

14-ї

**МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**



**2023
СЕУТТОО**

**СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ
УСТАНОВКИ НА ТРАНСПОРТІ,
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ
ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ**

Міністерство освіти і науки України
Херсонська державна морська академія
Одеський національний морський університет
Національний університет «Одеська морська академія»
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Державний університет інфраструктури та технологій
Литовська морська академія (Литовська Республіка)
Akademia Morska w Szczecinie (Республіка Польща)
Batumi State Maritime Academy (Грузія)
Крюїнгова компанія «Marlow Navigation» (Республіка Кіпр)

МАТЕРІАЛИ

14-ї Міжнародної науково-практичної конференції
**«СУЧАСНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ НА
ТРАНСПОРТІ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ»**
(СЕУТТОО-2023)



Херсон – 2023

Науковий комітет:

Агеєв М.С. – д.т.н., доц., ХДМА;
Білогуб О.В. – д.т.н., проф., НТУ «ХАІ»;
Білоусов Є.В. – д.т.н., проф., ХДМА;
Варбанець Р.А. – д.т.н., проф., ОНМУ;
Грицук І.В. – д.т.н., проф., ХДМА;
Дакі О.А. – д.т.н., доц., ДІВТ;
Єпіфанов С.В. – д.т.н., проф., НТУ «ХАІ»;
Колегаєв М.О. – к.т.н., проф., НУ «ОМА»;
Кравченко С.О. – д.т.н., с.н.с., НТУ «ХПІ»;
Лещенко А.М. – д.філос.н., проф., ХДМА
Мельник О.В. – к.т.н., доц., ДУІТ;
Наглюк І.С. – д.т.н., проф., ХНАДУ;
Парсаданов І.В. – д.т.н., проф., НТУ«ХПІ»;
Подригало М.А. – д.т.н., проф., ХНАДУ;
Полив'яничук А.П. – д.т.н., проф., ХНУ міського господарства імені О.М. Бекетова;
Рева О.М. – д.т.н., проф., НАУ;

Редчиць Д.О. – д.ф.-м.н., інститут транспортних систем і технологій НАН України;
Сараєв О.В. – д.т.н., проф., ХНАДУ;
Сербін С.І. – д.т.н., проф., НУК;
Сьомін О.А. – к.т.н., доц., ДУІТ;
Тимошевський Б.Г. – д.т.н., проф., НУК;
Тулученко Г.Я. – д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»;
Чередніченко О.К. – д.т.н., доц., НУК;
Шарко О.В. – д.т.н., проф., ХДМА;
Шумило О.М. – к.т.н., проф., ОНМУ;
Klyus Oleh – prof. dr hab. inż, Akademia Morska w Szczecinie (Республіка Польща);
Rima Mickienė – Deputy director for academic affairs at Lithuanian Maritime Academy (Литовська республіка);
Teona Dzeladze – Ph.D, Associate Professor Batumi State Maritime academy (Грузія)

Організаційний комітет:

Голова – Василь ЧЕРНЯВСЬКИЙ, ректор ХДМА.

Заступники голови – Андрій БЕНЬ, проректор з НПР ХДМА.

Олександр АКИМОВ, декан факультету суднової енергетики.

Володимир САВЧУК, зав. кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

Вчений секретар конференції – Дмитро ЗІНЧЕНКО, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

Технічний секретар – Дар'я КУРНОСЕНКО, завідувач лабораторії кафедри експлуатації суднових енергетичних установок.

Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 14-а Міжнародна науково-практична конференція, 16-18 березня 2023 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія.

У матеріалах 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» представлені тези, які присвячені проблемам експлуатації, виробництва та проектування енергетичних установок та устаткування на транспорті, а також підготовці спеціалістів у сфері транспортної енергетики й устаткування.

