

ВИМІРЮВАННЯ ЗНОШЕННЯ ЩІТОК ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ІСКРІННЯ КОЛЕКТОРНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі запропоновано структуру пристрою для вимірювання зношення щіток та інтенсивності іскріння колекторних електродвигунів.

Ключові слова: зношення щіток, іскріння, щітково-колекторний вузол, комутація, колекторний двигун.

Abstract

The structure of the device for measuring brush wear and spark intensity of collector electric motors is proposed in the work.

Keywords: wear of brushes, sparking, brush-collector junction, commutation, collector motor.

Одним із самих ненадійних елементів конструкції колекторних двигунів є їх щітково-колекторний вузол. Для налагодження комутації необхідна достовірна інформація про рівень іскріння в перехідному контакті щітка- колектор та про рівень зношення самих щіток.

Причини виникнення іскріння між щітками та колектором в електричних двигунах постійного проаналізовані в роботах [1] та [2]. В цих же роботах та в роботах [3] – [8] запропоновані способи ідентифікації рівня іскріння. Однак в розглянутих матеріалах наведені пристрої для вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму не володіють достатньою точністю і не дозволяють вимірювати швидкість зношення щіток.

Метою роботи є розробка структури пристрою, придатної для вимірювання зношення щіток та інтенсивності іскріння колекторних електродвигунів з можливістю визначення причини інтенсивності іскріння.

За результатами дослідження синтезовано структуру пристрою для вимірювання зношення щіток та інтенсивності іскріння колекторних електродвигунів, подану на рис. 1.

На рис. 1: 1 – сенсор імпульсів; 2 – формувач прямокутних імпульсів; 3 – інвертор; 4, 5 – перший і другий однофазні генератори відповідно; 6, 7, 9, 12, 13 – перший, другий, третій, четвертий та 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 блоки 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, 56, 63, 73 – перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий та сьомий 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; 28 – блок задання числа колекторних пластин; 29 – блок піднесення до квадрату; 30, 33, 34, 42, 59 – перший, другий, третій, четвертий та п'ятий підсилювачі відповідно; 31, 44, 48, 51, 53, 68, 69, 71 – перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий та восьмий блоки множення відповідно; 32 – блок задання потужності; 35, 36, 37, 55, 62 – перший, другий, третій, четвертий та п'ятий компаратори відповідно; 41 – логічний елемент АБО, 43 – сенсор тиску; 45 – блок задання коефіцієнту ерозійної складової зношування щітки; 46 – блок задання коефіцієнту фрикційної складової зношування щітки; 47 – функціональний перетворювач; 49, 66, 67 – перший-третій блоки піднесення до ступеня 0,5; 50 – блок задання коефіцієнту струмової складової зношування щітки; 52, 72 – перший та другий суматори; 54 – блок задання максимального зношення щітки; 57 – блок визначення діаметру колектора; 58 – блок піднесення до ступеня 0,16; 60 – блок ділення, 61 – блок задання биття колектора; 64 – блок задання коефіцієнту електрокорозійного зношування щітки; 65 – блок піднесення до ступеня

3/4; 70 – блок задання коефіцієнту електроерозійного зношування щітки.

