



КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ  
Харківського національного університету  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ



Науковий парк «Наука та безпека»

**МАТЕРІАЛИ**  
**В Міжнародної**  
**науково-практичної конференції**

**АВІАЦІЯ**  
**ПРОМИСЛОВІСТЬ**  
**СУСПІЛЬСТВО**



КРЕМЕНЧУК  
16 травня 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ  
НАУКОВИЙ ПАРК «НАУКА ТА БЕЗПЕКА»



## МАТЕРІАЛИ

У Міжнародної науково-практичної конференції

### «АВІАЦІЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, СУСПІЛЬСТВО»

(посвідчення Державної наукової установи «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» Міністерства освіти і науки України  
від 15 вересня 2023 року № 371)

Дата проведення конференції – 16 травня 2024 року

16 травня 2024 року  
м. Кременчук

MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS OF UKRAINE  
KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY OF INTERNAL AFFAIRS  
KREMENCHUK FLIGHT COLLEGE  
SCIENCE PARK «SCIENCE & SECURITY»



# PROCEEDINGS

of the V International scientific and practical conference  
«AVIATION, INDUSTRY, SOCIETY»

(Certificate, issued by State scientific institution «Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information» of Міністерства освіти і науки України  
No 371 of September 15, 2023)

**Date – May 16, 2024**



*May 16, 2024  
Kremenchuk*

*Рекомендовано до друку оргкомітетом відповідно до доручення  
Харківського національного університету внутрішніх справ  
від 08 лютого 2023 року № 12*

**Редакційна колегія:**

**Сокуренко В.В.**, ректор Харківського національного університету внутрішніх справ, генерал поліції третього рангу, заслужений юрист України, член-кореспондент Національної академії правових наук України, доктор юридичних наук, професор (голова редколегії);

**Музичук О.М.**, проректор Харківського національного університету внутрішніх справ, полковник поліції, заслужений юрист України, доктор юридичних наук, професор (заступник голови редколегії);

**Яковлев Р.П.**, директор Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ (член редколегії);

**Владов С.І.**, начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, кандидат технічних наук (член редколегії);

**Рудь Ю.Л.**, старший науковий співробітник відділу організації наукової роботи та гендерних питань Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, кандидат економічних наук (член редколегії, відповідальна за випуск)

A20

Авіація, промисловість, суспільство : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кременчук, 16 травня 2024 року) / Міністерство внутрішніх справ України, Харківський національний університет внутрішніх справ, Кременчуцький льотний коледж., Науковий парк «Наука та безпека». Харків : ХНУВС, 2024. 530 с.

ISBN 978-966-610-282-2

У збірнику оприлюднені результати наукових досліджень учених, здобувачів вищої освіти, практиків з питань сучасних тенденцій і перспектив розвитку авіації, промисловості, суспільства в умовах сьогодення.

УДК 62(33:34:37:61:65:80)

**Доповіді друкуються в авторській редакції!**

**Оргкомітет не завжди поділяє думку та погляди авторів. Відповідальність за достовірність фактів, власних імен, назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.**

*Recommended for printing by the organizing committee in accordance with the mandate of Kharkiv  
National University of Internal Affairs  
No 12 of February 08, 2024*

**Editorial board:**

**Valerii Sokurenko**, Rector of Kharkiv National University of Internal Affairs, Police General of the 3-nd rank, Honored Lawyer of Ukraine, Corresponding Member of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine, Doctor of Legal Sciences, Professor (head of the editorial board);

**Oleksandr Muzychuk**, Vice-Rector of Kharkiv National University of Internal Affairs, Police Colonel, Honored Lawyer of Ukraine, Doctor of Legal Sciences, Professor (deputy head of the editorial board);

**Ruslan Yakovlev**, Head of Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs (member of the editorial board);

**Serhii Vladov**, Head of Department of Scientific Work Organization and Gender Issues of Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs, Candidate of Technical Sciences (PhD in Engineering) (member of the editorial board);

**Julia Rud**, Senior Research Fellow of Department of Scientific Work Organization and Gender Issues of Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs, Candidate of Economics Sciences (PhD in Economics) (member of the editorial board, responsible for the release)

A20

Aviation, industry, society : proceedings of the V International scientific and practical conference (Kremenchuk, Ukraine, May 16, 2024) / Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Kharkiv National University of Internal Affairs, Kremenchuk Flight College, Science park «Science & Security». Kharkiv, 2024, 530 p.

ISBN 978-966-610-282-2

The proceedings publish the results of scientific research by scientists, students of higher education, and practitioners on the issues of modern trends and prospects for the development of aviation, industry, and society in today's conditions.

