

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»


Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «магістр»


на тему: Контроль параметрів двигунів постійного струму автошлагбаумів

за освітньою програмою «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Виконав: студентка групи АТ2321

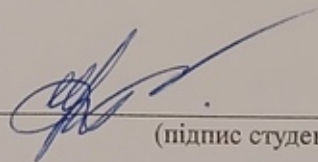

_____ / Григорій ГРИГОРЕНКО /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ


_____ / Тетяна СЕРДЮК /
(підпис керівника)

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

Студент


_____ (підпис студента)

Дніпро – 2025 рік

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

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Control of parameters of DC motors of automatic barriers

according to educational curriculum «Automatic machinery and automation in transport industry»

in the Specialty: 174 «Automation, computer-integrated technologies and robotics»

Done by the student of the group AT2321

/ Hryhorii Hryhorenko /

Scientific Supervisor: associate professor

/ Tetiana Serdiuk /

Dnipro – 2025

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: магістр
Освітня програма: Автоматика та автоматизація на транспорті
Спеціальність: 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту Григоренко, Григорій Сергійович
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Контроль параметрів двигунів постійного струму автошлагбаумів

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

затверджені наказом від "05 "жовтень 2023 р. № 991-ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.015.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Первинні параметри двигуна постійного струму автошлагбауму СЛ-571к:

$U_{ном}=24$ В, $I_{ном} = 7$ А, $P_{ном}=95$ Вт, $n=2200$ об/хв, $M_{ном}=0,412$ Н·м

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

4.1 Аналіз існуючих типів залізничних автошлагбаумів, методів діагностування і контролю параметрів і визначення шляхів модернізації

4.2 Автоматизований метод контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудженням автошлагбауму залізничного переїзду

4.3 Система автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму з паралельним збудженням

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) Автошлагбауми залізничних переїздів Статистика відмов

2) Метод автоматизованого контролю параметрів двигуна автошлагбаума

3) Структурна схема системи автоматизованого контролю 4) Алгоритми

1. 5. Консультанти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів) | 15.09.2023 | 10% |
| 2 | Розділ 1. Аналіз існуючих типів залізничних автошлагбаумів, методів діагностування і контролю параметрів і визначення шляхів модернізації | 01.10.2023 | 20% |
| 3 | Розділ 2. Автоматизований метод контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудженням автошлагбауму залізничного переїзду | 05.11.2023 | 25% |
| 4 | Розділ 3. Система автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму з паралельним збудженням | 15.12.2023 | 25% |
| 5 | Висновки. Перелік посилань | 15.01.2024 | 20% |
| 6 | Подання кваліфікаційної роботи до кафедри | 15.01.2024 | |
| 7 | Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії | 22.01.2024 | 100% |

Студент

_____ (підпис)

Григорій ГРИГОРЕНКО

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна СЕРДЮК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки:

- 57 сторінки,
- 17 рисунків,
- 4 таблиць
- 26 джерел використаної літератури.

Завдання дипломної роботи: розробити метод контролю параметрів двигунів постійного струму автошлагбаумів залізничних переїздів.

Мета роботи – діагностувати двигун постійного струму з послідовним збудження автошлагбаумів залізничних переїздів і зняти його робочі і електромеханічні характеристики.

В першому розділі виконано аналіз відмов в пристроях СЦБ, двигунах постійного струму залізничних переїздів, методів діагностування визначено шлях модернізації.

В другому розділі дано наукове обґрунтування и розроблено метод контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудження автошлагбаумів залізничних переїздів і зняті його робочих і електромеханічних характеристик.

В третьому розділі розроблено систему автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму авто шлагбауму, алгоритм контролю його параметрів.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні та дослідженні систем залізничної автоматики, в учбовому процесі університету в дисциплінах «Електроживлення систем автоматики», «Електричні кола і лінії залізничної автоматики», «Системи автоматики на перегонах» та «Станційні системи автоматики».

Ключові слова: ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ПЕРЕЇЗД, АВТОШЛАГБАУМ, СТРУМ ЗБУДЖЕННЯ, СТРУМ ЯКОРЯ.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 7 |
| 1. Аналіз існуючих типів залізничних автошлагбаумів, методів діагностування і контролю параметрів і визначення шляхів модернізації | 10 |
| 1.1. Статистика відмов в пристроях залізничної автоматики | 10 |
| 1.2. Статистика відмов малопотужного двигуна постійного струму з послідовним збудженням | 16 |
| 1.3. Критичний аналіз існуючих типів автошлагбаумів залізничних переїздів | 19 |
| 1.4. Контроль параметрів двигуна постійного струму автошлагбаума СЛ-571К (СЛ-571кМУ2) | 26 |
| 1.5. Методи контролю параметрів двигунів авто шлагбаумів і пошук шляхів модернізації | 27 |
| 1.6. Висновки за розділом | 29 |
| 2. Автоматизований метод контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудженням автошлагбауму залізничного переїзду | 30 |
| 2.1. Характеристики малопотужних двигунів постійного струму з паралельним збудженням | 30 |
| 2.2. Метод контролю параметрів двигуна постійного струму паралельного збудження СЛ-571к 24 В | 37 |
| 2.3. Висновки за розділом | 43 |
| 3. Система автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму з паралельним збудженням | 44 |
| 3.1. Структурна схема системи автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму | 44 |
| 3.2. Алгоритми контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудженням | 49 |
| 3.3. Несправності електродвигунів постійного струму | 51 |
| Висновки | 54 |
| Перелік посилань | 55 |

ВСТУП

Актуальність роботи. Тема дипломної роботи " Контроль параметрів двигунів постійного струму автошлагбаумів" пов'язана з кількома важливими аспектами, що стосуються як технічної, так і економічної сторони сучасних систем автоматизації та безпеки. В останні роки збільшується кількість об'єктів, що вимагають автоматичних та автоматизованих пристроїв керування та діагностування для забезпечення безпеки систем автоматичної сигналізації, таких як автошлагбауми на парковках, в'їздах на територію підприємства чи комунального підприємства, під час в'їзду на платні дороги, перетину залізничної дороги. Ці пристрої часто використовують двигуни постійного струму з паралельним збудженням, оскільки вони забезпечують хорошу динаміку роботи і високу ефективність в таких застосуваннях.

Для забезпечення своєчасного виявлення несправностей в системах і елементах автоматичної переїзної сигналізації, зокрема в двигунах постійного струму необхідно проваджувати системи автоматизованого контролю його параметрів. Постійний контроль за параметрами двигуна, такими як швидкість обертання, напруга та струм, дозволяє підвищити ефективність роботи пристрою, а також знизити ймовірність поломок та аварій.

В умовах зростання потреби в енергозбереженні та підвищення енергоефективності контроль параметрів двигуна дозволяє оптимізувати його роботу, знижуючи втрати електричної енергії та збільшуючи термін служби обладнання.

Також сучасні системи автоматизації, включаючи автошлагбауми, потребують інтеграції інтелектуальних методів управління, таких як системи моніторингу та адаптації роботи двигуна у реальному часі. Це робить важливим вивчення та впровадження методів контролю параметрів двигуна для підвищення точності та гнучкості управління.

Сучасні двигуни з паралельним збудженням можуть працювати в різних режимах, що вимагає точного регулювання всіх параметрів, включаючи навантаження та робочі характеристики. Дослідження в області контролю цих параметрів призводять до нових рішень у галузі захисту та моніторингу, що особливо важливо для пристроїв, що працюють в умовах частих включень та вимкнень.

Таким чином, тема дипломної роботи: «Контроль параметрів двигунів постійного струму авто шлагбаумів» є актуальною. Розробка системи автоматизованого контролю параметрів дозволить забезпечити надійність, безпеку та ефективну експлуатацію автоматичних систем на базі двигунів постійного струму з паралельним збудженням,

Мета роботи. Метою роботи є розробка методу контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудженням автоматичних шлагбаумів на залізничних переїздах.

Методи дослідження. У дипломній роботі використано закони електротехніки, основні положення з курсу електричних машин, електричних кіл залізничної автоматики. При підготовці роботи використовувалися закономірності теоретичних основ електротехніки та електричних машин.

Практичне значення. Проведений аналіз несправностей та запропонована методика контролю параметрів двигунів постійного струму шлагбаумів на залізничних переїздах використовується для аналізу функціонування обладнання та систем залізничної автоматики з метою їх модернізації та вдосконалення технічного обслуговування на залізничних станціях і перегонах України та може бути використана під час викладання дисциплін «Станційні системи автоматики», «Системи автоматики на перегонах».

У багатьох галузях промисловості раптовий вихід двигуна з ладу може призвести до непоправних наслідків. Крім того, робота електродвигунів у незадовільному технічному стані призводить як до прямих фінансових втрат,

пов'язаних з непередбачуваним виходом з ладу обладнання та викликаним цим порушенням технологічного процесу, так і до значних (до 5...7%) непрямих комунальні витрати електроенергії, що виникають внаслідок збільшення споживання електроенергії (при тій же корисній потужності). Тому виникає необхідність діагностики стану двигуна під час експлуатації та в ремонтно-технічному відділі (електротехнічній майстерні). Процес автоматизації управління технологічними процесами шляхом використання діагностики технічного стану електродвигунів в робочих умовах дозволяє звести збиток від цих наслідків до мінімуму за рахунок раннього виявлення виникаючих дефектів [1-9].

Електроремонтний цех ремонтно-технологічної сфери з відносно невеликими обсягами ремонту електрообладнання складається з наступних підрозділів: дільниця розбирання, ремонтно-механічна дільниця, намотувальна дільниця, сушильна дільниця, складальна дільниця, монтажна дільниця та випробувальна дільниця. Також є окремі ділянки, де проводяться зварювальні роботи, фарбування відремонтованого обладнання та інші роботи, пов'язані з ремонтом [8-13].

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ АВТОШЛАГБАУМІВ, МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ І КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ

1.1. Статистика відмов в пристроях залізничної автоматики

Статистика відмов пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізничному транспорті України показує, що. Згідно з дослідженням, опублікованим у журналі "Наука та прогрес транспорту" у 2021 році, кількість відмов пристроїв СЦБ у 2021 році порівняно з 2020 роком зросла на 47,4% і склала 4 730 випадків проти з 209 [1].

Розподіл відмов за типами пристроїв у 2021 році виглядає наступним чином. Вихід із ладу реле, блоків, трансформаторів, трансмітерів, конденсаторів та конденсаторних блоків, випрямлячів, безконтактної апаратури, пристроїв захисту: 411 відмов (32,8%). Основна причина – фізичне старіння обладнання. Порушення роботи рейкових кіл (РК): 193 відмови (15,4%). Основні причини – обрив або відсутність рейкових з'єднувачів. Несправності у релейних шафах, штативах, колійних коробках: 151 відмова (12,0%). Основні причини – обрив або відсутність з'єднань. Інші причини: решта відмов (39,8%) включають різноманітні фактори, такі як вплив грозових та комутаційних перенапруг, ожеледиця, повінь тощо.

Загалом, за період з 2011 по 2021 рік було зафіксовано 40 520 випадків відмов пристроїв СЦБ на Укрзалізниці [2-3].

Види відмов пристроїв СЦБ у секторі сигналізації та зв'язку за 2021 рік дано на рис. 1.1 [1]. Відмова реле, блоків, трансформаторів, передавачів, конденсаторів і конденсаторних блоків, випрямлячів, безконтактного обладнання, пристроїв захисту – 411 випадків (32,8%). Найбільша кількість відмов з шести регіональних залізниць Укрзалізниці зафіксована в регіональній філії «Одеська залізниця» – 155. Основна причина – фізичне старіння обладнання.

