



S

CIENCE FOR
MODERN MAN

WISSENSCHAFT FÜR DEN
MODERNEN MENSCHEN

MONOGRAPH
BOOK 4 PART 4

'2021

SWorld
Germany



Kochetkova O.V., Lvovich I.Y., Lvovich Y.E., Parshtyna O.A., Pleshkanovska A. et al.

WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN
INNOVATIVE TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK,
SICHERHEITSSYSTEME, VERKEHRSENTWICKLUNG, ARCHITEKTUR
SCIENCE FOR MODERN MAN
INNOVATIVE ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY SYSTEMS,
TRANSPORT DEVELOPMENT, ARCHITECTURE

Monographic series «European Science»
Book 4. Part 4.

In internationalen wissenschaftlich-geometrischen Datenbanken enthalten
Included in International scientometric databases

MONOGRAPHIE
MONOGRAPH

ScientificWorld-NetAktivatV
Karlsruhe 2021

Authors:

Arshava E.A. (21), Ashhepkova N. (9), Buzovskyi V. (5), Vyshnevska O.D. (17), Vyshnevskiy D.O. (17),
 Voronova T.S. (10), Vradii V. (16), Vyatkin S.I. (12), Garmash S.N. (7), Holembovska N. (6),
 Dobrzhanskyi O.O. (10), Dudnyk O.O. (13), Zaharchyk M.D. (13), Zolotova N. (19), Kolohryvov M. (5),
 Kochetkova O.V. (8), Luhovykh O.O. (10), Lvovich I.Y. (2,4), Lvovich Y.E. (11,14), Martyshova L. (22),
 Mykhaylov P. (12), Morkovska N. (19), Nikolaienko I.V. (16), Ozerchuk D.A. (13), Parshyna O.A. (15),
 Pleshkanovska A. (18), Podchashynskiy Y.O. (10), Preobrazhenskiy A.P. (2,4,11,14),
 Preobrazhenskiy Y.P. (11,14), Prokopovych-Tkachenko D.I. (15), Pykhtin S.A. (21), Rozvodiuk M.P. (3),
 Romanyuk O.V. (13), Romanyuk O.N. (12,13), Romanyuk S. (12), Savchenko I.V. (15), Snihur A.V. (13),
 Stelyuk B.B. (15), Suprun O. (19), Tarasenko Y.S. (15), Tatarchenko H. (20), Teliura N.O. (1),
 Korobeinikova T. (12), Khara M.V. (16), Chepiuk L.O. (10), Chernova A.S. (7), Chekhmestruk R.Y. (12),
 Choporov O.N. (2,4), Yakymenko O. (19)

Wissenschaft für den modernen Menschen: innovative technik und technologie, informatik sicherheitssysteme, verkehrsentwicklung, architektur. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 4. Teil 4. 2021.

Science for modern man: innovative engineering and technology, informatics, security systems, transport development, architecture. Monographic series «European Science». Book 4. Part 4. 2021.

ISBN 978-3-949059-12-4

DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

in conjunction with Institute «SE&TE»

e-mail: orgcom@sworld.education

site: www.sworld.education

Copyright © Authors, 2021

Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2021



ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. *Arshava Elena Aleksandrovna*, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, PhD in physical and mathematical sciences, assistant professor - *Chapter 21 (co-authored)*
2. *Ashhepkova Natalja*, Dnipro National University named after O. Gonchara, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 9*
3. *Buzovskyi Vitalii*, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 5 (co-authored)*
4. *Vyshnevskya Olha Dmytriivna*, Odessa National Maritime University, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 17 (co-authored)*
5. *Vyshnevskiy Dmytro Olegovych*, Odessa National Maritime University, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 17 (co-authored)*
6. *Voronova Tetiana Stanislavivna*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Ukraine, - *Chapter 10 (co-authored)*
7. *Vradii Vitaly*, SHEI "Pryazovskyi State Technical University", Ukraine, student - *Chapter 16 (co-authored)*
8. *Vyatkin Sergey I.*, Institute of Automation and Electrometry,, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
9. *Garmash Sviatlana Nickolaevna*, DVNZ "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine, PhD in agricultural sciences, assistant professor - *Chapter 7 (co-authored)*
10. *Holembovska Nataliia*, National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 6*
11. *Dobrzhanskyi Oleksandr Oleksiiovych*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 10 (co-authored)*
12. *Dudnyk Oleksandr O.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 13 (co-authored)*
13. *Zaharchyk Maksym D.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, student, - *Chapter 13 (co-authored)*
14. *Zolotova Nina*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*
15. *Kolohryvov Mykhailo*, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 5 (co-authored)*
16. *Kochetkova Olga Vladimirovna*, Volgograd State Agrarian University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 8*
17. *Luhovykh Oksana Oleksandrivna*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, - *Chapter 10 (co-authored)*
18. *Lvovich Igor Yakovlevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored), Chapter 4 (co-authored)*
19. *Lvovich Yakov Evseevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 11 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)*
20. *Martyshova Larysa*, Ukraine, PhD in Architecture, - *Chapter 22*
21. *Mykhaylov Pavlo I.*, 3D GENERATION GmbH,, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
22. *Morkovska Nataliia*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*
23. *Nikolaienko Iryna Volodymyrivna*, SHEI "Pryazovskyi State Technical University", Ukraine, PhD in technical sciences, Associate Professor - *Chapter 16 (co-authored)*
24. *Ozerchuk Dmytro A.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, master, - *Chapter 13 (co-authored)*
25. *Parshyna Olena Anatoliivna*, University of Customs and Finance, Ukraine, Doctor of Economic Sciences, Professor - *Chapter 15 (co-authored)*



