

УДК 621.313

## **КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДВОДВИГУННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ЖОРСТКИМ З'ЄДНАННЯМ ВАЛІВ**

**А. М. Артеменко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: saue@kdu.edu.ua

Сформовано основні можливості лабораторного станду при використанні комп'ютеризованого вимірювального комплексу та наведено статичні й динамічні характеристики дводвигунного електропривода постійного струму з жорстким з'єднанням валів. Доведено, що використання комп'ютеризованого лабораторного станду при експериментальному дослідженні систем електропривода є перспективним.

**Ключові слова:** система електропривода, двигун постійного струму незалежного збудження, жорстке з'єднання валів, лабораторний стенд.

## **КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЖЕСТКИМ СОЕДИНЕНИЕМ ВАЛОВ**

**А. Н. Артеменко**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: saue@kdu.edu.ua

Сформированы основные возможности лабораторного станда при использовании компьютеризированного измерительного комплекса и приведены статические и динамические характеристики двухдвигательного электропривода постоянного тока с жестким соединением валов. Доказано, что использование компьютеризированного лабораторного станда при экспериментальном исследовании систем электропривода является перспективным.

**Ключевые слова:** система электропривода, двигатель постоянного тока независимого возбуждения, жесткое соединение валов, лабораторный стенд.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Сучасні тенденції розвитку електропривода, що включають удосконалення систем управління, введення в їх структуру складних систем регулювання, що забезпечують реалізацію необхідних алгоритмів управління, використання силових комутуючих елементів нового покоління, дозволяють підвищити якість енергетичних характеристик електромеханічних систем.

Сучасний розвиток систем електроприводу вимагає постійно підвищувати технічний рівень навчальних лабораторій. Теоретичне засвоєння електромагнітних та електромеханічних процесів, що відбуваються в системах електроприводу, вимагає відповідного технічного забезпечення. Обґрунтований спектр лабораторного обладнання, який включає різноманітні системи електроприводу постійного й змінного струму, різні типи перетворюючі пристрої та агрегати як нового, так і старого покоління, релейно-контактні схеми управління, дозволяють вивчати загальні принципи функціонування електромеханічних систем. Можливості, що відкриваються при дослідженні таких систем, не реалізуються через відсутність відповідних вимірювальних пристроїв, здатних контролювати широке коло електромагнітних та електромеханічних процесів, які протікають у системах. Лабораторні стенди, що застосовуються в даний час, мають у своєму складі електромеханічні системи, контроль параметрів яких здійснюється низькоінформативними аналоговими приладами.

Підвищення ефективності підготовки студентів, а також проведення дослідницьких

робіт встановлюють принципово нові вимоги до лабораторного обладнання:

- обсяг досліджень, які виконуються на комплексі, повинен охоплювати більшість технічних дисциплін, передбачених навчальним планом;
- лабораторне обладнання, що призначене для навчального процесу, має бути складовою частиною дослідницького обладнання кафедри на тривалій перспективі її розвитку;
- обладнання повинно максимально відповідати рівню й напрямам технічного прогресу в основних галузях промисловості.

З розвитком сучасних електромеханічних систем нагальним питанням стало доскональне вивчення процесів, що протікають у них. Оскільки такі системи мають високу швидкість й перехідні процеси в них протікають швидко, для їх дослідження необхідно відповідне вимірювальне обладнання. Воно повинно забезпечувати необхідну точність вимірювань величин як за величиною, так і за часом, можливість зберігання результатів для їх подальшої обробки. Тому традиційний підхід із застосування аналогових вимірювальних приладів і фіксації результатів візуально людиною став неприйнятний. Ці тенденції знайшли своє відображення в лабораторному стенді для дослідження роботи дводвигунного електропривода постійного струму незалежного збудження лабораторії теорії електропривода. Метою даного дослідження є сформулювати основні можливості лабораторного стенду при використанні комп'ютеризованого вимірювального комплексу та навести статичні й динамічні характеристики дводвигунного електропривода постійного струму з жорстким з'єднанням валів.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Лабораторний стенд для дослідження роботи дводвигунного електропривода постійного струму незалежного збудження складається з типового корпусу з лицьовою панеллю, на якій розміщені вимірювальні прилади й органи керування, електромашинного агрегату «двигун–навантажувальна машина». Зовнішній вигляд лабораторного стенду показаний на рис. 1.

