

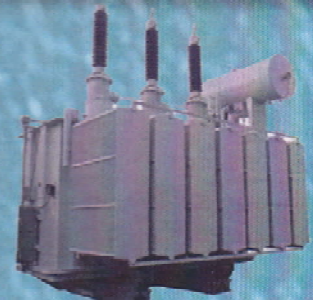
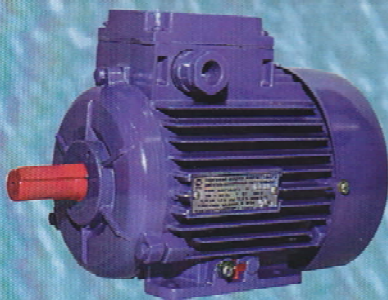
ISSN 2221-3805

03(79)

Міністерство освіти
і науки, молоді
та спорту України

Одеський національний політехнічний університет

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ



Тематичний випуск

**ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

Теорія і практика

«Техніка»
2011

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ та КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

- керування електромеханічними системами;
- дослідження і проектування електромеханічних перетворювачів;
- діагностика електромеханічних систем та їх елементів;
- математичне моделювання та оптимізація систем;
- автоматизація проектування, контролю та діагностики;
- енергозберігаючі системи керування електроприводами;
- напівпровідникові перетворювачі;
- сучасні системи електропостачання промислових підприємств;
- автоматизовані системи керування;
- науково-методичні розробки за напрямками «Електромеханіка», «Електротехніка»;
- інформаційні матеріали

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ЗАСНОВАНИЙ У 1965 РОЦІ

№ 03 (79)

Київ
«Техніка»
2011

В цьому номері журналу надані результати досліджень викладачами, докторантами, аспірантами та студентами вищої школи, співробітниками науково-дослідних і проектних організацій, а також працівниками промислових підприємств з проблем автоматизованого електропривода.

Викладено нові методи аналізу і синтезу електромеханічних систем, розробки сучасних промислових електроприводів, їхніх елементів та діагностики. Значну увагу приділено питанням енергозбереження засобами електропривода.

Видавець – Одеський національний політехнічний університет

Друкується за рішенням Вченої ради ОНПУ від 23.06.2011, протокол № 10

Редакційна колегія

Головний редактор Герасимяк Р.П. (Одеськ. нац. політехн. ун-т);
Акімов Л.В. (Нац. техн. ун-т «ХПІ»), Андрієнко П.Д. (ВАТ «Перетворювач», Запоріжжя),
Андрющенко О.А. (Одеськ. нац. політехн. ун-т), Бешта О.С. (Нац. гірничий ун-т),
Вишневський Л.В. (Одеськ. нац. морська акад.), Водічев В.А. (Одеськ. нац. політехн. ун-т),
Грабко В.В. (Вінницьк. нац. політехн. ун-т), Калашников В.І. (Донецьк. нац. техн. ун-т),
Клепиков В.Б. – заст. головного редактора (Нац. техн. ун-т «ХПІ»), Лозинський О.Ю. (Нац.
ун-т «Львівська політехн.»), Мотченко О.І. (Донбаський держ. техн. ун-т), Оборський Г.О.
(Одеськ. нац. політехн. ун-т), Оніщенко Г.Б. (Південно-західний заочний техн. ун-т, Москва,
Росія), Паліс Ф. (Магдебурзький ун-т ім. Отто фон Геріке, Німеччина), Пересада С.М. (Нац.
техн. ун-т України «КПІ»), Петрушин В.С. (Одеськ. нац. політехн. ун-т), Попович М.Г. (Нац.
техн. ун-т України «КПІ»), Садовой О.В. (Дніпродзерж. держ. техн. ун-т), Сивокобиленко
В.Ф. (Донецьк. нац. техн. ун-т), Толочко О.І. (Донецьк. нац. техн. ун-т), Фираго Б.І.
(Білоруський нац. техн. ун-т, Мінськ, Білорусь), Чермалих В.М. (Нац. техн. ун-т України
«КПІ»), Чорний О.П. (Кременчуцьк. нац. ун-т), Шамардіна В.М. (Нац. техн. ун-т «ХПІ»).

Відповідальний секретар Бабійчук О.Б. (Одеськ. нац. політехн. ун-т)

Всі матеріали, що надходять до редколегії, рецензуються

Виходить два-три рази на рік

Приймаються рукописи, підготовлені українською, російською або англійською мовою

Адреса редакційної колегії журналу: Україна, 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1, ОНПУ

тел.факс: +380-48-722-33-69

E-mail: babychuk@ukr.net, etks.iee@gmail.com

Сайт: www.etks.opu.ua

СТРУКТУРА СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИСКОРЮВАЧА ТРАМВАЯ

Розглядається прискорювач типу ОА22 трамвая КТ-4СУ. Розроблено математичну модель оцінки технічного стану прискорювача, на основі чого синтезовано структуру системи діагностування. Запропонована система забезпечує можливість контролювати стан контактних пальців прискорювача з використанням лише одного сенсора струму.

