



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 84.35)



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №11

Part 3

March 2020

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

ISSN 2567-5273
DOI 10.30890/2567-5273

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*
Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *candidate of technical sciences*

Editorial board: More than 160 doctors of science. Full list on pages 4

UDC 08
LBC 94

DOI: 10.30890/2567-5273.2020-11-03

Published by:

Sergeieva&Co

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@moderntechno.de

site: www.moderntechno.de

The publisher is not responsible for the validity of the information or for any outcomes resulting from reliance thereon.

Copyright
© Authors, 2020



About the journal

The International Scientific Periodical Journal "Modern Technology and Innovative Technologies" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English. The journal is registered in INDEXCOPERNICUS.

Sections of the Journal:

Library of Congress Classification Outline	Sections
Subclass TJ / TJ1-1570	Mechanical engineering and machinery
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering.
Subclass TA / TA165	Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation
Subclass TK / TK5101-6720	Telecommunication
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering
Subclass TN / TN1-997	Mining engineering. Metallurgy
Subclass TS / TS1950-1982, TS2120-2159	Animal products., Cereals and grain. Milling industry
Subclass TS / TS1300-1865	Textile industries
Subclass TK / TK7800-8360	Electronics
Subclass T / T55.4-60.8	Industrial engineering. Management engineering
Subclass T / T351-385	Mechanical drawing. Engineering graphics
Subclass TA / TA1001-1280, Subclass TL / TL1-484, Subclass TE / TE1-450, Subclass TF / TF1-1620	Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation
Subclass TH / TH1-9745	Building construction
Subclass T / T55-55.3	Industrial safety. Industrial accident prevention
Additional sections	<i>Innovative economics and management, Innovations in pedagogy, Innovative approaches in jurisprudence, Innovative philosophical views</i>

Requirements for articles

Articles should correspond to the thematic profile of the journal, meet international standards of scientific publications and be formalized in accordance with established rules. They should also be a presentation of the results of the original author's scientific research, be inscribed in the context of domestic and foreign research on this topic, reflect the author's ability to freely navigate in the existing bibliographic context on the problems involved and adequately apply the generally accepted methodology of setting and solving scientific problems.

All texts should be written in literary language, edited and conform to the scientific style of speech. Incorrect selection and unreliability of the facts, quotations, statistical and sociological data, names of own, geographical names and other information cited by the authors can cause the rejection of the submitted material (including at the registration stage).

All tables and figures in the article should be numbered, have headings and links in the text. If the data is borrowed from another source, a bibliographic reference should be given to it in the form of a note.

The title of the article, the full names of authors, educational institutions (except the main text language) should be presented in English.

Articles should be accompanied by an annotation and key words in the language of the main text and must be in English. The abstract should be made in the form of a short text that reveals the purpose and objectives of the work, its structure and main findings. The abstract is an independent analytical text and should give an adequate idea of the research conducted without the need to refer to the article. Abstract in English (Abstract) should be written in a competent academic language.

The presence of UDC, BBK

Acceptance of the material for consideration is not a guarantee of its publication. Registered articles are reviewed by the editorial staff and, when formally and in substance, the requirements of the journal are sent to peer review, including through an open discussion using the web resource www.sworld.education

Only previously unpublished materials can be posted in the journal.

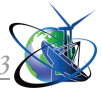
Regulations on the ethics of publication of scientific data and its violations

The editors of the journal are aware of the fact that in the academic community there are quite widespread cases of violation of the ethics of the publication of scientific research. As the most notable and egregious, one can single out plagiarism, the posting of previously published materials, the misappropriation of the results of foreign scientific research, and falsification of data. We oppose such practices.

The editors are convinced that violations of copyrights and moral norms are not only ethically unacceptable, but also serve as a barrier to the development of scientific knowledge. Therefore, we believe that the fight against these phenomena should become the goal and the result of joint efforts of our authors, editors, reviewers, readers and the entire academic community. We encourage all stakeholders to cooperate and participate in the exchange of information in order to combat the violation of the ethics of publication of scientific research.

For its part, the editors are ready to make every effort to identify and suppress such unacceptable practices. We promise to take appropriate measures, as well as pay close attention to any information provided to us, which will indicate unethical behavior of one or another author.

Detection of ethical violations entails refusal to publish. If it is revealed that the article contains outright slander, violates the law or copyright rules, the editorial board considers itself obliged to remove it from the web resource and from the citation bases. Such extreme measures can be applied only with maximum openness and publicity.