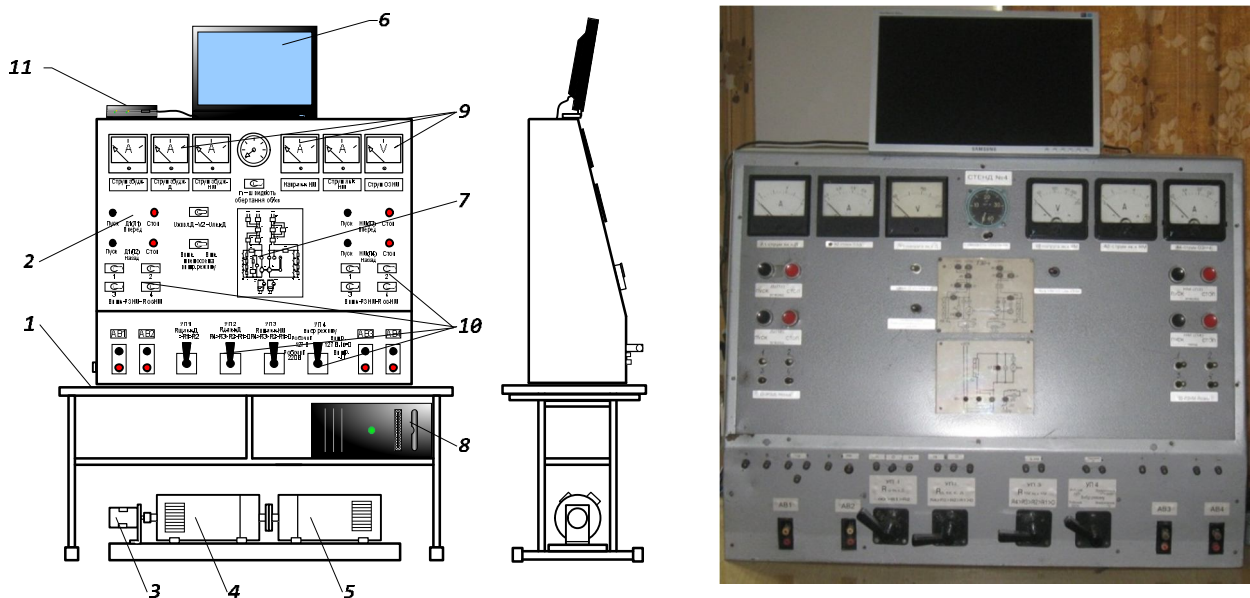


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд лабораторного стенду

На рис. 1 позначено:

1. Робочий стіл.
2. Панель керування.

3. Тахогенератор.
4. Приводний двигун П–32М.
5. Навантажувальна машина П–32М.
6. РК-дисплей.
7. Мнемосхема стенда.
8. Персональний комп'ютер.
9. Контрольно-вимірювальні прилади.
10. Органи керування.
11. Модуль АЦП m-DAQ.

Схему електричну принципову лабораторного стенду з розташуванням датчиків струму й напруги надано на рис. 2.

