

- [17. Palacin, R. High speed rail trends, technologies and operational patterns: a comparison of established and emerging networks [Text] / R. Palacin, L. Raif, Ö. Deniz, N. Yan // Transport Problems International Scientific Journal. – 2014. – Vol. 9, Special Edition. – P. 123-129.
- [18. Vickerman, R. High-speed rail in Europe: experience and issues for future development [Text] / R. Vickerman // The Annals of Regional Science, 1997. – 31. – P. 21-38.

УДК 621.315.65

#### **РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВУ ЗАСУВКИ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЛАДУ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ НА DIN-РЕЙКУ**

Кандидати техн. наук В. П. Нерубацький, О. А. Плахтій,  
інж. Д. А. Гордієнко (ПрАТ «ЕЛАКС»), магістранти Д. В. Соловійов, В. Р. Цибульник

#### **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВА ЗАДВИЖКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИБОРА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ НА DIN-РЕЙКУ**

Кандидаты техн. наук В. П. Нерубацкий, А. А. Плахтий, инж. Д. А. Гордиенко (ЧАО «ЭЛАКС»), магистранты Д. В. Соловьев, В. Р. Цибульник

#### **DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTIVE LATCHES INDUSTRIAL DEVICE FOR A MOUNTINGS ON THE DIN-RACK**

PhD (Tech.) V. P. Nerubatskyi, PhD (Tech.) O. A. Plakhtiy, engineer D. A. Hordiienko,  
masters D. V. Soloviov, V. R. Tsybulnyk

*У статті проведено аналіз недоліків існуючих конструкцій елементів кріплення з DIN-рейкою у промислових приладах. З урахуванням встановлених вимог до коефіцієнта запасу міцності і стійкості до перекосу подано поліпшену конструкцію кріплення приладу на DIN-рейку. Шляхом твердотілого 3D-моделювання за допомогою програмного забезпечення SolidWorks та застосування методу скінченних елементів проведено оцінку міцності базових і поліпшених кріплень приладів.*

*Ключові слова:* DIN-рейка, засувка, прилад, кріплення, конструкція, міцність, стійкість.

*В статье проведен анализ недостатков существующих конструкций задвижек приборов для крепления с DIN-рейкой. С учётом установленных требований по коэффициенту запаса прочности и устойчивости к перекосу представлена улучшенная конструкция крепления прибора на DIN-рейку. Путём твердотельного 3D-моделирования с помощью программного обеспечения SolidWorks и применения метода конечных элементов проведена оценка прочности базовых и улучшенных креплений приборов.*

**Ключевые слова:** DIN-рейка, задвижка, прибор, крепление, конструкция, прочность, устойчивость.

*An important part of an industrial appliance is its constructive mount on the DIN rail, which allows not only to significantly save space in the shields and cabinets, but also save time and effort spent on the installation of devices. This is especially true when it comes to the equipment of a large industrial cabinet, which takes a lot of time to install the devices, if they are fastened with screws (for comparison: it takes just a few seconds to secure the device to the DIN rail). DIN rail is called a special metal profile, which is used for the installation of devices in the electrical industry. This profile is used for fixing various modular equipment (automatic switches, protective devices, contactors, electric meters, relays of various purpose, terminals, electrical sockets, etc.) when placed in electrical shields of different types. Wide introduction of DIN rails simultaneously with the minimization of all elements that are traditionally used in electrical engineering, has allowed a fundamentally new approach to the installation of equipment. With such a unified approach in the panel cases of a typical size it is possible to place quite complicated devices and devices that use modern microelectronics built into their work. However, due to the improper design of the latch mount on the DIN rail, which causes large backlash between the side faces of the valve and the housing, there is a problem of moving the device housing along the DIN rail. The article deals with the drawbacks in the existing designs of latch devices for mounting with DIN rail, on the basis of which new constructive solutions of latches for mounting the device housing on a DIN rail, taking into account the established requirements for the coefficient of strength and shear strength. The strength of DIN-rail mountings with the help of SolidWorks software is evaluated.*

**Keywords:** DIN rail, latch, device, mount, construction, strength, stability.

**Вступ.** На сьогодні більшість розробників промислових електронних приладів стикаються з багатьма проблемами, серед яких одними з ключових є:

- скорочення термінів розробки;
- зменшення виробничих витрат;
- безперервне удосконалення модельного ряду виробів.