26. *Pleshkanovska Alla*, Institute of Urban Studies, Kiev National University of Construction and Architecture, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 18*
27. *Podchashynskiy Yuriy Oleksandrovych*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 10 (co-authored)*
28. *Preobrazhenskiy Andrey Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Doctor of Technical Sciences, assistant professor - *Chapter 2 (co-authored), Chapter 4 (co-authored), Chapter 11 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)*
29. *Preobrazhenskiy Yuriy Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 11 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)*
30. *Prokopovych-Tkachenko Dmytro I*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
31. *Pykhtin Serhii Anatolevich*, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine, - *Chapter 21 (co-authored)*
32. *Rozvodiuk Mykhailo Petrovych*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 3*
33. *Romanyuk Oksana V.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 13 (co-authored)*
34. *Romanyuk Olexandr N.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 12 (co-authored), Chapter 13 (co-authored)*
35. *Romanyuk Sergey O*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
36. *Savchenko Iurii Vladimirovich*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
37. *Snihur Anatoly V.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 13 (co-authored)*
38. *Stelyuk Barbara B*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
39. *Suprun Oleh*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*
40. *Tarasenko Yuri S*, University of Customs and Finance, Ukraine, PhD in physical and mathematical sciences, assistant professor - *Chapter 15 (co-authored)*
41. *Tatarchenko Halyna*, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 20*
42. *Teliura Natalia Oleksandrivna*, Kharkiv National University of Municipal Economy named after A.N. Beketova, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 1*
43. *Korobeinikova Tetiana I.*, Lviv National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, assistant professor - *Chapter 12 (co-authored)*
44. *Khara Maryna Volodymyrivna*, SHEI "Pryazovskyi State Technical University", Ukraine, PhD in technical sciences, Associate Professor - *Chapter 16 (co-authored)*
45. *Chepiuk Laryna Oleksiivna*, Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 10 (co-authored)*
46. *Chernova Anastasiya Sergeevna*, DVNZ "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine, master, - *Chapter 7 (co-authored)*
47. *Chekhmestruk Roman Y.*, 3D GENERATION UA, Ukraine, PhD in technical sciences, - *Chapter 12 (co-authored)*
48. *Choporov Oleg Nikolaevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored), Chapter 4 (co-authored)*
49. *Yakymenko Oleh*, Kharkiv National Academy of Urban Economy, Ukraine, PhD in economic sciences, assistant professor - *Chapter 19 (co-authored)*



KAPITEL 3 / CHAPTER 3. MONITORING OF TECHNICAL CONDITION OF THE DC ELECTRIC MOTOR

МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-071

Вступ

Неякісне налагодження комутації, регулярні перевантаження електродвигуна постійного струму, а також зношення щіток супроводжуються іскрінням на його колекторі, що призводять до погіршення технічного стану щітково-колекторного вузла, енергетичних показників функціонування, а іноді й до виходу з ладу самого двигуна. Для налагодження процесу комутації та визначення та визначення технічного стану колекторного двигуна необхідно ідентифікувати рівень іскріння в перехідному контакті щітка-колектор та рівень зношення самих щіток.

В роботах [1] та [2] здійснено аналіз причин виникнення іскріння між щітками та колектором в електричних двигунах постійного струму. Параметри, які впливають на ці причини, досліджено в роботах [3] – [5]. Пристрої, що дозволяють діагностувати щітково-колекторний вузол електричного двигуна постійного струму, запропоновані в роботах [6] – [9]. Однак запропоновані пристрої не дозволяють вимірювати інтенсивність та швидкість зношення щіток, а також їх ресурс.

Також доцільним є моніторинг технічного стану всього електродвигуна.

3.1. Визначення параметрів щітки та її ресурсу

Наявність та інтенсивність іскріння на колекторі можна визначити за потужністю, яка виділяється під щіткою:

$$\Delta P = \frac{L_c \cdot i_k^2}{2 \cdot \tau_k \cdot b_{щ}} \cdot \mathcal{G}_k, \quad (1)$$

де L_c – індуктивність секції; i_k – струм, що протікає через щітку; τ_k – колекторне ділення; $b_{щ}$ – ширина щітки; \mathcal{G}_k – колова швидкість колектора:

$$\mathcal{G}_k = \frac{K \cdot b_k \cdot n}{60}, \quad (2)$$

де K – число колекторних пластин; b_k – ширина колекторної пластини; n – швидкість обертання колектора.

Величину зношення щітки можна визначити з виразу:

$$\Delta R_{щ} = (C_{ф.щ} P_{ср.щ} + C_{I.щ} P_{ср.щ}^{0.5} + C_{е.щ} \Delta P) \cdot \Delta t, \quad (3)$$

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; $C_{e.щ}$ – коефіцієнт ерозійної складової зношування щітки.

Биття колектора визначається з виразу:

$$\delta = 0,047 \cdot \frac{D^{0.16}}{n}, \quad (4)$$

де D – діаметр колектора.

Швидкість зношення щітки можна визначити з виразу:

$$\Delta V_{щ} = nC_{ф.щ}P_{ср.щ} + n^{3/4}i_k^{0.5}C_{ек.щ}P_{ср.щ}^{0.5} + nC_{е.щ}\Delta P, \quad (5)$$

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

Залишковий ресурс щітки можна визначити з виразу:

$$T_{щ} = \frac{l_{щ} - l_{щ.дон}}{\Delta V_{щ}}, \quad (7)$$

де $l_{щ}$ – довжина щітки; $l_{щ.дон}$ – мінімально допустима довжина щітки.