UDC 62(33:34:37:61:65:80)

**Reports are printed in the author's editorial office!**

**The organizing committee does not always share the opinion and views of the authors.  
Authors of publications are responsible for the authenticity of facts, proper names, names,  
quotes, numbers and other information.**

## СЕКЦІЯ 10

# Інноваційні методи в науці, техніці та освіті

**UDC 621.315**

*Nerubatskyi V.P., PhD, Associate Professor*

*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4309-601X>*

*Hordiienko D.A., Postgraduate*

*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0347-5656>*

*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine*

## **METHOD OF DETERMINING INFLUENCE OF THE SKIN EFFECT IN TRACTION ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM**

*Abstract:* A study of the harmonic composition of traction currents in the railway DC power supply system was conducted. On the basis of the determined harmonic composition in the contact network, a study of the influence of the skin effect on the distribution of the current density in the cross section of the contact wire is given

*Keywords:* harmonic composition, power supply system, skin effect, traction substation

For traction railway power supply systems of DC a fairly broad harmonic composition is characteristic [1, 2]. The reason for the occurrence of higher harmonics is: distortion and asymmetry of the voltage in the three-phase general industrial power supply network; higher harmonics caused by the operation of six-pulse and twelve-pulse rectifiers of traction substations; higher harmonics caused by diode and pulse semiconductor converters of electrical rolling stock.

Higher harmonics cause negative effects on electromagnetic compatibility with rail circuits of railway power supply (they can cause malfunctions in the railway automation system) [3, 4]. In addition, higher harmonics lead to an increase in power losses in the railway power supply system due to an increase in the equivalent resistance of the network under the influence of the skin effect.

In addition to the influence of higher harmonics of traction substations, the contact network is affected by higher harmonics of the current consumed by electric rolling stock [5, 6]. Traction rolling stock with a rheostat-contactor control system practically does not cause the emission of higher harmonics of consumed currents to the power supply system. However, more modern electric rolling stock includes pulse-width converters (when working with DC motors) or three-phase autonomous voltage inverters (when working with asynchronous traction electric motors).

The traction substation model consists of the following components: rectifier, filter, network RL parameters, input filter, autonomous voltage inverter, equivalent LC resistance of an asynchronous motor. According to the model, the amplitude-frequency characteristic of the traction substation filter, shown in Fig. 1.

From the given amplitude-frequency characteristic of the traction substation filter, it can be seen that the rejection links are set to frequencies of 300 Hz, 600 Hz, 900 Hz, 1200 Hz. However, this filter practically does not suppress non-canonical harmonics associated with the asymmetry of the three-phase supply voltage.

At the same time, the normally permissible and maximally permissible value of the coefficient of voltage asymmetry in the reverse sequence at the points of common connection to electrical networks is equal to 2 % and 4 %, respectively. The filter of

the traction substation causes an overvoltage of 18 % of the set value with a step change in the input voltage.

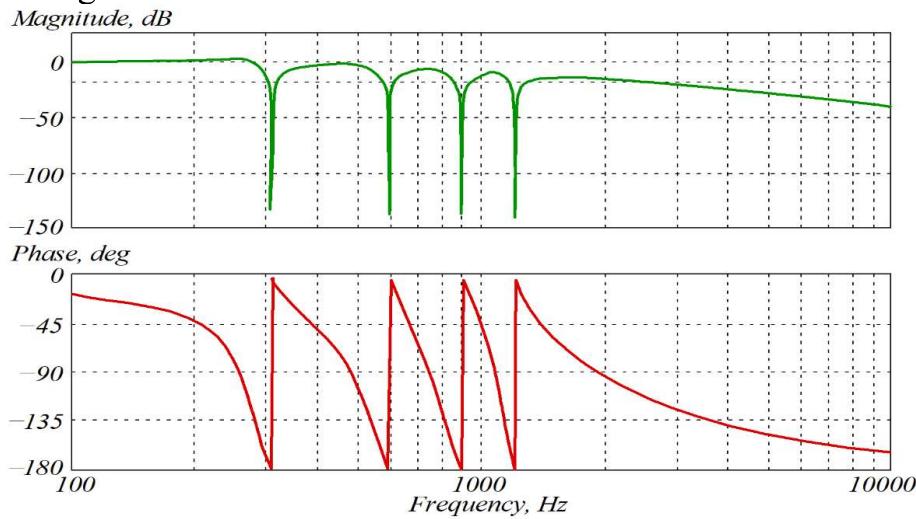


Figure 1 – Amplitude-frequency characteristics of the traction substation filter

In railway power supply systems, the contact wire of the MF type, having the configurations MF-65, MF-85, MF-100, MF-120, MF-150, is widely used. Studies describing the influence of the skin effect on the distribution of current density, the increase in equivalent resistance and, as a result, the increase in power losses are valid only for cylindrical wires, and are not suitable for wires with non-standard geometry. Accordingly, analytical expressions give false values.

In the Ansys / Maxwell program, a model of the contact wire type MF-65, MF-85, MF-100, MF-120, MF-150 was developed. In Fig. 2 shows the distribution of current density with a frequency of 50 Hz, 300 Hz, 1000 Hz.