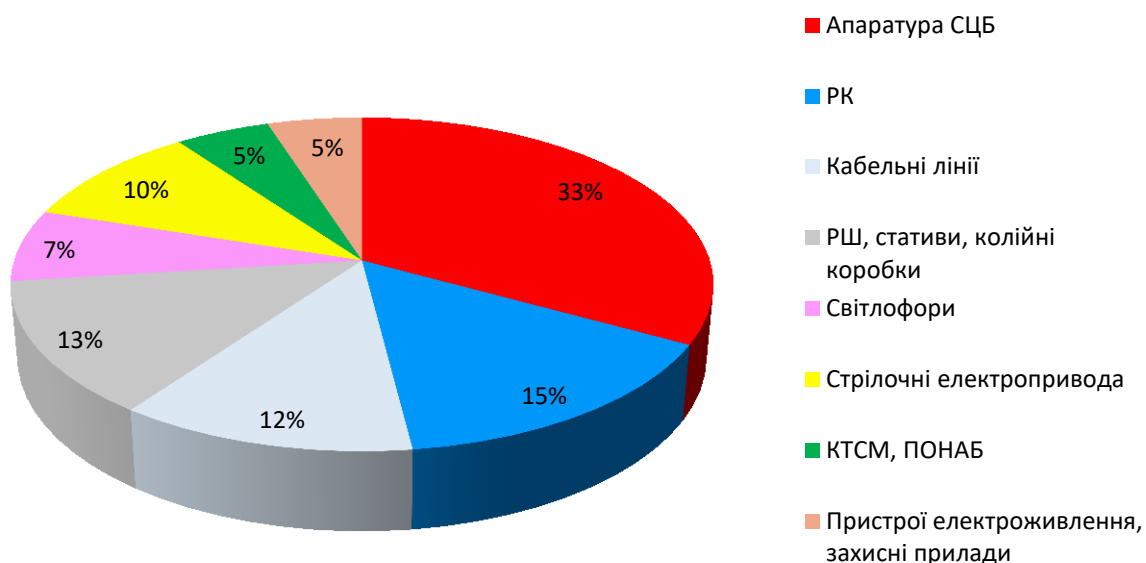


Рисунок 1.1 – Діаграма розподілу несправностей по службі Ш Укрзалізниці

Відмова рейкових кіл – 193 випадки (15,4%). Найбільше несправностей у регіональній філії «Львівська залізниця» – 78. Основні причини – обриви або відсутність рейкових з’єднувачів.

Відмова релейних шаф, штативів, напрямних – 151 випадок (12,0%). Найбільше несправностей у регіональній філії «Придніпровська залізниця» – 50. Причини – обрив або втрата контакту монтажного проводу, несправність клем, роз’ємів і колодок.

Відмова кабельних ліній – 130 випадків (10,4%). Найбільше несправностей у регіональній філії «Придніпровська залізниця» – 50. Основні причини – внутрішні обриви провідників у кабелі.

Несправність світлофорів – 61 випадок (4,9%). Найбільше відмов у регіональній філії «Придніпровська залізниця» – 15.

Відмова стрілочних електроприводів, гарнітур, замків Мелентьєва – 121 випадок (9,7%). Найбільше несправностей у регіональній філії «Одеська залізниця» – 36. Основні причини – вихід з ладу електродвигуна та втрата контакту в автоперемикачі.

Основні причини відмов пристроїв СЦБ можна поділити на оперативні причини, фізичне старіння, неякісний ремонт і перевірка параметрів приладів СЦБ і невстановлена причина.

Оперативні причини складають 1024 випадки (81,7%), з них порушення технології виконання робіт під час технічного обслуговування та ремонту – 440 випадків (35,1%). Найбільша кількість була зафіксована в регіональній філії «Придніпровська залізниця» – 184.

Фізичне старіння приладів складає 438 випадків (34,9%). Найбільше в регіональній філії «Одеська залізниця» – 224.

На неякісний ремонт і перевірка пристроїв ремонтно-технологічними дільницями припадає 31 випадок (2,5%). Найбільше в регіональній філії «Придніпровська залізниця» – 25.

Ряд несправностей з не встановленої причини складає 95 випадків (7,6%). Найбільше в регіональній філії «Придніпровська залізниця» – 25.

Інші причини – 89 випадків (1,0%), з них: вплив блискавки та комутаційних перенапруг – 67 випадків (5,3%). Найбільше в регіональній філії «Південна залізниця» – 34. Конструктивні та виробничі дефекти – 71 випадок (5,7%). Найбільше в регіональній філії «Одеська залізниця» – 43.

Статистика відмов пристроїв СЦБ за даними Придніпровської залізниці представлена на рис. 1.1 [2, 3].

На основі статистичної обробки даних проведено аналіз та відбір факторів, що впливають на виникнення порушень нормальної роботи обладнання СЦБ. На основі обробки статистичної інформації щодо відмов визначено вплив кожного фактора на виникнення відмов та подій того чи іншого характеру з вини працівників галузі залізничної автоматики та телемеханіки. У цьому розділі поставлено завдання встановити порядок оцінки впливу факторів на безпеку дорожнього руху та визначити ступінь впливу факторів, що провокують загрозу виникнення події чи несправності, а також вжиття невідкладних заходів, необхідних для їх запобігання.

Для визначення рівня безпеки дорожнього руху виділено фактори, що впливають на виникнення аварій та подій. Відповідно, робота з запобігання можливим збоям і подіям повинна організовуватися і проводитися виключно відповідно до їх природи, на яку впливають певні, чітко вимірювані фактори, наявність або відсутність яких необхідно фіксувати в рамках сучасних технологій.

Оцінка впливу факторів на виникнення відмов або подій здійснюється лише з певним відсотком ймовірності. Це означає, що відмова або подія може статися навіть за наявності одного фактору впливу, одночасно, якщо факторів впливу декілька, відмови і подія можуть не відбутися. Але якщо розглядати не окремі випадки, а сукупність подій в цілому, то виникнення ДТП і подій найбільш ймовірно за наявності одночасно кількох факторів впливу. Якщо чисельно оцінити вплив кожного фактора на виникнення транспортної події та події того чи іншого типу, то можна визначити ризик виникнення. При аналізі виявлених факторів ризику виявлено та систематизовано основні причини їх виникнення (кількість випадків за 2024 рік): відсутність монтажу, пайки, складання, кріплення, транспортування -1; вплив грози – 1; засніженість - 0; вплив будівельних та інших організацій – 2; невиконання роботи - 30; вплив сильних температурних перепадів - 2; поганий огляд і ремонт в РТУ - 7; відключення електроенергії в господарстві Е – 0; крадіжки – 1; порушення правил ведення колійних робіт - 10; порушення правил виконання робіт - 7; виробниче НВО - завод - 6; витримка - 10; технологічні – відсутність технології виконання робіт – 1; технологічно - неповноцінне з'єднання - 3; технологічні конструктивні недоліки – 9; технологічно поганий зв'язок – 0; порушення термінів перевірки та випробувань - 0; умисне пошкодження – 2; експлуатаційні - недотримання технології технічного обслуговування та ремонту. 5 6 -16,67; порушення технології виконання робіт 2; нецільове використання обладнання – 1; інші – 2; оперативний – помилкові дії системи керування – 0; технологічно -

конструктивні дефекти - 0; технологічні - програмні помилки - 0; причина невідома – 0 [4 – 6].

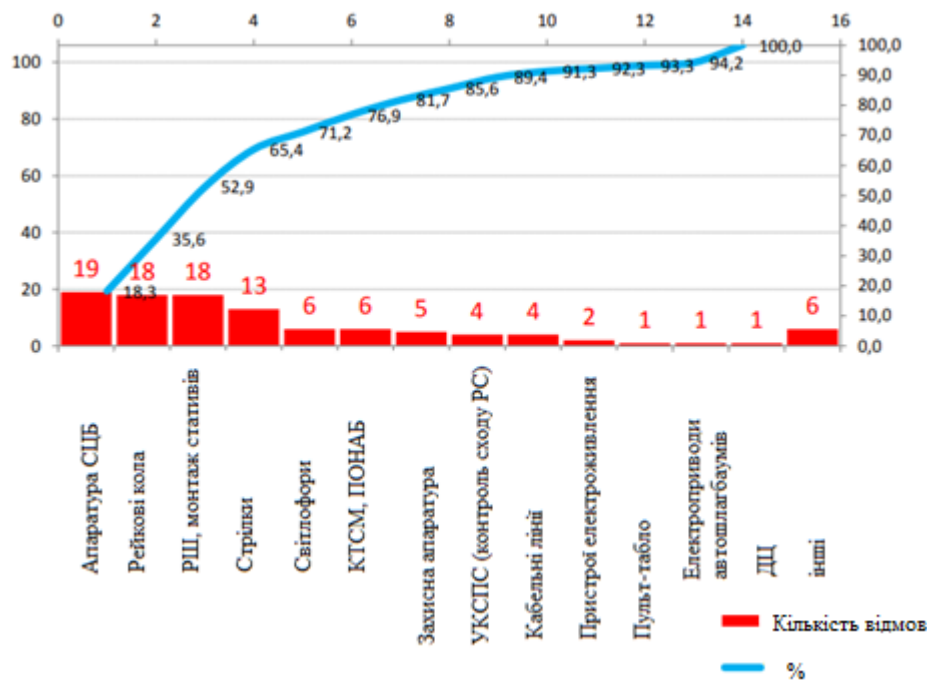


Рисунок 1.2 – Статистика відмов пристроїв СЦБ в регіональній філії «Придніпровська залізниця»

Із запровадженням швидкісного руху з'явилися нові вимоги щодо забезпечення безпеки руху поїздів, необхідності скорочення експлуатаційних витрат на технічне обслуговування, підвищення надійності роботи пристроїв, які зумовили створення нової елементної бази, нових систем автоблокування. При розробці нових систем враховувалися недоліки існуючих систем автоблокування та автоматичної локомотивної сигналізації, такі як: ненадійність та нестійкість роботи рейкового ланцюга через низький опір баласту; ускладнення роботи рейкового ланцюга через необхідність каналізації тягового струму з підключенням дросель-трансформаторів та виникнення небезпечних та заважаючих впливів тягового струму; децентралізоване розміщення апаратури; можливість проїзду забороняючого

показання світлофора та інші. Створено нові системи, такі як багатозначна АЛСН, система автоматичного керування гальмами САУТ [7 – 13].

Нові системи будуються на новій елементній базі із застосуванням інтегральних мікросхем і тональних рейкових ланцюгів. Автоблокування з тональними рейковими ланцюгами має високу надійність, високий коефіцієнт повернення дорожнього приймача, високу запобіжну захищеність і захищеність від впливів тягового струму [14 – 17]. На основі тональних рейкових кіл (ТРК) розроблено та функціонують ряд систем автоблокування з децентралізованим та централізованим розміщення тональних РК [17-21].

У місцях перетину на одному рівні залізниць і автомобільних доріг споруджують залізничні переїзди. Для забезпечення безпеки руху поїздів та автотранспорту переїзди обладнують огорожувальними пристроями для створення умов безперешкодного руху поїздів та виключення зіткнення поїзда з транспортними засобами, що прямують автомобільною дорогою. Залежно від інтенсивності руху на переїздах застосовують огорожувальні пристрої у вигляді автоматичної світлофорної сигналізації; автоматичної переїзної сигналізації з автоматичними шлагбаумами; автоматичної або неавтоматичної оповіщувальної сигналізації з неавтоматичними (механічними з ручним або електричним з дистанційним керуванням) шлагбаумами. Залізничні переїзди, обладнані пристроями автоматичної світлофорної сигналізації можуть бути охоронювані (обслуговуються черговим по переїзду) і неохоронювані (без чергового переїзду). Відповідно до вимог

Правил технічної експлуатації (ПТЕ) залізниць автоматична переїзна сигналізація повинна забезпечувати подачу сигналу зупинки у бік автомобільної дороги, а автоматичні шлагбауми - приймати закрите положення за час, необхідний для завчасного звільнення переїзду транспортними засобами до підходу поїзда до переїзду .

Необхідно, щоб автоматична сигналізація продовжувала діяти, а автоматичні шлагбауми залишалися в закритому положенні до повного звільнення переїзду поїздом. Для огороження переїзду по обидва боки переїзду з відривом щонайменше 6 м від крайньої рейки встановлюють переїзні світлофори. При автоматичній переїзній сигналізації з автоматичними шлагбаумами переїзні світлофори поєднують з автошлагбаумами, які встановлюють на відстані не менше 6 м від крайньої рейки при довжині бруса 4 м або на відстані не менше 8 і 10 м при довжині бруса 6 і 8 м відповідно[8-13].

1.2. Статистика відмов малопотужного двигуна постійного струму з послідовним збудженням

Статистика несправностей двигунів постійного струму з паралельним збудженням показує, що основні проблеми пов'язані з механічними та електричними елементами (рис.1.2).