Рассматривается ускоритель типа ОА22 трамвая КТ-4СУ. Разработана математическая модель оценки технического состояния ускорителя, на основе чего синтезирована структура системы диагностирования. Предложенная система обеспечивает возможность контролировать состояние контактных пальцев ускорителя с использованием лишь одного датчика тока.

The paper considers the КТ-4SU tram ОА22 accelerator. The mathematical model for evaluating technical state of the accelerator is developed. On its basis a corresponding structure of diagnostic system is synthesized. The suggested system provides the ability to control the status of the contact fingers accelerator using only one current sensor.

В роботі розглядається прискорювач типу ОА22, який є однією з ненадійних функціональних систем трамвая КТ-4СУ. Необхідність здійснювати процес його діагностування розглянута в роботах [1-4]. В цих же роботах запропоновані математичні моделі функціонування прискорювача та структури систем його діагностування. Однак вони не здатні контролювати відпрацювання заданого вхідного сигналу електричним двигуном управління прискорювача у відповідний вихідний сигнал переміщення ізолюючого ролика, що впливає на комутацію контактних пальців та блок-контактів та передбачають використання сто одного сенсорів потенціалів на контактних пальцях, що знижує надійність та точність системи діагностування.

Метою даної роботи є розробка структури системи діагностування прискорювача, яка підвищила б надійність процесу діагностування.

Математична модель оцінки технічного стану прискорювача

$$\bar{y} = \begin{cases} \alpha_i = k_i \wedge z_{i,j}; & y_{i,0} = \bar{K}_i; \\ U_i^{yd} \Leftrightarrow \beta_i; & y_{i,j} = \bar{Z}_{i,j}; \\ \beta_i = \alpha_i; & y_{i(m)} = K_{i(m)}; \end{cases} \quad (1)$$

$$y_i = \alpha_i \neq k_i \wedge z_{i,j}; \quad y_{i(U)} = U_i^{yd} \not\Leftarrow \beta_i; \quad y_{i(B)} = \beta_i \neq \alpha_i,$$

де \bar{y} – вихідний сигнал, який характеризує відповідність контактних пальців K_i та блок-контактів $Z_{i,j}$ робочій діаграмі (прискорювач знаходиться у справному стані); $y_{i,0}$ – вихідний сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю K_i ; $y_{i,j}$ – вихідний сигнал, який відповідає несправному блок-контакту $Z_{i,j}$; $y_{i(m)}$ – вихідний сигнал, який відповідає несправному контактному пальцю K_m при замиканні контактного пальця K_i ("залипання" контактного пальця K_m), $m = 1, 101$, в загальному випадку $m \neq i$; y_i – вихідний сигнал, який відповідає неправильній комутації контактного пальця K_i та блок-контакту $Z_{i,j}$

при повороті ізолюючого ролика на кут α_i ; $y_{i(U)}$ – вихідний сигнал, який відповідає неправильному відпрацюванню електродвигуном управління прискорювача напруги задання U_i^{yd} ; $y_{i(B)}$ – вихідний сигнал, який характеризує невідповідність положення ізолюючого ролика куту повороту вала електродвигуна управління прискорювача; k_i – справний стан контактних пальців; $z_{i,j}$ – стан блок-контактів в i -му положенні ролика; β_i – кут повороту електродвигуна управління.

Якщо прийняти мінімальне значення струму двигуна $I_{0 \min}$, що відповідає режиму холостого ходу, рівним нулю ($I_{0 \min} = 0$), то

$$I_{0i} = I_{0 \min} \cdot \frac{|i - K_k|}{K_k}, \quad (2)$$

де K_k – кількість контактних пальців ($K_k = 101$).

Процес діагностування можна реалізувати в такій послідовності: 1) визначення напруги задання U_i^{yd} електродвигуна управління; 2) визначення кута β_i повороту вала електродвигуна управління; 3) визначення кута α_i повороту ізолюючого ролика; 4) перевірка стану контактного пальця K_i (замкнений/розімкнений); 5) перевірка стану блок-контактів $Z_{i,j}$ на відповідність робочій діаграмі; 6) перевірка станів (замкнений/розімкнений) інших контактних пальців K_m ($K_m \neq K_i$).

