не відбудеться, тому що реле АВ одержує незалежне живлення через фронтний контакт реле СП. Перевод стрілки відбудеться в плинні 1с.

При нормальному функціонуванні стрілочного приводу й автовозвраті стрілки здійснюється вимір струму і його осцилографування, контролюється спрацьовування реле схеми.

Отримані дані обробляються й порівнюються з нормативними технічними характеристиками стрілочних приводів типу СПГБ.

Після проведення всіх вимірів, отримані дані можна обробляти, порівнювати й архівувати.

Можливість аналізу роботи схеми керування стрілочного приводу типу СПГБ і його схеми керування за допомогою описаної методики на лабораторному стенді дає можливість студентам й обслуговуючому персоналу ШЧ здобувати практичні навички по обслуговуванню систем автоматики. Впровадження лабораторного стенда схеми керування стрілочним електроприводом типу СПГБ підтверджується відповідним актом, наведеним у додатку.

2.2.1. Нормальний режим роботи стрілочного приводу. Переведення стрілки

При переводі стрілки в мінусове положення замикаються кола обмотки 1-3 збудження реле НУС, обмотки 1-2 реле НВС. У загальному колі цих реле контролюється вільність рейкового кола стрілки (СП), наявність змінного струму для живлення рейкових кіл.

Фронтним контактом реле НУС замикається коло обмотки 1-3 реле ПУС. Спрацьовуючи, реле ПУС перемикає поляризований якір у протилежне положення. Одночасно з перемиканням якоря реле ПУС вимикаються реле НУС і НВС, але за рахунок уповільнення на відпускання ці реле втримують якір в притягнутому положенні.

По закінченні вповільнення реле НВС відпускає якір і через його тиловий контакт замикається керуюче коло відкриття тиристора МТ, що проходить по колу заряду конденсатора С2. На час заряду конденсатора С2 тиристор відкривається.

Після відкриття тиристора по його анодному колу замикається робоче коло через електродвигун і послідовно з'єднану з ним обмотку 1-3 реле НУС. Стрілка переводиться в мінусове положення.

У плюсове положення стрільця переводиться за допомогою тиристорів ПТ, ЗПТ, аналогічно як у мінусове.

2.2.2. Робота двигуна на фрикцію

У схемі керування стрілкою передбачений автоматичний возврат стрілки у вихідне положення, якщо при переводі вона не доходить до кінцевого положення й не з'являється контроль її переводу. Автовозврат стрілки здійснює реле АВ з витримкою часу на відпускання якоря. Стан пускових і контрольних реле кіл схеми відповідає плюсовму положенню стрілки, збудженому стану реле ПК й АВ.

2.2.3. Автоматичне повернення стрілки в початкове положення

Якщо перевод стрілки в мінусове положення затягується на час, більше за час уповільнення реле АВ, то це реле, витримавши вповільнення, відпускає якір.

По колу, що проходить через тиловий контакт реле ППС, включається реле НПС. Фронтним контактом реле НПС включається обмотка 3-4 реле ППС.

Перемикаючи поляризований якір у нормальне положення, реле ППС замикає лінійний коло Л1-Л2 робочого струму електродвигуна для переведу стрілки в плюсове положення. Після повернення стрілки в плюсове положення й спрацьовування реле ПК знову включається АВ і відновлюються кола нормального керування стрілкою. Автоматичне повернення стрілки можливе за умови, якщо рейкове коло вільне. Якщо рейкове коло зайняте, то через фронтний контакт реле СП замикається коло незалежного живлення реле АВ, і автовозврат не відбувається.

2.2.4. Перевірка спрацьовування реле технічної діагностики

У схемі передбачений елемент технічної діагностики ТД, за допомогою якого виконується перевірка справності тиристорних комутаторів, ПТ МТ, їхня здатність виключати робочий струм двигуна по закінченні переведу стрілки. В усіх випадках пробою тиристорів ПТ й ЗПТ, МТ й ЗМТ, короткого замикання або обриву конденсатора й резисторів робоче коло не вимикається, і реле НУС продовжує утримувати якір притягнутим за рахунок протікання робочого струму.

З моменту збудження реле НУС його фронтними контактами вимикається термоелемент ТЕ, що після нагрівання через 15-18 секунд замикає коло обмотки реле ТД. Спрацьовуючи по цій обмотці, реле ТД перемикає поляризований якір у протилежне положення, контактами цього якоря відключає робоче коло і виключається реле НУС.

При появі несправності лампочка ПЛ (МЛ) на пульті контактом реле ТД перемикається зі змінного горіння на миготливе, що вказує на необхідність усунути пошкодження після усунення несправності натисканням групової кнопки В включають реле ТД. Останнє перемикає поляризований якір у нормальне положення, чим відновлюється робоче коло керування стрілкою. За допомогою пробних пусків стрілки в одне й інше положення переконуються в справності всіх елементів схеми.

3. Апаратно-програмний комплекс діагностування стрілочних двигунів

3.1. Розробка структурної схеми

Апаратно-програмний комплекс працює на базі персонального комп'ютеру (ПК), який підключається до схеми управління стрілкою за допомогою пристрою сполучення. Сигнал, що досліджується знімається з датчика струму. Датчик струму являє собою резистор, який включено послідовно в робочі кола електроприводу, по якому під час переводу стрілки проходить струм електродвигуна. Таким чином падіння напруги на резисторі пропорційно струму електродвигуна. Зі схеми керування стрілкою через контакти контрольних реле до пристрою сполучення надходять сигнали про положення стрілки.

Структурна схема стенду для діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів зображена на рис. 3.1.

Пристрій сполучення являє собою універсальний прилад для аналого-цифрового перетворення сигналу, який модифікований для застосування у даному стенді. Пристрій сполучення складається з таких функціональних блоків: генератор тактових імпульсів (ГТІ), таймер, АЦП, схема розв'язання та комутації, схема керування. ГТІ виробляє тактові імпульси, які необхідні для роботи таймера, частота тактових імпульсів стабілізується кварцевим резонатором 1МГц. Таймер, що програмується, виробляє сигнали запуску перетворення для АЦП та задає інтервал дискретизації. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) перетворює аналоговий сигнал у цифрові коди. Схема розв'язування та комутації служить для забезпечення гальванічного розв'язування між аналоговою та цифровою частинами, а також для комутації цифрових сигналів. Пристрій керування складається з регістрів даних та керування, які необхідні для фіксації даних та сигналів керування,

що поступають від персонального комп'ютера, та служить для керування режимами роботи таймера, а також здійснює керування стрілкою за допомогою керуючих реле.

Пристрій сполучення підключається до ПК через USB порт. Читання вибірки сигналу здійснюється за два такти за допомогою мультиплексорів, які знаходяться в схемі розв'язування та комутації.

Персональний комп'ютер здійснює настройку та керування пристроєм сполучення, та за допомогою пристрою сполучення здійснює керування стрілкою та отримання контрольних сигналів положення стрілки, а також обробку отриманих даних перетворювання сигналу.

Структурна схема пристрою сполучення зображена на рис.3.1. Аналого-цифровий перетворювач виконаний на інтегральній мікросхемі (ІМС) типу K1113ПВ1 (DD1) – десятирозрядний АЦП послідовного наближення [15,16]. Даний АЦП має вхідний діапазон напруги ± 5 В та перетворює аналоговий сигнал в цифровий з шагом квантування ± 5 мВ.

Аналоговий сигнал на вхід АЦП поступає через підсилювач-обмежувач виконаний на операційних підсилювачах DA1, DA2. Підсилювач-обмежувач призначений для захисту входу АЦП від перенапружень, він обмежує вхідну напругу на рівні 5,5 В. Операційний підсилювач DA1.1 призначений для узгодження та забезпечує високий вхідний опір пристрою сполучення, це необхідно для підвищення достовірності вимірювань.