Editorial board

- Bukharina Irina Leonidovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Grebneva Nadezhda Nikolayevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Gritsenko Svetlana Anatol'yevna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Russia
 Kalenik Tat'yana Kuz'minichna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Knyazeva Ol'ga Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Russia
 Kukhar Yelena Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Kazakhstan
 Moiseykina Lyudmila Guchayevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Nefed'yeva Yelena Eduardovna, Doctor of Biological Sciences, assistant professor, Russia
 Sentyabrev Nikolay Nikolayevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Starodubtsev Vladimir Mikhaylovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Ukraine
 Testov Boris Viktorovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Tungushbayeva Zina Baybagusovna, Doctor of Biological Sciences, , Kazakhstan
 Fateyeva Nadezhda Mikhaylovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russia
 Akhmediyev Gabdulakhat Malikovich, Doctor of Veterinary Science, Professor, Russia
 Shevchenko Larisa Vasil'yevna, Doctor of Veterinary Science, Professor, Ukraine
 Animitsa Yevgeniy Georgiyevich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Russia
 Sukhova Mariya Gennad'yevna, Doctor of Geographical Sciences, assistant professor, Russia
 Irzhi Khlahhula, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Czech Republic
 Fedorishin Dmitro Dmitrovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Ukraine
 Kokebayeva Gul'zhaukhar Kakenovna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Otepova Gul'fira Yelubayevna, Doctor of Historical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Trigub Petr Nikitovich, Doctor of Historical Sciences, Professor, Ukraine
 Elezovich M Dalibor, Doctor of Historical Sciences, assistant professor, Serbia
 Vizir Vadim Anatol'yevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Ukraine
 Fedyanina Lyudmila Nikolayevna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Russia
 Orlov Nikolay Mikhaylovich, Doctor of Science in Public Administration, assistant professor, Ukraine
 Velichko Stepan Petrovich, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Gavrilenko Nataliya Nikolayevna, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Gilev Gennadiy Andreyevich, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Dorofeyev Andrey Viktorovich, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Karpova Nataliya Konstantinovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Mishenina Tat'yana Mikhaylovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Nikolayeva Alla Dmitriyevna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Rastrygina Alla Nikolayevna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Sidorovich Marina Mikhaylovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Ukraine
 Smirnov Yevgeniy Ivanovich, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Fatykhova Alevtina Leont'yevna, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Fedotova Galina Aleksandrovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Khodakova Nina Pavlovna, doctor of pedagogical sciences, assistant professor, Russia
 Chigirinskaya Natal'ya Vyacheslavovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Churekova Tat'yana Mikhaylovna, doctor of pedagogical sciences, Professor, Russia
 Latygina Natal'ya Anatol'yevna, Doctor of Political Sciences, Professor, Ukraine
 Sirota Naum Mikhaylovich, Doctor of Political Sciences, Professor, Russia
 Khebrina Svetlana Vladimirovna, Doctor of Psychology, Professor, Russia
 Vozhegova Raisa Anatol'yevna, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Denisov Sergey Aleksandrovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Russia
 Zhovtonog Ol'ga Igorevna, doctor of agricultural sciences, , Ukraine
 Kostenko Vasilii Ivanovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Kotlyarov Vladimir Vladislavovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Russia
 Morozov Aleksey Vladimirovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Patyka Nikolay Vladimirovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Rebezov Maksim Borisovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Russia
 Tarariko Yuriy Aleksandrovich, doctor of agricultural sciences, Professor, Ukraine
 Mal'tseva Anna Vasil'yevna, Doctor of Sociology, assistant professor, Russia
 Stegny Vasilii Nikolayevich, Doctor of Sociology, Professor, Russia
 Tarasenko Larisa Viktorovna, Doctor of Sociology, Professor, Russia
 Averchenkov Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Antonov Valeriy Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Bykov Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Goncharuk Sergey Mironovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Zakharov Oleg Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Kalayda Vladimir Timofeyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Kapitanov Vasilii Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Kirillova Yelena Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Kovalenko Petr Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Kopey Bogdan Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Kosenko Nadezhda Fedorovna, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Russia