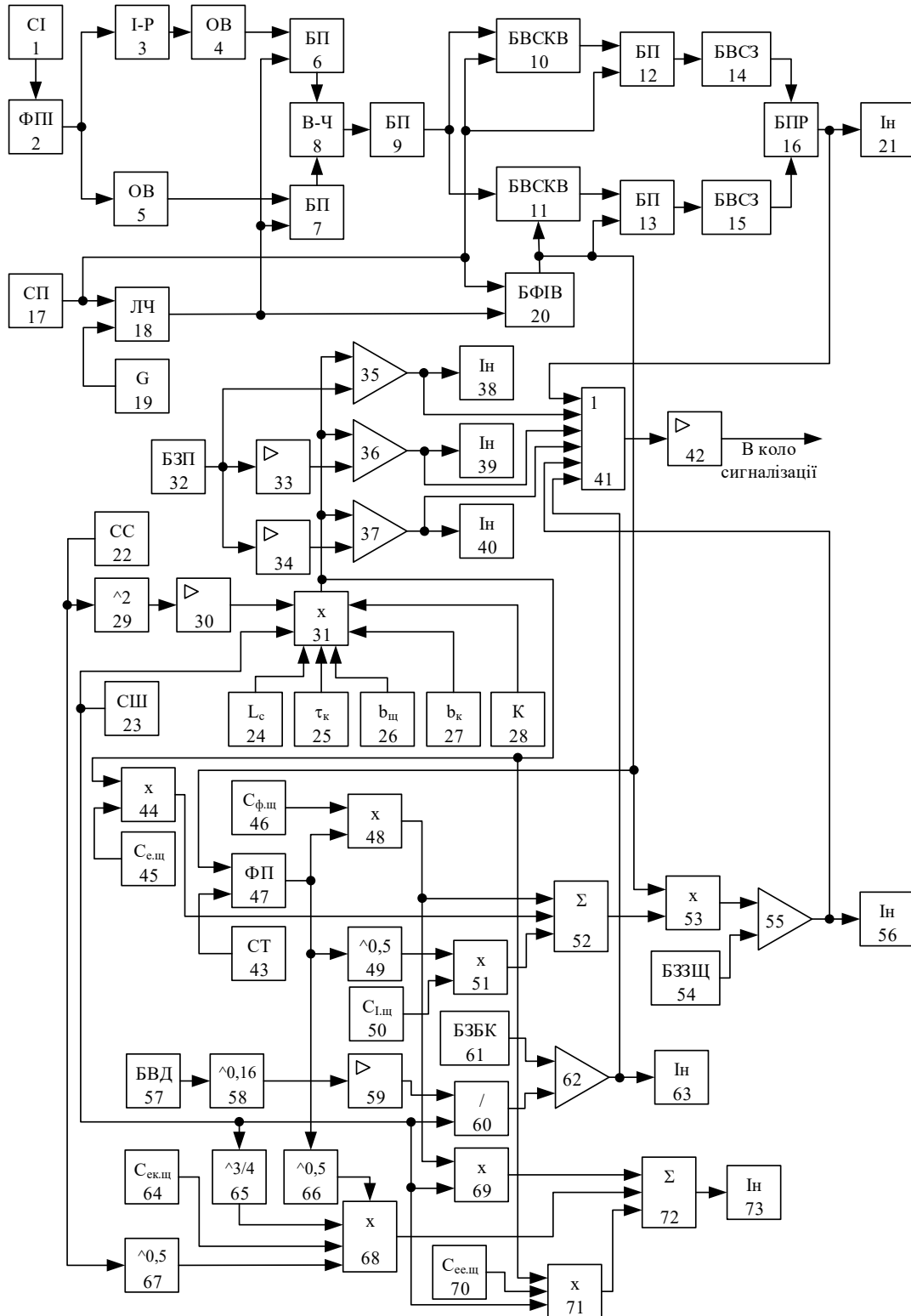


Рис. 1. Структура пристрою для вимірювання зношення щіток та інтенсивності іскріння колекторних електродвигунів

Величина зношення щітки визначається з виразу [8]:

$$\Delta R_{щ} = (C_{ф.щ} P_{ср.щ} + C_{л.щ} P_{ср.щ}^{0,5} + C_{е.щ} \Delta P) \cdot \Delta t, \quad (1)$$

де $C_{ф.щ}$ – коефіцієнт фрикційної складової зношування щітки; $P_{ср.щ}$ – середнє значення тиску щітки на часовому проміжку Δt ; $C_{I.щ}$ – коефіцієнт струмової складової зношування щітки; $C_{е.щ}$ – коефіцієнт ерозійної складової зношування щітки; ΔP – потужність, яка виділяється під щіткою:

$$\Delta P = \frac{L_c \cdot i_k^2}{2 \cdot \tau_k \cdot b_{щ}} \cdot \frac{K \cdot b_k \cdot n}{60}, \quad (2)$$

де L_c – індуктивність секції; i_k – струм, що протікає через щітку; τ_k – колекторне ділення; $b_{щ}$ – ширина щітки; K – число колекторних; b_k – ширина колекторної пластини; n – швидкість обертання колектора.