При цьому корпус промислових приладів повинен відповідати таким основним вимогам:

- мати достатню жорсткість для витримування ударних і інерційних навантажень;
- модульна конструкція, що забезпечує зручність складання виробу;
- ергономічність, зручність і безпека експлуатації;

- забезпечення заданого рівня пило- та вологозахисту (рівень IP).

Тому при вирішенні задач проектування корпусу промислового приладу, який повинен забезпечувати не тільки різноманітні функціональні можливості, але і модульність конструкції корпусу, а також жорсткість його конструкції, монтаж на DIN-рейку є найбільш прийнятним рішенням.

Важливою частиною промислового приладу є його конструктив кріплення на DIN-рейку, що дозволяє не тільки істотно заощадити місце в щитах і шафах, але також заощадити час і зусилля, витрачені на монтаж приладів. Це є особливо актуальним, якщо мова йде про обладнання великої промислової шафи, де витрачається

багато часу на монтаж приладів в разі їх кріплення за допомогою гвинтів (для порівняння: достатньо декількох секунд, щоб закріпити прилад на DIN-рейку).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Виготовлення DIN-рейок організовано у повній відповідності до вимог міжнародного стандарту МЕК 60715-2003. Виготовляються вони зі спеціальної вуглецевої сталі, яка надалі піддається оцинкуванню і хромуванню, що забезпечує високий антикорозійний захист і міцність. Незалежно від виробника DIN-рейки випускаються зі стандартними встановлювальними розмірами, які відрізняються тільки довжиною (що знаходиться в діапазоні від 75 мм до метра) і наявністю або відсутністю на рейці перфорації.

Загальноприйняте позначення DIN-рейок також нормується відповідними стандартами. Наприклад, TH35 – це сучасна типова металева рейка шириною 35 мм, що має спеціальний профіль. Цей стандарт був розроблений Німецьким інститутом стандартизації (DIN) і прийнятий дещо пізніше Міжнародною електротехнічною комісією (IEC).

**Визначення мети та завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження конструкцій засувок в корпусах приладів

для кріплення з DIN-рейкою. Завдання дослідження полягають у створенні нової конструкції засувки для кріплення корпусу приладу на DIN-рейку з урахуванням встановлених вимог щодо коефіцієнта запасу міцності та стійкості до перекосу.

**Основна частина дослідження.** DIN-рейкою прийнято називати спеціальний металевий профіль, що застосовується для монтажу приладів в електротехнічній промисловості (рис. 1). Цей профіль використовується для закріплення різноманітного модульного обладнання (автоматичних вимикачів, пристроїв захисного вимикання, контакторів, електролічильників, реле різного призначення, клем, електричних розеток і т. п.) при розміщенні в електричних щитах різного типу [1-4]. Широке впровадження DIN-рейок одночасно з проведенням мінімізації всіх елементів, які традиційно використовуються в електротехнічних конструкціях, дозволило здійснити принципово новий підхід до монтажу апаратури. При такому уніфікованому підході в щитових корпусах типового розміру вдається розмістити досить складні прилади та пристрої, що використовують при своїй роботі сучасну вбудовану електроніку.



Рис. 1. Кріплення корпусу автоматичного вимикача до DIN-рейки

Установлення приладів на DIN-рейку здійснюється зачіпленням паза пристрою за один край, нижня частина при цьому з невеликим зусиллям затискається на рейці до клацання. Для зняття приладу потрібно

за допомогою плоскої викрутки відвести засувку донизу та зняти її з паза. Деякі прилади фіксуються у відкритому положенні засувки [7].

Як правило, неправильно спроектовані засувки кріплення приладу на DIN-рейку обумовлюють великі люфти між бічними гранями засувки та корпусом, існує проблема переміщення корпусу приладів уздовж DIN-рейки.