3.2. Моніторинг щітково-колекторного вузла електродвигуна постійного струму

За результатами досліджень синтезовано структуру пристрою для моніторингу щітково-колекторного вузла електродвигуна постійного струму, подану на рис. 1. На рис. 1: 1 – сенсор імпульсів; 2 – формувач прямокутних імпульсів; 3 – інвертор; 4, 5 – перший і другий одинвібратори; 6, 7, 9, 12, 13 – перший-п'ятий блоки пам'яті; 8, 78 – перший та другий блоки віднімання; 10, 11 – перший та другий блоки визначення середнього квадратичного відхилення; 14, 15 – перший та другий блоки визначення середнього значення; 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, 80 – перший-восьмий 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, 59 – перший-п'ятий підсилювачі; 31, 44, 48, 51, 53, 68, 69, 71, 79 – перший-восьмий блоки множення; 32 – блок задання потужності; 35, 36, 37, 55, 62, 75, 82 – перший-сьомий 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, 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, 79 – перший та другий блоки 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, 74 – блок задання швидкості зношення щіток, 76 – блок визначення довжини щітки; 77 – блок задання мінімально допустимої довжини щітки, 81 – блок задання ресурсу щіток.

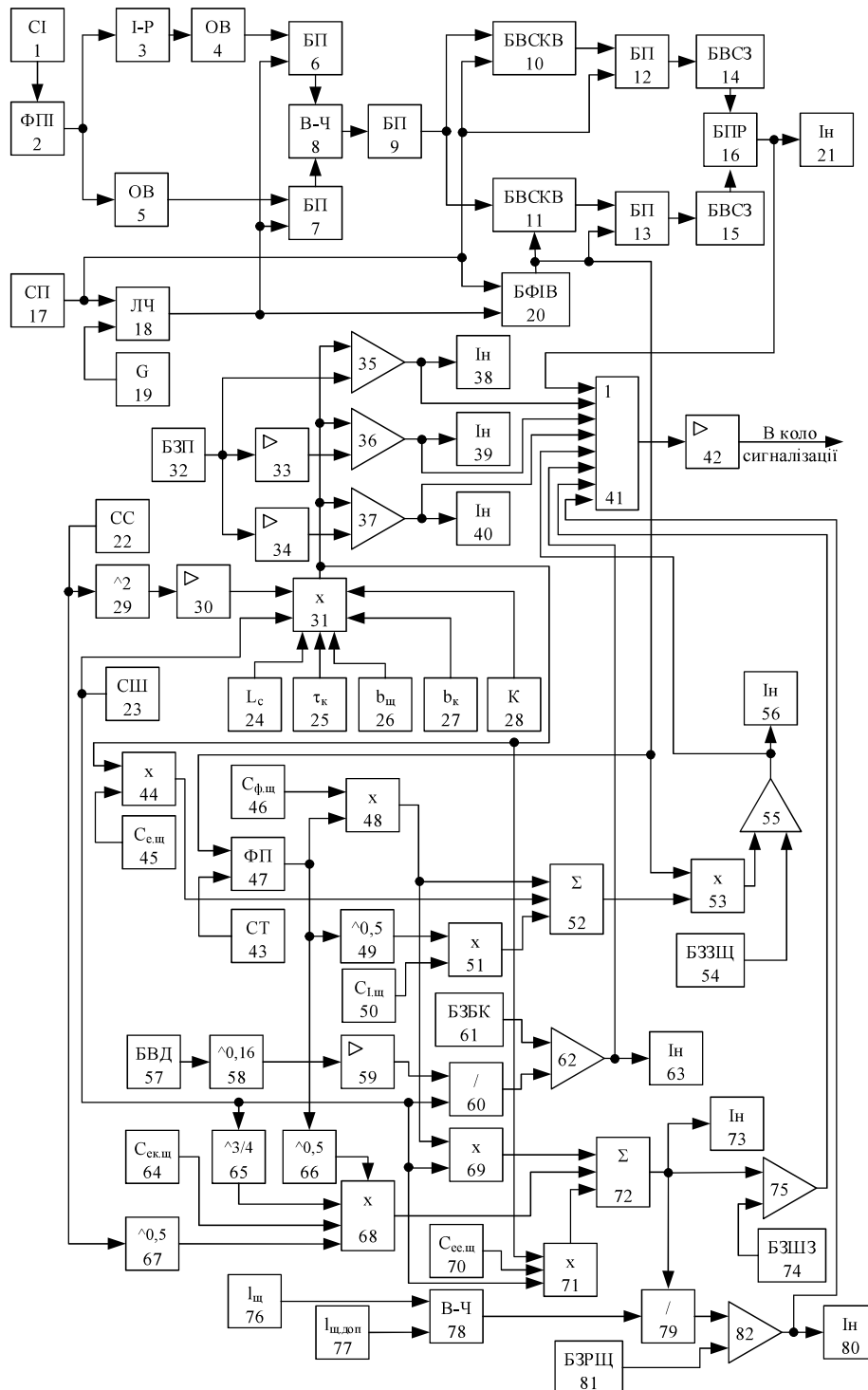


Рис. 1. Пристрій для моніторингу щітково-колекторного вузла електродвигуна постійного струму



Сенсор імпульсів 1 розміщують біля краю робочої щітки, що іскрить, на колекторі.