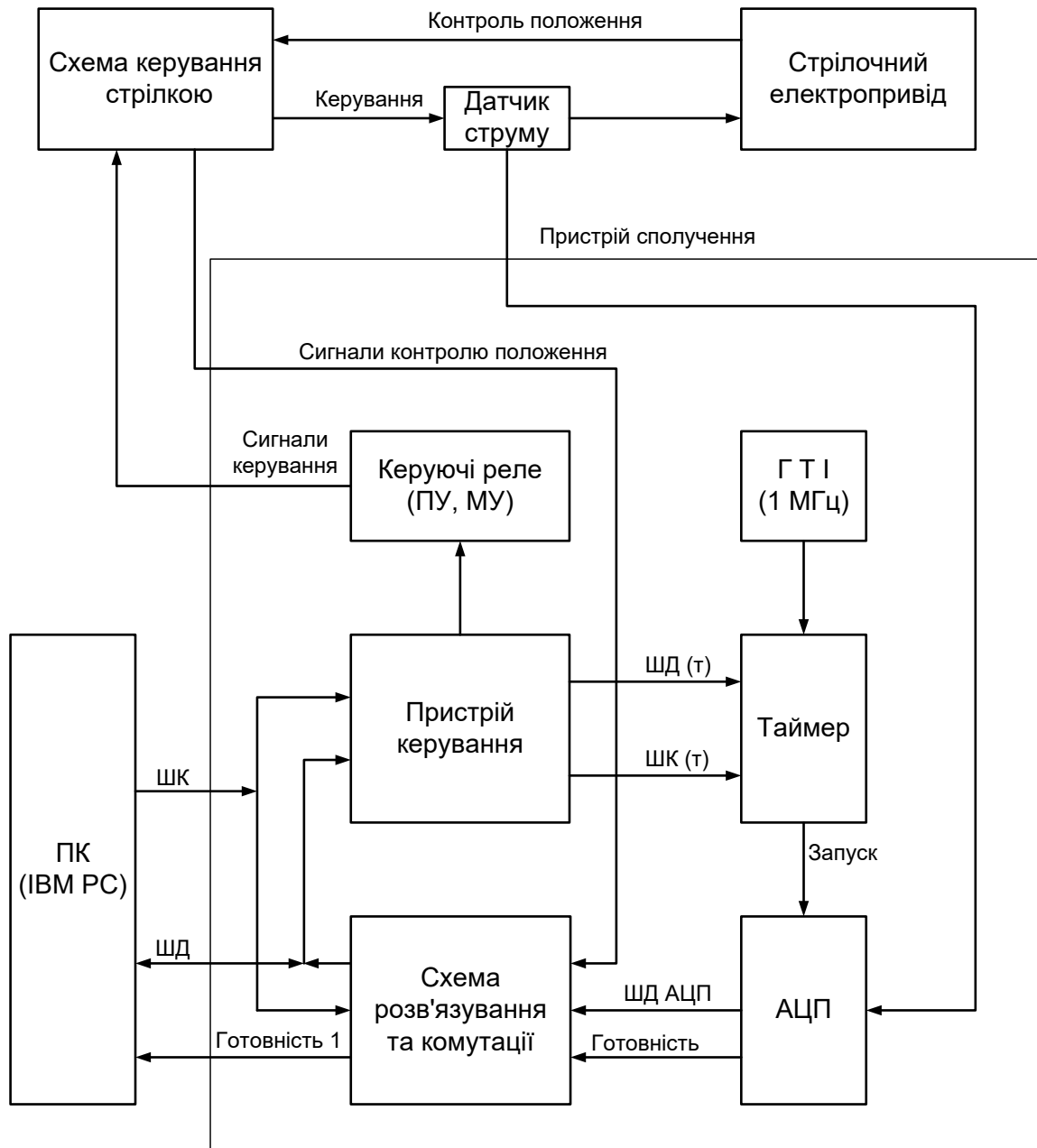


Рис. 3.1. Структурна схема стенду діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів методом осцилографування робочого струму

В даному випадку коефіцієнт підсилювання вхідного підсилювача-обмежувача рівний 1, але при необхідності коефіцієнт підсилювання можна змінити, підключив до операційного підсилювача DA1.1 певним чином додаткові резистори за стандартною схемою.

Таймер, що програмується реалізований на ІМС типу K580DB53 (DD6). За допомогою таймера інтервал дискретизації можна змінювати в широких межах від 25 мкс до 70 хв. Нижня границя інтервалу дискретизації обмежена властивостями АЦП, верхня – можливостями таймера.

Схема розв'язування та комутації містить буфери (DD2, DD3), оптрони (DA4 – DA10) та мультиплексори (DD4, DD5). Цифрові сигнали з Ш.Д.(АЦП) поступають до буферів, які служать для підсилення сигналів. З виходів буферів цифрові сигнали поступають на входи оптронів, які здійснюють гальванічну розв'язку та служать для підвищення перешкодозахищеності пристрою. Виходи оптронів підключені до входів мультиплексорів. Також до мультиплексорів через оптрони DA4 підключені контакти стрілочних контрольних реле (ПК, МК) для внесення інформації про положення стрілки.

Пристрій керування містить два регістри зберігання інформації (DD7, DD8). Регістр DD8 (регістр даних) призначений для передачі інформації на шину даних таймера (Ш.Д.(Т)), регістр DD7 (регістр керування) призначений для передачі керуючих сигналів таймеру, а також для включення (виключення) керуючих реле ПУ та МУ, тобто дачі команди на переведення стрілки в те чи інше положення [20, 22].

3.2. Алгоритм роботи пристрою діагностування двигуна

Програмне забезпечення стенду надає користувачеві наступні можливості: вибір режиму вимірювання (ручний або автоматичний); завдання частоти дискретизації сигналу; вибір часу вимірювання; графічне зображення сигналу на дисплеї осцилограм одразу після завершення вимірювання; можливість настройки та масштабування дисплея осцилограм; побудова двох різних кривих струму (отриманих при переводі стрілки в плюс та мінус) в одній системі координат; збереження в графічні файли

побудованих графіків; збереження даних вимірювання в текстовий файл; відкриття раніше збережених даних; визначення параметрів: амплітуда пускового струму I_n , робочій струм I_p , час переводу стрілки t_n , та збереження цих параметрів в текстовий файл; також є можливість переводу стрілки та визначення її положення без проведення вимірювань.

Ручний режим вимірювання. В ручному режимі положення стрілки не визначається, а також не здійснюється автоматичний перевід. Користувач самостійно повинен вказувати напрямок переводу стрілки, та включати її перевід за допомогою стрілочного комутатора. Наприклад: якщо стрілка знаходиться в положенні „плюс”, користувач повинен в полі „положення стрілки” вказати напрямок переводу „мінус”. Після цього натискається кнопка „старт вимірювання” та вмикається перевід стрілки у відповідне положення за допомогою стрілочного комутатора. Вимірювання закінчується автоматично після закінчення часу вимірювання, що задається користувачем.

Автоматичний режим вимірювання. В автоматичному режимі положення стрілки, напрямок її переводу та саме перевід здійснюється автоматично. Користувачеві достатньо задати частоту дискретизації та натиснути кнопку „старт вимірювання”. Вимірювання закінчиться автоматично після переводу стрілки та отримання контролю її положення. Якщо контроль положення стрілки не буде отриманий впродовж часу вимірювання, то вимірювання закінчиться примусово (без контролю положення). Час вимірювання в автоматичному режимі задається теж автоматично – 10 секунд, але користувач має можливість його змінювати.

