

М. П. Розводюк¹
С. В. Кушнір¹
К. М. Розводюк²
І. М. Овчар³
М. В. Пустовіт⁴

ВИМІРЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ІСКРІННЯ НА КОЛЕКТОРІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

¹Вінницький національний технічний університет

²Подільський науково-технічний ліцей для обдарованої молоді

³Вінницький технічний коледж

⁴Державний вищий навчальний заклад «Могилів-Подільський монтажно-економічний коледж»

Анотація

В роботі виділено основні параметри, які впливають на процес комутації в колекторних двигунах постійного струму. Запропоновано структуру пристрою для вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму.

Ключові слова: іскріння, щітково-колекторний вузол, комутація, двигун постійного струму.

Abstract

The main parameters that influence the process of commutation in electric DC motor are highlighted in the paper. The structure of the device for measuring the intensity of sparking on the collector of an electric DC motor is proposed.

Keywords: sparking, brush-collector junction, commutation, electric DC motor.

Вступ

Іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму суттєво впливає як на термін експлуатації двигуна, так і на енергетичні показники його функціонування [1]. Тому достовірність визначення рівня іскріння дозволить більш точно розробити шляхи з усунення цього явища та налагодження комутації.

Причинами високого іскріння між щітками та колектором в електричних двигунах постійного струму можуть бути дефекти, які поділяються на:

- 1) механічні (неякісне виготовлення колектора, нерівна поверхня колектора);
- 2) електромагнітні (розрив струму електричного кола з індуктивністю, наведення в комутованій секції ЕРС самоіндукції та ЕРС взаємоіндукції);
- 3) потенціальні (збільшення напруги між колекторними пластинами).

Дефекти електромагнітного характеру здебільшого визначають середнє значення рівня іскріння під щітками.

Дефекти механічного характеру вносять зміни в параметри розподілу тривалості імпульсів іскріння [2]:

1 по колектору (визначаються профілем колектора, технологічними параметрами – положенням щіток на нейтралі, розподілом пластин по зовнішньому діаметру колектора, різними значеннями зазорів під додатковими полюсами, биттям сердечника якоря);

2) в часі (залежать від перехідних режимів роботи, пульсацій напруги живлення, вібрації щіток тощо).

Підвищити достовірність визначення причин підвищеного рівня іскріння та незадовільної комутації можна за рахунок аналізу параметрів розподілу тривалості імпульсів іскріння по колектору та в часі [2].

В роботі [3] здійснений аналіз методів, придатних для діагностування рівня іскріння щіток електричних машин постійного струму, показані їх реалізація та вказані області застосування., виділивши як найбільш перспективний метод оцінки рівня іскріння по середній і максимальній тривалості дугових розрядів.

При діагностуванні колекторно-щіткового вузла електродвигуна постійного струму в роботі [4] особлива увага приділяється виділенню каналу значних розвинутих дефектів між колекторними пластинами і щіткою.

В роботі [5] досліджується контроль якості функціонування колекторно-щіткового вузла тягових електродвигунів постійного струму з урахуванням теплових процесів при формуванні граф-моделі процесу діагностування.

Технічний стан щітково-колекторного вузла в роботі [6] оцінюється за параметрами неідентичності комутаційних циклів колекторно-щіткового вузла машин постійного струму в умовах прийнятно-здавальних робіт.

В роботі [7] на підставі аналізу динамічної взаємодії між елементами контактної групи колекторно-щіткового вузла в умовах інтенсивного навантаження тягового електродвигуна електровоза запропонована математична модель взаємодії елементів колекторно-щіткового вузла, здатна враховувати можливості пошкодження контакту в складних формах взаємодії щітки з колектором.

В роботі [8] запропонована методика та пристрій для ідентифікації рівня іскріння на колекторі за допомогою спостереження, що дозволяє в режимі реального часу візуально оцінювати іскріння в балах.

Математична модель для комплексної оцінки якості виконаного ремонту колекторно-щіткового вузла електродвигуна за механічною та комутаційною складовими виконаного ремонту в роботі [9] побудована з використанням fuzzy-логіки. Аналогічний математичний апарат реалізовано в роботах [10], [11].

Однак в розглянутих матеріалах або відсутні пристрої для вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму, або ж не володіють достатньою точністю.

Метою роботи є розробка структури пристрою, придатної для вимірювання рівня іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму з можливістю визначення причини інтенсивності іскріння.

Результати дослідження

Виділимо основні параметри, які впливають на процес комутації:

- падіння напруги на щітковому контакті $\Delta U_{щ}$ (імпульси напруги дугових розрядів);
- положення щітки $\alpha_{щ}$;
- струм, що проходить через щітку i_k ;
- індуктивність секції колектора L_c ;
- колекторне ділення τ_k ;
- ширина щітки $b_{щ}$;
- колова швидкість колектора ϑ_k .

При цьому колова швидкість колектора залежить від:

- ширини колекторної пластини b_k ;
- числа колекторних пластин K ;
- швидкості обертання колектора n .