При появі імпульсів напруги іскрових розрядів, що вимірюються сенсором імпульсів 1, на виході другого одновібратора 5 формується керуючий імпульс в момент початку імпульсу іскріння $t_{поч}$, а на виході першого одновібратора 4 – керуючий імпульс в момент закінчення імпульсу іскріння $t_{кін}$, які записуються в блоках пам'яті 6 та 7.

На початку обертанні колектора, положення якого фіксується сенсором положення 17, з врахуванням коду, що відповідає поточному часу на виході лічильника 18, на виході першого блоку віднімання 8 формується значення тривалості імпульсів іскріння: $t_{іскр} = t_{кін} - t_{поч}$. Аналогічно формується інформація про подальші імпульси іскріння до моменту приходу другого імпульсу від сенсора положення 17. Далі тривалості імпульсів іскріння через третій блок пам'яті 9 передаються до першого 10 та другого 11 блоків визначення середнього квадратичного відхилення.

При наявності сигналу на виході сенсора положення 17 в першому блоці визначення середнього квадратичного відхилення 10 відбувається розрахунок значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння за кілька оборотів якоря. Далі на виході першого блоку визначення середнього значення 14 формується середнє значення середнього квадратичного відхилення тривалості імпульсів іскріння по колектору $\sigma_{сер.кол}$ на його виході.

Блок формування інтервалу вимірювання 20 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. Далі на виході другого блоку визначення середнього значення 15 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 першого 14 та другого 15 блоків визначення середнього значення відповідно поступають на входи блоку прийняття рішення 16. Результат подається на перший індикатор 21 та на перший вхід логічного елемента АБО 41.

При появі струму i_k , виміряного сенсором струму 22, та швидкості обертання колектора n , виміряного сенсором швидкості 23, та врахуванням значень індуктивності секції L_c , колекторного ділення τ_k , ширини щітки $b_{щ}$, ширини колекторної пластини b_k та числа колекторних пластин K , записаних у блоках 24...28 відповідно, на виході першого блоку множення 31 формується сигнал ΔP , що відповідає потужності, яка виділяється під щіткою, відповідно до виразу (1).

У блоці задання потужності 32 записане значення мінімально допустимого рівня іскріння ΔP_{min} . На виходах другого 33 та третього 34 підсилювачів формуються сигнали, що відповідають середньому $\Delta P_{сер}$ та максимально допустимому ΔP_{max} рівням іскріння. Компаратори 35-37 порівнюють сигнали ΔP_{min} з виходу блоку задання потужності 32, $\Delta P_{сер}$ з виходу підсилювача 33,



ΔP_{\max} з виходу підсилувача 34 з сигналом ΔP виходу першого блоку множення 31. Наявність логічної одиниці на виході першого компаратора 35 свідчатиме, що на колекторі наявне іскріння на початковій стадії, на виході другого компаратора 36 – середнє іскріння, а на виході третього компаратора 37 – інтенсивне іскріння. Значення натиску щітки на колектор вимірюється сенсором тиску 43. Середнє значення тиску $P_{cp.щ}$ щітки розраховується функціональним перетворювачем 47 з врахуванням значення часового проміжку Δt з виходу блоку формування інтервалу вимірювання 20.

Після математичних операцій у блоках 44...46, 48...53 з врахуванням коефіцієнтів фрикційної складової зношування щітки $C_{ф.щ}$, струмової складової зношування щітки $C_{I.щ}$ та ерозійної складової зношування щітки $C_{e.щ}$, записаних у блоках 46, 50 та 45, відповідно до виразу (3) на виході блоку множення 53 формується значення $\Delta R_{щ}$ величини зношення щітки. Максимально допустиме значення зношення щітки $\Delta R_{щ.дон}$ записане в блоці задання максимального зношення щітки 54. У випадку, якщо $\Delta R_{щ} \geq \Delta R_{щ.дон}$, 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.

Максимально допустиме значення биття колектора δ_{\max} записане у блоці задання биття колектора 61. Поточне значення биття колектора δ формується на виході першого блоку ділення 60 відповідно до виразу (4) з врахуванням діаметру колектора D , виміряне блоком визначення діаметра колектора 57, та швидкості n . У випадку, коли $\delta \geq \delta_{\max}$, на виході п'ятого компаратора 62 з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід логічного елемента АБО 41. Крім того шостий індикатор 63 буде сигналізувати про критичне значення биття колектора.

Допустиме значення швидкості зношення щітки $\Delta V_{щ.дон}$ записане у блоці задання швидкості зношення щіток 74. Поточне значення швидкості зношення щітки $\Delta V_{щ}$ формується на виході другого суматора 72 відповідно до виразу (5) після математичних операцій, виконаних в блоках 64...72, з врахуванням коефіцієнтів фрикційної складової зношування щітки $C_{ф.щ}$, електрокорозійного зношування щітки $C_{ек.щ}$ та електроерозійного зношування щітки $C_{еe.щ}$, записаних у блоках 46, 64, 70. Якщо $\Delta V_{щ} > \Delta V_{щ.дон}$, то на виході шостого компаратора 75 формується сигнал логічної одиниці, що подається на вхід логічного елемента АБО 41.

Порогове значення залишкового ресурсу щітки $T_{щ.нор}$ записане у блоці задання ресурсу щіток 81. Поточне значення залишкового ресурсу щіток $T_{щ}$ формується відповідно до виразу (7) на виході другого блоку ділення 79 після математичних операцій в блоках 78 та 79 з врахуванням довжина щітки $l_{щ}$, що формується блоком визначення довжини щітки 76, та мінімально допустимої довжини щітки $l_{щ.дон}$, записаної в блоці задання мінімально допустимої довжини щітки 77. Якщо $T_{щ} < T_{щ.нор}$, то на виході сьомого компаратора 82 формується сигнал логічної одиниці, що подається на вхід логічного елемента АБО 41.