 Kruglov Valeriy Mikhaylovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Kuderin Marat Krykbayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Lebedev Anatoliy Timofeyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Lomoto Denis Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Makarova Irina Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Morozova Tat'yana Yur'yevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Pavlenko Anatoliy Mikhaylovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Parunakyan Vaagn Emil'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Pachurin German Vasil'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Pershin Vladimir Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Piganov Mikhail Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Polyakov Andrey Pavlovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Popov Viktor Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Rokochinskiy Anatoliy Nikolayevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Romashchenko Mikhail Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Semestsov Georgiy Nikiforovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Sukhenko Yuriy Grigor'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Ustenko Sergey Anatol'yevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Khabibullin Rifat Gabulkhakovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia
 Chervoniy Ivan Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shayko-Shaykovskiy Aleksandr Gennad'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shibayev Aleksandr Grigor'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shcherban' Igor' Vasil'yevich, Doctor of Technical Sciences, assistant professor, Russia
 Bushuyeva Inna Vladimirovna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Volokh Dmitriy Stepanovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Georgiyevskiy Gennadiy Viktorovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Senior Researcher, Ukraine
 Gudzenko Aleksandr Pavlovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Tikhonov Aleksandr Ivanovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Shapovalov Valeriy Vladimirovich, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Shapovalova Viktoriya Alekseyevna, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Ukraine
 Blatov Igor' Anatol'yevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Russia
 Kondratov Dmitriy Vyacheslavovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor, Russia
 Lya'l'kina Galina Borisovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Russia
 Malakhov A V , Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ukraine
 Vorozhbitova Aleksandra Anatol'yevna, doctor of philology, Professor, Russia
 Lytkina Larisa Vladimirovna, doctor of philology, assistant professor, Russia
 Popova Taisiya Georgiyevna, doctor of philology, Professor, Russia
 Kovalenko Yelena Mikhaylovna, doctor of philosophical science, Professor, Russia
 Lipich Tamara Ivanovna, doctor of philosophical science, assistant professor, Russia
 Maydanyuk Irina Zinoviyevna, doctor of philosophical science, assistant professor, Ukraine
 Svetlov Viktor Aleksandrovich, doctor of philosophical science, Professor, Russia
 Stovpets A V , doctor of philosophical science, assistant professor, Ukraine
 Antraptsva Nadezhda Mikhaylovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Ukraine
 Bazheva Rima Chamalovna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Russia
 Grizodub Aleksandr Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Ukraine
 Yermagambet Bolat Toleukhanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Kazakhstan
 Maksin Viktor Ivanovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Ukraine
 Angelova Polya Georgiyevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Bulgaria
 Bezdenezhnykh Tat'yana Ivanovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Burda Aleksey Grigor'yevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Granovskaya Lyudmila Nikolayevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukraine
 Dorokhina Yelena Yur'yevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Klimova Natal'ya Vladimirovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Kochinev Yuriy Yur'yevich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Kurmayev Petr Yur'yevich, Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukraine
 Lapkina Inna Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Ukraine
 Mel'nik Alona Alekseyevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Ukraine
 Milyayeva Larisa Grigor'yevna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Pakhomova Yelena Anatol'yevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Reznikov Andrey Valentinovich, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Savel'yeva Nelli Aleksandrovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Russia
 Sokolova Nadezhda Gennad'yevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Strel'tsova Yelena Dmitriyevna, Doctor of Economic Sciences, assistant professor, Russia
 Batyrgareyeva Vladislava Stanislavovna, doctor of law , Ukraine
 Get'man Anatoliy Pavlovich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Kafarskiy Vladimir Ivanovich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Kirichenko Aleksandr Anatol'yevich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Stepenko Valeriy Yefremovich, doctor of law, assistant professor, Russia
 Tonkov Yevgeniy Yevgen'yevich, doctor of law, Professor, Russia
 Shepit'ko Valeriy Yur'yevich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Shishka Roman Bogdanovich, doctor of law, Professor, Ukraine
 Yarovenko Vasilii Vasil'yevich, doctor of law, Professor, Russia
 Kantarovich YU L , Ph D in History of Arts , Ukraine
 Volgireva Galina Pavlovna, Candidate of Historical Sciences, assistant professor, Russia
 Tokareva Natal'ya Gennad'yevna, Candidate of Medical Sciences, assistant professor, Russia
 Demidova V G , Candidate of Pedagogical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Mogilevskaya I M , Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Ukraine
 Lebedeva Larisa Aleksandrovna, Candidate of Psychological Sciences, assistant professor, Russia
 Yatsenko Olexsandr Volodymyrovych, Candidate of Technical Sciences, Professor, Ukraine
 Shapovalov Valentin Valer'yevich, Candidate of Pharmaceutical Sciences, assistant professor, Ukraine
 Stovpets V G , Candidate of Philology, assistant professor, Ukraine
 Ruslan Zubkov, Doctor of Economics, Associate Professor, Ukraine
 Tolbatov Andrey Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor, Ukraine
 Sharagov Vasily Andreevich, Doctor of Chemistry, Associate Professor, Moldova