Свиридов В.І., Андреев А.А., Пирисунько М.А. <i>Основні види несправності ротора суднових насосів</i>	255
Білоусов Є.В., Самарін О.Є., Рибальченко М.Є., Будко В.П. <i>Використання цифрових профілів для аналізу параметрів робочого процесу суднових дизелів</i>	259
Nerubatskyi V., Hordiienko D. <i>Research of electromechanical processes in the control system of a soft start device with an asynchronous motor</i>	264
Савчук В.П., Зінченко Д.О., Самарін О.Є, Дзигар А.К., Котов А.І., Кочетов Г.А. <i>Дослідження впливу складальних допусків на показники працездатності головних підшипників малооборотових двигунів серії RTA96C виробництва фірми SULZER</i>	268
Сапронов О.О., Соценко В.В., Сапронова А.В., Шаранов В.Д., Сметанкін С.О. <i>Модифікування реактопластичного зв'язувача для забезпечення термостабільності композицій призначених для ремонту деталей транспорту</i>	273
Сапронов О.О., Якущенко С.В., Воробйов П.О., Юренін К.Ю. <i>Розроблення полімерних матеріалів призначених для ремонту трубопровідного транспорту</i>	276
Слинько Г.І., Оглуздін С.Ю., Сухонос Р.Ф., Слинько В.В. <i>Вплив профілю впускного кулачка на ефективні показники бензинового двигуна</i>	280
Тарасов С.В., Молотков О.Н., Тарасов А.С., Чернявський Є.Ю. <i>Аналіз показників якості системи стабілізації обертів ротора Дар'є ВЕУ</i>	284
Бершак С.В., Курган В.О. <i>Розрахунково-експертна оцінка міцності деталей суднових конструкцій</i>	287
Лимаренко О.М., Курган В.О. <i>Визначення напружень і деформацій пружного елемента силовимірювача</i>	291
Лавренченко Г.К., Слинько О.Г., Бойчук А.С., Козловський С.В., Галкін В.М. <i>Удосконалення термодинамічного циклу газотурбінних установок великої потужності</i>	294
Поляков В.О. <i>Ієрархічне побудування руху магнітолевітуючого поїзда</i>	301
Подригало М.А., Шеїн В.С., Рябушко І.А. <i>Проектування планетоходів з урахуванням масштабів подоби</i>	306

RESEARCH OF ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN THE CONTROL SYSTEM OF A SOFT START DEVICE WITH AN ASYNCHROUS MOTOR

Volodymyr Nerubatskyi, Denys Hordiienko 

Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

Abstract

Keywords:

asynchronous motor, control system, electromechanical processes, soft start device, starting current, starting torque.

The control system of the soft start device of an asynchronous motor with a constant load moment is considered. The study of electromechanical processes in the soft start device when working with an asynchronous motor was carried out due to simulated computer modeling in the Matlab software. The results of simulation modeling are given: oscillograms of input currents of the soft start device, dynamics of speed change and starting torque of an asynchronous motor. In the course of the simulation, it was established that the operation of the soft start device allows to reduce the starting current and starting torque.

Introduction

The asynchronous electric drive is one of the most widespread, which is due to its advantages: increased efficiency value, simplicity and low cost of the asynchronous motor design, its low weight and dimensions (compared to a direct current motor), the absence of a collector-brush mechanism, which simplifies its maintenance [1].

However, the asynchronous electric drive has its drawbacks. Thus, in the direct start mode, the asynchronous motor has rather large indicators of starting current and starting torque, which negatively affects the power supply network and the reliability of the mechanical part of the load of the asynchronous motor. A voltage drop can cause problems for other network loads, and if the voltage drop is too large, the motor itself may not start [2].

Additional semiconductor converters, such as soft starters, are used to reduce the starting torque and starting current [3, 4]. The soft start device consists of a power part (semiconductor switches – usually thyristors or triacs), a measuring part (sensors of currents and voltages of the power supply network) and a control system (microprocessor part), which implements the control of power switches.

In soft-start device, current limitation is achieved due to the gradual increase in voltage on the windings of the electric motor. This makes it possible to keep the parameters of the electric motor (current, voltage, etc.) within safe limits during start-up, which reduces the probability of overheating of the

windings and eliminates jerks in the mechanical part of the drive, as well as the probability of hydraulic shocks in pipes and valves at the time of start-up and stops.