Нижче представлені основні види несправностей, їх причини та частота виникнення на основі узагальнених даних із промислової експлуатації. Несправності, що часто зустрічаються:

- знос щіток та колектора (40–50% випадків). Причини: неправильний притиск щіток; неякісний матеріал щіток. Високе іскріння виникає через перевантаження або пошкодження обмоток. Проявами такого виду несправностей є іскріння на колекторі; нерівномірний знос колектору. Погіршення роботи двигуна (змінні обороти валу). Для запобігання зміни частоти обертання валу двигуна необхідно виконувати регулярну перевірку та заміну щіток, поліровку або проточку колектора;

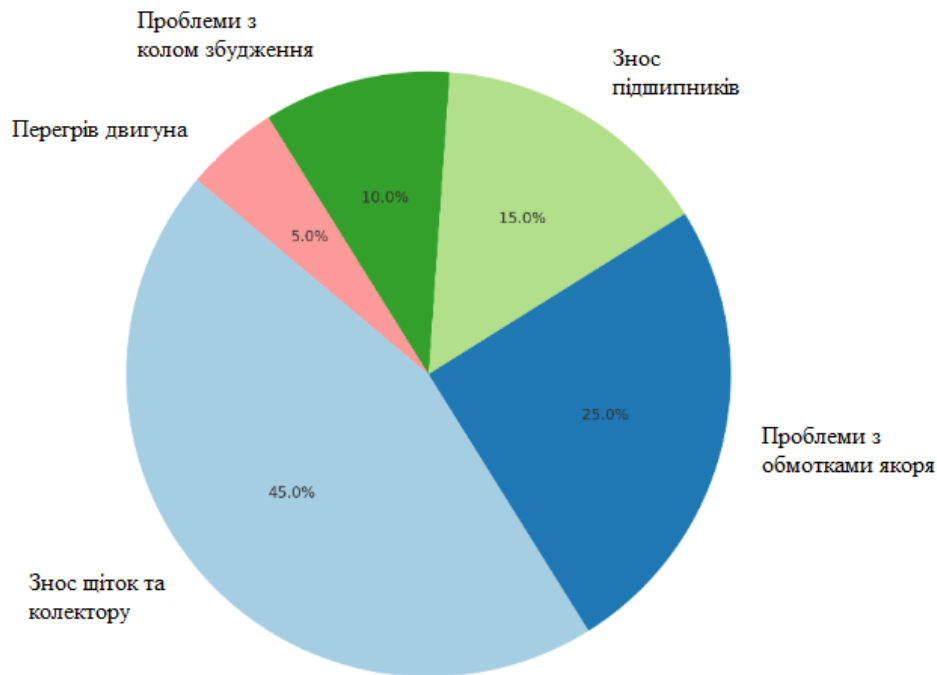


Рисунок 1.2 – Статистика несправностей малопотужного двигуна постійного струму з паралельним збудженням

- проблеми з обмотками якоря (20–30% випадків). Причинами цього є перегрів двигуна; короткі замикання або обриви провідників; попадання вологи чи забруднень. Проявами цього виду несправності є перегрів двигуна; зменшення вихідної потужності; нестабільна робота двигуна. Рішенням цієї ситуації є вимір опору ізоляції; ремонт або перемотування обмоток.

- зношування підшипників (15–20% випадків). Причинами є нестача мастила; попадання пилу чи води; природне зношування. Проявами такого виду несправностей є шум та вібрація при роботі двигуна; заклинювання ротора. Рішенням ситуації є регулярне змащування підшипників; заміна пошкоджених підшипників;

- проблеми з колом збудження (10-15% випадків). Причинами є обрив або замикання в обмотці збудження; пошкодження резисторів або елементів регулювання. Проявами є зниження потужності двигуна; зміна швидкості

обертання. Рішенням є перевірка та ремонт обмоток збудження, заміна резисторів;

- перегрів двигуна (5–10% випадків). Причинами є неправильні умови експлуатації (перевантаження, висока температура навколишнього середовища); несправності вентилятора чи системи охолодження. Проявами є підвищена температура корпусу двигуна; зниження продуктивності. Рішенням є усунення навантаження; забезпечення нормального охолодження.

Заходи профілактики ДПС.

1. Регулярне технічне обслуговування: заміна щіток; огляд колектора та обмоток; перевірка підшипників та вентиляції.

2. Моніторинг роботи двигуна (контроль його параметрів): вимірювання струму та напруги; контроль температури.

3. Захист від зовнішніх факторів: встановлення двигуна в сухому та чистому місці; захист від пилу та вологи.

Отже, своєчасна діагностика та обслуговування двигуна дозволяють значно знизити ймовірність несправностей та продовжити термін його служби. Для більш детального аналізу та інструментів діагностики звертайтеся до професійних інженерів або спеціалізованих сервісів.

Для встановлення часу виконання операцій використовуються технологічні карти [21-23], де вказано перелік дій. Вони використовуються для виконання операцій, пов'язаних з усуненням несправностей електродвигунів.

Технологічна карта – це форма технологічного документа, в якій описується весь процес впливу на електрообладнання або його частини із зазначенням операцій, їх складових частин, виконавців і місця їх розташування, технологічного обладнання, норм часу, технічних вимог та інструкцій у визначеній послідовності. Технологічні карти є основними документами, на основі яких будується вся організація виробництва

Розрізняють операційні та постові технологічні карти. Операційні карти містять перелік дій, що виконуються на певних підрозділах, вузлах і частинах. Постові - перелік дій, які виконуються на конкретному робочому місці. Ці карти складені у вигляді таблиці за поданим нижче виглядом [21-23].

1.3. Критичний аналіз існуючих типів автошлагбаумів залізничних переїздів

Автоматичні шлагбауми ША-8N, ША-8S, ША-6N, ША-6S, ША-4N і ША-4S виробляються Армавіром з 1999 року і є модернізованою версією шлагбаумів ША-8, ША-6 і ША-4, які раніше виготовлялися на Дніпропетровському заводі.

Шлагбауми автоматичні, в залежності від типу електродвигуна змінного струму «N» або постійного струму «S», довжина штанги шлагбаума (ЗБ) випускається в шести варіантах.

Шлагбауми застосовуються в системі переїзних запобіжних пристроїв на вокзалах, станціях, під'їзних коліях залізниць загального користування та в промисловому залізничному русі.

Шлагбауми обладнані сигнальним генератором, який подає світлові та звукові сигнали, що попереджають транспортні засоби та пішоходів про наближення поїзда до залізничного переїзду. Звуковий сигнал подається дзвінком 12 В постійного струму типу ЗПТ-24.

Крутний момент на валу фіксуючої планки має становити від 500 до 750 Нм.

Струм, споживаний електродвигуном змінного струму, не повинен перевищувати 5,2 А при напрузі на затискачах (220 В).

Сила струму, споживана двигуном постійного струму, не повинна перевищувати 12,5 А при напрузі на затискачах ($24 \pm 1,2$ В).

Сила струму, споживана електромагнітною муфтою, не повинна перевищувати 2,0 А при напрузі на затискачах 12 В.

Електричний опір між болтом заземлення, прикріпленим до корпусу бар'єру, та корпусом не повинен перевищувати 0,1 Ом за нормальних кліматичних умов.

Електрична міцність і опір ізоляції. Електрична міцність ізоляції між приєднаними струмоведучими частинами та корпусом огороження повинна витримувати випробувальну напругу змінного струму частотою 50 Гц протягом однієї хвилини без пробою та розряду від джерела потужністю не менше 0,5 кВА. :

- у нормальних кліматичних умовах - 500 В для кола напругою до 24 В і 1500 В для кола напругою понад 60 В;

- під впливом верхньої межі вологості в умовах експлуатації - 300 В для ланцюга напругою до 24 В і 900 В для ланцюга напругою понад 60 В.

Опір ізоляції між усіма з'єднаними між собою струмоведучими частинами і тілом огороження має бути:

- при нормальних кліматичних умовах - не менше 100 МОм;

- під впливом нижнього значення робочої температури -60°C - не менше 25 МОм;

- при відносній вологості повітря $(93 \pm 3)\%$ і температурі $(25 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ - не менше 25 МОм.

Шлагбауми виготовляються з загороджувальним брусом 4, 6 і 8 м.

Висота установки шлагбаума від поверхні дороги становить 1...1,25 м при закритому шлагбаумі.

У відкритому стані загороджувальна планка повинна мати кут $80-85^{\circ}$ до горизонталі.

Час переходу загороджувальної планки в положення блокування під дією сили тяжіння не повинен перевищувати 12 секунд.

Час, необхідний для переведення загороджувального бруса у відкрите положення за допомогою електроприводу, не повинен перевищувати 12 секунд.

Загороджувальний брус шлагбаума повинен перебувати в горизонтальному положенні в положенні замикання. Стріла шлагбаума може відхилитися від горизонтального положення до 5° в одну чи іншу сторону.

Запобіжний пристрій, призначений для запобігання руйнуванню шлагбауму під час зіткнення транспортного засобу з ним у положенні блокування, повинен функціонувати, коли сила, що прикладається до кінця шлагбауму, становить не менше ніж:

- для загороджувальної балки довжиною 4 м - 14 кг;
- для загороджувальної балки довжиною 6 м - 24 кг;
- для бруса огорожі довжиною 8 м - 28 кг.

З міркувань безпеки шлагбаум оснащений кривошипом, який забезпечує неможливість живлення електродвигуна при відкритій кришці електроприводу, а також блокуючим пристроєм, який забезпечує фіксацію балки у відкритому положенні. коли кришка піднімається вручну.

Шлагбаум забезпечує перехід барикади в закритий стан у разі повного відключення електроенергії.

Кожен шлагбаум на заводі проходить тестування на стенді: 100 циклів підйому та опускання штанги з частотою два цикли на хвилину.

Шлагбауми мають такі показники надійності:

- середня напрацювання на відмову – $1,5 \cdot 10^5$ циклів;
- ресурс при номінальному моменті на валу запірної балки – не менше 10^6 циклів;
- середня тривалість життя - 20 років.

Автоматичний шлагбаум 26065У.00.00

Шлагбауми були побудовані з бар'єрних стрижнів довжиною 4 і 6 м і встановлені на типовому світлофорному бетонному фундаменті.

При закритті шлагбаума подаються сигнали: звуковий (з гучним бойовим кличем типу ЗПТ-24) і світловий (двома по чергово миготливими червоними вогнями).

Опущена балка шлагбаума в горизонтальному положенні на висоті 1050 мм над землею сигналізує трьома червоними вогнями в напрямку дороги, задній ліхтар збоку колії - білий контрольний вогонь.

У відкритому положенні штанга знаходиться у вертикальному положенні і сигнали не подаються.

У вертикальному положенні брус утримується до упору шляхом переміщення через «мертву» точку, а в горизонтальному положенні планка не закривається. Таким чином, споживання енергії відбувається лише за рахунок роботи двигуна в момент активації та ввімкнення сигнальних ламп.

У разі відключення електроенергії ручка переміщується із закритого положення у відкрите, піднімаючи її рукою.

Для запобігання розриву балки при випадковому ударі транспортного засобу передбачений фіксуючий пристрій, який дозволяє зміщувати балку на кут 45° відносно осі при ударі. Промінь вручну повертається у вихідне положення, не впливаючи на функцію бар'єру.

Шлагбаум складається з наступних основних вузлів: приводного механізму з передавальним числом 615 і загальним передавальним числом всього механізму 1028, сигналізатора, стовпа шлагбауму і шланга для проводів.

У барикаді дерев'яної конструкції вмонтовано три сигнальні ліхтарі, в яких використовується скло червоного кольору; задній ліхтар також має прозоре скло.

У світлофорах на шлагбаумах використовуються лампи типу ЖС12 В-15 Вт.

Технічні характеристики авто шлагбаума з електродвигуном постійного струму типу СЛ-571К.

Час підйому або опускання бруса 7-9 секунд.

Робочий струм шлагбаумів 2,5 А.

Максимальний крутний момент на вихідному валу становить 165 Нм.

Сила струму при роботі електродвигуна на терті не більше 8,4 А.

Поворот променя у вертикальній площині на 90°.

Опір ізоляції струмоведучих частин до корпусу не менше 25 МОм.

Розміри шлагбауму в повністю зібраному вигляді складають 5000 x 1160 x 2750 мм. Приєднувальні розміри запірнього механізму 300x300 мм

Вага 511,3 кг.

Примітка. Наведені вище характеристики відносяться до шлагбауму з довжиною бруса 4 м. Шлагбаум із довжиною балки 6 м має час підйому або опускання балки 8–12 секунд, довжину 7000 мм і масу 513,3 кг.

Всі інші властивості однакові.

Бар'єрний редуктор складається з чотирьох каскадів. Він знижує швидкість електродвигуна за допомогою чотирьох пар шестерень і циліндричних передач. Характеристики зубчастої пари електроприводу шлагбаума наведені в табл. 1.1.

Шлагбаум АШ-06 призначений для блокування руху транспортних засобів і пішоходів при наближенні поїзда до залізничного переїзду і виготовляється в кліматичному виконанні УХЛ 1 категорії розміщення за ГОСТ 15150 для експлуатації при температурі навколишнього повітря мінус 60 °С плюс 55. °С.

Шлагбаум виготовляється в двох варіантах з номінальною напругою живлення: 220 В (+ 5 / -10 %) однофазного змінного струму або 24 В (+ 5 / -10%) постійного струму.

Вага, не більше 213 / 250 / 260 кг при довжині бруса 4 / 6 / 8 м.