Незалежно від режиму після закінчення вимірювання на дисплей осцилограм виводиться форма отриманої кривої струму. Потім отриману криву можна побудувати в координатних осях та візуально визначити параметри струму, або натисненням кнопки „обробка” визвати вікно обробки сигналу та в меню вибрати визначення одного з параметрів, або всіх параметрів одночасно. Також при побудові кривих в координатних осях

мається можливість виділення та збільшення масштабу окремих частин графіку.

В оперативній пам'яті ПК тримаються результати двох останніх вимірювань, по цих даних можна побудувати дві криві струму в одних координатних осях одночасно.

Програмне забезпечення стенду виконано в середовищі програмування Delphi. Зокрема графічної оболонки до програмного забезпечення входять: драйвер паралельного порту WinDriver, бібліотека драйвера `drv_lpt1_lib`, процедури зв'язку програм графічної оболонки з драйвером паралельного порту.

Загальний алгоритм роботи стенду зображений на рис. 3.2.

Перед початком вимірювання виконується ініціалізація програмних та апаратних засобів. Процедури ініціалізації програмних засобів містять: запуск драйвера паралельного порту, збереження стану USB порту, об'явлення змінних, настройка головного вікна програми. Ініціалізація апаратних засобів містить наступні процедури: заборона переривання від паралельного порту, настройка таймера пристрою сполучення в режим дільника частоти (запис керуючих слів до відповідних регістрів), виключення керуючих реле.

Наступним кроком є завдання частоти дискретизації. Завдання частоти дискретизації виконується шляхом запису відповідних даних (чисел) в таймер, які визначають коефіцієнт ділення опорної частоти генератору тактових імпульсів.

Далі виконується вибір режиму вимірювання. Описання режимів вимірювання було приведене вище.

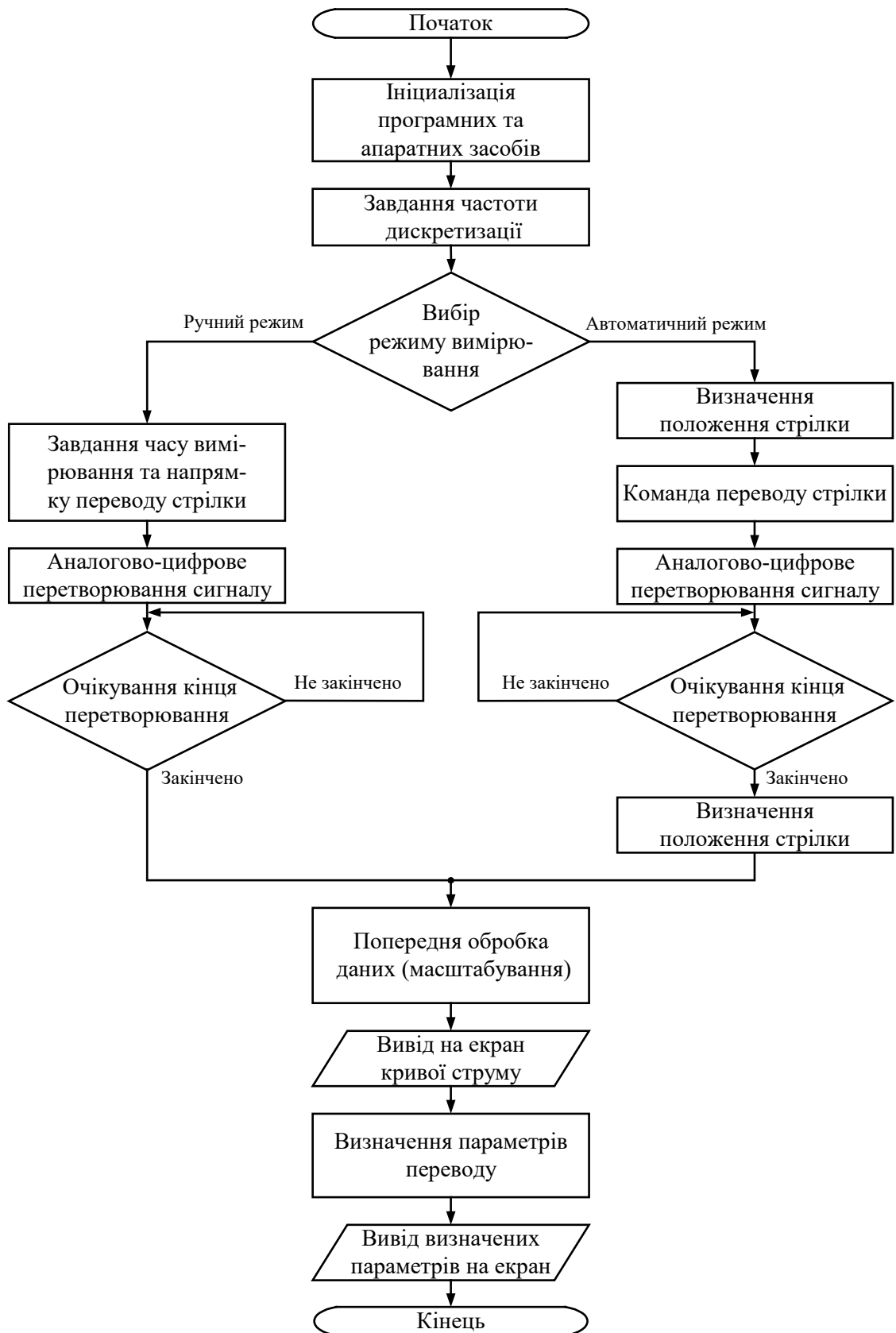


Рис.3.2. Загальний алгоритм роботи стенду

Після внесення певних параметрів вимірювання та включення переводу стрілки (автоматично чи вручну, відповідно до режиму вимірювання) відбувається включення процесу аналого-цифрового перетворювання.

Процес аналого-цифрового перетворювання відбувається наступним чином. Після внесення відповідних налаштувань до таймеру пристрою сполучення, дається команда на дозвіл переривання від паралельного порту та включається таймер. Таймер з заданим інтервалом часу (частотою дискретизації, що задається користувачем) генерує сигнал „запуск” (див. рис.3.2), що посиляється до АЦП. Сприймавши сигнал „запуск” АЦП починає перетворювання аналогового сигналу, що поступає від датчика струму. Після закінчення перетворювання чергової вибірки сигналу АЦП виставляє на шину даних (Ш.Д.(АЦП)) отриманий цифровий код та посиляє до ПК сигнал готовності даних „готовність”. Сигнал „готовність” проходить через схему розв’язування та комутації та визиває апаратне переривання від USB порту. При виникненні переривання визивається процедура обробки переривання від USB порту. Процедура обробки переривання виконує зчитування даних з шини даних АЦП через мультиплексори за два такти та створення масиву даних, який розміщується в оперативному запам’ятовуючому пристрої (ОЗП) комп’ютера.

При виникненні умов завершення вимірювання (отримання контролю положення стрілки або закінчення часу вимірювання, в залежності від заданого режиму) дається команда заборони переривання від паралельного порту, виключається таймер пристрою сполучення та визивається процедура первинної обробки отриманих даних (масштабування). Масштабування дозволяє перевести цифровий код в значення реального сигналу параметру, що контролюється, в даному випадку це струм електродвигуна.

Масштабування виконується наступним чином: кожен елемент масиву даних помножується на інтервал квантування АЦП – 5 мВ, таким чином

отримується реальне значення напруги, яка виділяється датчиком струму. Перетворення отриманих значень напруги в реальні значення струму електродвигуна виконується по закону Ома для ділянки кола, саме для цього перед початком вимірювання користувач повинен увести значення опору резистора – датчика струму.