A correctly selected and configured soft start device increases the durability and reliability of the electric motor and its electric drive [5, 6].

Relevance of research

In research [7, 8] there is a study of the operation modes of an asynchronous motor with a soft start device. However, the disadvantage of the research is the occurrence of large harmonic voltage distortions in the power supply network and especially at the terminals of the starting motor during startup, and the possibility of resonance amplification of harmonics to unacceptable levels in the presence of a network of capacitive elements, for example, capacitor banks.

In research [9, 10] there is a study of a soft start device with a control system built on the principle of a neural network. However, the shortcoming of the research is the lack of optimization of the operation of the thyristor starter according to the parameters of power losses, the lack of optimization of the operation according to the criterion of the output of the soft start device in the full opening mode.

Thus, the issue of further improving the energy efficiency of soft-start devices based on the criteria of reducing the starting moment is an actual

unsolved task.

The main material of the study

The proposed topology of the soft start device, also known as a thyristor regulator, is implemented on power triacs and shunt contactors with the use of a microprocessor control system. The structural diagram of the soft start device is shown in Fig. 1.

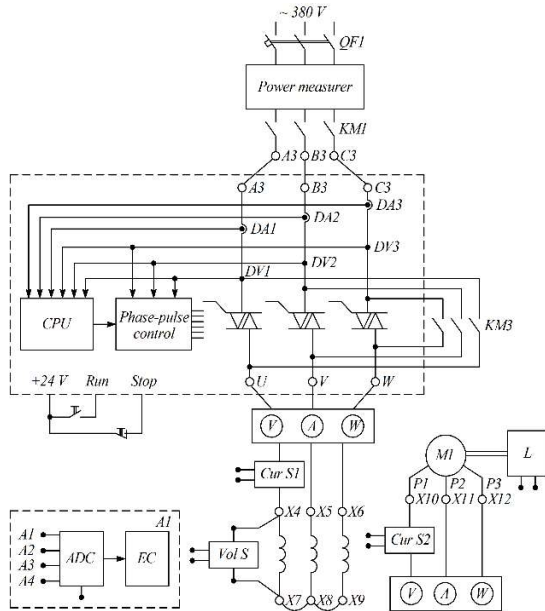


Figure 1. Structural diagram of the soft start device

Control of the soft-start device is implemented using a pulse-phase control system, which is based on phase-by-phase detection of the transition through zero phase voltages and phase auto-adjustment of the frequencies of reference saw-tooth signals that control power triacs.

The principle of operation of the control system of the soft start device is shown in Fig. 2.

During the start of the asynchronous motor, the triacs opening angle changes from 150° to 0°, after which the triacs are shunted by contactors.

The time to enter the mode of full opening of triacs is set by the control system and significantly affects the starting current and starting torque of the motor.

In the Matlab / Simulink software, a simulation model of a triac soft start device with an asynchronous motor was developed (Fig. 3).

The developed model makes it possible to determine the starting angle of the opening of the power switches and the time of exit to the fully open mode.