При визначенні допустимого навантаження на рейки, в умовах їх нормальної експлуатації [6, 8, 9], найбільш важливим фактором завжди є прогин при крученні. Розглянемо способи кріплення корпусів промислових приладів, що випускаються різними компаніями-виробниками: HESCH, Siemens та ін. [10, 12, 13]. Прилад HESCH IMOD ECO HE 5634 3 UIP оснащений двома симетричними засувками для кріплення на DIN-рейку (рис. 2).



Рис. 2. Прилад HESCH IMOD ECO HE 5634 3 UIP

Практика показала, що кріплення приладу HESCH IMOD до DIN-рейки має

недолік, обумовлений великими люфтами між бічними гранями засувки та корпусом внаслідок великого зазора між «лапками» засувки і корпусом; при спробі установлення засувки на DIN-рейку з'являється велика ймовірність просідання DIN-рейки під «лапки» засувки, що пояснюється помилками при проектуванні механічного кріплення [11].

Прилад Sitor PSU100C виробництва компанії Siemens (рис. 3) завдяки конструктиву, що з'єднує засувку з рухомою частиною корпусу, яка в свою чергу сполучена з ребрами жорсткості, забезпечує його більш надійне кріплення на DIN-рейку, ніж в попередньому варіанті. Дана форма інтегрованої засувки забезпечує більш високий коефіцієнт запасу міцності, ніж у попереднього аналізованого приладу, та достатню гнучкість конструкції.

Недоліком конструктиву приладу Siemens Sitor PSU100C є відгинання засувки вгору при спробі зняття приладу з DIN-рейки, що призводить до швидкого відламування засувки.

*Твердотіле 3D-моделювання з використанням методу розбиття на скінченні елементи.* Оцінку міцності кріплення приладів на DIN-рейку може бути здійснено за допомогою твердотілого 3D-моделювання у програмі SolidWorks [5], яка виконує розрахунки конструкцій методом скінченних елементів (рис. 4).

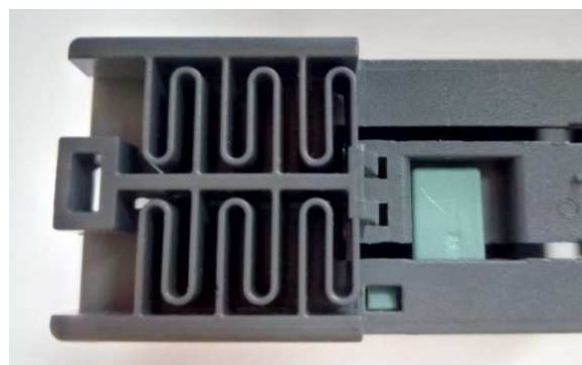


Рис. 3. Конструкція кріплення на DIN-рейку в приладі Siemens Sitor PSU100C

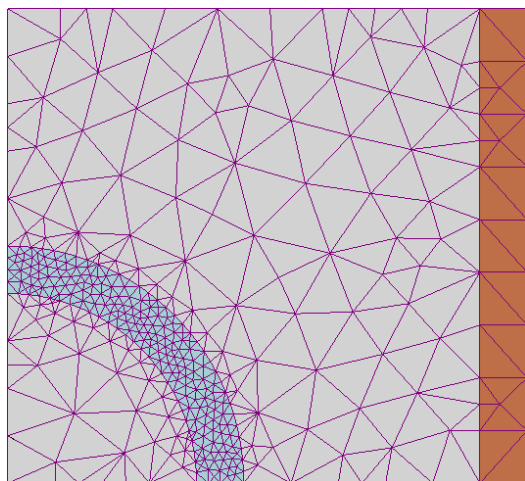


Рис. 4. Розбиття поверхні корпусу приладу на скінченні елементи

Метод скінченних елементів – числовий метод знаходження розв’язків інтегральних та диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП). Процес розв’язання побудований на розкладі ДРЧП в апроксимуючу систему звичайних диференціальних рівнянь, які потім розв’язуються використанням методів Ейлера та Рунге-Кутти. Наведений метод широко використовується при вирішенні

