

УДК 621.313.33:51

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.167.2017.100158>

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА АД-906У В РЕЖИМІ ПОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ

Старш. наук. співроб. О. О. Шкурпела (ДП «Завод «Електроважмаш»»)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ АД-906У В РЕЖИМЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОЛЯ

Старш. науч. сотр. О.О. Шкурпела (ГП «Завод «Электротяжмаш»»)

STUDY WORK OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR AD-906U IN FIELD WEAKENING MODE

Senior Research Officer O. Shkurpela

У статті проведено аналіз дослідження роботи асинхронного двигуна АД-906У в режимі послаблення поля з векторною системою керування на математичній моделі у програмному середовищі MATLAB. Наведена кількісна оцінка відхилення величини споживаної потужності асинхронним двигуном при різних способах побудови характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$. Обґрунтований вибір способу побудови характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ для асинхронного двигуна АД-906У в режимі послаблення поля у складі тягового електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02.

Ключові слова: асинхронний двигун, математичне моделювання, режим послаблення поля.

В статье проведен анализ исследования работы асинхронного двигателя АД-906У в режиме ослабления поля с векторной системой управления на математической модели в программной среде MATLAB. Приведена количественная оценка отклонения величины потребляемой мощности асинхронным двигателем при разных способах построения характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$. Обоснован выбор способа построения характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ для асинхронного двигателя АД-906У в режиме послабления поля в составе тягового электропривода дизель-поезда ДЕЛ-02.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, математическое моделирование, режим ослабления поля.

The article analyzes research of the work asynchronous motor AD-906U in the field weakening mode with vector control system on mathematical model in MATLAB software environment. A quantitative estimation of the deviation of the power by an asynchronous motor is given for different methods of constructing the characteristic $|\psi_R|=f(\omega_R)$. The rationale for choosing of the method for constructing a characteristic $|\psi_R|=f(\omega_R)$ for an asynchronous motor AD-906U in the field weakening mode in the traction electric drive of a diesel train DEL-02.

Keywords: asynchronous motor, mathematical modeling, field weakening.

Вступ. Відомо, що режим послаблення поля в електроприводі застосовують для розширення діапазону регулювання швидкості. При реалізації векторних методів керування асинхронним двигуном це зводиться до активного регулювання величини модуля вектора потокозчеплення ротора асинхронного двигуна $|\psi_R|$. При некоректній зміні $|\psi_R|$ асинхронний двигун не повністю використовується за потужністю, що призводить до зменшення діапазону регулювання швидкості або до виникнення нештатної ситуації.

Аналіз досліджень і публікацій.

Класичний метод формування заданого $|\psi_R|$ в зоні послаблення поля передбачає його зменшення, починаючи з робочої точки, в оберненопропорційній залежності від швидкості обертання ротору двигуна [1]. Це дозволяє реалізувати в системах векторного керування двозонне регулювання частоти обертання аналогічне електроприводу постійного струму. Амплітуда вихідної напруги підтримується при цьому постійною, рівною номінальному значенню [2]. Теоретичною базою вирішення даного питання є дослідження екстремальних характеристик асинхронних електродвигунів при обмежених ресурсах джерел їх живлення [3, 4]. В першій зоні швидкостей (від мінімальної до номінальної) для досягнення максимальної перевантажувальної здатності необхідно підтримувати струм статора двигуна на гранично допустимому рівні, що обмежується перевантажувальною здатністю перетворювача частоти. В другій зоні (послаблення

поля) необхідно підтримувати струм та напругу на рівні, що обмежується потужністю двигуна [5, 6]. Алгоритм формування $|\psi_R|$ ускладнений нелінійними характеристиками асинхронного двигуна.

Метою даної роботи є оцінка та визначення способу побудови характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$, який задовольнятиме вимоги регулювання асинхронним двигуном АД-906У в режимі послаблення поля.

Основна частина дослідження.

Дослідження проведені на розробленій імітаційній моделі в програмному середовищі MATLAB [7].