3.3. Моніторинг ресурсу електродвигуна постійного струму

За результатами досліджень синтезовано структуру пристрою для моніторингу технічного стану електродвигуна, подану на рис. 2 [10].

На рис. 2: 1 – сенсор струму обмотки якоря; 2, 13, 32, 41, 55, 67, 68 – перший-сьомий аналого-цифрові перетворювачі; 3, 33, 42, 49, 50, 54 – перший-шостий функціональні перетворювачі; 4, 22, 34, 43, 79 – перший-п'ятий лічильники імпульсів; 5, 23, 26, 29, 35, 44, 72, 81, 82 – перший-дев'ятий логічні елементи АБО; 6, 20, 37, 47, 64 – перший-п'ятий розподільники тактів; 7, 21, 36, 45, 77, 78 – перший-шостий логічні елементи І; 8 – блок установки нуля; 9, 46, 63 – перший-третій ділянки частоти; 10, 24, 38, 76 – перший-четвертий генератори імпульсів; 11 – перетворювач напруги; 12 – диференціальний підсилювач; 14 – реєстр з інверсними виходами; 15 – задавач коду; 16, 18 – перший і другий суматори; 17 – задавач швидкості зміни температури; 19, 58, 59, 62, 70, 71 – перший-шостий цифрові компаратори; 25 – задавач ресурсу двигуна; 27 – двійковий лічильник ресурсу; 28 – логічний елемент АБО-НІ; 30, 60, 73 – перший-третій підсилювачі сигналу; 31 – сенсор вібрації; 39, 65, 66 – перший-третій сенсори температури; 40 – сенсор струму обмотки збудження, 48 – блок задання опору обмотки якоря; 51 – блок задання опору обмотки збудження; 52 – сенсор напруги мережі; 53 – сенсор напруги якірної обмотки двигуна; 56 – блок задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна; 57 – блок задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна; 61 – задавач максимального рівня вібрації; 69 – задавач температури; 74 – компаратор; 75 – блок опорної напруги; 80 – дешифратор.

В блоці задавача швидкості зміни температури 17 записане максимально допустиме значення швидкості зміни температури, в блоці задавача ресурсу 25 – значення робочого ресурсу електричного двигуна, в блоці задання опору обмотки якоря 48 – опір обмотки якоря двигуна при температурі 20⁰С, в блоці задання опору обмотки збудження 51 – опір обмотки збудження двигуна при температурі 20⁰С, в блоці 56 задання нижньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна, в блоці 57 задання верхньої межі допустимого інтервалу зміни потужності на валу двигуна – їхні відповідні значення (90% від номінальної – у блоці 56, 110% від номінальної – у блоці 57), в задавачі максимального рівня вібрації – максимально допустиме значення рівня вібрації, в задавачі температури 69 – максимально допустиме значення температури підшипникових вузлів.

У частині схеми, що містить блоки 1...10, здійснюється вимірювання значення струму обмотки якоря електродвигуна і його перерахунок у виділене тепло з подальшим урахуванням в зміні залишкового ресурсу двигуна.

Струм обмотки якоря вимірюється сенсором струму 1.

Послідовність сигналів з виходу шостого логічного елемента І 78 через восьмий логічний елемент АБО 81 подається на вхід управління другим генератором імпульсів 24, внаслідок чого пристроєм контролюється теплове старіння ізоляції електродвигуна до моменту його охолодження. Послідовність