Стан, в якому може перебувати система, позначимо через S , а узагальнюючу вхідну змінну (дію на систему) – через X . Символ «*» над прийнятими позначеннями означає, що даний параметр ще не ідентифіковано системою. Виходячи з вищевикладеного функціонування системи діагностування прискорювача трамвая можна представити

$$\begin{aligned} S_{0,0} &= y_{i(U)} y_{i(B)} y_{i,0} y_{i,j} y_{i(m)} y_i; \\ X_{0,0} &= U_i^{yd} \beta_i \alpha_i k_i z_{i,j}; \\ S_{0,i(U)} &= y_{i(U)} y_{i(B)} y_{i,0} y_{i,j} y_{i(m)} y_i; \quad X_{0,i(U)} = U_i^{yd} \beta_i \alpha_i k_i z_{i,j}; \end{aligned}$$

$$S_{0,i(\beta)} = \overline{y_{i(U)}} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{0,i(\beta)} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i k_i z_{i,j};$$

$$S_{0,i(\bar{\beta})} = y_{i(U)} \cdot \overline{y_{i(\beta)}} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{0,i(\bar{\beta})} = U_i^{y/d} \bar{\beta}_i \alpha_i k_i z_{i,j};$$

$$S_{0,i(\alpha)} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{0,i(\alpha)} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i k_i z_{i,j};$$

$$S_{0,i(\bar{\alpha})} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{0,i(\bar{\alpha})} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i k_i z_{i,j};$$

$$S_{i,0} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{i,0} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i K_i z_{i,j};$$

$$S_{i,\bar{0}} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{i,\bar{0}} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i \bar{K}_i z_{i,j};$$

$$S_{i,1} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{i,1} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i K_i z_{i,1};$$

$$S_{i,\bar{1}} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{i,\bar{1}} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i \bar{K}_i z_{i,1};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$S_{i,12} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,12} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{i,12} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i K_i z_{i,12};$$

$$S_{i,\bar{12}} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,12} \cdot y_{i(m)} \cdot y_i; \quad X_{i,\bar{12}} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i \bar{K}_i z_{i,12};$$

$$S_{i(1)} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(1)} \cdot y_i; \quad X_{i(1)} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i K_i z_{i,12};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$S_{i(101)} = y_{i(U)} \cdot y_{i(\beta)} \cdot y_{i,0} \cdot y_{i,j} \cdot y_{i(101)} \cdot y_i; \quad X_{i(101)} = U_i^{y/d} \beta_i \alpha_i K_{101} z_{i,12};$$

Структурна схема системи діагностування прискорювача, яка розроблена у відповідності з вищевикладеним, наведена на рис.1. На схемі: 1 – сенсор рівня задаючої напруги $U_{зд}$ електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика; 2, 5, 7, 9 – відповідно перший НП1, другий НП2, третій НП3 та четвертий НП4 нормуючі перетворювачі; 3, 10, 24, 33, 37 – відповідно перший ФБ1, другий ФБ2, третій ФБ3, четвертий ФБ4 та п'ятий ФБ5 функціональні блоки; 4 – сенсор кута β повороту вала електро-двигуна управління переміщенням ізолюючого ролика; 6 – сенсор кута α повороту ізолюючого ролика; 8 – сенсор струму СС; 11, 12, 13, 14, 23, 31 – відповідно перший, другий, третій, четвертий, п'ятий та шостий логічні елементи І; 15, 16, 17 – відповідно перший, другий та третій компаратори; 18, 19, 20, 22, 25, 40 – відповідно перший In1, другий In2, третій In3, шостий In6, четвертий In5 індикатори; 21 – логічний елемент АБО; 26, 28 – відповідно перший G1 та другий G2 генератори імпульсів; 27 – аналого-цифровий перетворювач А/D; 29 – лічильник імпульсів СТ; 30 – дешифратор DC; 32, 38 – відповідно перший та другий регістри; 34 – блок установки нуля БУН; 35, 36 – відповідно перший U_{z1} – дванадцятий U_{z12} сенсори потенціалів на блок-контактах; 39 – цифровий компаратор з інверсним виходом.

При ввімкненні пристрою блок установки нуля БУН 34 своїм імпульсом забезпечує обнуління лічильника імпульсів СТ 29, першого 32 та другого 38 регістрів. Перший генератор імпульсів G1 26 та другий генератор імпульсів G2 28 за допомогою лічильника імпульсів СТ 29 і дешифратора DC 30 починають формувати тактові сигнали.