Зміна частоти обертання ротора тягового двигуна АД-906У відбувається за траєкторією, що визначається умовами експерименту (рис. 1), від номінальної – 800 об/хв до максимальної експлуатаційної частоти обертання ротора, що регламентована технічними умовами на двигун АД-906У – 2790 об/хв.

Стабілізація частоти обертання ротора впродовж 5 с виконана для можливості набору потужності двигуном до рівня номінальної, що дорівнює 230 кВт.

Побудову характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ виконаємо у вигляді полінома 4-го порядку (1) та лінійних функцій (2), (3) (рис. 2).

$$|\Psi_R| = \sum_{j=1}^4 k_j (\omega_R)^j, \quad (1)$$

$$|\Psi_R| = K_1 \omega_R + K_2, \quad (2)$$

$$|\Psi_R| = \max [(K_1 \omega_R + K_2); (K_3 \omega_R + K_4)]. \quad (3)$$

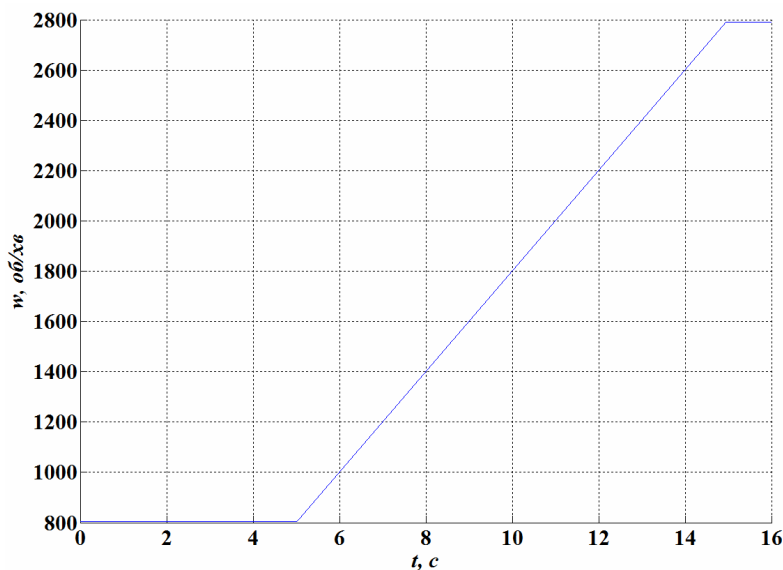


Рис. 1. Траєкторія частоти обертання ротора АД-906У

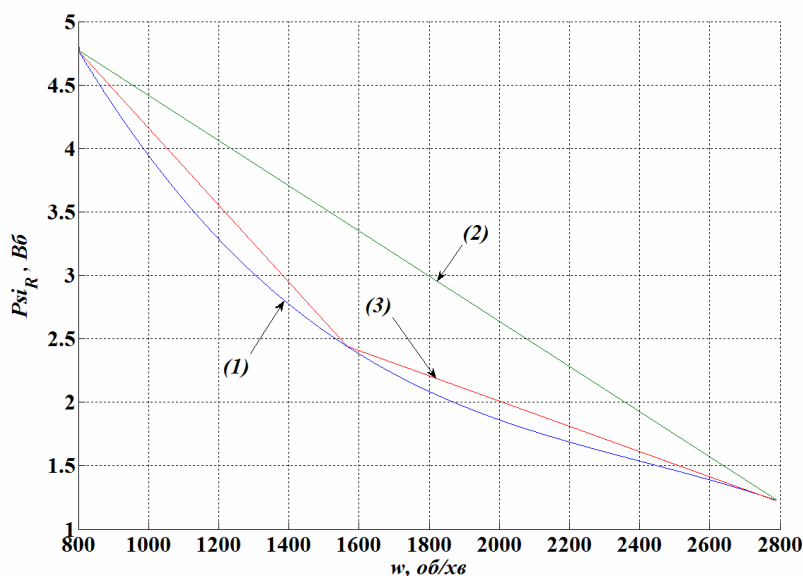


Рис. 2. Вигляд характеристик $|\psi_R|=f(\omega_R)$, заданих способами: 1 – у вигляді полінома 4-го порядку; 2 – лінійною функцією (2); 3 – складеною лінійною функцією (3)

Побудова характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ за допомогою лінійної функції є найпростішою у реалізації, проте призводить до значних відхилень величини потужності двигуна (рис. 3). При заданні характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ у вигляді полінома 4-го порядку такого не відбувається (рис. 4). При роботі АД-906У в зоні послаблення поля було виявлено

зниження величини споживаної потужності до рівня 82,6 % від номінальної.