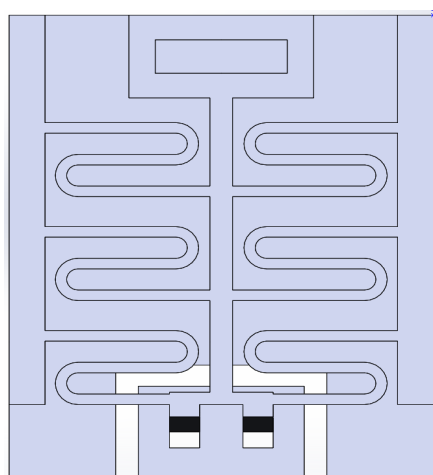
задач механіки деформованого твердого тіла. Досить повно вказаний метод описано у [14, 15].

Перевагою методу скінченних елементів є можливість задання та зміни розміру скінченного елемента (трикутника), що дозволяє оптимізувати точність та час розрахунку. Для важливих частин конструкції для збільшення точності доцільно ставити меншу сітку розрахунку, а для менш важливих частин конструкції для зменшення машинного часу розрахунку доцільно збільшити сітку, як це наведено на рис. 4.

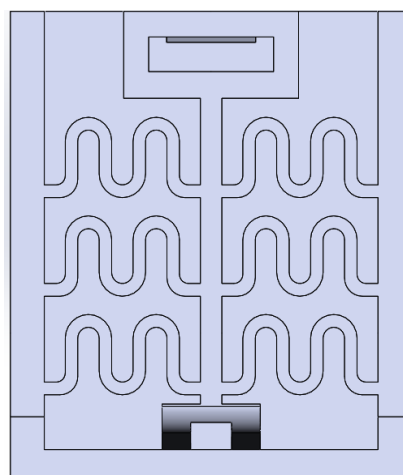
У зв’язку з тим, що існуюча конструкція кріплення приладу на DIN-рейку має недоліки, було поставлено задачу розробки нової конструкції засувки, яка повинна відповідати таким вимогам:

- коефіцієнт запасу міцності (КЗМ)  $\geq 1$ ;
- наявність стійкості до перекосу.

Відповідно до поставлених вимог було розроблено такі конструкції інтегрованої засувки (рис. 5 та 6), які усувають недоліки описаних вище кріплень приладів.



*a*



*б*

Рис. 5. Конструкції засувки приладу Siemens Sitop PSU100C (*a*) та запропонованих інтегрованих засувки (*б*)

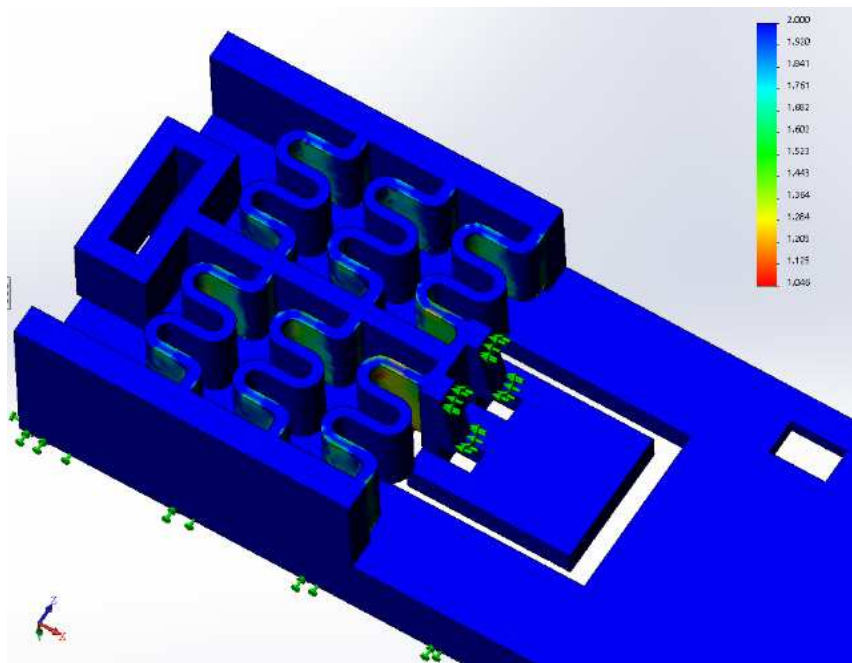


Рис. 6. Твердотіле 3D-модельовання конструкції запропонованої інтегрованої засувки на DIN-рейку