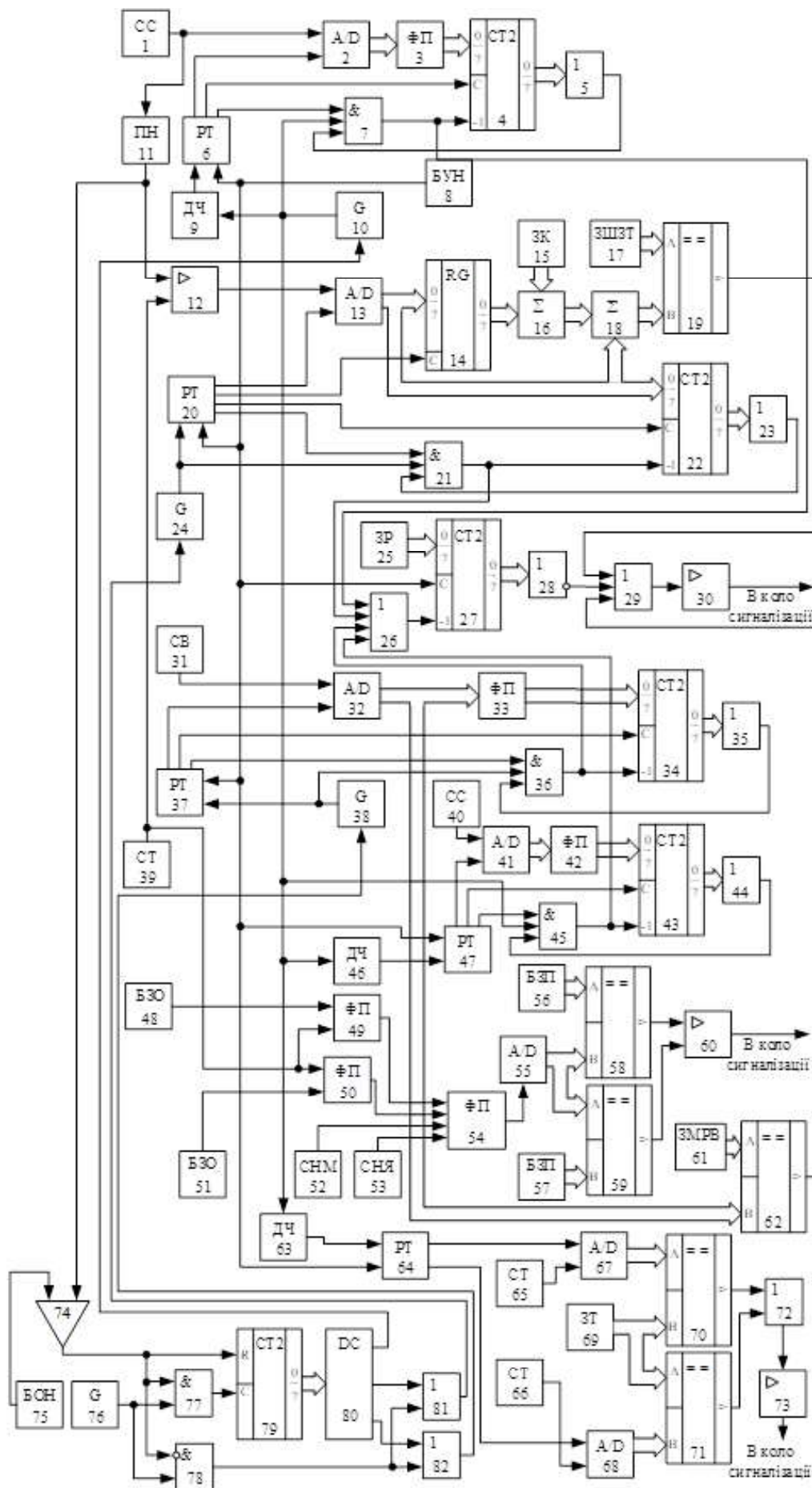


Рис. 2. Пристрій для моніторингу технічного стану електродвигуна



сигналів з виходу шостого логічного елемента І 78 через дев'ятий логічний елемент АБО 82 подається на вхід управління третім генератором імпульсів 38, внаслідок чого пристроєм контролюється вібрація електродвигуна до моменту його зупинки.

На виході першого функціонального перетворювача 3 формується цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу двигуном за струмом обмотки якоря. У двійковому лічильнику ресурсу 27 від залишкового ресурсу двигуна віднімається відпрацьований ресурс, обумовлений старінням ізоляції обмотки якоря, викликаного струмом, що в ній протікає.

У частині схеми, що містить блоки 11...24 та 39, здійснюється вимірювання значення температури і перетворення її у відповідне значення відпрацьованого ресурсу двигуном. Температура обмотки якоря двигуна вимірюється сенсором температури 39. Максимально допустимого значення швидкості зміни температури записане у цифровому коді в задавачі швидкості зміни температури 17.

На виході суматора 18 формується цифровий код, що відповідає швидкості зміни температури. У випадку її перевищення максимально допустимого значення, на виході цифрового компаратора 19 з'являється сигнал логічної одиниці, який через четвертий логічний елемент АБО 29 і підсилювач сигналу 30 подається на відключення двигуна від мережі (в коло сигналізації). В двійковому лічильнику ресурсу 27 від залишкового ресурсу двигуна віднімається відпрацьований ресурс, обумовлений старінням ізоляції обмотки якоря перевищенням температури.

У частині схеми, що містить блоки 31...38, здійснюється вимірювання рівня вібрації електродвигуна і його перерахунок у відповідне значення відпрацьованого ресурсу двигуном. На виході другого функціонального перетворювача 33 формується цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу електродвигуна за впливом вібрації.

У частині схеми, що містить блоки 40...47, здійснюється вимірювання значення струму обмотки збудження електродвигуна і його перерахунок у виділене тепло з подальшим урахуванням в зміні залишкового ресурсу двигуна. Струм в обмотці збудження вимірюється сенсором струму 40. На виході третього функціонального перетворювача 42 формується цифровий код, що відповідає рівню відпрацьованого ресурсу двигуном за струмом обмотки збудження. У випадку обнуління четвертого лічильника імпульсів 43, на виході четвертого логічного елемента І 45 з'явиться сигнал логічного нуля.

У частині схеми, що містить блоки 48...60, здійснюється контроль навантаженості двигуна. Значення опорів обмоток якоря $R_{я, 20}$ та збудження $R_{з, 20}$ двигуна при температурі 20°C задаються в відповідних блоках 48 та 51. Ці сигнали разом із сигналом, що відповідає рівню виміряної температури t першим сенсором температури 39 поступають у відповідні четвертий функціональний перетворювач 49 та п'ятий функціональний перетворювач 50, на виходах яких формуються сигнали, що відповідають рівням опору обмотки якоря $R_{я, t}$ і обмотки збудження $R_{з, t}$ двигуна при виміряній температурі t за формулами



$$R_{я,t} = R_{я,20} \cdot (1 + \alpha(t - 20)); \quad R_{з,t} = R_{з,20} \cdot (1 + \alpha(t - 20)), \quad (8)$$

де α – температурний коефіцієнт (для мідних проводів $\alpha = 0,004$).