Аналізуючи перехідний процес електромагнітного моменту (рис. 5), також зафіксовано зниження його величини до 20 % відносно значення при заданні характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ у вигляді полінома 4-го порядку.

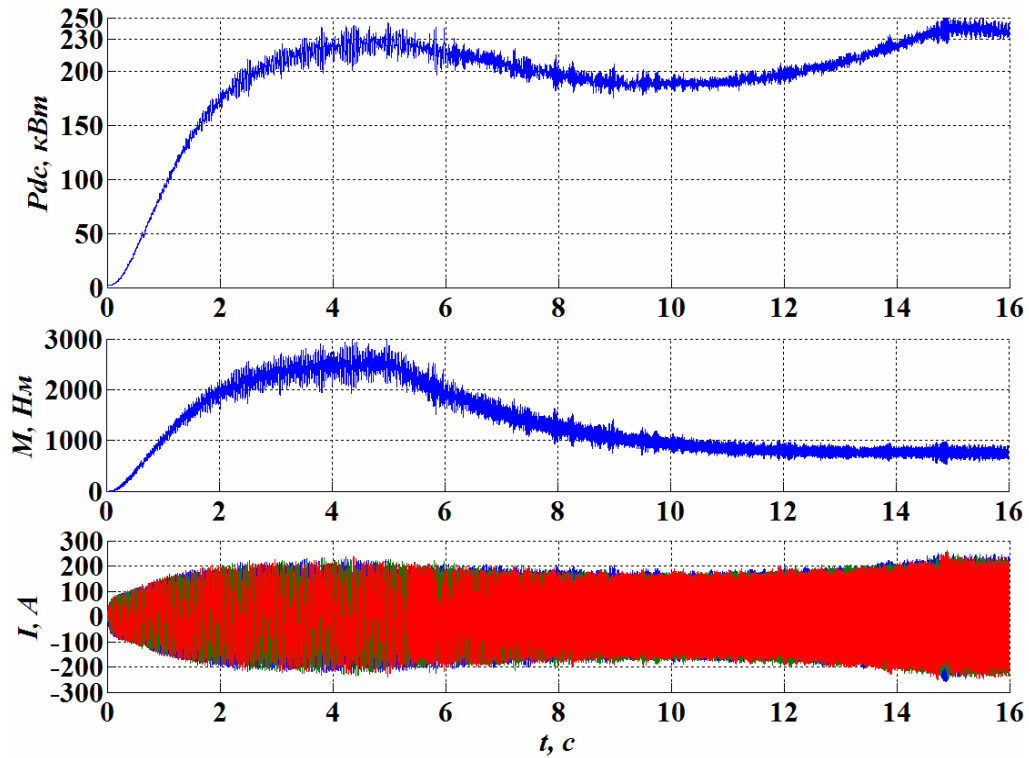


Рис. 3. Перехідний процес АД-906У при заданні характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ лінійною функцією вигляду (2)