Після закінчення первинної обробки даних на екран автоматично виводяться результати виміру у вигляді побудованої кривої струму.

Після цього, за бажанням користувача, будується крива струму в координатних осях та визначаються наступні параметри: амплітуда пускового струму I_n , робочий струм електродвигуна I_p , фактичний $t_{пф}$ та розрахований $t_{пр}$ час перевodu стрілки. Визначені параметри також виводяться на екран.

Фактичний час перевodu стрілки дорівнює часу вимірювання та має реальне значення лише при вимірюванні в автоматичному режимі. Розрахований час перевodu визначається по отриманій кривій струму з певною похибкою в будь-якому режимі вимірювання.

Таким чином розроблений стенд для діагностування двигунів постійного струму стрілочних електроприводів дає можливість досить зручно проводити вимірювання параметрів електродвигунів та своєчасно виявляти їх передвідмовний стан. Вимірювання проводяться дистанційно без вилучення електродвигуна з електроприводу та не перешкоджаючи руху поїздів. Також застосування стенду не вимагає переробки схеми керування стрілкою та може застосовуватись як при двох- так і при чотирьохпроводних схемах керування стрілками.

3.3. Висновки за розділом

Для підвищення безпеки руху та скорочення числа відмов пристроїв СЦБ був розроблений й запропонований спосіб й технічний засіб дистанційної безперервної діагностики стрілочних переводів, що дозволяє практично з високою вірогідністю виявляти наступні дефекти: люфт якірних підшипників і шарикопідшипників у підшипниковому вузлі, забруднення або відсутність змащення башмаків стрілки, обриви й коротке замикання секції якоря; розпаювання (обрив) і коротке замикання пластин колектора; люфт і кількість дефектних щіток електродвигуна; дефекти пускової апаратури; зниження рівня ізоляції й опору жил живильного кабелю.

При виявленні згаданих вище дефектів також проводять аналіз спектра кривої струму. З появою в спектрі певних гармонік за їхніми характеристиками роблять висновки про несправності електричних параметрів двигуна. Так, люфт щітки фіксується при появі в спектрі гармоніки швидкісної частоти, а кількість дефектних щіток визначається числом цих гармонік. Ушкодження в обмотках – коротке замкнення (кз) якоря – супроводжуються появою в спектрі гармоніки кратній швидкісній частоті. Обриви в обмотці якоря викликають стрибкоподібна зміна амплітуд гармонік. Пошкодження в обмотці якоря фіксують за наявністю в спектрі гармоніки кратної швидкісній частоті, а кількість пошкоджень – за кількістю перевищень частот цих гармонік; обриви в обмотці якоря – фіксують за стрибкоподібною зміною амплітуди гармоніки, а коротке замкнення в обмотці якоря – за наявністю в спектрі змінювань амплітуди основної частоти.

Отже, застосування системи моніторингу й експлуатаційної діагностики дозволить своєчасно визначити несправності на ранній стадії їх виникнення, мінімізувати витрати на ліквідацію пошкоджень, а також у подальшому здійснити перехід від планово-попереджувального ремонту до ремонту за станом об'єкта.

Результати науково-дослідницької діяльності було докладено на студентській науково-технічній конференції. За результатами конференції опубліковано тези [29].

4. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЩІТКОВО-КОЛЕКТОРНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

4.1. Моделювання несправностей, які виникають в щітково-колекторному механізмі

Машини постійного струму одержали широке поширення у вітчизняній і закордонній промисловості. Їхнім основним недоліком залишається низька експлуатаційна надійність у порівнянні з іншими типами обертових електричних машин. Одним зі способів підвищення цього показника є застосування систем моніторингу й експлуатаційної діагностики, що дозволяють вчасно виявляти несправності на ранній стадії їхнього розвитку, що дозволить мінімізувати витрати на ліквідацію наслідків аварійних ситуацій, а також здійснити перехід від планово-попереджувальних ремонтів до ремонтів за станом устаткування. Такі міри сприяють подальшому підвищенню інформатизації й автоматизації виробництва в цілому й підвищенню надійності й продуктивності електромеханічних систем рухливих механізмів.

Мета роботи - дослідження електромагнітних процесів у якірному колі машини постійного струму методами математичного моделювання основних несправностей електромагнітного характеру щітково-колекторного вузла машин постійного струму та визначення параметрів діагностування.

Розрахунок статичних і динамічних параметрів машини.

У процесі математичного моделювання, при знаходженні передавальних функцій необхідно визначити статичні параметри машини. Активний опір якоря двигуна постійного струму визначається виходячи з рівності змінних і постійних витрат в двигуні, і може бути визначене як:

$$R_{я} = \frac{U_H \cdot I_H - P_H}{2 \cdot I_H^2} \quad (4.1)$$

Коефіцієнт, який визначає магнітний потік машини, може бути визначений за допомогою наступного співвідношення:

$$k_{\phi} = \frac{U_H - I_H \cdot R_{я}}{\omega_H} \quad (4.2)$$

Розрахуємо електромеханічні параметри двигуна постійного струму. Активний опір двигуна знаходиться як:

$$R_{я} := \frac{U_H \cdot I_H - P_H}{2 \cdot I_H^2} = 20 \quad \text{Ом} \quad (4.3)$$

$P = 1$ пари полюсів.

$N = 850$ об/хв.

Індуктивність обмоток якоря знаходиться за формулою Уманського:

$$L_{я} := \frac{U_H \cdot k}{P \cdot \omega_H \cdot I_H} = 0.3 \text{ ГН} \quad ; K=0,3 \quad (4.4)$$

$$\omega_H := \frac{\pi \cdot n_H}{30} = 89.012 \text{ рад/с} \quad (4.5)$$

$$K_{\phi} := \frac{U_H - I_H \cdot R_{я}}{\omega_H} = 1.46 \quad (4.6)$$

ЕРС яка виникає в обмотках якоря при перетині ними магнітного потоку:

$$E := K_{\phi} \cdot \omega_H = 130 \text{ В} \quad (4.7)$$

Момент номінальний:

$$M_H := \frac{30 \cdot P_H}{\pi \cdot n_H} = 1.685 \text{ НМ} \quad (4.8)$$

Струм якоря:

$$I_{я} := \frac{M_H}{K_{\phi}} = 1.154 \text{ А} \quad (4.9)$$

Напруга якоря:

$$U_{\text{я}} := E + I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}} = 153.077 \text{ В}$$

Найбільше число відмов у машинах постійного струму доводиться на щітково-колекторний вузол. Залежно від умов експлуатації вони становлять 40 - 60 % від загального числа відмов машин [1].

До характерних ушкоджень колектора відносяться: зміна його форми через нерівномірне зношування, порушення якості поверхні колектора, підгоряння й оплавлення пластин при несприятливій комутації й колових вогнях [2].

Причинами несприятливої комутації й колового вогню на колекторі є зношування щіток, неправильне настроювання щітково-колекторного вузла, засмічення колектора вугільним і металевим пилом при руйнуванні матеріалу щіток і колектора.

Поява несправності або дефекту електричної машини пов'язане зі зміною фізичних параметрів окремих вузлів машини і їхніх елементів. Ці параметри можуть бути як механічними (зміну геометричної форми елементів) так й електричними (зміна активного опору провідників, індуктивності, опору ізоляції, ємності й ін.)

Для оцінки впливу зміни цих параметрів на сигнали струму й напруги якірного кола машин постійного струму проводиться математичне моделювання якірного кола з урахуванням електромагнітних процесів комутації в щітково-колекторному вузлі. Розрахункова схема заміщення якірного кола двигуна постійного юка при відсутності несправностей обмотки якоря й щітково-колекторного вузла представлена на рис.3.1. Кількість щітково –колекторних механізмів в двигунах МСП – два.