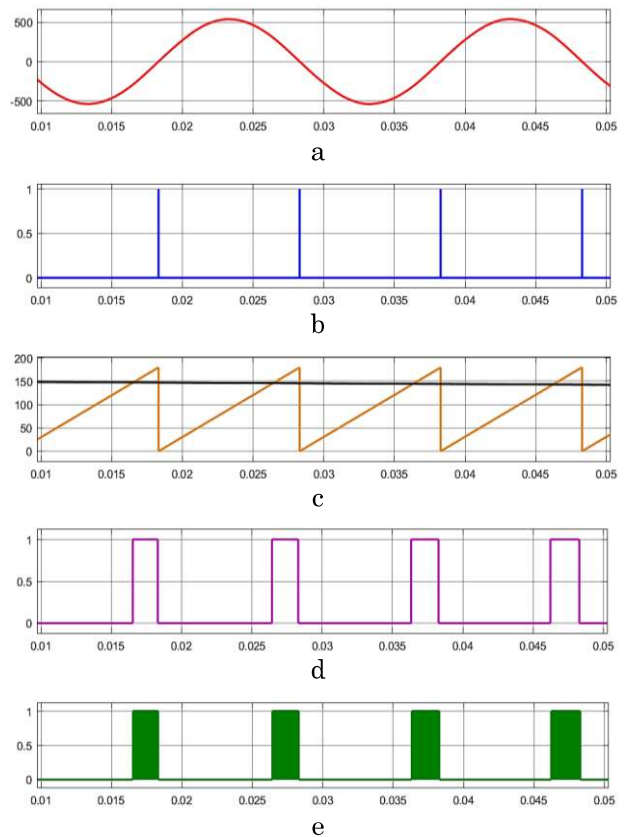


Figure 2. Control oscillograms of the soft start device of phase A: a – phase voltage; b – phase voltage zero crossing detector; c – a reference saw-tooth signal synchronized with the phase voltage and a signal for controlling the opening angle of the power switches of the soft start device; d – triac control signal; e – duplicating switch control pulses for guaranteed turn-on

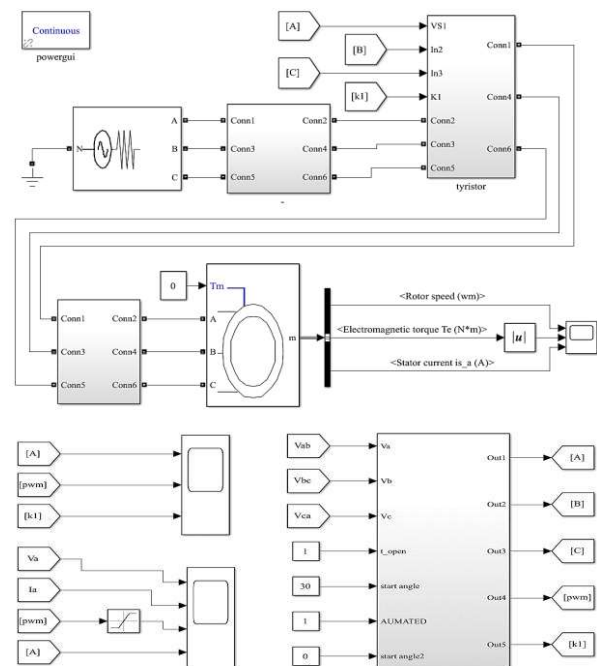


Figure 3. Simulation model of the soft start device with an asynchronous motor

A typical asynchronous motor with a capacity of 3 kW with a nominal rotation frequency of 1750 rpm was chosen as the load of the soft starter.

The subsystem of the control system of the power switches of the three-phase soft start device implements phase auto-adjustment of the frequency with the formation of reference control signals.

Transient processes during direct start of an asynchronous motor with a load moment of 20 N m are shown in Fig. 4.

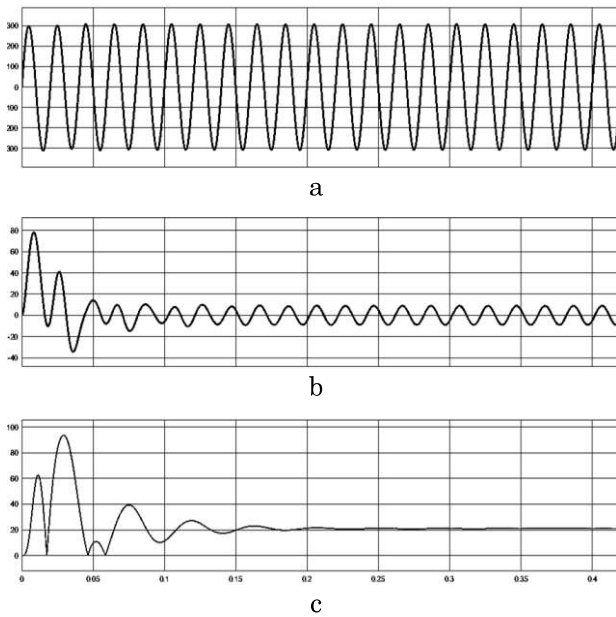


Figure 4. Transient processes during direct start of motor: a – phase voltage; b – starting current of phase A; c – motor starting torque

In the mode of direct starting of the motor from a three-phase alternating current network, the maximum amplitude value of the starting current is 80 A, and the starting moment in the mode of direct starting is 93 N m.