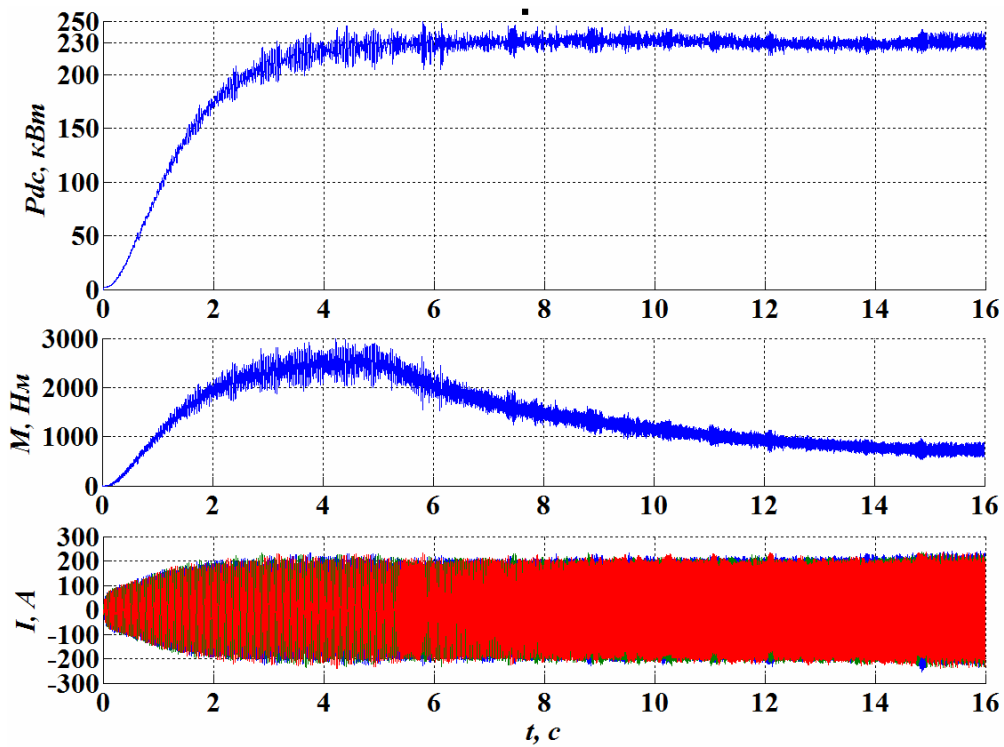


Рис. 4. Перехідний процес АД-906У при заданні характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ у вигляді полінома 4-го порядку