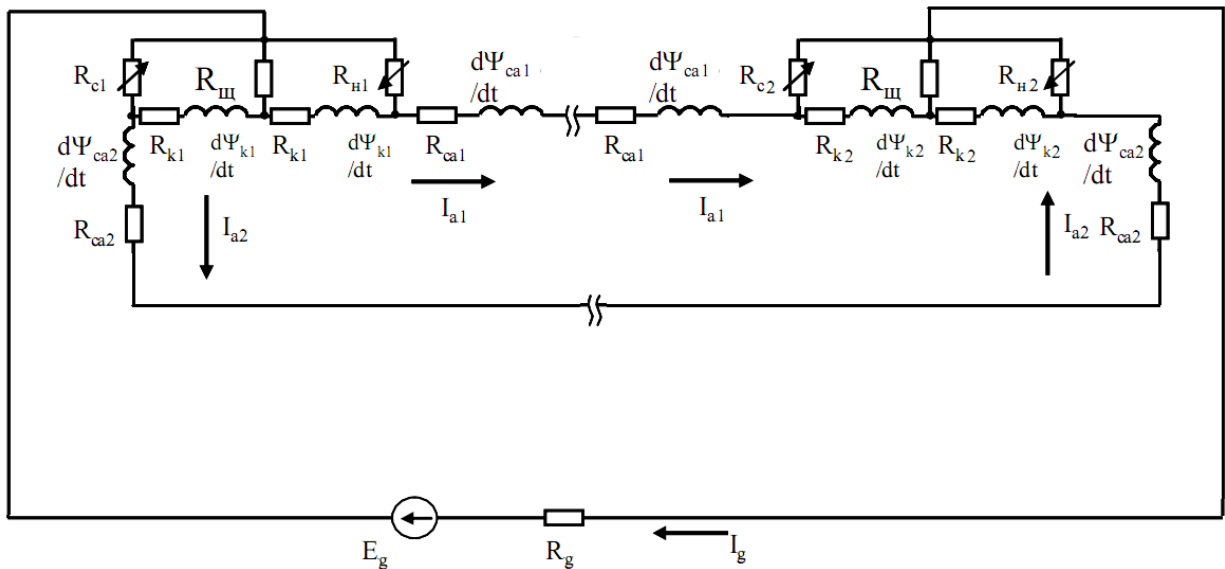


Рис. 4.1. Розрахункова схема заміщення якірного кола двигуна постійного струму

Обмотка стрілочного двигуна постійного струму є простою петльовою. Схему заміщення приведено для загального випадку, коли щіткове перекриття $\beta > 1$ для простих петльових обмоток якоря.

При виконанні моделювання прийняті такі припущення: колектор являє собою ідеальну окружність, відстань між колекторними пластинами дорівнює нулю; ємністю між колекторними пластинами зневажили; при комутації щітки на колекторну пластину в початковий момент часу опір щіткового контакту має скінченну величину; насичення магнітного кола якоря не урахувалось; іскріння на щітках відсутнє; реакція якоря відсутня.

Математична модель електромагнітних процесів у якірному колі представлена системою диференціальних рівнянь (3.10) по 1 й 2 закону Кирхгофа для паралельних віток обмотки якоря й окремих секцій обмотки якоря, замкнутих на щітки:

$$\left\{ \begin{array}{l} i_{H1} + i_{c1} + i_{u1} = i_g \\ i_{H2} + i_{c2} + i_{u2} = i_g \\ i_{a1} + i_{k1} = i_{u1} \\ i_{a2} + i_{k2} = i_{u2} \\ E_g = \sum R_{ca1} i_{a1} + \sum \frac{d\Psi_{a1}}{dt} + i_{H1} R_{H1} + i_{c2} R_{c2} + i_g R_g \\ E_g = \sum R_{ca2} i_{a2} + \sum \frac{d\Psi_{a2}}{dt} + i_{H2} R_{H2} + i_{c1} R_{c1} + i_g R_g \end{array} \right. , \quad (4.10)$$

де R_{cai} - опір i -тої секції якоря;

R_{ki} - опір i -тої колекторної пластини;

R_{H1}, R_{c1}, R_{u1} - опір щітково механізму, що дозволяє імітувати неправильне притискання щіток до колектору, та нерівномірність розподілу струму по щітці при її притисканні до колектору під час руху якорю;

i_{H1}, i_{c1}, i_{u1} - струм, що протікає через щітково-колекторний механізм;

E_g - електрорушійна сила джерела електричної енергії, i_g - струм від джерела електричної енергії;

Ψ_{ai}, Ψ_{ki} - потокозчеплення, що виникає між обмоткою збудження та якорем і колектором відповідно;

i_a - струм якоря.

Потокозчеплення паралельних віток якірного кола визначаються вираженнями (2)

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi_{a1} = i_{a1} L_{ca1} + \sum M_{1j} i_j + \dots + \sum M_{kj} i_g \\ \Psi_{a2} = i_{a2} L_{ca2} + \sum M_{kj} i_j + \dots + \sum M_{(n-k)} i_j \end{array} \right. , \quad (4.11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi_{k1} = i_{k1} L_{k1} + \sum M_{k1} i_g \\ \Psi_{k2} = i_{k2} L_{k2} + \sum M_{k2} i_g \end{array} \right. , \quad (4.12)$$

де n - кількість секцій обмоток якоря, $k = n/2$ - кількість секцій обмоток якоря між двома щітково-колекторними механізмами, M_{ij} - коефіцієнти взаємної індукції між секціями обмотки якоря, покладеними в однойменні пази сердечника, L_{cai} - індуктивність i -тої секції якоря.

Імітація несправності виникаючої в щітково-колекторном механізмі-представлена на рис. 3.2.

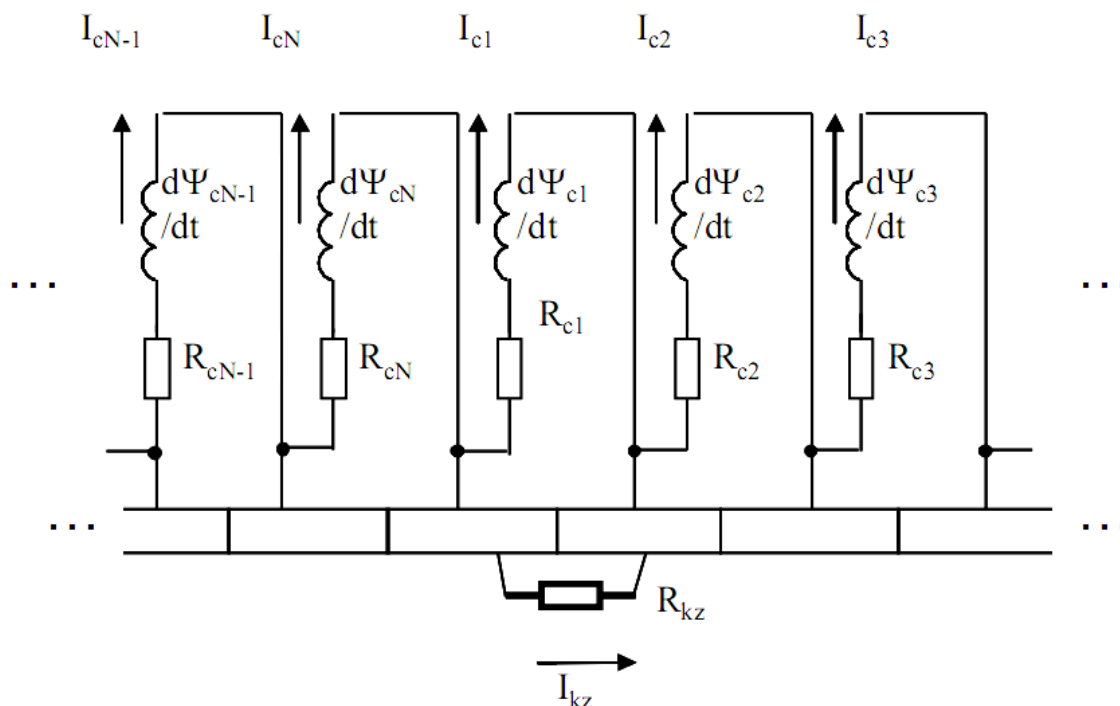


Рис. 4.2. Схема частини обмотки якоря з імітацією короткого замкнення колекторних пластин

Опір короткого замикання R_{K3} залежно від стану ізоляції між колекторними пластинами може змінюватися від 0 до R_{K3MAX} , що відповідає зміні стану щітково-колекторного вузла від повного замикання хоча б 2-х пластин до нормального стану колектора.