УДК 621.313.2

DIAGNOSING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE BRUSH-COLLECTOR JUNCTION OF AN ELECTRIC DC MOTOR
ДІАГНОСТУВАННЯ ЩІТКОВО-КОЛЕКТОРНОГО ВУЗЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Rozvodiuk M.P. / Розводюк М.П.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-0916-1172

*Vinnitsia National Technical University,**Vinnitsia, Khmelnytske shose, 95, 21021**Вінницький національний технічний університет,**м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, 21021***Rozvodiuk K.M. / Розводюк К.М.***student /учениця**Podillya scientific and technical Lyceum for gifted youth,**Vinnitsia, Voiniv-Internazionalistiv str., 3, 21021**Подільський науково-технічний ліцей для обдарованої молоді,**м. Вінниця, вул. Воїнів-Інтернаціоналістів, 9, 21021*

Анотація. В роботі визначені основні причини неналежної комутації електричного двигуна постійного струму. Встановлені основні параметри, які впливають на даний процес. Запропоновано структуру пристрою для діагностування щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму. Пристрій дозволяє сформувати діагностичні параметри розподілу тривалості імпульсів іскріння по колектору і в часі, визначати амплітуду іскріння, величину зношення щітки. Це дозволяє розробляти шляхи покращення комутації та зменшення іскріння.

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

Вступ. Щітково-колекторний вузол електродвигуна постійного струму є найбільш ненадійним елементом його конструкції. Основна причина виходу з ладу даного вузла – неналежне налагодження комутації, що призводить до інтенсивного іскріння між щіткою та колектором. Іншими факторами, які впливають на даний процес, можуть бути регулярні перевантаження двигуна та зношення самих щіток. Все це негативно впливає на енергетичні показники електричного двигуна та зменшує його ресурс. Тому проведення своєчасного діагностування щітково-колекторного вузла з ідентифікацією його технічного стану є передумовою надійної експлуатації електродвигуна.

Спосіб визначення рівня іскріння на колекторі розглядається в роботі [1], а способи діагностування щітково-колекторного вузла – в роботах [2, 3]. Комплексна оцінка якості виконаного ремонту колекторно-щіткового вузла електродвигуна в роботі [4] здійснена з використанням fuzzy-логіки. Аналогічний математичний апарат реалізовано в роботі [5, 6]. Однак в розглянутих матеріалах запропоновані підходи не враховують ряд причин неналежної комутації щітково-колекторного вузла.

Метою роботи є підвищення надійності функціонування щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму за рахунок розробки структури пристрою для його діагностування.



Основний текст. Високий рівень іскріння на колекторі може бути обумовлений дефектами: механічними, потенціальними та електромагнітними. Точність ідентифікації причин підвищеного рівня іскріння та незадовільної комутації можна підвищити за рахунок аналізу параметрів розподілу тривалості імпульсів іскріння по колектору та в часі [1, 7].

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 $b_{щ}$; ширина колекторної пластини b_k ; число колекторних пластин K ; швидкість обертання колектора n . Тоді процес комутації можна представити у вигляді функціональної залежності [7]:

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

Синтез структури пристрою для діагностування щітково-колекторного вузла електродвигуна постійного струму здійснено з використанням апарату секвенцій, як показано в роботах [8, 9]. Структуру пристрою для діагностування щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму подано на рис. 1.