Transient processes of the soft start device at a given acceleration time of 0.5 s with a load moment of 20 N m are shown in Fig. 5.

According to Fig. 5, it can be seen that the soft start device realizes a significant reduction in the starting current and starting torque of the asynchronous motor, namely, a reduction in the starting current from 80 A to 44 A, and the starting torque from 93 N m to 45 N m, which increases the resource of the mechanical parts of the engine and reduces the level of electromagnetic interference affecting the electrical network.

The study of the coefficient of harmonic distortion of the phase current during the start-up process is shown in Fig. 6.

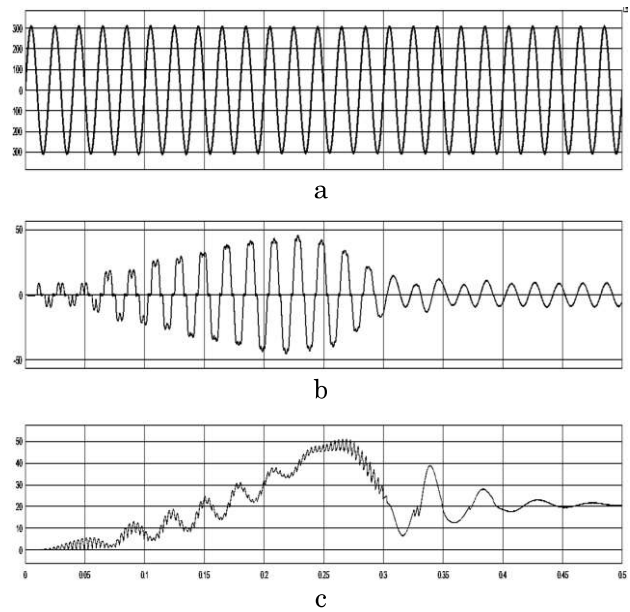


Figure 5. Transient processes of the soft start device: a – phase voltage; b – starting current of phase A; c – motor starting torque

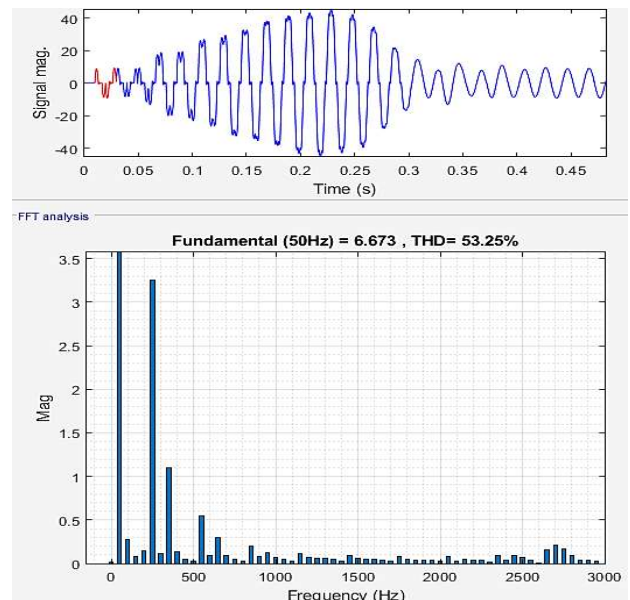


Figure 6. The coefficient of harmonic distortion of the phase current

From Fig. 6, it can be seen that during the operation of the soft start device, the root mean square value of the motor current increases, and the value of the current harmonic distortion coefficient at the initial moment of time will be the worst and will be 53.25 % and will decrease to zero during the start-up process, until the current shape becomes almost sinusoidal.

Conclusion

The control system of the soft start device is proposed, which allows to implement the control of the output of the control angle to the fully open mode at the time set by the operator.