При імітації несправності в математичну модель (3.10) вноситься додаткове рівняння (3) для контуру, замкнутого опором R_{K3} :

У результаті моделювання якірного кола при відсутності несправностей і при замиканні колекторних пластин на опір $R_{KЗ}$ були отримані залежності сигналів струму й напруги якоря.

4.2. Гармонійний склад робочого струму двигуна МСП

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

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

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

в) гармоніки, які мають так звану колекторну частоту; основна частота $f_k = k \cdot n/60$, де k - кількість колекторних пластин [3].

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

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

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

$$f_k = k \cdot n/60 = 24 \cdot 1500/60 = 600 \text{ Гц}$$

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

Осцилограма та спектральний склад робочого струму якоря представлені на рис. 4.3, 4.4. Спектральний склад сигналу напруги машини якісно ідентичний спектральному складу сигналу струму якоря машини. Аналіз залежності амплітуд зазначених гармонік від значення опору короткого замикання $R_{KЗ}$ дозволяє запропонувати використати ці залежності як діагностичні параметри зміни стану колектора.

Аналіз залежності амплітуд зазначених гармонік від значення опору короткого замикання R_{KZ} дозволяє запропонувати використати ці залежності як діагностичні параметри зміни стану колектора.

Таблиця 4.1.

Гармонійний аналіз робочого струму стрілочних двигунів постійного струму

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

Характер залежностей - експонентний:

$$A_{Nn}(r_k) = a \cdot e^{b \cdot R_{KZ}} + c, \quad (4.13)$$

де r_k - опір між колекторними пластинами, a, b, c - коефіцієнти [10].

За результатами експериментальних випробувань досліджено залежності амплітуд основних груп гармонік спектрів струму та напруги якоря від опору короткого замкнення (рис.4.5, 4.6).

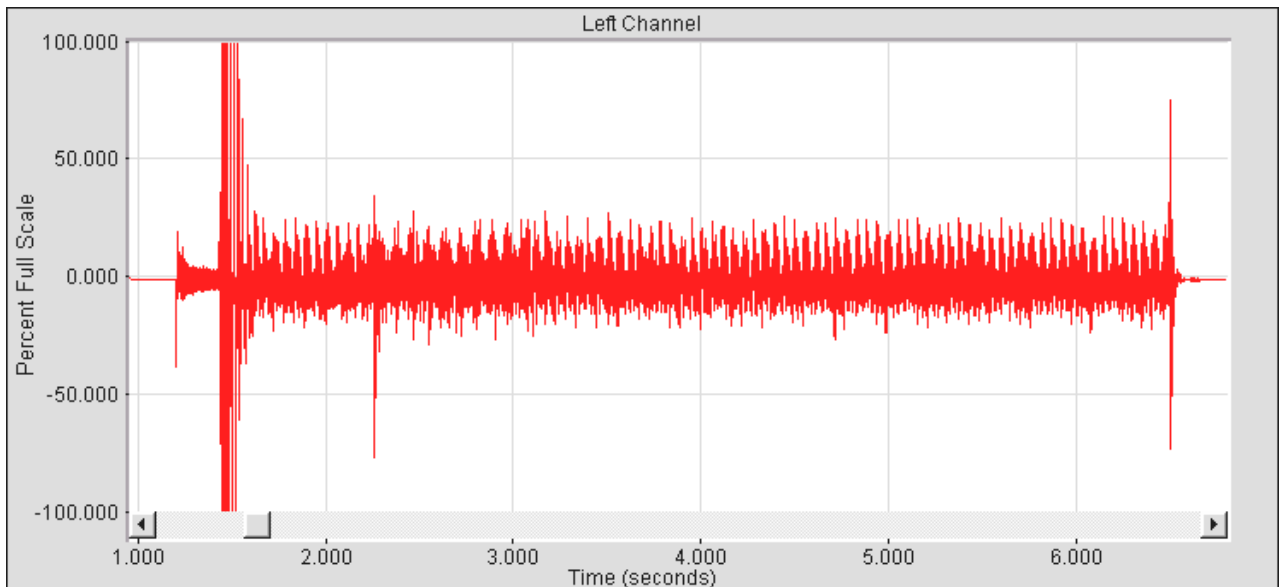


Рис. 4.3. Осцилограма робочого струму якоря. Вид несправності - коротке замикання колектора

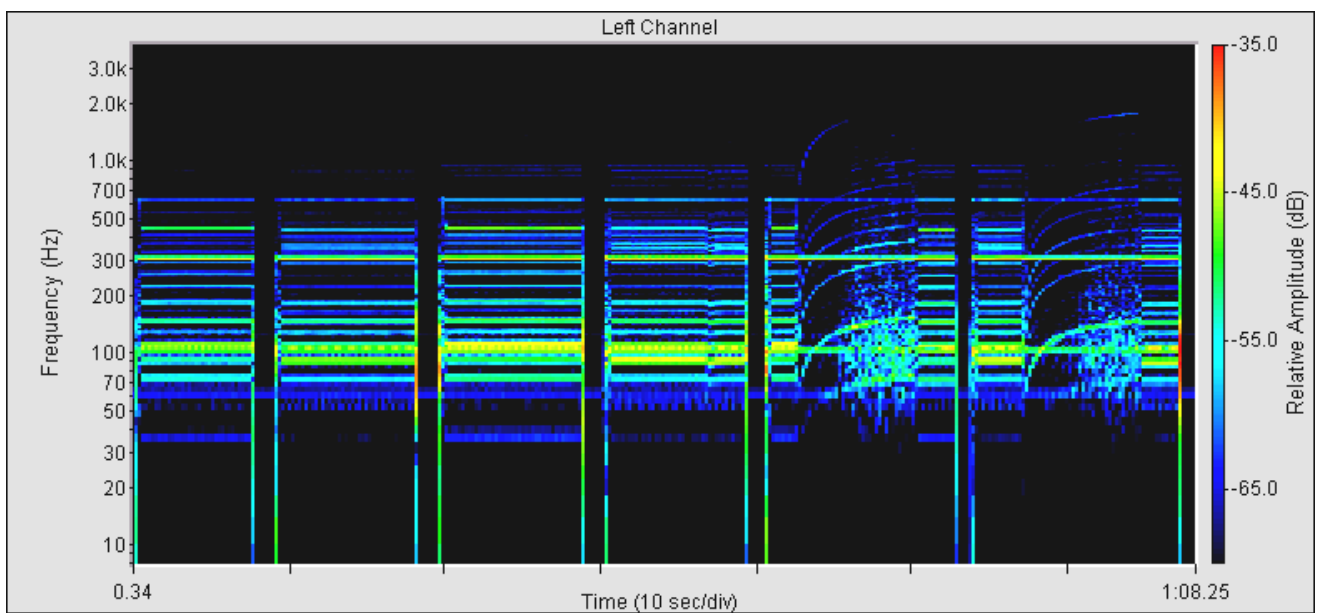


Рис.4.4. Спектральний склад робочого струму якоря з коротким замиканням колектора