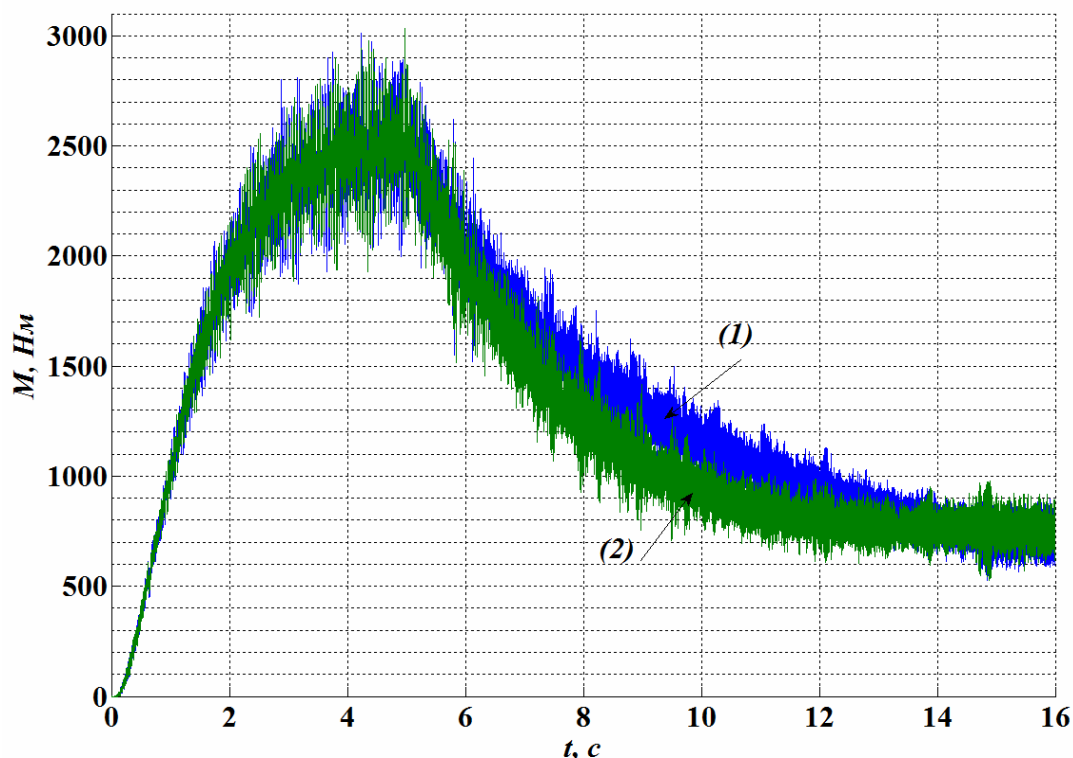


Рис. 5. Перехідний процес електромагнітного моменту з побудовою характеристики

$|\psi_R|=f(\omega_R)$ двома способами:
 1 – у вигляді полінома 4-го порядку;
 2 – лінійної функції вигляду (2)

Також слід зазначити, що використання лінійної функції вигляду (3), що складається з двох лінійних ділянок характеристики, яка зображена на рис. 2 (спосіб 3), хоч і дозволяє зменшити зниження величини споживаної потужності, але має злам характеристики при переході з першої ділянки до другої, що призводить до виникнення збурень у перехідному процесі. Зниження величини споживаної потужності не перевищують 5 %, проте на ділянці зламу характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ має місце перевантаження асинхронного двигуна АД-906У за потужністю на 4 % (рис. 6).

Висновки. Таким чином, в ході проведеного дослідження виявлено, що вибір способу побудови характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ для точки номінальної потужності має суттєвий вплив на характер протікання перехідних процесів у зоні послаблення поля. Побудова характеристики $|\psi_R|=f(\omega_R)$ за допомогою полінома 4-го порядку забезпечує виконання умови використання повної потужності тяговим двигуном АД-906У у режимі послаблення поля та не призводить до виникнення збурень величини споживаної потужності.