Довжина бруса 4, 6, 8 м

Таблиця 1.1 – Зубчасті пари електропривода автошлагбаума

| Параметри | Номера каскаду | | | |
|------------------------------------|----------------|------|------|----|
| | I | II | III | IV |
| Число зубів: шестерні колеса | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | 75 | 75 | 75 | 96 |
| Модуль | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Передатне число каскаду | 4.68 | 4.68 | 4.68 | 6 |
| Загальне передатне число | 615 | | | |

Час підйому/опускання пучка не більше 10 ± 2 с

Напруга живлення приводу: змінний струм 50 Гц 220 В, постійний струм - 24 В

Споживана потужність, не більше 200 Вт

Ресурс праці до першого ремонту - 10^6 . Термін служби (з урахуванням 1 року зберігання на відкритому повітрі) не менше 20 років.

Напруга живлення світлодіодної головки (AC/DC) – 10,5/12 В

Споживана потужність, не більше 15 Вт

Електричні параметри шлагбауму АШ-06 наведені в табл. 1.2.

Автоматичний шлагбаум складається з електроприводу (1), штанги загородження (2), кронштейна рами (3), противаги (4) і опорної труби (5), як показано на рис. 1.3. Привід автомобільного шлагбаума показано на рис. 1.2.

Електромагнітна муфта 9 забезпечує передачу обертання від вихідного вала приводу до головного валу і складається з електромагнітної котушки, шестерні та кришки. Шестерня зчеплення постійно знаходиться в зачепленні з вихідним валом приводу і обертається при включенні приводу. Муфта шестерні з'єднана з головним валом за допомогою зубців на бічній поверхні шестерні та ролика кришки муфти.

Таблиця 1.2 – Електричні параметри шлагбауму АШ-06

| Найменування | Тип електродвигуна | |
|---|----------------------|---------------------|
| | змінного струму | постійного струму |
| Напруга живлення електродвигуна, В | 220 В (+5 / -10%) | 24 В (+5 / -10%) |
| Струм електродвигуна при підйомі бруса, А не більше | 1,0 | 6,0 |
| Напруга живлення електромуфти, В | 12 ± 1 | 24 ± 1 |
| Струм електромуфти, А не більше | 2,0 | 1,0 |

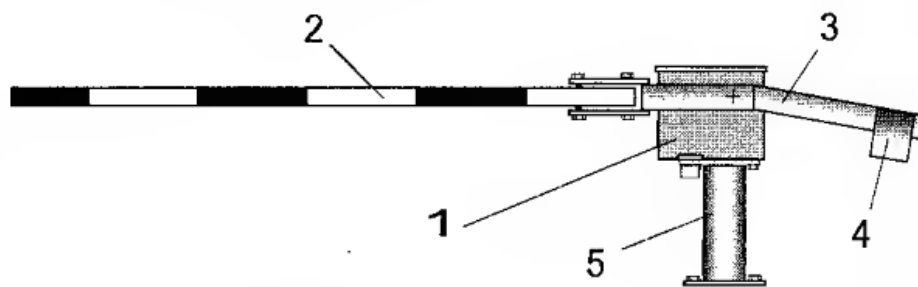


Рисунок 1.3 – Автоматичний шлагбаум АШ-06

Шлагбаум автоматичний. Цей шлагбаум призначений для автоматичного блокування руху на перехресті при наближенні рухомого складу. Автоматичні шлагбауми складаються з дерев'яної балки довжиною 4 м (або алюмінієвої балки) або дерев'яної складної балки довжиною 6 м і встановлюються на бетонну основу типового світлофора. Шлагбаум на рис. 1.4 складається з таких основних вузлів: електроприводний механізм 1 і кришка механізму 5, шлагбаум 2, сигналізатор 3, противага 4, бетонна основа 6.

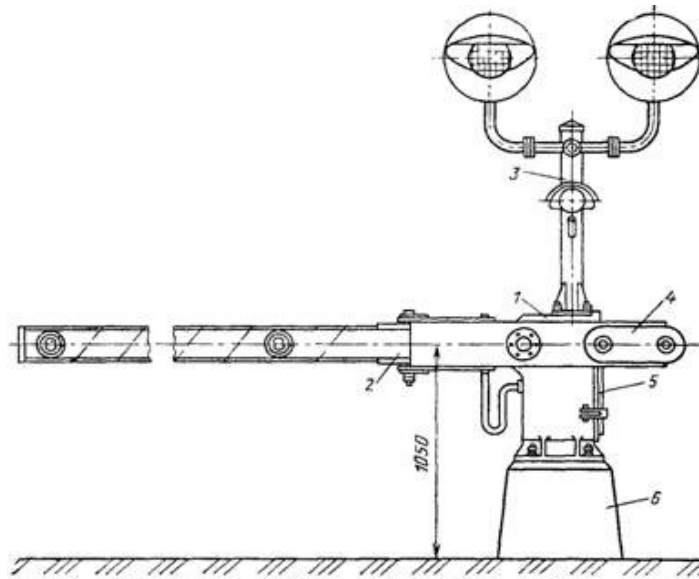


Рисунок 1.4 – Автоматичний шлагбаум

1.4. Контроль параметрів двигуна постійного струму автошлагбаума СЛ-571К (СЛ-571кМУ2)

Електродвигун постійного струму з паралельним збудженням СЛ-571К і СЛ-571кМУ2, які використовуються в автошлагбаумах залізничних переїздів, має такі основні технічні характеристики.

Номинальна напруга живлення: 24 В

Корисна потужність: 95 Вт

Частота обертання: 2200 об/хв

Споживаний струм: 7 А

Номинальний крутний момент на валу: 0,412 Н·м (4200 гс·см)

Діапазон робочих температур: від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$

Маса: 4,6 кг

Габаритні розміри: довжина 173,2 мм; діаметр 112 мм.

Для точного вимірювання параметрів даного двигуна рекомендується використовувати такі методи та інструменти:

Вимірювання напруги живлення: цифровий вольтметр для контролю відповідності напруги, що подається, номінальному значенню 24 В, мультиметр Ц-438.

Вимір споживаного струму: амперметр постійного струму, послідовно підключений з двигуном, для вимірювання струму навантаження, який в нормальних умовах становить близько 7 А, мультиметр Ц-438.

Визначення частоти обертання: оптичний або контактний тахометр для вимірювання швидкості обертання валу двигуна, яка має бути близько 2200 об/хв за номінального навантаження.

Для вимірювання крутного моменту на валу використовують динамометр.

Перевірка ізоляції обмоток здійснюється за допомогою мегомметра, мультиметр Ц-438.

Температурний контроль обмоток двигуна може бути здійснено за допомогою інфрачервоного термометру або терморпарі, щоб запобігти перегріву та забезпечити надійну роботу двигуна.

Контроль параметрів малопотужного двигуна постійного струму (ДПС) із паралельним збудженням є важливим завданням для забезпечення стабільної та ефективної роботи залізничного автошлагбауму. Двигун СЛ-571к має два ланцюги: якірну та обмотку збудження, які підключені паралельно.

1.5. Методи контролю параметрів двигунів авто шлагбаумів і пошук шляхів модернізації

Основні аспекти управління та контролю параметрів ДПТ з паралельним збудженням.

Регулювання швидкості здійснюється такими способами: зміна напруги на якірному колі і регулювання струму збудження. Використання регульованого джерела напруги (наприклад, імпульсного джерела живлення) дозволяє змінювати швидкість обертання двигуна. Шляхом зміни опору в

колі збудження можна регулювати магнітне поле, що впливає на швидкість і момент, що крутить. Імпульсна широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) дозволяє ефективно регулювати швидкість обертання даного типу ДПС. Сучасні схеми управління використовують ШІМ для ефективного регулювання швидкості. Для двигунів автошлагбаумів не має необхідності регулювати швидкість обертання, оскільки піднімання і опускання бруса авто шлагбауму відбувається в короткий термін, близько 3...6 с.

Контроль крутного моменту необхідно здійснювати при обслуговуванні авто шлагбауму. Крутний момент двигуна прямо пропорційний струму в якірному колі. Для контролю встановлюється датчик струму вимірювання сили струму (амперметр). При необхідності вводиться зворотний зв'язок для підтримки заданого моменту, що крутить.

Моніторинг таких ключових параметрів двигуна постійного струму з паралельним збудженням, як напруга і струм у колах збудження та якоря. При протіканні підвищених струмів температура обмоток збільшується. Це може викликати пошкодження ізоляції (передчасне старіння, тріскання). Перегрів обмоток може пошкодити двигун, тому встановлення термодатчиків є критично важливим.

Швидкість обертання валу здійснюється за допомогою датчиків швидкості, таких як тахогенератори або енкодери.

Автоматизовані системи керування ДПС будуються на базі мікроконтролери або ПЛК (програмовані логічні контролери), які забезпечують: вимірювання параметрів у реальному часі, автоматичне регулювання напруги та струму, повідомлення про несправності (перегрів, навантаження, коротке замикання).

Для запобігання пошкодженням двигуна використовується спеціальні схеми захисту двигуна: тепловий захист (реле температури); обмеження струму в колах (за допомогою запобіжників або електронних контролерів); захист від перенапруг.

Перспективним є і використання програмного забезпечення для управління роботою ДПС і автоматизованого дистанційного контролю його параметрів за рахунок встановлення граничних значень параметрів; розробки графічного інтерфейсу їх моніторингу; діагностики несправностей.

Застосування цих методів дозволяє забезпечити надійну та довгострокову роботу малопотужного двигуна постійного струму.

1.6. Висновки за розділом

Автоматична або неавтоматична оповіщувальна сигналізація служить для подачі черговому по переїзду звукового та оптичного сигналів про наближення поїзда. Загороджувальну сигналізацію застосовують для подачі сигналу зупинки поїзда у разі аварійної ситуації на переїзді. Щоб своєчасно закрити переїзд при наближенні поїзда, встановлюються ділянки наближення, обладнані рейковими ланцюгами. Основними шляхами розвитку автоматичної переїзної сигналізації є повне та своєчасне забезпечення безпеки руху поїздів та автомобільного транспорту. Надійним засобом забезпечення безпеки руху на переїзді є впровадження пристроїв загородження переїзду, за допомогою якого перекривається проїжджа частина для автомобілів (автошлагбаумами та пристроями загородження переїзду). Другим надійнішим засобом забезпечення безпеки руху поїздів є будівництво автомобільної та залізничної на різних рівнях.

Електричні машини найчастіше зазнають ушкоджень в результаті неприпустимо тривалої роботи без ремонту, поганого обслуговування або погіршення режиму роботи, на який їх розраховано. Відновлення їх виконується в електроремонтному цеху. Тому тема дипломної роботи, яка пов'язана із методу контролю параметрів двигунів постійного струму автошлагбаумів залізничної автоматики є актуальною і своєчасною, оскільки автошлагбауми і переїзди суттєво впливають на безпеку руху.

2 АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПАРАЛЕЛЬНИМ ЗБУДЖЕННЯМ АВТОШЛАГБАУМУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПЕРЕЇЗДУ

2.1 Характеристики малопотужних двигунів постійного струму з паралельним збудженням

Електричні машини постійного струму широко застосовуються в різних галузях промисловості.

Значне поширення електродвигунів постійного струму пояснюється їхніми цінними якостями: високими пусковим, гальмівним та перевантажувальним моментами, порівняно високою швидкістю, що важливо при реверсуванні і гальмуванні, можливістю широкого і плавного регулювання частоти обертання.

Електродвигуни постійного струму використовують для регульованих приводів, наприклад, для приводів різних верстатів і механізмів. Потужності цих електродвигунів досягають сотень кіловат. У зв'язку з автоматизацією управління виробничими процесами і механізмами розширюється область застосування малопотужних двигунів постійного струму загального застосування потужністю від одиниць до сотень ват.

У залежності від схеми живлення, обмотки збудження машини постійного струму поділяються на кілька типів (з незалежним, паралельним, послідовним і змішаним збудженням).

Спочатку створювалися машини постійного струму. Надалі вони значною мірою були витіснені машинами змінного струму. Завдяки можливості плавного і економічного регулювання швидкості обертання двигуни постійного струму зберігають своє домінуюче значення на транспорті, для приводу металургійних верстатів, в кранових і підйомно-транспортних механізмах. У системах автоматики машини постійного струму широко використовуються в якості виконавчих двигунів, двигунів для

приводу стрічкопротяжних механізмів, як тахогенератором та електромашинних підсилювачів. Основним недоліком таких двигунів є не висока надійність колекторного механізму та відносно висока вартість.

Конструкція і принцип дії двигунів постійного струму.

Швидкість обертання і механічні характеристики двигунів.