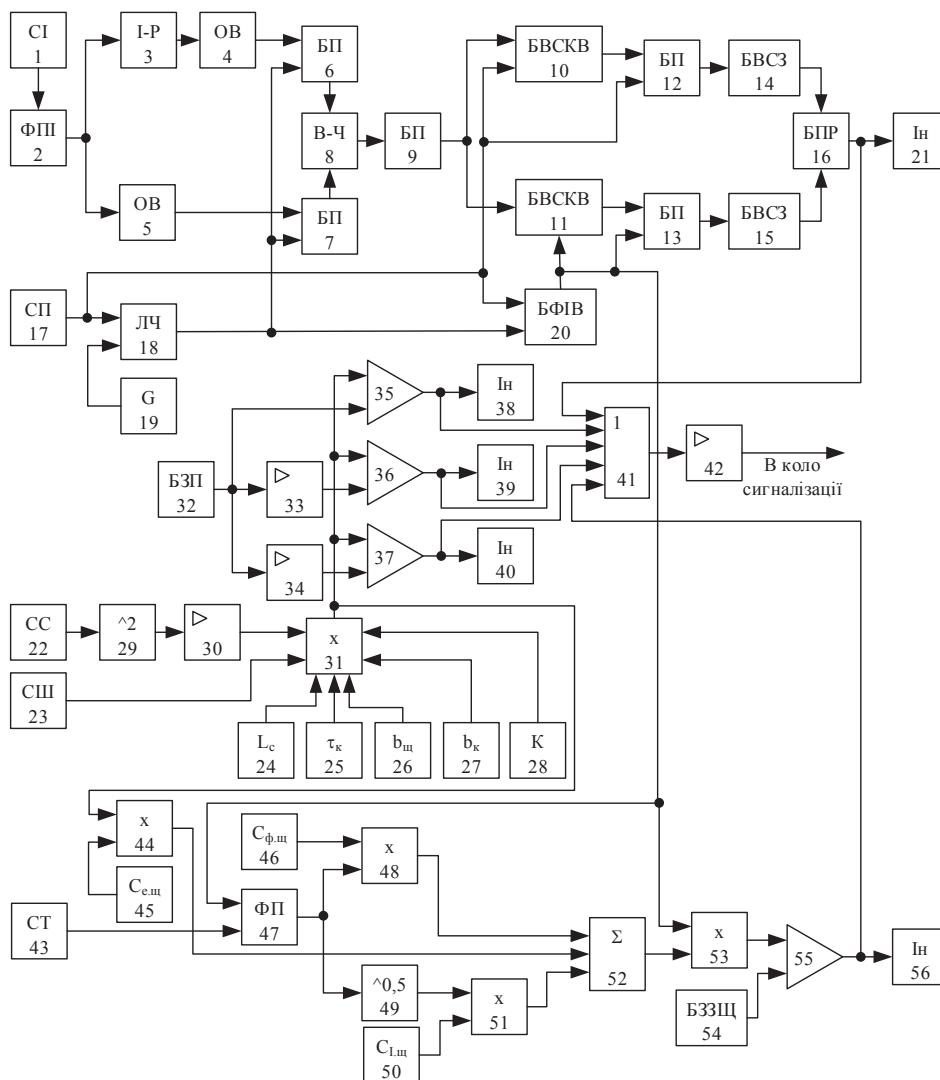
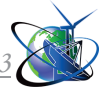


Рис. 1. Структура пристрою для діагностування щітково-колекторного вузла електричного двигуна постійного струму

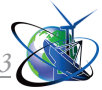


На рис. 1: 1 – сенсор імпульсів; 2 – формувач прямокутних імпульсів; 3 – інвертор; 4, 5 – одинвібратори; 6, 7, 9, 12, 13 – блоки пам'яті; 8 – блок віднімання; 10, 11 – блоки визначення середнього квадратичного відхилення; 14, 15 – блоки визначення середнього значення; 16 – блок прийняття рішення; 17 – сенсор положення; 18 – лічильник; 19 – генератор прямокутних імпульсів; 20 – блок формування інтервалу вимірювання; 21, 38-40, 56 – індикатори; 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 – підсилювачі; 31, 44, 48, 51, 53 – блоки множення; 32 – блок задання потужності; 35-37, 55 – компаратори; 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 – блок піднесення до ступеня 0,5; 50 – блок задання коефіцієнту струмової складової зношування щітки; 52 – суматор; 54 – блок задання максимального зношення щітки.

Імпульси напруги іскрових розрядів надходять від сенсора імпульсів 1 до блоку формування прямокутних імпульсів 2, в якому відбувається їх підсилення й формування імпульсів прямокутної форми з тривалістю, що дорівнює тривалості імпульсів напруги розрядів. Ці імпульси надходять на інвертор 3 і одинвібратор 5. На виході останнього формується керуючий імпульс в момент початку імпульсу іскріння $t_{\text{поч}}$. Імпульси з виходу інвертора 3 подаються на вхід одинвібратора 4, на виході якого формується керуючий імпульс в момент закінчення імпульсу іскріння $t_{\text{кін}}$. З виходів одинвібраторів 4 та 5 ці імпульси подаються на входи блоків пам'яті 6 та 7.

Початок оберту фіксується сенсором положення 17, на виході якого формується керуючий сигнал дозволу підрахування імпульсів, що надходять від генератора прямокутних імпульсів 19 до лічильника 18. Код, що відповідає поточному значенню часу, з виходу лічильника 18 надходить до блоків пам'яті 6 і 7, в яких відбувається запис відповідних значень моментів початку імпульсу іскріння $t_{\text{поч}}$ та закінчення імпульсу іскріння $t_{\text{кін}}$ та передача до блоку віднімання 8, на виході якого формується значення тривалості імпульсів іскріння $t_{\text{іскр}} = t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}$. Аналогічно формується інформація про подальші імпульси іскріння до моменту приходу другого імпульсу від сенсора положення 17. Інформація про тривалості імпульсів іскріння передається з блоку віднімання 8 до блоку пам'яті 9, де відбувається її накопичення та передача до блоків визначення середнього квадратичного відхилення 10 і 11.