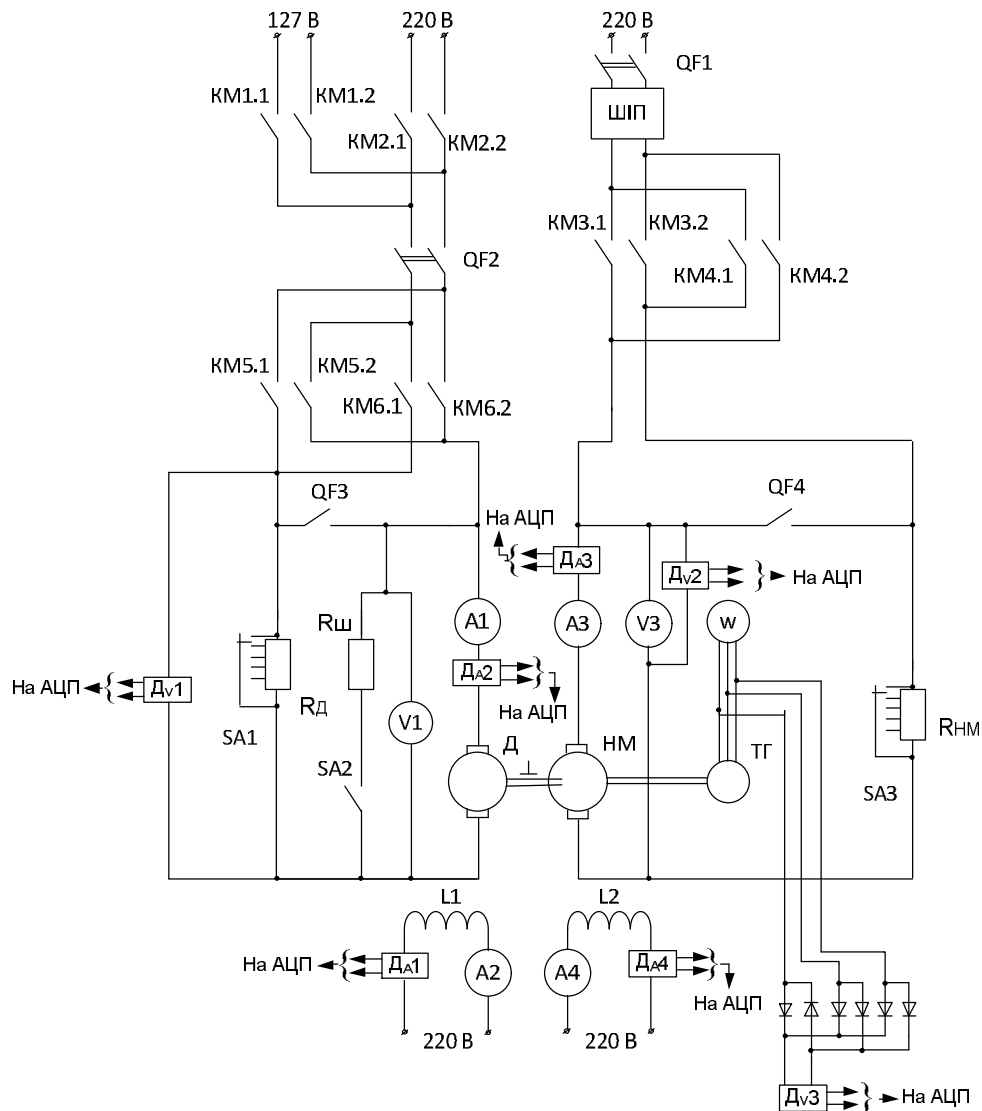


Рисунок 2 – Схема електрична принципова лабораторного стенду

У двомашинному агрегаті «двигун–навантажувальна машина» як приводний двигун використовується двигун постійного струму незалежного збудження, жорстко з'єднаний за допомогою муфти з вихідним валом навантажувальної машини постійного струму (НМ), а з іншого боку – з тахогенератором. Електричні машини Д та НМ є машинами постійного струму серії П–32М.

Параметри електричних машин НМ, Д: тип – П–32М;  $P_n = 2,2$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 12,2$  А;  $n_n = 1500$  об/хв; КПД = 83,5 %.

Для вимірювання та фіксації сигналів струмів, напруг та частот обертання використовувався блок датчиків струму і напруги, а також модуль ЦАП–АЦП mDAQ. Структурну схему вимірювального комплексу показано на рис. 3.

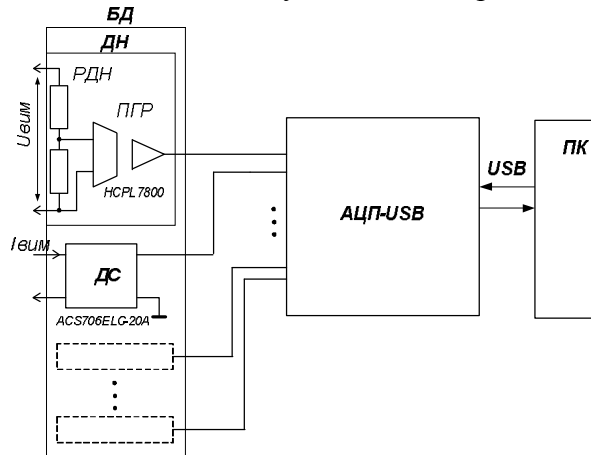


Рисунок 3 – Структурна схема вимірювального комплексу:

БД – блок датчиків; ДН – датчик напруги; РДН – резистивний дільник напруги; ПГР – підсилювач з гальванічною розв'язкою; ДС – датчик струму; ПК – персональний комп'ютер; USB – шина ПК

Програма роботи з модулем ЦАП–АЦП mDAQ дозволяє відслідковувати перехідні процеси в «режимі осцилографа» (рис. 4), а також записувати отримані дані в текстовий файл (рис. 5).



Рисунок 4 – Вікно програми роботи з модулем ЦАП–АЦП mDAQ в «режимі осцилографа»

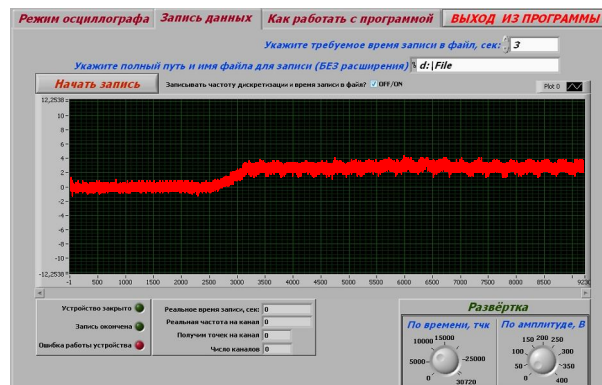


Рисунок 5 – Вікно програми роботи з модулем ЦАП–АЦП mDAQ при записі даних в текстовий файл

При пуску системи електропривода комп'ютеризованого лабораторного стенду було отримано графіки перехідних процесів за струмом та кутовою швидкістю (рис. 6, 7).

Графіки перехідних процесів отримано при різних умовах пуску системи електропривода під навантаженням. Значний кидок струму відсутній при пуску системи електропривода, оскільки електродвигуни системи електропривода є малопотужними.

Застосування комп'ютеризованого вимірювального комплексу дозволяє не тільки фіксувати динамічні характеристики електропривода, а й розраховувати статичні. Так при сталому режимі роботи електропривода фіксуються відповідні значення струму та кутової швидкості (виділено еліпсом на рис. 6, 7).

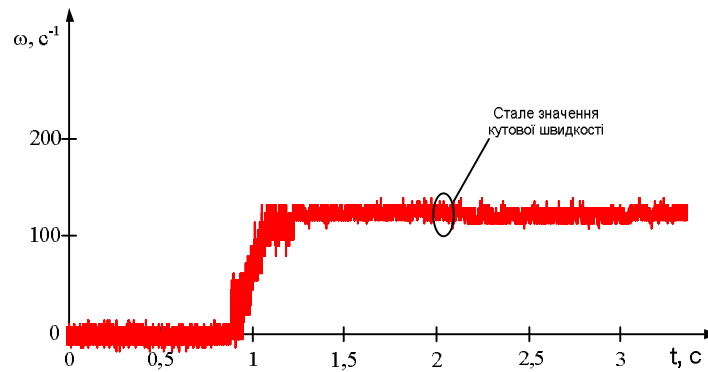


Рисунок 6 – Зміна швидкості при пуску системи електропривода

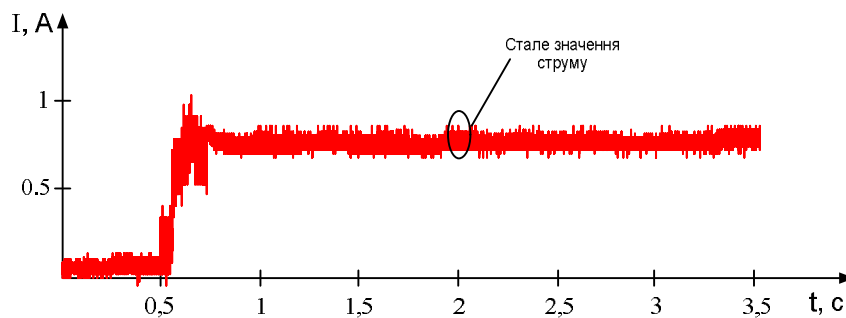


Рисунок 7 – Зміна струму якоря при пуску системи електропривода

Інші значення струму та кутової швидкості електропривода отримуються при зміні навантаження. Якщо відомо значення магнітного потоку, можливо побудувати статичні механічні характеристики системи електропривода (рис. 8–10). Експериментальна частина характеристик обмежена відповідними точками, а екстрапольована позначена пунктиром.