Основним елементом двигунів постійного струму є якір. Електромагнітні процеси в колі якоря визначають характер і якість перетворення енергії. Найважливішою з характеристик, що зв'язує дві головні параметра електромеханічного перетворювача з обертовим рухом – швидкість n або частота обертання ω і електромагнітний момент M , $n(M)$ є механічною характеристикою (або $\omega(M)$). Вона показує вплив механічного навантаження (моменту) на валу двигуна на швидкість обертання, що особливо важливо знати при виборі та експлуатації двигунів.

Сучасні приводи зазвичай являють собою автоматизовані системи, призначені для вирішення складних технологічних завдань, більшість з яких вимагають управління процесом перетворення енергії в двигуні і, зокрема, керування швидкістю його обертання. Тому крім механічної характеристики розробникам і користувачам необхідно знати можливості та особливості регулювання, які описуються регульовальною характеристикою $n(V)$, де V - керуюча величина.

Механічні характеристики можуть бути природними і штучними. Під природними характеристиками розуміють характеристики отримані при номінальних параметрах джерела живлення і відсутності будь-яких регульовальних пристроїв в колах якоря і збудження. Всі інші характеристики називаються штучними.

Рівняння механічної характеристики машини постійного струму можна отримати з рівняння Кірхгофа для кола якоря

$$U = I_a R_a + E_a, \quad (2.1)$$

де U – напруга на якорі, R_a – опір якоря, а E_a – протио-ЕРС, I_a – струм якорю.

Підставляючи вираз для проти-ЕРС одержимо рівняння швидкісної або електромеханічної характеристики $n(I_a)$

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_E \Phi} \quad (2.2)$$

Виражаючи струм якоря через електромагнітний момент, одержимо рівняння механічної характеристики

$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R_a}{C_E C_M \Phi^2} M \quad (2.3)$$

Електрорушійна сила і електромагнітний момент.

При обертанні якоря в провідниках його обмотки наводиться ЕРС, яка дорівнює $e = Blv$. Середнє значення цієї ЕРС за половину періоду визначатиметься за формулою

$$E_{cp} = B_{cp} l v = \frac{\Phi}{\tau} l v = \frac{\Phi v}{\tau} \quad (2.4)$$

де B_{cp} - середнє значення магнітної індукції в зазорі, τ - відстань між осями полюсів, Φ - магнітний потік, l - довжина активної частини провідника, v - швидкість перетинання провідниками магнітного поля статора. Тоді повна ЕРС всіх витків обмотки в одній паралельній гілці ($w_a = \frac{N}{2a}$, де N - число провідників в обмотці; a - число пар паралельних гілок), дорівнює ЕРС всій обмотки якоря і складатиме

$$E_a = E = \Phi \frac{v}{\tau} w_a = \Phi \frac{v N}{2a \tau} \quad (2.5)$$

або, з урахуванням того, що $v = \frac{\pi D n}{60}$, $\tau = \frac{\pi D}{2p}$, де D - діаметр якоря, p -

число пар полюсів:

$$E = \frac{pN}{60a} \Phi n = C_E \Phi n, \quad (2.6)$$

де C_E - електрична постійна (постійна ЕРС) - конструктивний коефіцієнт, $C_E = \frac{pN}{60a}$.

Конструктивний коефіцієнт або постійна ЕРС в цьому виразі відповідає позасистемній одиниці швидкості обертання n - об/хв. Якщо замість швидкості обертання якоря використовувати кутову частоту $\Omega = 2\pi n$, то

$$C'_E = \frac{pN}{2\pi a} \text{ і } E = C'_E \Phi \Omega. \quad (2.7)$$

Таким чином, ЕРС обмотки якоря пропорційна величині магнітного потоку головних полюсів і швидкості або частоті обертання.

Електромагнітний момент, який створюється взаємодією струмів обмотки якоря і магнітного поля машини можна визначити з виразу для електромагнітної сили, що діє на провідник зі струмом. Оскільки момент, створюваний усіма витками дорівнює $M = FN \frac{D}{2}$, а струм в них $i = \frac{I_{\text{я}}}{2a}$, де $I_{\text{я}}$ - струм в якорі, то остаточно для моменту отримаємо

$$M = \frac{pN}{2\pi a} \Phi n = C_M \Phi I_{\text{я}} \quad (2.8)$$

де C_M - магнітна постійна.

В загалом, конструктивний коефіцієнт C_M або постійна моменту дорівнює постійній ЕРС C_E в системі одиниць СІ. Для позасистемної

одиниці швидкості обертання $\frac{C_M}{C_E} = \frac{60}{2\pi} = 9,57$.

Властивості двигунів постійного струму істотно залежать від того, як змінюється їх магнітний потік із зміною навантаження на валу. Ця залежність визначається схемою включення їх обмоток збудження. Розрізняють двигуни паралельного (шунтові), послідовного (серієсний), змішаного (компаундні) збуджень. У даній роботі я досліджую двигун паралельного збудження, який часто включають за схемою, представленої на рис.2.1. Як видно з рис.2.1, його обмотку збудження Ш1 - Ш2 включають у мережу постійної напруги паралельно обмотці якоря Я1 - Я2.

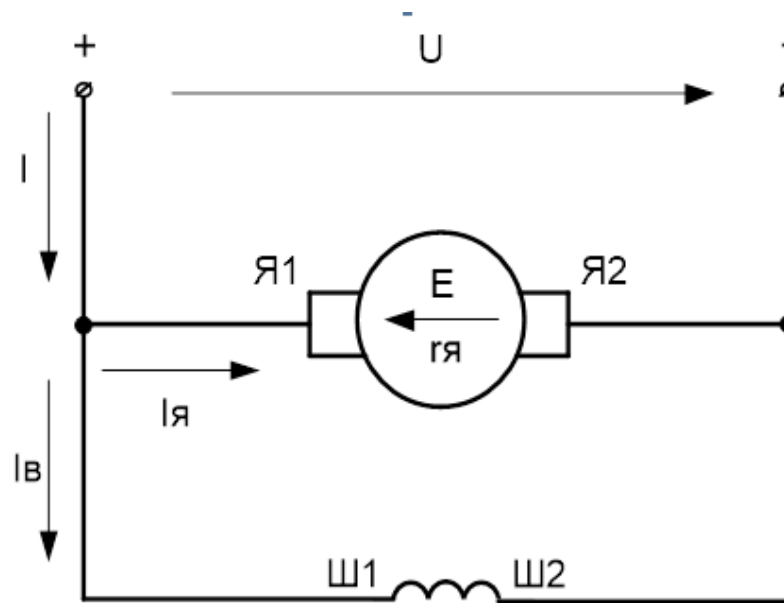


Рисунок 2.1 – Електрична схема двигуна постійного струму з паралельним збудженням

Конструкція машин постійного струму (генераторів і двигунів) у спрощеному вигляді показано на рис.2.2. До сталевому корпусу 1 статора машини прикріплені головні 2 і додаткові 4 полюса. На головних полюсах розташована обмотка збудження 8, на додаткових - обмотка додаткових полюсів 5. Обмотка збудження створює магнітний потік Φ машини.

На валу 10 двигуна закріплений циліндричний магнітопровід 6, в пазах якого розташована обмотка якоря 7. Секції обмотки якоря приєднані до колектору 9. До нього ж притискаються пружинами нерухомі щітки 8.

Закріплений на валу двигуна колектор складається з ряду ізольованих від нього і один від одного мідних пластин. За допомогою колектора і щіток здійснюється з'єднання обмотки якоря з зовнішнім електричним ланцюгом. У двигунів вони, крім того, служать для перетворення постійного по напрямку струму зовнішнього кола в змінюється по напрямку струм в провідниках обмотки якоря. Додаткові полюси з розташованою на них обмоткою зменшують іскріння між щітками і колектором машини. Обмотку додаткових полюсів з'єднують послідовно з обмоткою якоря і на електричних схемах часто не зображують [1-8].

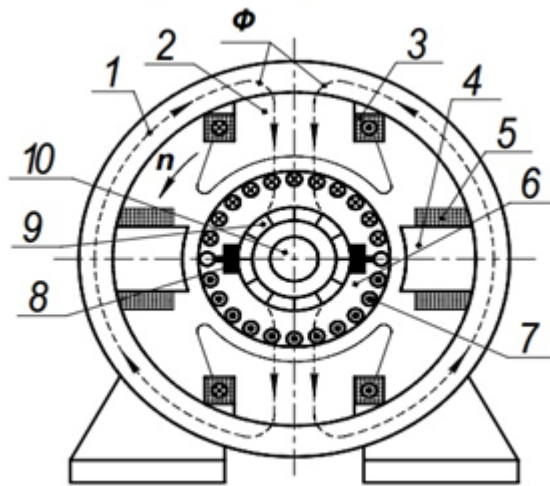


Рисунок 2.2 – Конструкція машин постійного струму у спрощеному вигляді

Для зменшення втрат потужності магнітопровід якоря виконаний з окремих сталевих листів. Всі обмотки виготовлені з ізольованого проводу. Крім двигунів, що мають два головних полюси, існують машини постійного струму з чотирма і більше кількістю головних полюсів. При цьому відповідно збільшується кількість додаткових полюсів і комплектів щіток.

Якщо до затискачів колекторної машини приєднати яке не будь зовнішнє джерело струму, наприклад акумуляторну батарею, і пропустити струм від цього джерела через обмотку збудження і обмотку якоря машини, з'єднані

паралельно, то машина буде працювати як електричний двигун. Коли струм проходить через витки якоря, які знаходяться в магнітному полі статора, то на них діють електромагнітні сили, перпендикулярні до напрямку струму і напрямку магнітного потоку Φ , напрямок цих сил можна визначити за правилом лівої руки, а величину електромагнітного моменту, який створюють ці сили, можна визначити з формули 2.1

$$M = C_M \cdot \Phi \cdot I_a = \frac{p \cdot N}{2\pi \cdot a} \Phi \cdot I_a \quad (2.9)$$

де M - електромагнітний момент; C_M – конструктивний коефіцієнт; Φ - магнітний потік; I_a - струм якоря; p - число пар головних полюсів; N - число пазових провідників; a - число пар паралельних гілок обмотки якоря.

Одночасно з появою електромагнітних сил в обмотці якоря з'являється ЕРС якоря E_a , напрямок цієї е.р.с. можна визначити за правилом правої руки, а величину за формулою (2.10).

$$E_a = C_e \cdot \Phi \cdot n = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a} \Phi \cdot n, \quad (2.10)$$

де E_a - ЕРС якоря; C_e - конструктивний коефіцієнт; n - частота обертання.

Незалежно від того чи працює колекторна машина як генератор або як двигун, в витках її обмотки якоря, які обертаються в магнітному полі статора (індуктора), виникає індукційна ЕРС E_a , спрямована згідно з правилом Ленца протилежно до напруги зовнішньої мережі, до якої машина підключена (U). Таким чином, в ланцюзі якоря фактично діє напруга, яка дорівнює різниці $U - E_a$ і, за законом Ома, струм в якорі визначається:

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_{дв}}, \quad (2.11)$$

де $R_{дв}$ - сумарний опір кола обмотки якоря.

Якщо $U_n > E_a$, то енергія відбирається від мережі, тобто машина працює як двигун. Величина E_a тим більша, чим більша частота (швидкість) обертання ротора. Індукційна ЕРС E_a велика і майже рівна напрузі U тому струм в якорі I_a відносно невеликий. При збільшенні механічного навантаження двигуна швидкість його обертання (частота обертів) зменшується, E_a також зменшується і струм I_a в якорі збільшується.

Напрямок моменту двигуна і отже, напрямок обертання якоря залежать від напрямку магнітного потоку і струму в провідниках обмотки якоря. Щоб змінити напрямок обертання двигуна, слід змінити напрямок струму якоря або струму збудження.

2.2. Метод контролю параметрів двигуна постійного струму паралельного збудження СЛ-571к 24 В

Ознайомитись з конструкцією двигуна постійного струму, вписати паспортні дані двигуна в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Паспортні дані двигуна постійного струму з паралельним збудженням автошлагбауму

| Двигун | Тип | $P_{\text{ном}}$, Вт | $I_{\text{ном}}$, А | $n_{\text{ном}}$, об/хв | $U_{\text{ном}}$, В | ККД, % | I_B , А |
|---------|--|--------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------|--------------|
| СЛ-571К | Постійного струму з паралельним збудженням | 95 | 7 | 2200 | 24 | 56 | 0,25 |

Зібрати схему для дослідження двигуна постійного струму з паралельним збудженням рис.2.3.

Експериментально з'ясувати струм збудження I_B , який відповідає номінальній частоті обертання і номінальному моменту навантаження на валу двигуна.

В якості навантаження використовуємо зажими на якорі двигуна.

По мірі того, як двигун набирає швидкість, опір R_{Π} потроху зменшують і при досягненні двигуном номінальної кількості обертів пусковий реостат виводиться із кола якоря повністю. Таким же чином при виключенні двигуна слід спочатку потроху ввести реостат і тільки після цього вимкнути двигун із мережі.