За умови наявності сигналу з виходу сенсора положення 17 на вході блоку визначення середнього квадратичного відхилення 10, в останньому відбувається розрахунок значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння за кілька оборотів якоря та передача до четвертого блоку пам'яті 12, в якому відбувається запис та накопичення при наявному сигналі на його другому вході, а також подальша передача до блоку



визначення середнього значення 14, що дозволяє сформувати середнє значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння по колектору $\sigma_{сер.кол}$ на його виході.

Сигнали з виходу сенсора положення 17 та лічильника 18 надходять на входи блоку формування інтервалу вимірювання 20, який визначає часовий проміжок Δt , за який у другому блоці визначення середнього квадратичного відхилення 11 розраховуються значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння по кожній окремій колекторній пластині. Отримані значення подаються до п'ятого блоку пам'яті 13, в якому відбувається їх запис за наявності сигналу на вході від блоку формування інтервалу вимірювання 20. Результат запам'ятовування з блоку пам'яті 13 передається до блоку визначення середнього значення 15, в якому відбувається усереднення значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння $\sigma_{сер.t}$ по всім колекторним пластинам, що іскрять, в часі. Значення сигналів $\sigma_{сер.кол}$ та $\sigma_{сер.t}$ з виходів блоків визначення середнього значення 14 і 15 поступають на входи блоку прийняття рішення 16. Результат подається на індикатор 21 та на вхід логічного елемента АБО 41.

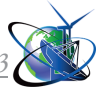
На відповідні входи блоку множення 31 надходять струм розрізної щітки i_k з сенсора струму 22 через блок піднесення до квадрату 29 та підсилювач 30, швидкість обертання колектора n від сенсора швидкості 23, індуктивність секції L_c від блоку задання індуктивності секції 24, значення колекторного ділення τ_k від блоку задання колекторного ділення 25, ширина щітки $b_{щ}$ від блоку задання ширини щітки 26, ширина колекторної пластини b_k від блоку задання ширини колекторної пластини 27 та число колекторних пластин від блоку задання числа колекторних пластин 28 відповідно. На виході блоку множення 31 формується сигнал ΔP , що відповідає потужності, яка виділяється під щіткою [10]:

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

За значенням величини ΔP для конкретної електричної машини можна визначати наявність та інтенсивність іскріння на колекторі.

З виходу блоку задання потужності 32 сигнал, що відповідає мінімально допустимому рівні іскріння ΔP_{min} подається на перший компаратор 35 та на підсилювачі 33 і 34. На виходах двох останніх формуються сигнали, що відповідають середньому $\Delta P_{сер}$ та максимально допустимому ΔP_{max} рівням іскріння, які подаються на входи компараторів 36 і 37 відповідно. На перші входи першого-третього компараторів 35-37 подається значення ΔP з виходу блоку множення 31.

За умови, коли сигнал на першому вході буде більший за сигнал на другому вході будь-якого з компараторів 35-37, на останніх з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на індикатори 38-40 та на входи логічного елемента АБО. Наявність логічної одиниці на виході компаратора 35 свідчатиме, що на колекторі наявне іскріння на початковій стадії, на виході компаратора 36 – середнє іскріння, а на виході компаратора 37 – інтенсивне іскріння.



Величину зносу щітки можна визначити з виразу [11, 12]:

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

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.

Середнє значення тиску $P_{ср щ}$ щітки розраховується функціональним перетворювачем 47, на входи якого подаються значення тиску $P_{щ}$ з сенсору тиску 43 та значення часового проміжку Δt з виходу блоку формування інтервалу вимірювання 20.

Після математичних операцій у блоках 44-46, 48-53 відповідно до (3) на виході блоку множення 53 формується значення $\Delta R_{щ}$ величини зносу щітки, яке порівнюється в компараторі 55 з максимально допустимим значенням $\Delta R_{щ, доп}$, яке надходить з блоку задання максимального зношення щітки 54. У випадку, коли $\Delta R_{щ} \geq \Delta R_{щ, доп}$, на виході компаратора 55 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід логічного елемента АБО 41. Крім того індикатор 56 буде сигналізувати про критичне зношення щітки. У випадку, коли $\Delta R_{щ} < \Delta R_{щ, доп}$, на виході компаратора 55 буде сигнал логічного нуля.