Методом побудови 3D-моделей корпусів було проведено визначення запасу міцності конструкції на основі критеріїв руйнування. Після виконання статистичного дослідження можна розрахувати запас міцності конструкції на основі розробленої моделі. Результат міцності базується на критерії максимального напруження, який визначається таким чином:

$$\frac{\sigma_{vonMises}}{\sigma_{Limit}} < 1; \quad n = \frac{\sigma_{cp}}{\sigma_{екв}} > n_{зад} ,$$

де  $\sigma_{vonMises}$  – максимальне напруження при випробовуваннях, Н/м<sup>2</sup>;

$\sigma_{гр}$  – гранично допустиме напруження, Н/м<sup>2</sup>.

$\sigma_{екв}$

У таблиці наведено порівняльні механічні характеристики інтегрованої в корпус засувки приладу Siemens Sitop PSU100C та запропонованої конструкції розробленої інтегрованої засувки.

Таблиця

Порівняльна характеристика коефіцієнтів запасу міцності існуючої та запропонованої конструкції

Варіант конструкції	КЗМ при установленні на DIN-рейку	КЗМ при знятті з DIN-рейки		Зусилля при установленні	Стійкість до «перекосу»
Конструкція засувки Sitop PSU100C	1,03	1,4	0,87	24,7 Н	не стійка, перекіс 2 мм
Запропонована конструкція	1,05	1,05	0,74	19,2 Н	стійка

**Висновки.** Розроблено нову покращену конструкцію інтегрованої в корпус прилада засувки, яка усуває недоліки кріплень на DIN-рейку описаних приладів. Проведене твердотіле моделювання із застосуванням методу

скінченних елементів підтвердило, що нова конструкція задовольняє поставлені вимоги: коефіцієнт запасу міцності дорівнює 1,05, крім того забезпечується механічна стійкість кріплення до перекосу.

### Список використаних джерел

1. Автоматические выключатели – конструкция и принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://elektrik-sam.info/avtomaticheskie-vykyuchateli-konstrukciya-i-princip-raboty>. (дата обращения: 17.04.2018).
2. Гуревич, В. И. Устройства электропитания релейной защиты: проблемы и решения [Текст] / В. И. Гуревич. – М. : Инфра-Инженерия, 2013. – 288 с.
3. Коммутационные аппараты – контакторы и контакторные сборки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://w5.siemens.com/web/ua/ru/iadt/ia/ce/switching/contactors/Documents/lv1\\_03\\_2010\\_3rt\\_lzs\\_web\\_rus.pdf](https://w5.siemens.com/web/ua/ru/iadt/ia/ce/switching/contactors/Documents/lv1_03_2010_3rt_lzs_web_rus.pdf). (дата обращения: 21.04.2018).
4. Луценко, И. Определение показателя эффективности и изучение его основной функции в качестве критерия оптимизации [Текст] / И. Луценко // Восточно-Европейский журнал корпоративных технологий. – 2016. – № 6 (2(84)). – С. 24-32.
5. Расширенное моделирование деталей [Текст]: SolidWorks 2010 / Dassault Systems Solid Works Corporation, 2009. – 341 с.
6. Almeida, J.P. Influence of Lap Splices on the Deformation Capacity of RC Walls: Database Assembly, Recent Experimental Data, and Findings for Model Development [Text] / J.P. Almeida, O. Prodan, D. Tarquini, K. Beyer // Journal of Structural Engineering (United States). – 2017. – Vol. 143, No. 12. – 17 p.
7. DIN rail Terminal Blocks with Screw Clamp Connection: Suppiemenfary Catalog tu Full Line Catalog [Text] / WAGO eBooks. – 2016. – Vol. 1. – 28 p.
8. Kavade M.V. Parameter Optimization of Injection Molding of Polypropylene by using Taguchi Methodology [Text] / M.V. Kavade // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. – 2012. – Vol. 4, Issue 4. – P. 49-58.
9. Low-Voltage Power Distribution and Electrical Installation Technology [Text]: Catalog LV 10 / Siemens AG Energy Management. Low Voltage & Products Postfach 10 09 53 93009 Regensburg Germany, 2017. – 1716 p.
10. Marking: Fulle line catalog [Text] / WAGO eBooks, Edition. – 2017/2018. – Vol. 6. – 80 p.
11. Nevljudov, I.Sh. Tehnologicheskoe obespechenie tochnosti razmerov pri formoobrazovanii plastmassovyh izdelij [Text] / I.Sh. Nevljudov, S.V. Sotnik // Jelektronnaja komponentnaja baza. Sostojanie i perspektivy razvitija. – 2009. – P. 183-186.
12. Steel DIN Rail Overview. URL: <https://cdn.automationdirect.com/static/specs/dinrails.pdf>. (Last accessed: 02.05.2018).
13. VM1. Vakuum-Leistungsschalter mit Magnetantrieb: каталог ABB Calor Emag Mittelspannung GmbH / ABB Sace T.M.S. S.p.A. 2002. 77 p.
14. Зенкевич, О. С. Метод конечных элементов в технике [Текст] / О. С. Зенкевич. – М. : МИР, 1975. – 543 с.