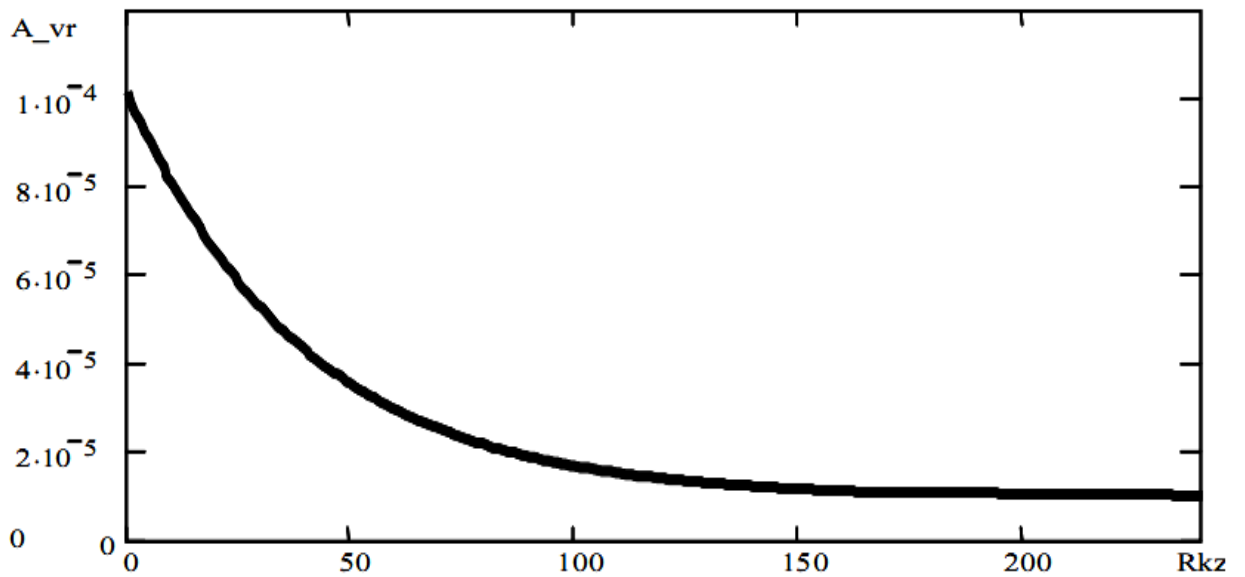


Рис.4.5.Залежність амплітуд швидкісних гармонік робочого струму від опору короткого замикання

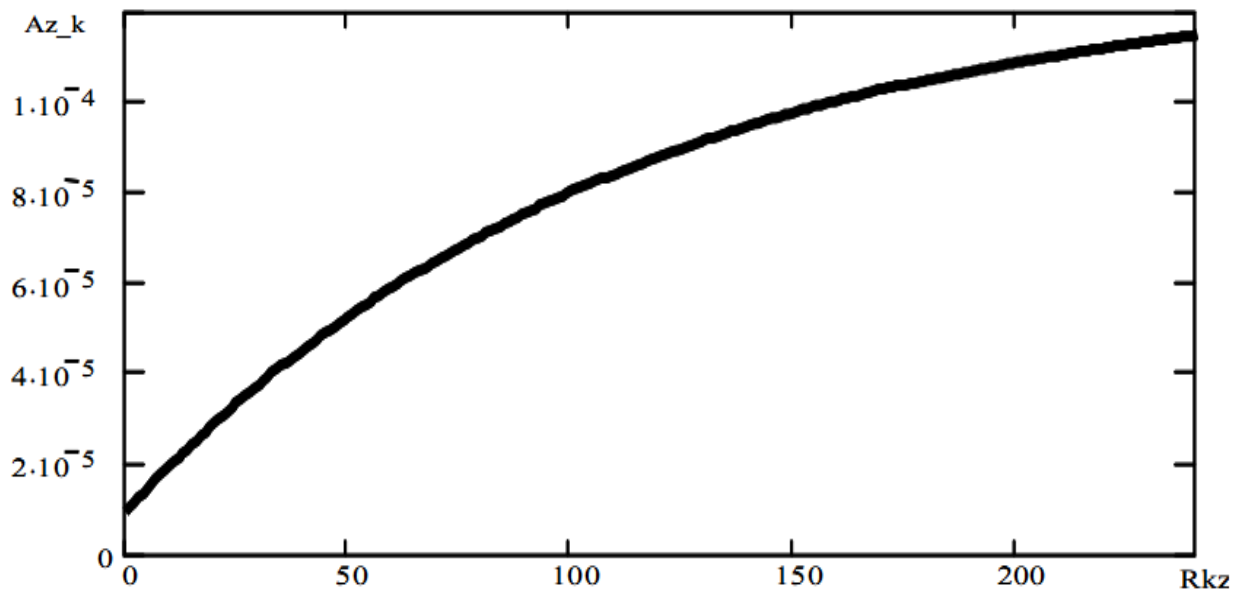


Рис.4.6.Залежність амплітуд зубцевих та колекторних гармонік робочого струму від опору короткого замикання

Загальний вид залежностей (3.13) для оборотних і зубцевих і колекторних гармонік різний, як показано на рис. 3.5, 3.6. З метою перевірки результатів моделювання несправностей щітково-колекторного вузла

машини постійного струму були проведені експериментальні дослідження, результати яких [9] якісно збігаються з результатами моделювання.

Результати моделювання розподілу амплітуд гармонійних складових у разі виникнення короткого замкнення двох пластин колектору дано на рис. 4.7, що співпадає з [10]. Справному стану двигуна відповідає АЧХ представлена на рис.4.8.

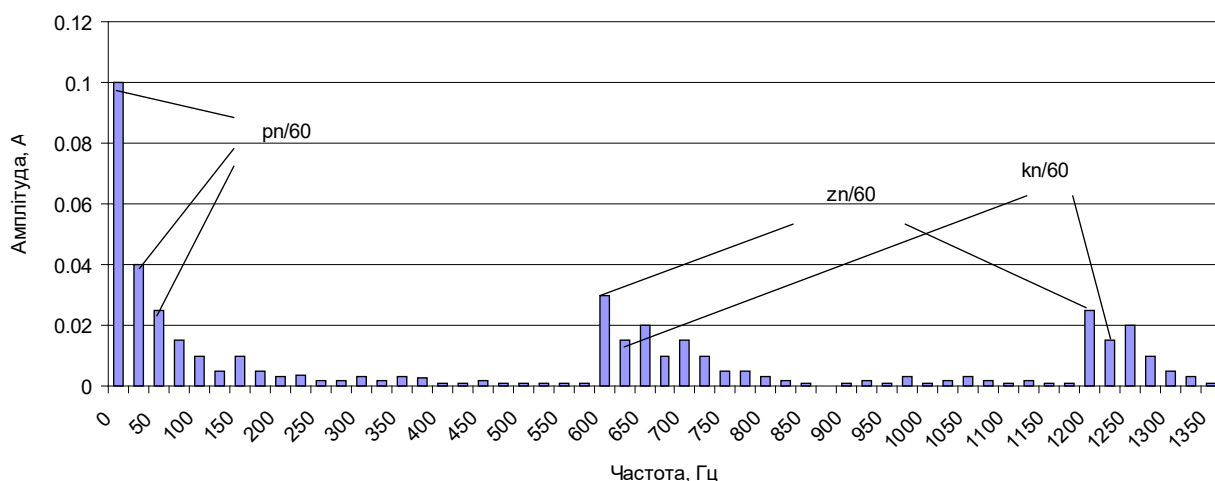


Рис. 4.7. Моделювання розподілу амплітуд гармонійних складових у разі виникнення короткого замкнення двох пластин колектору