Виходячи з викладеного, можна сформулювати критерій, що визначає процес комутації, який можна представити у вигляді функціональної залежності:

$$F = (\alpha_{щ}, i_k, L_c, \tau_k, b_{щ}, b_k, K, n) = 0. \quad (1)$$

Структуру пристрою для вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму можна синтезувати з використанням секвенційного апарату, як показано в роботах [12], [13].

В результаті досліджень отримано структуру пристрою, подану на рис. 1.

На рис. 1: 1 – сенсор імпульсів; 2 – формувач прямокутних імпульсів; 3 – інвертор; 4, 5 – перший і другий одновібратори відповідно; 6, 7, 9, 12, 13 – перший-п'ятий блоки пам'яті відповідно; 8 – блок віднімання; 10, 11 – перший та другий блоки визначення середнього квадратичного відхилення відповідно; 14, 15 – перший та другий блок визначення середнього значення відповідно; 16 – блок прийняття рішення; 17 – сенсор положення; 18 – лічильник; 19 – генератор прямокутних імпульсів; 20 – блок формування інтервалу вимірювання; 21, 38, 39, 40 – перший-четвертий індикатори відповідно; 22 – сенсор струму; 23 – сенсор швидкості; 24 – блок задання індуктивності секції; 25 – блок задання колекторного ділення; 26 – блок задання ширини щітки; 27 – блок задання ширини колекторної пластини.

тини; 28 – блок задання числа колекторних пластин; 29 – блок піднесення до квадрату; 30 , 33, 34, 42 – перший-четвертий підсилювачі відповідно; 31 – блок множення; 32 – блок задання потужності; 35, 36, 37 – перший-третій компаратори відповідно; 41 – логічний елемент АБО.

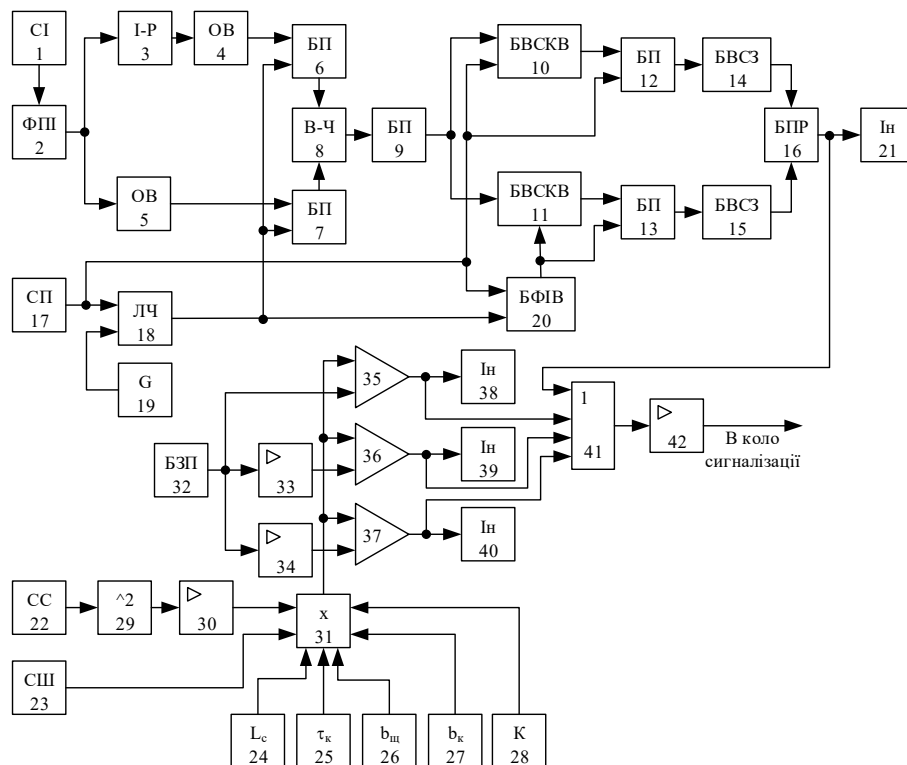


Рис. 1. Структура пристрою для вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму

Даний пристрій дозволяє:

- виходячи з характеру імпульсів напруги іскрових розрядів та положення щітки, визначати час початку імпульсу іскріння та час його закінчення, розраховуючи тривалість самого імпульсу з можливістю запам'ятовування;
- розраховувати значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння за кілька оборотів якоря, формуючи середнє значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння по колектору;
- розраховувати значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння по кожній окремій колекторній пластині, формуючи усереднене значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння по всім колекторним пластинам, що іскрять, в часі;
- розраховувати потужність, що виділяються під щіткою, за значенням якої для конкретної електричної машини можна визначати наявність та інтенсивність іскріння на колекторі;
- ідентифікувати рівень іскріння за трьома характеристиками: допустиме, середнє, максимально допустиме.