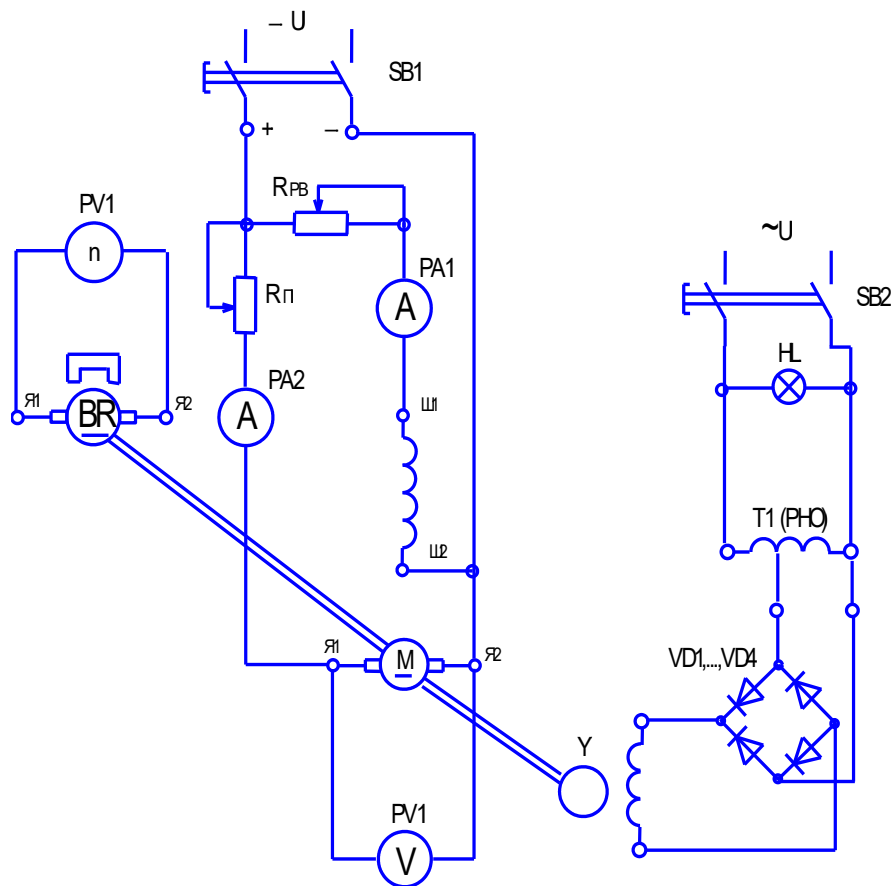


Рисунок 2.3 – Схема для дослідження характеристик двигуна постійного струму з паралельним збудженням

При цьому використати такі прилади та обладнання.

Електрична схема установки зображена на рис. 2.3. Постійна напруга на установку подається кнопкою SB1. Змінна напруга на установку подається кнопкою SB2.

Реостат $R_{п}$, включений в коло якоря, називається пусковим, так як служить для зменшення пускового струму двигуна. Реостат $R_{рв}$, включений в коло обмотки збудження, називається керуючим.

Під час запуску двигуна, пусковий реостат повинен бути обов'язково повністю введений; по мірі того, як двигун набирає швидкість, опір $R_{п}$ постійно зменшують і при досягненні двигуном номінальної кількості обертів цей реостат виводиться повністю.

Амперметр PA1 служить для виміру величини струму в ланцюзі обмотки збудження. Амперметр PA2 служить для виміру величини струму в якірному колі. Вольтметр PV2 вимірює напругу мережі.

В якості навантаження в даній роботі використовується електромагнітне гальмо Y. Змінна напруга на автотрансформатор ТІ подається кнопкою SB2, потім воно випрямляється діодним мостом VD1 – VD4 і подається на електромагнітне гальмо для зміни навантаження двигуна.

Частоту обертання якоря двигуна можна визначити вольтметром PV1, котрий встановлений на панелі стенда і проградуирований в обертах на хвилину, сигнал на нього подається від датчика частоти обертання, або з тахогенератора BR.

Зняти робочі характеристики двигуна, тобто $n_2 = f(P_2)$; $I_a = f(P_2)$; $M = f(P_2)$; $\eta = f(P_2)$, при $U = U_{ном} = const$, $I_B = I_{B ном} = const$.

Для зняття характеристик, двигун пускають в хід і навантажують до значення $1,2 M_{ном}$, при цьому необхідно установити номінальні значення $U_{ном}$ і $I_{B ном}$. Це перша точка робочих характеристик. Потім потроху розвантажити двигун до холостого ходу ($M = 0$).

В ході випробування фіксувати 5 - 6 вимірів відповідних величин підтримуючи постійну напругу на зажимах якоря і струм збудження. Отримані дані занести в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати експериментальних досліджень двигуна постійного струму з паралельним збудженням СЛ-571к автошлагбауму

| М, Н·м | I _a , А | n, об/хв | P ₁ , Вт | P ₂ , Вт | η, % | U _{НОМ} = ... В I _{В НОМ} = ... А |
|--------|--------------------|----------|---------------------|---------------------|------|---|
| 0,412 | 3 | 2200 | 95 | 61,7 | 56 | U _{НОМ} = 24 В I _{В НОМ} = = 0,25 А |

$$P_1 = U \cdot (I_a + I_B), \quad (2.12)$$

$$P_2 = 0,1025M \cdot n, \quad (2.13)$$

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

Зняти регулюючі характеристики $n = f(I_B)$:

а) при $U = U_{НОМ} = \text{const}$ и $M = 0$

б) при $U = U_{НОМ} = \text{const}$ и $M = M_{НОМ}$

При знятті характеристик змінювати струм збудження I_В реостатом R_{рв} в колі збудження, починаючи від максимально можливого до значення струму збудження при якому $n \leq 1,5 n_{НОМ}$.

В першому випадку дослід здійснюється при холостому ході.

В другому випадку – при номінальному моменті навантаження на валу двигуна, значення якого встановлюється і підтримується завдяки електромагнітного гальма. Дані занести в табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Результати дослідження робочої характеристики двигуна постійного струму з паралельним збудженням

| M = 0 | | M = M _{НОМ} | |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| n, об/хв | I _В , А | n, об/хв | I _В , А |
| 2200 | 0,21 | 1850 | 0,28 |
| M = 0,3M _{НОМ} | | M = 0,7 M _{НОМ} | |
| n, об/хв | I _В , А | n, об/хв | I _В , А |
| 2100 | 0,24 | 2000 | 0,26 |

Загальний вигляд робочих характеристик ДПС з паралельним збудженням дано на рис.2.4. Робочі характеристики двигунів постійного струму – це залежності частоти обертання n , моменту M , струму якоря $I_{я}$, коефіцієнта корисної дії η від корисної потужності на валу P_2 , тобто $P_2, n, M, I_{я}, \eta = f(P_2)$ за умови $U = \text{const}$ та $I_3 = \text{const}$. Результати наукових і теоретичних досліджень співпадають.

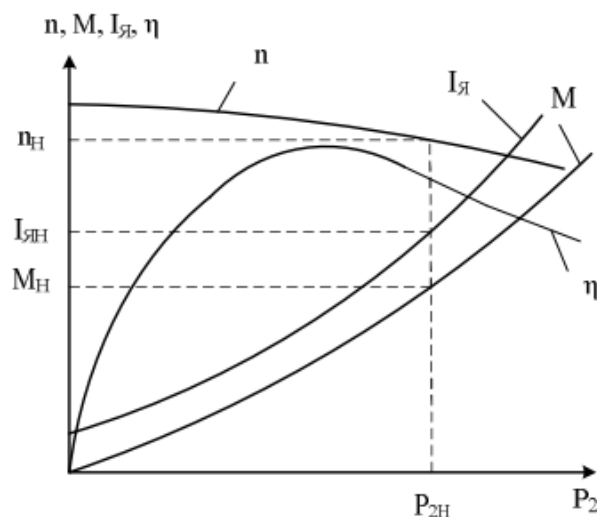


Рисунок 2.4 – Робочі характеристики двигуна постійного струму з паралельним збудженням

Розрахунок параметрів двигуна постійного струму з послідовним збудженням типу СЛ-571к

Вихідні дані:

$$P_{ном} := 95 \quad \text{Вт}$$

$$U_{ном} := 24 \quad \text{В}$$

$$I_{ном} := 7 \quad \text{А} \quad I_{вном} := 0.25 \quad \text{А}$$

$$n := 2200 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$\eta_{ном} := 0.56$$

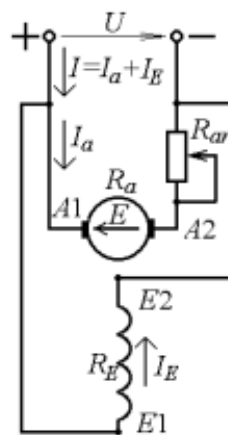


Рисунок 2.5 – Схема двигуна постійного струму з паралельним збудженням

Результати моделювання

Потужність і струм, які двигун споживає від мережі

$$P_{in} := \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}} \quad P_{in} = 169.643 \quad \text{Вт}$$

$$I_{ном} = 7 \quad \text{А}$$

$$I_n := \frac{P_{in}}{U_{ном}} \quad I_n = 7.068 \quad \text{А}$$

$$\text{Номинальний струм збудження} \quad I_{вном} = 0.25 \quad \text{А}$$

$$\text{Струм обмотки якоря} \quad I_{аном} := I_{ном} - I_{вном}$$

$$I_{аном} := 7 - 0.25 \quad I_{аном} = 6.75 \quad \text{А}$$

$$\text{Опір обмотки збудження} \quad R_z := \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}} \quad R_z = 96 \quad \text{Ом}$$

$$\text{Опір обмотки якоря} \quad R_a := \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}} \quad R_a = 3.556 \quad \text{Ом}$$

$$\text{Втрати потужності в двигуні} \quad \Delta P_{\text{ном}} := P_{\text{іном}} - P_{\text{ном}}$$

$$\Delta P_{\text{ном}} = 74.643 \quad \text{Вт}$$

$$\text{ЕРС в обмотці якоря} \quad E_{\text{ном}} := U_{\text{ном}} - I_{\text{ном}} \cdot R_a \quad E_{\text{ном}} = 0$$

$$I_{\text{ном}} \cdot R_a = 24 \quad \text{В} \quad U_{\text{ном}} = 24 \quad \text{В}$$

Обертальні електромагнітні та корисний моменти

$$M_{\text{емном}} := 9.55 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n} \quad M_{\text{емном}} = 0.412 \quad \text{Н·м} \quad K := \frac{C_m}{C_e} \quad K_{\text{ем}} := 9.55$$

$$M_n := 9.55 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n} \quad M_n = 0.412 \quad \text{Н·м}$$

2.3. Висновки за розділом

Досліджено електромеханічні характеристики двигуна постійного струму з паралельним збудженням автошлагбауму переїзної сигналізації в режимі холостого ходу і під навантаженням.

Розроблено метод автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму типу СЛ-571к залізничного автошлагбауму для дослідження робочої і механічної характеристик.

Дано наукове обґрунтування методу автоматизованого контролю параметрів ДПС з паралельним збудженням.

3 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПАРАЛЕЛЬНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

3.1. Структурна схема системи автоматизованого контролю параметрів двигуна постійного струму

Використовуючи узагальнюючу структурну схему системи автоматичного управління (САУ) було розроблено структурну схему двигуна постійного струму по керуючому та обурювальному впливу.

Двигун постійного струму, як елемент САУ, описується диференціальними рівняннями (1) якірного ланцюга та механічної частини двигуна:

$$\begin{cases} U = i_{\text{я}} R_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + C_e \omega \\ C_M (i_{\text{я}} - i_C) = J \frac{d\omega}{dt} \end{cases}, \quad (3.1)$$

де $L_{\text{я}}$, $R_{\text{я}}$ – відповідно індуктивність та активний опір якірного кола;

$i_{\text{я}}$, i_C – відповідно струм якірного ланцюга і струм навантаження;

C_e , C_M – конструктивні електрична і магнітна постійні двигуна;

J - момент інерції двигуна.