Напруга мережі U_m вимірюється сенсором напруги 52, а напруга якоря $U_я$ – сенсором напруги 53. На виході функціонального перетворювача 54 формується сигнал, що відповідає потужності $P_{ем}$ на валу двигуна:

$$P_{ем} = \left(U_m - U_я \cdot \frac{R_{з,t} - R_{я,t}}{R_{я,t}} \right) \cdot \frac{U_я}{R_{я,t}}. \quad (9)$$

На виході п'ятого аналого-цифрового перетворювача 55 отримуємо значення цієї потужності у цифровому коді. У випадку, якщо значення потужності виходить за допустимий інтервал, на виході одного з цифрових компараторів 58 або 59, в яких аналог воно порівнюється з допустимими межами його зміни, з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на другий підсилювач сигналу 60, а далі – в коло сигналізації.

Рівень вібрації вимірюється сенсором вібрації 31. Максимально допустимий рівень вібрації записаний в задавачі максимального рівня вібрації 61. У випадку перевищення поточного рівня вібрації максимально допустимого, на виході четвертого цифрового компаратора 62 формується сигнал логічної одиниці, який подається на третій вхід четвертого логічного елемента АБО 29.

У частині схеми, що містить блоки 63...73, здійснюється контроль технічного стану підшипникових вузлів електродвигуна за температурою. Температура підшипникових вузлів електродвигуна вимірюється сенсорами температур 65 та 66. Максимально допустиме значення температури підшипникових вузлів записане в задавачі температури 69. У випадку перевищення поточного значення температури будь-якого з підшипникових вузлів за допустиме значення, на виході відповідного цифрового компаратора 70 або 71 з'являється сигнал логічної одиниці, який через сьомий логічний елемент АБО 72 та третій підсилювач сигналу 73 подається в коло сигналізації.

Висновки

Моніторинг щітково-колекторного вузла електродвигуна постійного струму запропоновано здійснювати з врахуванням струму, що протікає через контакт «щітка-колекторна пластина», швидкості обертання колектора, положення колектора, довжина щітки, що дозволяє визначити розподіл тривалості імпульсів іскріння по колектору та в часі, амплітуду іскріння, зношення щітки, биття колектора, потужність, яка виділяється під щіткою, величину та швидкість зношення щітки, а також її залишковий ресурс. Такий набір параметрів забезпечує достовірність вимірювання інтенсивності іскріння та визначення причин його виникнення, що трапляється при незадовільній комутації електродвигунів постійного струму.



Моніторинг технічного стану самого електродвигуна забороновано здійснювати з врахуванням струму обмоток якоря та збудження, температури, вібрації, напруги мережі й обмотки якоря. При виході величини потужності на валу двигуна за допустимі інтервали або при перевищенні швидкості зміни температури обмотки якоря за максимально допустиме значення, або при перевищенні рівня вібрації максимально допустимого рівня, або при вичерпанні робочого ресурсу двигуна, або при перевищенні температури підшипникових вузлів за максимально допустиме значення подається сигнал у коло сигналізації. Такий підхід дозволяє об'єктивно оцінити технічний стан електричного двигуна на даний момент часу і спрогнозувати його зміну в майбутньому.



Verweise / References

Chapter 1.

1. Основні засади (Стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28.02.2019 р. №2697-VIII *Відомості Верховної Ради*, 2019. № 16. Ст.70 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>.

2. Міхалєва М., Столярчук П. Значення екологічної оцінки водних ресурсів та порівняльний аналіз водного законодавства України та Європейського Союзу. *Вимірювальна техніка та метрологія*. № 65. 2005. С. 172–178 URL: <http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/23207/1/32-Mikhalieva-172-178.pdf>

3. Герасимчук З. В., Поліщук В.Г. Стимулювання сталого розвитку регіону: теорія, методологія, практика: монографія. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. 516 с.

4. Сталій розвиток. URL: <https://www.ecolabel.org.ua/stalij-rozvitok> (дата звернення: 21.09.2017).

5. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики: Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962?lang=ru

6. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» від 10.01.2002 № 2918-III <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14/ed20170621>

7. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2015 році. Київ: Мінрегіон. URL: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/10/Natsionalna-dopovid-za-2015.pdf>

8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України. ФОРМ Грін' Д.С. 2017. 308 с. URL: <https://menr.gov.ua/news/31768.html>

9. Дмитрієва О. О. Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України: монографія К. : РВПС України НАН України, 2008. 459 с.

10. Проект ДСТУ-Н***Настанови щодо організації екологічно безпечного водовідведення в населених пунктах України. URL: http://www.dea.edu.ua/article/tk_82_rozpochato_obgovorennya_proektu_dstun_nasta_novi_shodo_organizacii_ekologichno_bezpechnogo_vodovidvedennya_v_naselenih_punktah_ukraini (дата звернення: 15.12.2018).

11. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: учен. пособие для вузов. Л.: Стройиздат, 1990. 224 с.

12. Телюра Н. О., Поколотна М. М., Ломакіна О. С. Підходи до розробки екологічних індикаторів сталого розвитку на національному рівні. *Комунальне господарство міст*. 2011. № 101. С. 150–153

13. Телюра Н. О., Дмитрієва О. О., Хоренжая І. В. Положення сталого розвитку та вимоги ЄС щодо екологічної безпеки систем водовідведення



населених пунктів. Комунальне господарство міст. 2018. № 144. С. 57–61.

14. Телюра Н. О. Дмитрієва О. О. Впровадження методу вибору технологій екологічно безпечного водовідведення, як елемент сталого розвитку населених пунктів України. Комунальне господарство міст. 2019. Т. 1. № 147. С. 89–93.

15. Бех Ю. В., Слепцов А.І. Філософські проблеми сучасного управління складними системами: ідеї, принципи і моделі: монографія. Київ: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. С. 35.