Висновки. Запропонований пристрій для діагностування щітково-колекторного вузла електродвигуна постійного струму дозволяє сформувати діагностичні параметри розподілу тривалості імпульсів іскріння по колектору і в часі, а також визначати амплітуду іскріння, що забезпечує достовірність вимірювання інтенсивності іскріння та визначення причин його виникнення при незадовільній комутації електричних двигунів постійного струму. Пристрій дозволяє також здійснювати ідентифікацію величини зносу щітки.

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

Література:

1. 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; заявл.: 15.07.2010; опубл. 20.12.2010, Бюл. №35.

2. Пат. 78154 UA, МПК H02K 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.

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. 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.

5. 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 (on-line) 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.

6. 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>

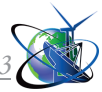
7. Розводюк М.П. Вимірювання інтенсивності іскріння на колекторі електричного двигуна постійного струму / М.П. Розводюк, С.В. Кушнір, К.М. Розводюк, І.М. Овчар, М.В. Пустовіт // Тези доповідей XLIX Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), 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>

8. 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>

9. 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>

10. Осадченко А.А. Мониторинг щеточно-коллекторного 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.

11. Качин О.С. Анализ факторов, влияющих на интенсивность изнашивания щеток электрических машин и пути увеличения их срока службы / О.С. Качин, А.С. Каракулов, А.Б. Серов // Электротехника. Электротехнология. Энергетика: в 3 ч.: сборник научных трудов VII Международной научной конференции молодых ученых. Ч. 1. Секция



«Электротехника». – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015, С.34-40.

12. Пат. № 2677243 РФ, МПК 7 Н 01 R 39. Способ определения ресурса щеток тяговых коллекторных электродвигателей / Харламов В.В., Попов Д.И., Байсадыков М.Ф. – № 2017125902, заявл. 18.07.2017; опубл. 16.01.2019, Бюл. №2.

References:

1. Pat. № 100679 RF, МПК 7 Н 01 R 39/58, 7 G 01 R 31/34. Ustroistvo dlia yzmereniya yntensyvnostry uskreneniya na kollektore elektrycheskoi mashyny / Kharlamov V.V., Shkodun P.K., Serheev R.V., Afonyn A.P. – № 2010129677; zaiavl.: 15.07.2010; opubl. 20.12.2010, Biul. №35.

2. Pat. 78154 UA, МПК H02K 13/00, G01R 31/34. Prystrii dlia diahnostryky kolektorno-shchitkovoho vuzla elektrodvyhuna postiinoho strumu / Yasynskiy Yu.O. – № u 201210390; zaiavl.: 03.09.2012; opubl.: 11.03.2013, Biul. № 5. – 3 s.

3. Kharlamov V.V. Formyrovanye hraf-modely dyahnostryrovaniya kollektorno-shchetochnoho uzla tiahovoho elektrodvyhatelia s uchetom teplovykh faktorov / V.V. Kharlamov, P.V. Shkodun, A.S. Khloptsov, A.V. Dolhova // Yzvestyia Tomskoho polytekhnicheskoho unyversyteta. – 2016. – T.337. №1. – S.88-95.

4. Shkodun P.K. Prymeneniye apparata nechetkoi lohyky pry dyahnostryrovanyy kollektorno-shchetochnoho uzla tiahovykh elektrycheskykh dvyhateleiy podvyzhnoho sostava / P.K. Shkodun, A.V. Dolhova // Yzvestyia Transsyba. – 2016. – №4 (28). – S. 59-68.

5. Rozvodiuk M.P. Rozrakhunok zalyshkovoho resursu elektrodvyhuna z vykorystanniam fuzzy-lohiky / M.P. Rozvodiuk, S.V. Osadchyi // 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 (on-line) 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.

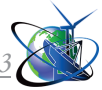
6. Rozvodiuk M.P. Nechitka matematychna model dlia vyznachenniya zalyshkovoho resursu elektrychnoho dvyhuna / M.P. Rozvodiuk // Tezy dopovidei naukovo-tekhnichnoi konferentsii pidrozdiliv Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho unyversytetu (NTKP VNTU), m. Vinnytsia, Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi unyversytet, 13-15 bereznia 2019. – Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/6774>

7. Rozvodiuk M.P. Vymiriuvanniya intensyvnostry iskrinnia na kolektori elektrychnoho dvyhuna postiinoho strumu / M.P. Rozvodiuk, S.V. Kushnir, K.M. Rozvodiuk, I.M. Ovchar, M.V. Pustovit // Tezy dopovidei KhLIX Naukovo-tekhnichnoi konferentsii pidrozdiliv Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho unyversytetu (NTKP VNTU), m. Vinnytsia, Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi unyversytet, 11-20 bereznia 2020. – Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2020/paper/view/8864>