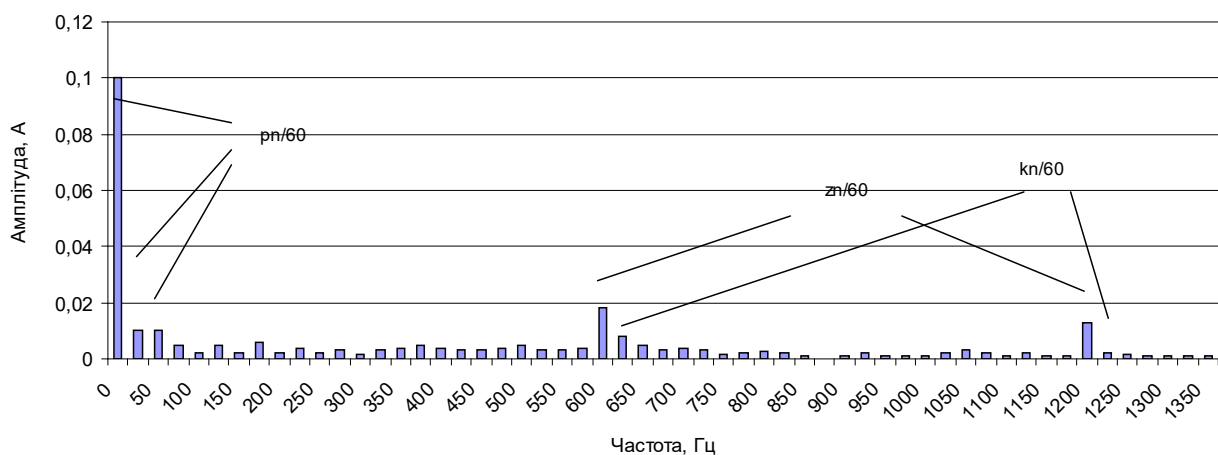


Рис. 4.8. Моделювання розподілу амплітуд гармонійних складових у разі, якщо двигун є справним

4.3. Висновки за розділом

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

Дипломна магістерська робота присвячена удосконаленню системи технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) пристроїв СЦБ, зокрема стрілочних електроприводів типу СП-6 підприємства ООО ДОНПРОМТРАНС.

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

Створено апаратно-програмний комплекс контролю параметрів двигунів постійного струму з послідовним збудженням в умовах КППу й процесі експлуатації. Розроблені алгоритми функціонування пристрою.

Дано наукове обґрунтування можливості переходу від планово-попереджувального ремонту до ремонту електродвигунів за станом Перевагою запропонованого методу та пристрою є поступовий перехід від планово-попереджувального ремонту до ремонту електродвигунів за станом.

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

Результати досліджень опубліковано в роботі [29] й було апробовано на 80ій студентській науковій конференції, що проводилася на базі Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна кафедри «Автоматика та телекомунікації».

Список літератури

1. Классификация и каталог дефектов и повреждений элементов электрических переводов железных дорог Украины. – Днепропетровск: Арт-Прес, 2000. – 148 с.
2. Родькин Д.И., Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при после ремонтных испытаниях - Москва: Недра, 1992. 236 с.
3. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л., Испытания и надежность электрических машин - Москва:«Высшая школа», 1988. - 232 с.
4. Толкунов В.П., Теория и практика коммутации машин постоянного тока. - Москва: Энергия,1979-224с.
5. А.И. Грила. Осциллографический метод оценки состояния стрелочных электродвигателей постоянного тока //Автоматика, телемеханика и связь. - 1983. - № 12.- С.28.
6. Панкратов А.И., Ивченков Н.В. К вопросу усовершенствования систем диагностики машин постоянного тока. //Вестник трудов Кременчугского государственного политехнического университета: Научные труды КГПУ. - Кременчуг: КГПУ,2006 выпуск 3/2006 (38), часть 2. - С. 83-87.
7. Устройства СЦБ. Технология обслуживания. – М.: Транспорт, 1999. – 433с.
8. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ): ЦШЕОТ/0012: Затв. Гол. упр. зв'язку, енергетики та обчислювальної техніки М-ва транспорту України 05.10.1998. – Київ, 1998. – 72 с.
9. Шило В.Л. Популярныe цифровые микросхемы: Справочник. – 2ое изд. – М.:Радио и связь, 1989. -352 с.
10. Якубовский С.В. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1989.

11. Безпека життєдіяльності. /Під ред. Н.А. Белова - М.: Знання, 2000 – 364с.
- 12.Правила улаштування електроустановок: вид. 3-тє, перероб. і доп. – Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
- 13.Правила технічної експлуатації залізниць України: наказ № 258 від 25.07.2006, зареєстр. в Мін-ві Юстиції України від 25.10.2006 р. від № 1143/13017 . – Мінпаливенерго України, 2006.
- 14.ЦШ - 0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Наказ № 347-ЦЗ від 26.04.2006. – Міністерство транспорту: Київ – 2006.
- 15.ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009. – Міністерство транспорту: Київ – 2009.
- 16.Резников Ю. М. Электроприводы ж.д. а. и т. – М.: Транспорт, 1985.
- 17.Сибаров Ю. А. Безопасность жизнедеятельности: научное пособие для вузов / Ю. А. Сибаров. - М.: Транспорт, 1987. – 379 с.
18. Назаров Ф.А. К вопросу оптимизации обслуживания устройств электрической централизации / Назаров Ф.А., Смоляницкий Ю.А., Шумако В.М. //Ташкент Тр. ТашИИТ. – 1973. – № 91. – С. 9-15.
19. Каменев А. И., Балувев Н. Н., Адаскин В.М. Безопасность движения поездов и надежность технических средств // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 6. – С. 5 - 8.
- 20.Швецкий Б.И. Электронные цифровые приборы. Киев: Техника, 1981. – 247 с.
- 21.Граф Р.Ф., Шиите В. Энциклопедия электронных схем. Том 7. Часть 2: Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 416 с.
22. Самборський В.В., Мишишин В.В., Синявський А.А. Діагностування стрілочних електродвигунів постійного струму типу МСП// Тезиси 73-ої студентської науково-технічної конференції "Інформаційно-

управляющие технологии и системы на железнодорожном транспорте" - Д.:ДИИТ, 2013.–С. 102 –103.

23.Слободкин А. Х. О концепции электробезопасности в сетях 380/220 В с заземленной нейтралью и некоторых путях ее реализации. : Промышленная энергетика. 1998. С. 34...37.

24.Слободкин А. Х. Некоторые пути повышения эффективности защитного отключения в сети 380/220 В с заземленной нейтралью. : Промышленная энергетика.1995.С.41...43.

25.ДСТУ 2293:2014, Державний стандарт України. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять, 2014

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

27.НПАОП 40.1-1.07-01 // Правила експлуатації електрозахисних засобів.

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

29. Сердюк К. М., Модліцький В. О., Семененко Л. О., Сіданченко В. М., Роздорожний В.В. Виявлення електромагнітних завад та завад в тяговому струмі // Всеукраїнська конференція студентів та молодих вчених 2020 р. «ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ» [електронний ресурс]: збірник тез доповідей в рамках 80-ї Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, магістрантів та студентів «Наука і сталий розвиток транспорту» 23-27 березня 2020 р. – Дніпро: Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2020. – 59-60 с. – URL: http://ndch.diit.edu.ua/upload/Abstracts ICTS_on_RT_2020.pdf