При зміні напруги на вході двигуна на деяку величину ΔU змінюються струм двигуна $\Delta i_{\text{я}}$ і частота обертання двигуна $\Delta \omega$, нехтуючи зворотним зв'язком проти-ЕРС двигуна $C_e \omega$, отримуємо рівняння якірного кола і механічної частини двигуна в приростах:

$$\begin{cases} \Delta U = \Delta i_{\text{я}} R_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{d\Delta i_{\text{я}}}{dt} \\ C_M (\Delta i_{\text{я}} - \Delta i_C) = J \frac{d\Delta \omega}{dt} \end{cases} \quad (3.2)$$

Перетворюючи рівняння і, вважаючи i_c , переходимо до операторної форми запису даних рівнянь:

$$\begin{cases} \Delta U(s) = \Delta i_{\text{я}}(s)R_{\text{я}} + L_{\text{я}}s\Delta i_{\text{я}}(s) \\ C_{\text{М}}\Delta i_{\text{я}}(s) = Js\Delta\omega(s) \end{cases} \quad (3.3)$$

З рівнянь (3.3) отримуємо вирази для передавальних функцій якірного ланцюга та механічної частини двигуна:

$$\begin{cases} W_{\text{яц}}(s) = \frac{\Delta i_{\text{я}}(s)}{\Delta U(s)} = \frac{1/R_{\text{я}}}{T_{\text{э}}s + 1} \\ W_{\text{мех.ч}}(s) = \frac{\Delta\omega}{\Delta i_{\text{я}}} = \frac{C_{\text{М}}}{Js} = \frac{R_{\text{я}}/C_{\text{е}}}{T_{\text{М}}s} \end{cases} \quad (3.4)$$

де $T_{\text{е}}$ – електромагнітна постійна двигуна, $T_{\text{М}}$ - електромеханічна постійна двигуна.

Відповідно до цієї системи отримуємо, що розгорнута структурна схема двигуна набуває вигляду, показаного на рис.3.1.

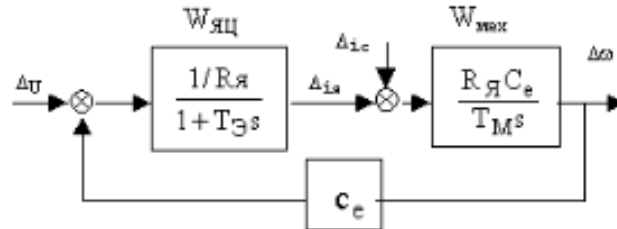


Рисунок 3.1 – Розгорнута структурна схема двигуна

Згортаючи розгорнуту схему, двигун можна представити однією коливальною ланкою (рис. 3.2):

$$W_{\text{двиг}}(s) = \frac{\Delta\omega}{\Delta U} = \frac{K_{\text{двиг}}}{T_3 T_M s^2 + T_M s + 1}$$

$$K_{\text{двиг}} = \frac{1}{C_e}$$

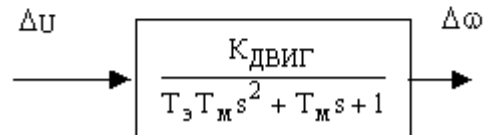


Рисунок 3.2 – Згорнута структурна схема двигуна

Статичні характеристики електропривода

$$M_{\text{ном}} := 0.412 \quad \text{Нм}$$

$$n_{\text{ном}} := 2200 \quad \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$\text{Кутова частота обертання} \quad \omega_{\text{ном}} := n_{\text{ном}} \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{60}$$

$$\omega_{\text{ном}} := 2200 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \quad \omega_{\text{ном}} = 230.383 \quad \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$P_{\text{ном}} = 95 \quad \text{Вт}$$

$$U_{\text{ном}} = 24 \quad \text{В} \quad I_{\text{ном}} = 6.75 \quad \text{А}$$

$$T_m := 0.0086 \quad \text{с} \quad T_a := 0.00765 \quad \text{с}$$

$$K_c := 1 \quad R_a = 3.556 \quad \text{Ом}$$

$$R_z = 96$$

$$R_a \cdot \frac{R_z}{R_a + R_z} = 3.429 \quad \text{Ом}$$

Вводимо постійні дані для розрахунку на всіх ділянках характеристики:

$K_u = 5000$ – коефіцієнт посилення РТ

$K_p = 1$ – коефіцієнт передачі потенціометричного датчика

$E = 15 \text{ В}$ – ЕРС джерела сигналу, що задає

$R = 500 \text{ Ом}$ – внутрішній опір джерела, що задає

$K_{pc} = 0.08 \text{ В/А}$ – коефіцієнт передачі датчика струму

$K_{пт}=0,3$ В с/рад – коефіцієнт передачі тахогенератора

$K_{пз}=0,008$ В/А – коефіцієнт передачі зворотний зв'язок струму

$\Delta U=1,5$ В – падіння напруги на діоді

$$R_a = 3.556 \quad \text{Ом}$$

$$R_z = 96$$

$$R_a \cdot \frac{R_z}{R_a + R_z} = 3.429 \quad \text{Ом}$$

$R = 3,429$ Ом – сумарний опір кола двигуна

$E=15$ В

$R=500$ Ом – внутрішній опір тахогенератора

$R=R=10000$ Ом – опір резисторів на вході РС

$R=20000$ Ом – повний опір потенціометрів у колах завдання та тахогенератора

$R=13052$ Ом – регульований опір потенціометра в ланцюзі тахогенератора

$K_d = 1,7$ - коефіцієнт передачі електродвигуна постійного струму

$\Delta \omega_p \% = 17 \%$

$K_{sum} = 566,86$

$K_{РС} = 21.22$ - коефіцієнт посилення регулятора швидкості

Для полегшення завдання використовуємо функцію ДПТ з керуючого та обурювального впливу. Тоді узагальнююча структурна схема САУ набуде вигляду наведеного на рис.3.3.

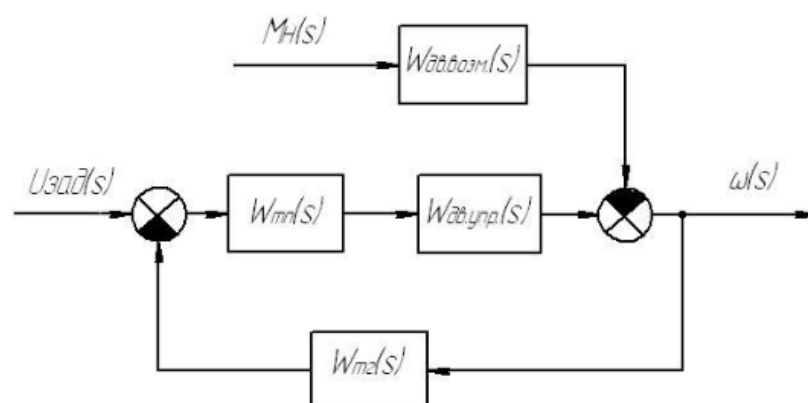


Рисунок 3.3 – Узагальнююча структурна схема

Використовуючи рис.3.3, побудуємо замкнуту структурну схему САУ з керуючого впливу

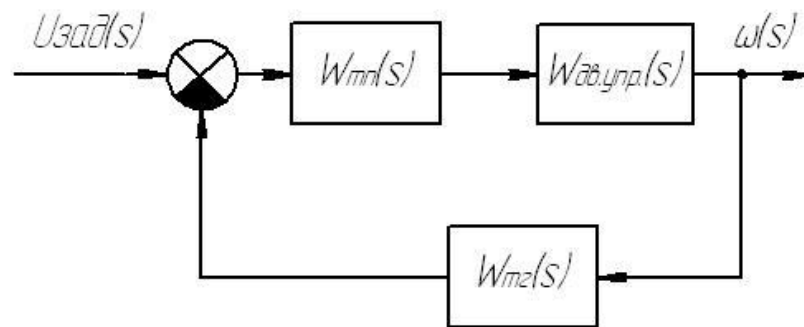


Рисунок 3.4 – Замкнута структурна схема САУ з керуючого впливу

Використовуючи рис.3.3, побудуємо замкнуту структурну схему САУ по впливу, що обурює

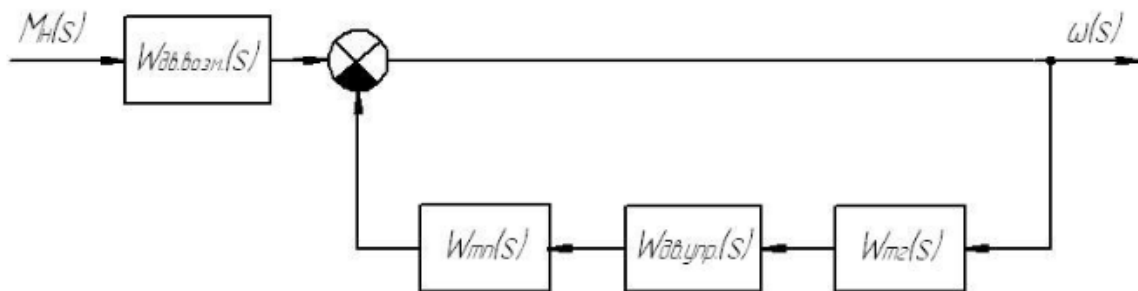


Рисунок 3.5 – Замкнута структурна схема САУ по впливу, що обурює

Використовуючи рис.3.3, побудуємо розімкнену структурну схему САУ з керуючого впливу:



Рисунок 3.6 – Розімкнена структурна схема САУ з керуючого впливу

Використовуючи рис.3.3, побудуємо розімкнену структурну схему САУ по впливу, що обурює.

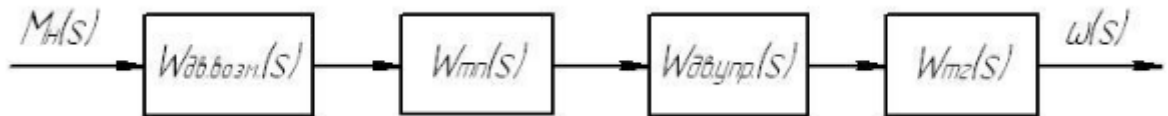


Рисунок 3.7 – Розімкнута структурна схема САУ по впливу, що обурює

3.2. Алгоритми контролю параметрів двигунів постійного струму з паралельним збудженням

Вимоги до автоматизованої системи контролю параметрів двигуна постійного струму поділяються на технічні, функціональні, автоматичні.

Технічні вимоги – точність вимірювань. Висока точність вимірювання основних параметрів двигуна, таких як напруга $U_{дв}$, струм якоря $I_{я}$ та збудження $I_{зв}$, частота обертання n , потужність P_2 , обертовий момент M , коефіцієнт корисної дії η .

Клас точності вимірювальних приладів має бути достатнім для виявлення навіть малих відхилень від номінальних значень.

Швидкість обробки. Система повинна оперативно проводити вимірювання та обробляти результати для забезпечення швидкої діагностики.

Діапазон вимірювань. Система повинна покривати весь робочий діапазон параметрів двигуна: напруга від 0 до 24 В, струм з урахуванням скачка при вмиканні двигуна від 0 до 25 А, швидкість обертання від 0 до максимальної 2200 об/хв.

Функціональні вимоги. Сумісність з різними видами двигунів авто шлагбаумів. Підтримка вимірювання параметрів різних типів двигунів постійного струму (із самозбудженням, незалежним збудженням тощо).

Автоматизація процесу. Передбачено автоматичний запис і обробка вимірюваних даних. Автоматичне порівняння отриманих характеристик з номінальними значеннями. Графічна побудова характеристик і порівняння з номінальними. Система повинна мати функцію побудови робочих характеристик двигуна для наочного аналізу.

Захист від перевантаження – наявність системи попередження або автоматичного відключення двигуна у разі перевищення допустимих меж параметрів.

Вимоги до обладнання. Джерела живлення та вимірювальні прилади повинні забезпечувати стабільність поданих сигналів. Використання високоякісних сенсорів (наприклад, тахогенераторів для вимірювання швидкості обертання) та вимірювальних пристроїв.

Підтримка цифрових технологій. Використання мікроконтролерів, АЦП (аналого-цифрових перетворювачів), і програмного забезпечення для збору та обробки даних.

Алгоритм визначення стану двигуна і контролю його параметрів постійного струму з паралельним збудженням наведено на рис.3.8 в умовах ремонтно-технологічної дільниці (РТД). Розпочинається процес діагностики двигуна з вимірювання його параметрів: струму $I_{дв}$, швидкості обертання ротору n при постійній напрузі живлення двигуна $U_{дв}=24\text{ В}=\text{const}$ і струмі збудження $I_{зб}=\text{const}$.

Далі виконуються розрахунки струму якоря $I_{я}$, потужності на валу P_2 , обертового моменту M , коефіцієнта корисної дії η , будуються робочі характеристики, будуються графіки й порівнюються із номінальними.

Встановлені параметри і характеристики двигуна порівнюються з номінальними значеннями, які вказані у технічній документації або паспорті пристрою і виводяться результати. Якщо визначені характеристики відповідають номінальним – двигун вважається справним. Якщо визначені характеристики не відповідають номінальним – двигун вважається несправним.

Цей алгоритм дозволяє визначити технічний стан двигуна постійного струму шляхом аналізу його параметрів та робочих характеристик.