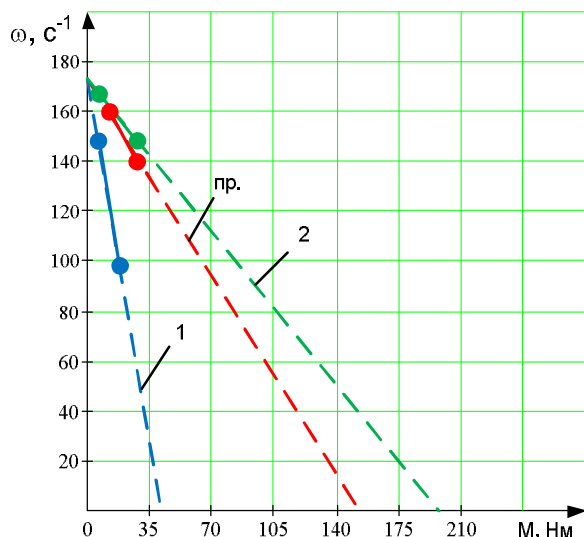


Рисунок 8 – Механічні характеристики дводвигунного електропривода: 1 – механічна характеристика ДПС НЗ при введенні додаткового опору; 2 – сумарна характеристика системи електропривода

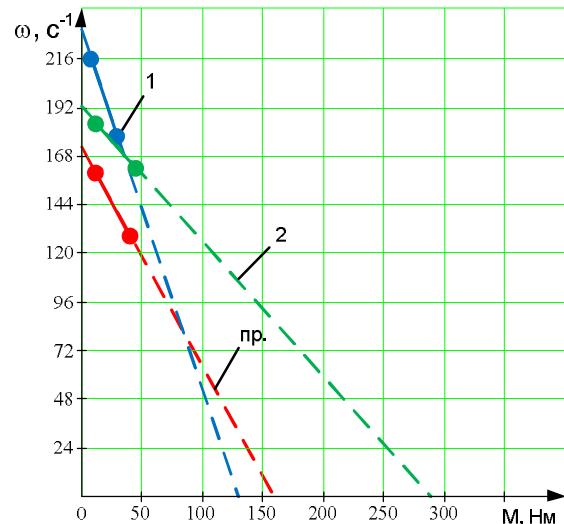


Рисунок 9 – Механічні характеристики дводвигунного електропривода: 1 – механічна характеристика ДПС НЗ при зміні магнітного потоку; 2 – сумарна характеристика системи електропривода

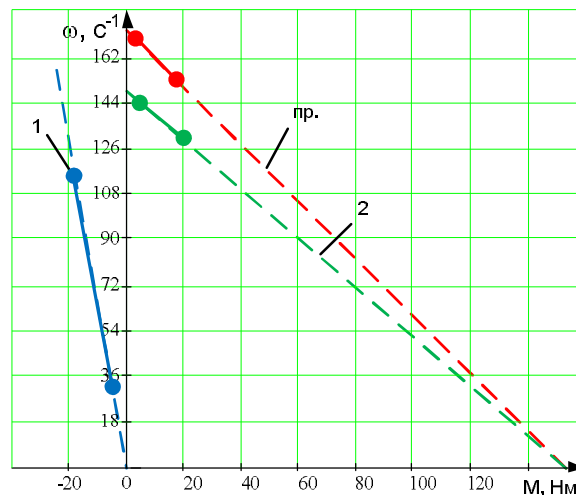


Рисунок 10 – Механічні характеристики дводвигунного електропривода:  
1 – механічна характеристика ДПС НЗ при динамічному гальмуванні;  
2 – сумарна характеристика системи електропривода

Можливості комп'ютеризованого лабораторного стенду дозволяють досліджувати та отримувати статичні характеристики двигунів постійного струму як у рушійному режимі, так і в режимі гальмування (рис. 8–10). При цьому характеристики можуть бути отримані для кожного двигуна окремо та для системи дводвигунного електропривода в цілому.