15. Молчанов, И. Н. Основы метода конечных элементов [Текст] / И. Н. Молчанов, Л. Д. Николенко. – К. : Наук. думка, 1989. – 272 с.

---

Нерубацький Володимир Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-76.  
E-mail: NVP9@i.ua.

Плахтій Олександр Андрійович, канд. техн. наук, старш. викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-76.  
E-mail: a.plakhtiy1989@gmail.com.

Гордієнко Денис Анатолійович, інженер ПрАТ «ЕЛАКС» (м. Харків). Тел.: (099) 612-02-12.  
E-mail: D.Hordiienko@i.ua.

Соловійов Даниїл Віталійович, магістрант кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095) 444-76-61.  
E-mail: dannikk@gmail.com.

Цибульник Владислав Романович, магістрант кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (066) 945-95-75.  
E-mail: vladtsybulnyk@gmail.com.

Нерубацький Владимир Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики, электротехники и электромеханики Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (057) 730-10-76. E-mail: NVP9@i.ua.

Плахтий Александр Андреевич, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры электроэнергетики, электротехники и электромеханики Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (057) 730-10-76. E-mail: a.plakhtiy1989@gmail.com.

Гордиенко Денис Анатольевич, инженер ЧАО «ЭЛАКС» (г. Харьков). Тел.: (099) 612-02-12.  
E-mail: D.Hordiienko@i.ua.

Соловьёв Даниил Витальевич, магистрант кафедры электроэнергетики, электротехники и электромеханики Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (095) 444-76-61.  
E-mail: dannikk@gmail.com.

Цыбульник Владислав Романович, магистрант кафедры электроэнергетики, электротехники и электромеханики Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Тел.: (066) 945-95-75.  
E-mail: vladtsybulnyk@gmail.com.

Nerubatskyi Volodymyr Pavlovych, PhD (Tech.), associate professor, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-76.  
E-mail: NVP9@i.ua.

Plakhtiy Alexandr Andreevich, PhD (Tech.), Senior lecturer, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-76.  
E-mail: a.plakhtiy1989@gmail.com.

Hordiienko Denys Anatolievych, engineer of Private JSC «ELAKS» (Kharkiv). Tel.: (099) 612-02-12.  
E-mail: D.Hordiienko@i.ua.

Soloviov Daniil Vitaliyovych, master, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (095) 444-76-61.  
E-mail: dannikk@gmail.com.

Tsybulnyk Vladislav Romanovych, master, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (066) 945-95-75.  
E-mail: vladtsybulnyk@gmail.com.

Статтю прийнято 26.10.2018 р.