Величина зношення щітки визначається з виразу [8]:

$$\Delta R_{щ} = (C_{ф.щ} P_{ср.щ} + C_{I.щ} P_{ср.щ}^{0,5} + C_{е.щ} \Delta P) \cdot \Delta t, \quad (3)$$

де $C_{ф.щ}$ – коефіцієнт фрикційної складової зношування щітки; $P_{ср.щ}$ – середнє значення тиску щітки на часовому проміжку Δt ; $C_{I.щ}$ – коефіцієнт струмової складової зношування щітки; $C_{е.щ}$ – коефіцієнт ерозійної складової зношування щітки.

Швидкість зношення щітки визначається з виразу [9]:

$$\Delta V_{щ} = n C_{ф.щ} P_{ср.щ} + n^{3/4} i_k^{0,5} C_{ек.щ} P_{ср.щ}^{0,5} + n C_{е.щ} \Delta P, \quad (6)$$

де $C_{ек.щ}$ – коефіцієнт електрокорозійного зношування щітки; $C_{е.щ}$ – коефіцієнт електроерозійного зношування щітки.

Висновки

Запропонований пристрій забезпечує можливість вимірювання зношення щіток та інтенсивність іскріння колекторних електродвигунів, що дозволяє розробляти шляхи покращення комутації та зменшенню іскріння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розводюк М. П. Діагностування щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму / М.П. Розводюк, К.М. Розводюк // International periodic scientific journal «Modern engineering and innovative technologies». – Issue №11. Part 3. March 2020. – С.32-39. – Sergeieva&Co, Karlsruhe, Germany. DOI: 10.30890/2567-5273.2020-11-01-043
2. Розводюк М.П. Вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму / М.П. Розводюк, С.В. Кушнір, К.М. Розводюк, І.М. Овчар, М.В. Пустовіт // Тези доповідей XLIX Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 11-20 березня 2020 р. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2020/paper/view/8864>
3. Харламов В.В. Формирование граф-модели диагностирования коллекторно-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.
4. Харламов В.В. Диагностирование состояния коллекторно-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.
5. Шкодун П.К. Применение аппарата нечеткой логики при диагностировании коллекторно-щеточного узла тяговых электрических двигателей подвижного состава / П.К. Шкодун, А.В. Долгова // Известия Транссиба. – 2016. – №4 (28). – С. 59-68.
6. Пат. 144373 UA, МПК G01R 31/34 (2020.01), H02K 13/00. Пристрій для вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму / Розводюк М.П., Розводюк К.М., Кушнір С.В. – № u2020 02214; заявл. 03.04.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18. – 8 с.: кресл.
7. Пат. 144374 UA, МПК G01R 31/34 (2020.01), H02K 13/00. Пристрій для діагностування щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму / Розводюк М.П., Розводюк К.М. – № u2020 02215; заявл. 03.04.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18. – 10 с.: кресл.
8. Пат. 144846 UA, МПК H02K 13/00, G01R 31/34 (2020.01). Пристрій для моніторингу щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму / Розводюк М.П., Кушнір С.В. – № u2020 03473; заявл. 09.06.2020; опубл. 26.10.2020, бюл. № 20. – 10 с.: кресл.
9. Байсадыков М.Ф. Разработка метода оценки интенсивности изнашивания и алгоритма прогнозирования остаточного ресурса щеток тяговых электродвигателей / М.Ф. Байсадыков. Автореф. дис. канд. техн. наук за спец. 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения», 2020. – 20 с.

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

Розводюк Катерина Михайлівна – студентка групи 2КН-20, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінниця, e-mail: rozvodiukkm@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

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

Rozvodiuk Kateryna M. – student of Faculty for Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia, e-mail: rozvodiukkm@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