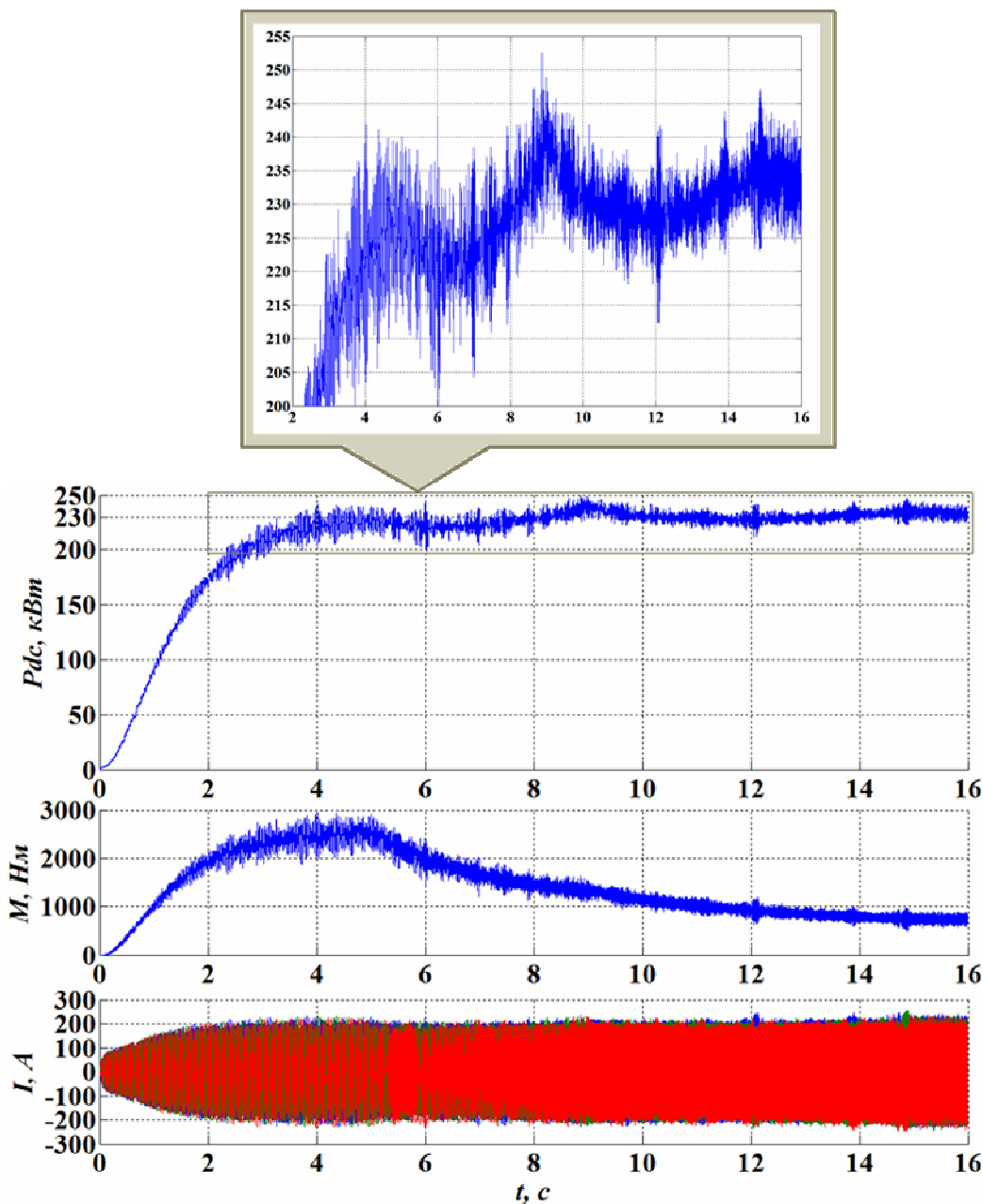


Рис. 6. Перехідний процес АД-906У з характеристикою $|\psi_R|=f(\omega_R)$, заданою лінійною функцією вигляду (3)

Список використаних джерел

1. Воронко, А. Б. Алгоритм формування заданого потягоцеплення в системах векторного управління асинхронними двигачами в режимі ослаблення поля для транспортних применений [Текст] / А. Б. Воронко // Техн. електродинаміка. – 2014. – № 5. – С. 121.
2. Анищенко, Н. В. Математическая модель асинхронного электропривода мехатронного модуля главного движения токарного станка [Текст] / Н. В. Анищенко, С. И. Савченко // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып.: Проблемы автоматизированного электропривода. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2013. – № 36 (1009). – С. 344-346.

3. Шрейнер, Р. Т. Трехзонная система векторного частотного управления асинхронным двигателем [Текст] / Р. Т. Шрейнер // VIII Международная (XIX Всероссийская) конференция по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. – 2014. – С. 433-437.
4. Peresada S., Tilli A., Tonielli A. Theoretical and experimental comparison of indirect field-oriented controllers for induction motors // IEEE Transactions on Power Electronic. – 2003. – Vol. 18. – No. 1. – Pp. 151–163.
5. Levi E., Sokola M., Vukosavic S.N. A method for magnetizing curve identification in rotor flux oriented induction machines // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2000. – Vol. 15. – No. 2. – P. 157–162
6. Leonhard W. Control of Electrical Drives. (3rd edition). – Berlin: Springer-Verlag, 2001. – 460 p.
7. Розробка та дослідження математичної моделі електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електричного гальмування [Текст]: звіт про НДР (заключний); [Українська державна академія залізничного транспорту]; Яцько С.І.; №ГР0113U001808; викон.: Шкурпела О.О.; № ГР0113Г001808 (договір № 72/1 – 2013 р.). – Харків, 2013. – 52 с.

Шкурпела Олександр Олександрович, старший науковий співробітник, ДП «ЗАВОД «ЕЛЕКТРОВАЖМАШ».
Тел.: +38(097)948-99-45. E-mail: 447Alexashka@gmail.com.

Shkorpela Olexandr, Senior Research Officer, SE Plant Electrotyazhmash. Phone: +38(097)948-99-45.
E-mail: 447Alexashka@gmail.com.

Стаття прийнята 27.02.2017 р.