Висновки

Запропонований пристрій забезпечує можливість визначення причини інтенсивності іскріння на колекторі за рахунок ідентифікації джерел підвищеного іскріння, що дозволяє розробляти шляхи покращення комутації та зменшенню іскріння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карасев М.Ф. Коммутация коллекторных машин постоянного тока / М.Ф. Карасев. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 224 с.
2. Пат. № 100679 РФ, МПК 7 Н 01 R 39/58, 7 G 01 R 31/34. Устройство для измерения интенсивности искрения на коллекторе электрической машины / Харламов В.В., Шкодун П.К., Сергеев Р.В., Афонин А.П. – № 2010129677; опубл. 15.07.2010.

3. Трошин И.А. Анализ методов и средств диагностирования коммутации электрических двигателей постоянного тока / И.А. Трошин // *Электрификация транспорта*. – 2013. – №5. – С. 59-66.
4. Пат. 78154 UA, МПК H02L 13/00, G01R 31/34. Пристрій для діагностики колекторно-щіткового вузла електродвигуна постійного струму / Ясинський ЮО. – № u 201210390; заявл.: 03.09.2012; опубл.: 11.03.2013, Бюл. № 5. – 3 с.
5. Харламов В.В. Формирование граф-модели диагностирования колекторно-щеточного узла тягового электродвигателя с учетом тепловых факторов / В.В. Харламов, П.В. Шкодун, А.С. Хлопцов, А.В. Долгова // *Известия Томского политехнического университета*. – 2016. – Т.337. №1. – С.88-95.
6. Харламов В.В. Диагностирование состояния колекторно-щеточного узла машин постоянного тока в условиях приемосдаточных испытаний с учетом параметров неидентичности коммутационных циклов / В.В. Харламов, Д.И. Попов, А.П. Афонин // *Омский научный вестник*. – 2017. – №5 (155). – С. 66-71.
7. Орленко А.И. Особенности математического моделирования движения элементов колекторно-щеточного узла тягового электродвигателя с учетом возможностей нарушения контакта / А.И. Орленко, А.В. Елисеев // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2017. – №4 (56). – С. 167-175.
8. Осадченко А.А. Мониторинг щеточно-колекторного узла тягового электродвигателя при эксплуатации / А.А. Осадченко, А.Б. Цукублин, О.Л. Рапопорт // *Известия Томского политехнического университета*. – 2005. – Т.308. №7. – С.107-109.
9. Шкодун П.К. Применение аппарата нечеткой логики при диагностировании колекторно-щеточного узла тяговых электрических двигателей подвижного состава / П.К. Шкодун, А.В. Долгова // *Известия Транссиба*. – 2016. – №4 (28). – С. 59-68.
10. Розводюк М. П. Розрахунок залишкового ресурсу електродвигуна з використанням fuzzy-логіки / М. П. Розводюк, С. В. Осадчий // *Monografia. Pokonferencyjna. Science, research, development #15. Technics and technology. Rotterdam (The Netherlands) 30.03.2019 - 31.03.2019*. – Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej NaukowoPraktycznej (online) zorganizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych oraz badawczych z państw obszaru byłego Związku Radzieckiego oraz byłej Jugosławii. (31.03.2019) – Warszawa, 2019. – 128 str. – S.123-128.
11. Розводюк М.П. Нечітка математична модель для визначення залишкового ресурсу електричного двигуна / М.П. Розводюк // *Тези доповідей науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 13-15 березня 2019 р.* – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/6774>
12. Розводюк М. П. Синтез структури пристрою для визначення залишкового ресурсу асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором / М. П. Розводюк, В. С. Бомбик // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2019. – №2 (143). – С. 52-60. DOI <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-52-60>
13. Розводюк М.П. Синтез структури пристрою для контролю технічного стану асинхронного двигуна / М.П. Розводюк, Д.С. Хайнацький // *Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2019), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 11-30 травня 2019 р.* – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6176>

Розводюк Михайло Петрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rozvodiukmp@gmail.com

Кушнір Станіслав Валерійович – аспірант кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: slava22197@gmail.com

Розводюк Катерина Михайлівна – учениця Подільського науково-технічного ліцею для обдарованої молоді, Вінниця, e-mail: rozvodiukkm@gmail.com

Овчар Інна Миколаївна – викладач, Вінницький технічний коледж, Вінниця, e-mail: Ov4ar_80@meta.ua

Пустовіт Микола Васильович – голова циклової комісії електромонтажних дисциплін, викладач вищої категорії, Державний вищий навчальний заклад «Могилів-Подільський монтажно-економічний коледж», Могилів-Подільський, e-mail: mikola.pustovit@i.ua

Rozvodiuk Mykhailo P. – Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of electromechanical systems automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rozvodiukmp@gmail.com

Kushnir Stanislav V. – Postgraduate student, Department of electromechanical systems automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: slava22197@gmail.com

Rozvodiuk Kateryna M. – student of Podillya scientific and technical Lyceum for gifted youth, Vinnytsia, e-mail: rozvodiukkm@gmail.com

Ovchar Inna M. – Teacher, Vinnitsa Technical College, Vinnytsia, e-mail: Ov4ar_80@meta.ua

Pustovit Mykola V. – Teacher of the highest category, State Higher Educational Institution «Mogylyv-Podilskyi Installation and Economic College», Mogylyv-Podilskyi, e-mail: mikola.pustovit@i.ua