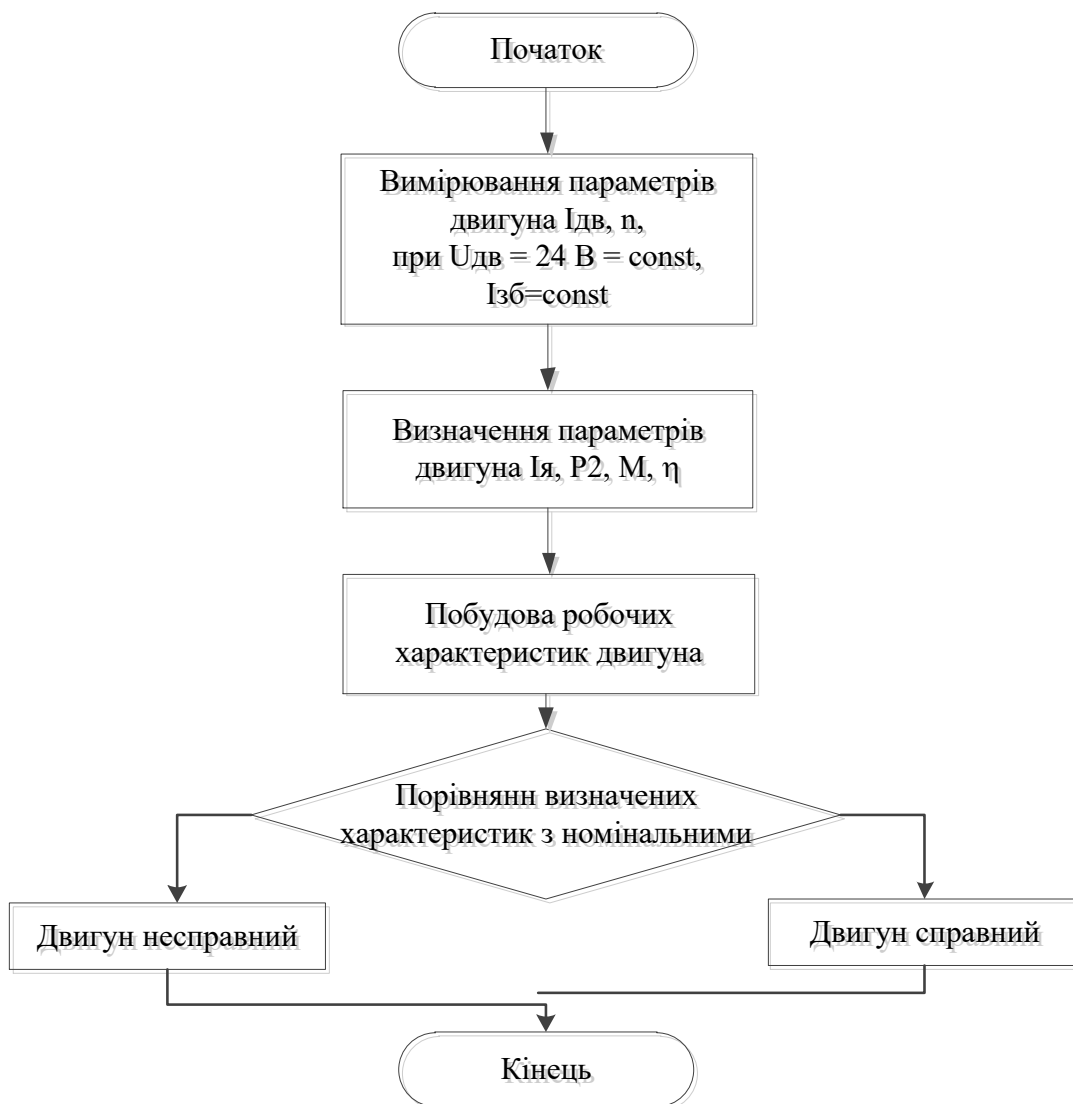


Рисунок 3.8 – Алгоритм визначення справного стану двигуна постійного струму автошлагбауму

3.3. Несправності електродвигунів постійного струму

Іскріння щіток. Іскріння може бути викликано їх поганим станом, неправильною установкою щіткотримачів, слабким або занадто сильним притисненням до колектора, піднесенням одних пластин колектора над іншими, коротким замиканням в якорі, биттям колектора.

Щітки повинні бути ретельно притерті до колектора скляною шкуркою. При слабкому натисканні пружини 5 або 6 слід піджати, а при сильному послабити так, щоб натискання щіток на колектор було 2...3 Н.

Регулювальний гвинт 7 має бути закручений врівень з корпусом 5 щіткотримача (ні в якому разі не до відмови).

При піднесенні одних пластин над іншими або биєнии колектор необхідно проточити, а потім продорожить на глибину 1 мм. Коротке замикання, яке може відбутися через повідомлення проводів і залишків олова між півниками колектора після пайки або задирок після обточування, треба усунути.

Забруднення колектора усувають протиранням чистою ганчіркою, злегка змоченою бензином. Бруд, що накопичилася в зазорі між ламелям колектора, видаляють загостреною платівкою з твердого дерева або пластмаси.

При обертанні якоря в одну сторону щітки іскрять сильніше, ніж при обертанні в іншу. Причиною є зсув щіток з нейтралі. Для усунення несправності треба встановити щітки на нейтралі.

Електродвигун погано йде в хід і перегрівається. Слід мати на увазі, що електродвигуни серії МСП призначені для повторно-короткочасного режиму роботи, тому при надмірно тривалому включенні, наприклад при роботі на фрикції, вони можуть перегріватися. Перегрів обмоток не повинен перевищувати 60°C понад температури навколишнього середовища.

Поганий хід може мати місце внаслідок короткого замикання або обриву в одній або декількох секціях якоря або замикання між пластинами колектора, а також через відсутність мастила в підшипниках. У разі короткого замикання або обриву в секціях якір потрібно перемотати. Замикання на колекторі часто відбувається через з'єднання задирок, що утворилися після обточування. Вони віддаляються шабером. Необхідно перевіряти пайку вивідних кінців секції до колекторним пластин. В результаті неакуратною пайки олово може замикати сусідні пластини. Підшипники двигуна повинні бути змащені.

Електродвигун після включення не обертається. Причиною може бути перегорання запобіжників, відсутність щіткового контакту, обрив в обмотці

збудження або якоря. Для усунення зазначених несправностей треба перевірити цілість запобіжників, наявність щіткового контакту і обриву. Місце обриву можна встановити контрольною лампою або мегаом-метром.

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

Втрата ізоляції. Опір ізоляції обмоток по відношенню до корпусу, вимірний мегаомметром напруженому не нижче 500 В, повинно бути не менше 5 МОм. При декілька меншому опорі ізоляції іноді виявляється достатнім продути двигун стисненим повітрям від вугільного пилу. Якщо ця міра не призводить до підвищення опору ізоляції, двигун необхідно піддати сушці і просоченню.

Підшипники перегріваються. Причиною може бути забруднення пилом; відсутність мастила; підвищене тертя між сальником і палом; відсутність осьового люфту, необхідного для компенсації температурного подовження валу; знос або руйнування підшипника. У разі зносу підшипники потрібно замінити.

Обрив вивідних кінців секцій якоря від ламі колектора. Це явище виникає в тих випадках, коли пакет якоря має люфт відносно колектора. Зазначений недолік може бути усунений в заводських умовах.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано існуючі типи залізничних автошлагбаумів, методів діагностування і контролю параметрів і визначено шлях модернізації – розробка автоматизованого методу контролю параметрів двигуна постійного струму з паралельним збудженням.

Дано наукове обґрунтування методу контролю двигунів постійного струму з паралельним збудженням і створено математичну модель визначення параметрів двигуна СЛ-571к за вимірним струмом $I_{дв}$, A і швидкістю обертання валу n , об/хв.

Розроблено метод контролю параметрів двигуна постійного струму з паралельним збудженням типу СЛ-571ск автошлагбауму, визначено його електромеханічні і робочі характеристики в режимі холостого ходу і під навантаженням.

Створено структурну схему і системи автоматичного управління двигуном постійного струму з паралельним збудженням і алгоритм визначення справного стану ДПС авто шлагбауму. Цей алгоритм дозволяє визначити технічний стан двигуна постійного струму шляхом аналізу його параметрів та робочих характеристик.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О. О. Гололобова , Ю. Буряк, В. І. Гаврилюк , Р. В. Маркуль, А. М. Афанасов, Д. С. Білухін. Автоматизовані та телематичні системи на транспорті. Наука та прогрес транспорту. Вісник дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2021, № 6 (96). – с.5-13.
2. Аналіз стану безпеки руху поїздів на залізницях України за 12 місяців 2013–2021 року. Міністерство транспорту України. Державна адміністрація залізничного транспорту, 2014–2018.
3. Григоренко Г. Діагностування двигунів автошлагбаумів залізничних переїздів: дипл.р. спец. 273 – Залізничний транспорт / наук. керівник Т.М. Сердюк. Український державний університет науки і технологій. Дніпро, 2023. 48 с.
4. Класифікація та каталог дефектів та пошкоджень елементів електричних переказів залізниць України. - Дніпропетровськ: Арт-Прес, 2000. - 148 с.
5. Родькін Д.І., Системи динамічного навантаження та діагностики електродвигунів при після ремонтних випробуваннях - Москва: Надра, 1992. 236 с.
6. Котеленець Н.Ф., Кузнецов Н.Л., Випробування та надійність електричних машин – Москва: «Вища школа», 1988. – 232 с.
7. Толкунов В.П., Теорія та практика комутації машин постійного струму. - Москва: Енергія, 1979-224с.
8. Резніков Ю. М. Електроприводи залізничної автоматики та телемеханіки - М.: Транспорт, 1985.
9. А.І. Грила. Осцилографічний метод оцінки стану стрілочних електродвигунів постійного струму // Автоматика, телемеханіка та зв'язок. – 1983. – № 12. – С.28.
10. Панкратов А.І., Івченко Н.В. До питання удосконалення систем діагностики машин постійного струму. //Вісник праць Кременчуцького

- державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2006 випуск 3/2006 (38), частина 2. – С. 83-87.
11. Пристрої СЦБ. Технологія обслуговування. - М.: Транспорт, 1999. - 433с.
 12. Безпека життєдіяльності. /Під ред. Н.А. Белова - М.: Знання, 2000 - 364с.
 13. Правила улаштування електроустановок: вид. 3-тє, перероб. і дод. – Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
 14. Правила технічної експлуатації залізниць України: наказ № 258 від 25.07.2006, реєстр. у Мін-ві Юстиції України від 25.10.2006 р. від №1143/13017. – Мінпаливенерго України, 2006.
 15. ЦШ – 0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Наказ №347-ЦЗ від 26.04.2006. – Міністерство транспорту: Київ – 2006.
 16. ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Наказ №090-ЦЗ від 07.10.2009. – Міністерство транспорту: Київ – 2009.
 17. Сібаров Ю. А. Безпека життєдіяльності: науковий посібник для вузів/Ю. А. Сибаров. - М.: Транспорт, 1987. - 379 с.
 18. Назаров Ф.А. До питання оптимізації обслуговування пристроїв електричної централізації/Назаров Ф.А., Смоляницький Ю.А., Шумако В.М. //Ташкент Тр. ТашІІТ. - 1973. - № 91. - С. 9-15.
 19. Каменєв А. І., Балусєв Н. Н., Адаскін В.М. Безпека руху поїздів та надійність технічних засобів // Автоматика, зв'язок, інформатика. - 2003. - № 6. - С. 5 - 8.
 20. Самбірський В.В., Міщишин В.В., Синявський О.О. Діагностування стрілочних електродвигунів постійного струму типу МСП// Тези 73-ої студентської науково-технічної конференції "Інформаційно-керуючі технології та системи на залізничному транспорті" - Д.:ДІТ, 2013.–С. 102 -103.

21. НПАОП 40.1-1.01-97 // Правила безпечної експлуатації електроустановок.
22. НПАОП 40.1-1.07-01 // Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України.
23. Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Шозда І. В., Перельотов О. В., Карлюкова О. Ю. МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ СТРИЛОЧНИХ ПРИВОДІВ // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези 81 Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 2021 р.) – Д.: ДНУТ 2021. - С. 394-395.
24. Машини постійного струму. Режим доступу: <https://servomotors.ru/documentation/electromotor/book1/book1p64.html>
25. «Складання технологічних карт ремонту енергетичного та електромеханічного обладнання» [Текст]: метод. вказівки/О.Ю. Балійчук. - Д.: УДУНТ, 2023.
26. Технологічна мапа на ремонт двигуна. Режим доступу: https://studbooks.net/2090087/matematika_himiya_fizika/tehnologicheskaya_karta