16. Спосіб водовідведення у водогосподарських системах населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах пат. 127470 Україна : № u 2017 10629 ; заявл. 02.11.2017; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15. URL: <http://base.uipv.org/searchINV/getdocument.php?claimnumber=u201710629&doctype=ou> (дата звернення 10.08.2018).

17. Teliura N. Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentally safe water drainage in populated areas. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 6/10 (96). С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148689>

18. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

19. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.

Chapter 2.

1. Фомина Ю.А., Преображенский Ю.П. Принципы индексации информации в поисковых системах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 98-100.

2. Воронов А.А., Львович И.Я., Преображенский Ю.П., Воронов В.А. Обеспечение системы управления рисками при возникновении угроз информационной безопасности // Информация и безопасность. 2006. Т. 9. № 2. С. 8-11.

3. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 1 (12). С. 13.

4. Савенков А.В., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Анализ защищенности информационной сети с помощью графов атак // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 4 (35). С. 79-82.

5. Савенков А.В., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Применение метода анализа иерархий для выбора наиболее эффективного центра обеспечения информационной безопасности для корпоративной сети // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 4 (35). С. 83-85.

6. Кабылин В.В., Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Формализация ценности негативной информации в виде ущерба, нанесённого в результате спам-атаки на узел сети // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 4 (35). С. 57-59.

7. Преображенский Ю.П., Чупринская Ю.Л., Кравцова Н.Е. Анализ характеристик, используемых при проектировании беспроводных систем связи



// // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 3 (34). С. 47-49.

8. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.

9. Болучевская О.А., Горбенко О.Н. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3 (3). С. 4.

10. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.

11. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.

12. Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.

13. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

14. Ермолова В.В., Преображенский Ю.П. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 79-81.

15. Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

16. Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

17. Суворов А.П., Лесников А.С. Особенности развития современных телекоммуникационных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 46-48.

18. Преображенский Ю.П., Мясников О.А. Анализ перспектив информационных технологий в сфере интернет вещей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 1 (32). С. 43-45.

19. Маричев А.В., Любимов И.В., Преображенский Ю.П. Вопросы социальной инженерии в корпоративной информационной безопасности // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 64-67.

Chapter 3.

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. 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.

4. Харламов В.В. Алгоритм прогнозирования ресурса работы электрических щеток тяговых электродвигателей / В.В. Харламов, Д.И. Попов, М.Ф. Байсадыков // Известия Транссиба. – 2017. – №1 (29). – С. 47-56.

5. 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.

6. Розводюк М.П. Вимірювання зношення щіток та інтенсивності іскріння колекторних електродвигунів / М.П. Розводюк, К.М. Розводюк, С.В. Кушнір // Тези доповідей L Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ), м. Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 10-12 березня 2021 р. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021/paper/view/11766>

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. Пат. 105570 UA, МПК G07C 3/10, G07C 3/14. Пристрій для контролю електричного двигуна / Грабко В.В., Розводюк М.П., Тимошенко О.Л. (Україна). – № u 2015 09327; заявл. 28.09.2015; опубл. 25.03.2016, Бюл. № 6. – 16 с. : кресл.



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH
WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN
INNOVATIVE TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK,
SICHERHEITSSYSTEME, VERKEHRSENTWICKLUNG, ARCHITEKTUR

SCIENCE FOR MODERN MAN
INNOVATIVE ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY SYSTEMS,
TRANSPORT DEVELOPMENT, ARCHITECTURE
MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»
BOOK 4. PART 4

Authors:

Arshava E.A. (21), Ashhepkova N. (9), Buzovskiy V. (5), Vyshnevskaya O.D. (17), Vyshnevskiy D.O. (17),
Voronova T.S. (10), Vradii V. (16), Vyatkin S.I. (12), Garmash S.N. (7), Holembovska N. (6),
Dobrzhanskyi O.O. (10), Dudnyk O.O. (13), Zaharchuk M.D. (13), Zolotova N. (19), Kolohryvov M. (5),
Kochetkova O.V. (8), Luhovykh O.O. (10), Lvovich I.Y. (2,4), Lvovich Y.E. (11,14), Martyshova L. (22),
Mykhaylov P. (12), Morkovska N. (19), Nikolaienko I.V. (16), Ozerchuk D.A. (13), Parshyna O.A. (15),
Pleshkanovska A. (18), Podchashynskiy Y.O. (10), Preobrazhenskiy A.P. (2,4,11,14),
Preobrazhenskiy Y.P. (11,14), Prokopovych-Tkachenko D.I. (15), Pykhtin S.A. (21), Rozvodiuk M.P. (3),
Romanyuk O.V. (13), Romanyuk O.N. (12,13), Romanyuk S. (12), Savchenko I.V. (15), Sniur A.V. (13),
Stelyuk B.B. (15), Suprun O. (19), Tarasenko Y.S. (15), Tatarchenko H. (20), Teliura N.O. (1),
Korobeinikova T. (12), Khara M.V. (16), Chepiuk L.O. (10), Chernova A.S. (7), Chekhmestruk R.Y. (12),
Choporov O.N. (2,4), Yakymenko O. (19)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for
publication at the international scientific symposium
«Wissenschaft für den modernen Menschen '2021 / Science for modern man '2021»
(February 25-26, 2021)

The monograph is included in
International scientometric databases

500 copies
February, 2021

Published:
ScientificWorld-NetAkhatAV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany



in conjunction with Institute «SE&E»

Monograph published in the author's edition

e-mail: orgcom@sworld.education
www.sworld.education

ISBN 978-3-949059-12-4



9 783949 059124