**ВИСНОВКИ.** Загальна структура комп'ютеризованого лабораторного стенду є доволі універсальною, тому її використання при експериментальному дослідженні систем електропривода є перспективним. У процесі виконання роботи проведено експериментальні дослідження на лабораторному стенді характеристик дводвигунного електропривода з жорстким з'єднанням валів при зміні параметрів та режимів роботи двигунів.

Побудова такого лабораторного стенду з комп'ютеризованою вимірювальною системою обумовлена необхідністю дослідження нерівномірного розподілу навантаження між двома двигунами. Причиною нерівномірності розподілу навантаження є відмінності в параметрах двигунів, що мають одні й ті ж каталожні дані. При виробництві електричних машин можливий так званий технологічний розкид параметрів, який призводить до різниці в опорах обмоток якорного ланцюга і в ланцюзі збудження, тобто до змін магнітного потоку. При вимірюванні зазорів у магнітному ланцюзі машини потік збудження також змінюється. Зсув щіток з нейтралі, а також застосування різних типів щіток так само призводять до зміни параметрів електричних машин. Будь-які зміни та невідповідності опору якоря або магнітного потоку двох машин призводять до зміни жорсткості їх механічних характеристик і, як наслідок, до нерівномірності розподілу навантаження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гладырь А.И., Родькин Д.И., Здор И.Е. и др. Возможности компьютеризированных измерительно-диагностических комплексов при решении задач электромеханики // Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научных трудов КГПИ. – Вып. 1/2000 (8). – Кременчуг: КГПИ, 2000. – С. 119–122.
2. Калинов А.П., Гладырь А.И. Универсальное учебно-исследовательское оборудование для электромеханических лабораторий // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 1/2007 (1). – С. 14–19.

3. Калінов А.П., Мельников В.О., Артеменко А.М. Комп'ютеризований лабораторний комплекс для дослідження електромеханічних трансмісій транспортних систем // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 1/2010 (9). – С. 50–53.

## COMPUTERIZE LABORATORY STAND FOR RESEARCH OF TWIN-ENGINE DC MOTOR WORK WITH RIGID SHAFT COUPLINGS

### A. Artemenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: [saue@kdu.edu.ua](mailto:saue@kdu.edu.ua)

The main features of the laboratory stand using a computerized measuring complex have been formed. Static and dynamic characteristics of the twin-engine DC electric drive with a rigid connection of shafts have been shown. It is shown that the use of computerized laboratory model for experimental study of the electric drive is promising.

**Key words:** electric drive system, DC motor with separate excitation, a rigid connection of shafts, laboratory stand.

### REFERENCES

1. Gladyr A.I., Rodkin D.I., Zdor I.Ye. and oth. The possibilities of computerized measurement and diagnostic systems for solving electromechanics problems // *Problems of creation of new machines and technologies. Collection of scientific papers KSPI*. – Iss. 1/2000 (8). – Kremenchug: KSPI, 2000. – PP. 119–122. [in Russian]
2. Kalinov A.P., Gladyr A.I. Universal teaching and research equipment for electromechanical laboratories // *Electromechanical and energy saving system. Quarterly research and production magazine*. – Kremenchuk: KSPU, 2007. – Iss. 1/2007 (1). – PP. 14–19. [in Russian]
3. Kalinov A.P., Melnykov V.O., Artemenko A.M. Computerized laboratory complex to study electromechanical transmission of transport systems // *Electromechanical and energy saving system. Quarterly research and production magazine*. – Kremenchuk: KSPU, 2007. – Iss. 1/2010 (9). – PP. 50–53. [in Ukrainian]



Артеменко Артем Миколайович,  
старший викладач кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод» КрНУ,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.  
Тел. (05366) 3-11-47.  
E-mail: [saue@kdu.edu.ua](mailto:saue@kdu.edu.ua)

Стаття надійшла 20.04.2013  
Рекомендовано до друку:  
д.техн.н., проф. Грабко В.В.