A simulation model of the soft start device with the presented control system was developed. A study of the energy indicators of the soft start device, namely the magnitude of the starting torque, starting current and their coefficient of harmonic distortion of the phase current shape during switching on, was carried out.

It is shown that during a smooth start, the motor current has a linearly increasing value, and the value of the current harmonic distortion coefficient at the initial moment of time will be the worst and will be 53.25 % and will decrease to zero during the start-up process.

References

- [1] Iorgulescu D., Samoilescu G., Solcanu V., Balaceanu M., Barbulescu C., Bordianu A. Applications of the Asynchronous Motor in the Anchoring Installation – Simulation and Advantages. *2020 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE)*. 2020. P. 1–6. [doi:10.1109/ISFEE51261.2020.9756133](https://doi.org/10.1109/ISFEE51261.2020.9756133)
- [2] Bordianu A., Iorgulescu D., Puscasu S. Use of asynchronous electric motors in naval electric propulsion systems. *2020 IEEE 21st International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*. 2020. P. 1–4. [doi:10.1109/CPEE50798.2020.9238762](https://doi.org/10.1109/CPEE50798.2020.9238762)
- [3] Nikolaienko O., Antonov M. Asynchronous Electric Drive Based on Cascade Multi-Level Frequency Converter. *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. 2019. P. 310–313. [doi:10.1109/MEES.2019.8896457](https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896457)
- [4] Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D., Mykhalkiv S., Ravlyuk V. A method for calculating the parameters of the sine filter of the frequency converter, taking into account the criterion of starting current limitation and pulse-width modulation frequency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 1, No. 8 (109). P. 6–16. [doi:10.15587/1729-4061.2021.225327](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225327)
- [5] Varalakshmi K., Bharathi B., Himaja T. Study of Soft-Starter based Induction Generator for Wind Energy Conversion System. *2021 Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)*. 2021. P. 1–4. [doi:10.1109/ASIANCON51346.2021.9544993](https://doi.org/10.1109/ASIANCON51346.2021.9544993)
- [6] Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Control and accounting of parameters of electricity consumption in distribution networks. *2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)*. 2021. P. 114–117. [doi:10.1109/MMA52675.2021.9610907](https://doi.org/10.1109/MMA52675.2021.9610907)
- [7] Liu N., Wang X., Hang C., Kong M., Li Z., Nie P. Asynchronous Starting Characteristics and Soft Start Method of the Brushless Doubly-Fed Motor. *2018 21st International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*. 2018. P. 1538–1542. [doi:10.23919/ICEMS.2018.8549055](https://doi.org/10.23919/ICEMS.2018.8549055)
- [8] Hu X., Si H., Ye Q., Tian X., Fang T. Research on Fuzzy Control System for Constant Current Soft Start of Motor. *2019 5th International Conference on Green Materials and Environmental Engineering*. 2019. Vol. 453. P. 1–6. [doi:10.1088/1755-1315/453/1/012064](https://doi.org/10.1088/1755-1315/453/1/012064)
- [9] Tuton M., Sharith D., Jubaer K. Artificial neural network based soft-starter for induction motor. *2015 2nd International Conference on Electrical Information and Communication Technologies (EICT)*. 2015. P. 228–233. [doi:10.1109/EICT.2015.7391951](https://doi.org/10.1109/EICT.2015.7391951)
- [10] Zhang W. Design of Programmable Soft Starter Control System. *Frontier Computing*. 2021. P. 1981–1988. [doi:10.1007/978-981-16-0115-6_232](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0115-6_232)

Authors' information

Volodymyr Nerubatskyi, PhD, Associate Professor, Department of Electrical Energetics, Electrical Engineering and Electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, [ORCID: 0000-0002-4309-601X](https://orcid.org/0000-0002-4309-601X).



Denys Hordiienko, Post-graduate, Department of Electrical Energetics, Electrical Engineering and Electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, [ORCID: 0000-0002-0347-5656](https://orcid.org/0000-0002-0347-5656).