8. Rozvodiuk M.P. Syntez struktury prystroiu dlia vyznachenniya zalyshkovoho resursu asynkhronnoho dvyhuna z korotkozamknеныm rotorom / M.P. Rozvodiuk, V.S. Bombyk // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – 2019. – №2 (143). – S. 52-60. DOI <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-52-60>

9. Rozvodiuk M.P. Syntez struktury prystroiu dlia kontroliu tekhnichnoho stanu asynkhronnoho dvyhuna / M.P. Rozvodiuk, D.S. Khainatskyi // Tezy dopovidei Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh naukovtsiv «Molod v nautsi: doslidzhenniya, problemy, perspektyvy» (MN-2019), m. Vinnytsia, Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi unyversytet, 11-30 travnia 2019. – Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6176>

10. Osadchenko A.A. Monytorynh shchetochno-kollektornoho uzla tiahovoho elektrodvyhatelia pry ekspluatatsyy / A.A. Osadchenko, A.B. Tsukublyn, O.L. Rapoport // Yzvestyia Tomskoho polytekhnicheskoho unyversyteta. – 2005. – T.308. №7. – S.107-109.



11. Kachyn O.S. Analiz faktorov, vliyaiushchykh na yntensyvnost yznashyvaniya shchetok elektrycheskykh mashyn y puty uvelycheniya ykh stroka sluzhby / O.S. Kachyn, A.S. Karakulov, A.B. Serov // Elektrotekhnyka. Elektrotekhnolohiya. Enerhetyka: v 3 ch.: sbornyk nauchnykh trudov VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsyy molodykh uchenykh. Ch. 1. Sektsiya «Elektrotekhnyka». – Novosybyrsk: Yzd-vo NHTU, 2015, S.34-40.

12. Pat. № 2677243 RF, MPK 7 H 01 R 39. Sposob opredeleniya resursa shchetok tiahovykh kollektornykh elektrodvyhatelei / Kharlamov V.V., Popov D.Y., Baisadykov M.F. – № 2017125902, zaiavl. 18.07.2017; opubl. 16.01.2019, Biul. №2.

Abstract. *The main causes of improper commutation of DC electric motor are identified in the paper. The basic parameters that influence this process are set. The structure of the device for diagnosing the brush-collector junction of the DC electric motor is proposed. The device allows to generate diagnostic parameters of the distribution of the duration of the spark pulses across the collector and in time, to determine the sparking amplitude, the amount of brush wear. This allows you to work out ways to improve switching and reduce sparking.*

Key words: *diagnosing, sparking, brush-collector junction, commutation, electric DC motor.*

Статья отправлена: 07.03.2020 г.

© Розводюк М.П.

**CONTENTS / СОДЕРЖАНИЕ****Telecommunication***Радиотехника и связь*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit11-01-050> 5**ANTENNA SYSTEM TO INFLUENCE BIOLOGICAL OBJECTS IN MILLIMETER BAND***АНТЕННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ**Loshitskiy P. P./Лошицкий П. П., Pavlyuchenko A. V./Павлюченко А. В.***Electronics***Электроника*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit11-01-059> 21**METHODS OF REDUCING THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF VOLTAGE REFERENCES OF INTEGRATED CIRCUITS***МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ ОПОРНОЇ НАПРУГИ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ**Tsymbol O.V./Цимбал О.В., Kornev V.P./Корнев В. П.***Electrical engineering***Электротехника*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit11-01-043> 32**DIAGNOSING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE BRUSH-COLLECTOR JUNCTION OF AN ELECTRIC DC MOTOR***ДІАГНОСТУВАННЯ ЦІТКОВО-КОЛЕКТОРНОГО ВУЗЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**Rozvodiuk M.P./Розводюк М.П., Rozvodiuk K.M./Розводюк К.М.***Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering***Энергетика*<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit11-01-023> 40**COMPARATIVE EVALUATION OF PROPERTIES OF THERMAL INSULATING LIQUID-CERAMIC COATINGS WITH MINERAL TEMPERATURE INSULATION***СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЖИДКОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С МИНЕРАЛОВАТНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ**Kudryashov A.N./Кудряшов А.Н., Nazarov Yu.S./Назаров Ю.С.,**Seменов D.A./Семенов Д.А., Filonov D.S./Филонов Д.С.*



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 84.35)

Issue №11

Part 3

March 2020

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: 14.04.2020

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de



*The publisher is not responsible for the reliability of the
information and scientific results presented in the articles*

With the support of International research
project SWorld
www.sworld.education



ISSN 2567-5273