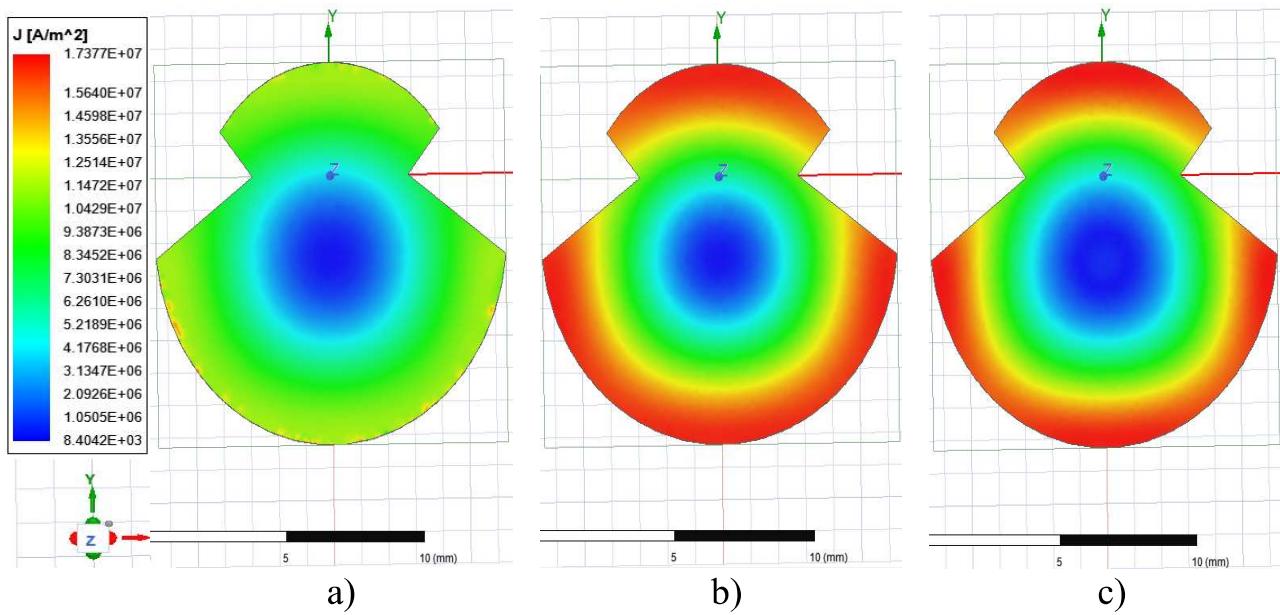


Figure 2 – Distribution of current density with a frequency:  
a) 50 Hz; b) 300 Hz; c) 1000 Hz

As can be seen from Fig. 2, a, an electric current with a frequency of 50 Hz practically does not cause a significant effect of current displacement from the center of the wire. More precisely, in the center of the contact wire, the current density with a frequency of 50 Hz will be 1.5 % lower than on the surface.

As can be seen from Fig. 2, b, an electric current with a frequency of 300 Hz causes a more significant effect of displacing the current from the center of the wire. More precisely, in the center of the contact wire, the current density with a frequency of 300 Hz in the center will be 40 % lower than on the surface.

As can be seen from Fig. 2, c, an electric current with a frequency of 1000 Hz causes a more significant effect of displacing the current from the center of the wire. More precisely, in the center of the contact wire, the current density with a frequency of 1000 Hz in the center will be two times lower than on the surface.

Thus, the skin effect causes an increase in the equivalent active resistance of the conductor, which leads to an increase in additional power loss in the contact wire of railway power supply systems, caused by higher harmonics of traction substations and higher harmonics of electric rolling stock.

### References

1. Song K., Mingli W., Yang S., Liu Q., Agelidis V., Konstantinou G. High-order harmonic resonances in traction power supplies: a review based on railway operational data, measurements, and experience. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2020. Vol. 35, No. 3. P. 2501–2518. DOI: 10.1109/TPEL.2019.2928636.
2. Aissaoui M., Benidir M., Bouzeria H., Berroum F., Ras A., Mammeri I. Analysis of harmonic resonance in traction power supply system. *2022 2nd International Conference on Advanced Electrical Engineering (ICAEE)*. 2022. P. 1–5. DOI: 10.1109/ICAEE53772.2022.9962039.
3. Nerubatskyi V., Hordiienko D. Study of the influence of sliding mode regulator on spectrum higher harmonics of the SEPIC converter. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2023. P. 1–4. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402454.
4. Shi Y., Li T. Power quality management strategy for high-speed railway traction power supply system. *2022 4th Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES)*. 2022. P. 368–373. DOI: 10.1109/AEEES54426.2022.9759561.
5. Khomenko I. V., Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Shelest D. A. Research and calculation of the levels of higher harmonics of rotary electric machines in active-adaptive networks. *4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF-2023). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1254. 012040. P. 1–15. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012040.
6. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Adaptive modulation frequency selection system in power active filter. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2022. P. 341–346. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969261.