Зчитується сигнал із сенсора рівня задаючої напруги $U_{зд}$ електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика 1, який через НП1 2 подається на ФБ1 3, на виході якого формується сигнал, пропорційний заданому куту β' переміщення вала електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика. Зчитується сигнал з сенсора кута β повороту вала електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика 4, сигнал з сенсора кута α повороту ізолюючого ролика 6, сигнал з СС 8. ФБ2 10 забезпечує ідентифікацію за струмом замкненої контактний палець прискорювача. Вихідний сигнал ФБ2 10 подається на перший вхід четвертого логічного елемента І 14, на другий вхід ФБ3 24 та на вхід аналого-цифрового перетворювача А/D 27, на виході якого формується цифровий сигнал, що відповідає замкненому контактному пальцю, і передається на вхідну цифрову шину першого регістра 32. Разом з тим відбувається зчитування сигналу з сенсорів потенціалів на блок-контактах 35, 36, які поступають на відповідні входи ФБ5 37, на виході якого формується цифровий код, що відповідає реальним станам кожного з блок-контактів.

При появі першого тактового сигналу з першого виходу дешифратора DC 30 відкриваються перший 11, другий 12, третій 13 та четвертий 14 логічні елементи І, що забезпечує передачу сигналів з каналу визначення кута β' переміщення вала електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика до

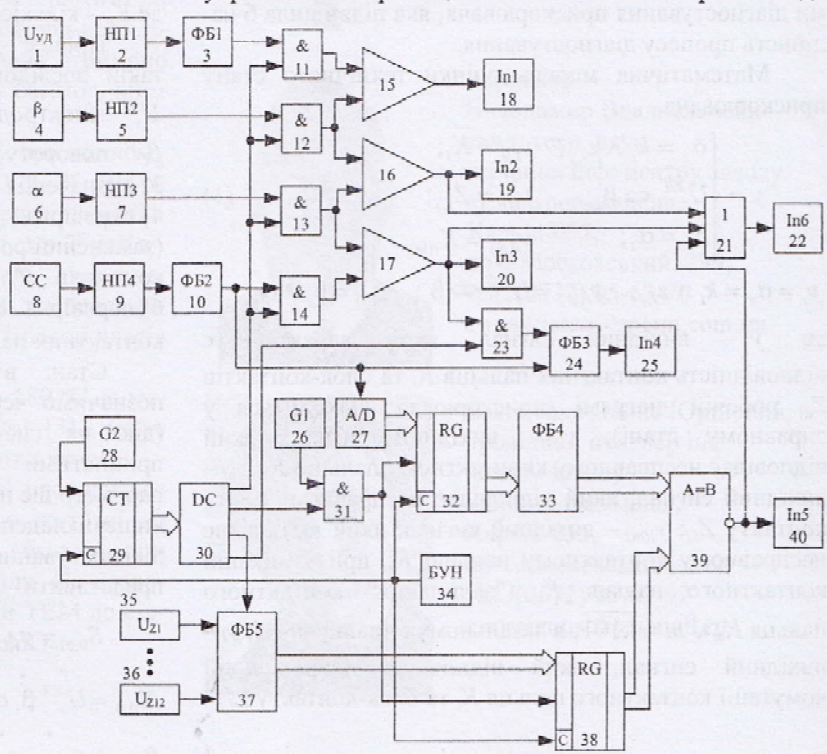


Рис.1. Структурна схема системи діагностування прискорювача

першого входу першого компаратора 15, з каналу визначення кута β повороту вала електродвигуна управління переміщенням ізолюючого ролика до другого входу першого компаратора 15 та до першого входу другого компаратора 16, з каналу визначення кута α повороту ізолюючого ролика до другого входу другого компаратора 16 та до першого входу третього компаратора 17, а також з каналу визначення замкненого контактного пальця до другого входу третього компаратора 17.

Якщо на входах першого компаратора 15 з'являються рівні сигнали, пропорційні кутам β' та β , на виході цього компаратора формується сигнал логічного нуля. За такої умови перший індикатор $ln1$ 18 не активується. Якщо ж сигнали на входах першого компаратора 15 нерівні, що відповідає $\beta' \neq \beta$, то на його виході формується сигнал логічної одиниці, який активує $ln1$ 18, що свідчить про неправильне відпрацювання електродвигуном управління прискорювача напруги задання. Якщо на входах другого компаратора 16 з'являються рівні сигнали, пропорційні кутам β та α , на виході цього компаратора формується сигнал логічного нуля. За такої умови $ln2$ 19 не активується. Якщо ж сигнали на входах другого компаратора 16 нерівні, що відповідає $\beta \neq \alpha$, то на його виході формується сигнал логічної одиниці, який активує $ln2$ 19, що свідчить про невідповідність положення ізолюючого ролика куту повороту вала електродвигуна управління прискорювача. Якщо на входах третього компаратора 17 з'являються рівні сигнали, пропорційні куту α та правильному замкненому контактному пальцю відповідно до робочої діаграми прискорювача, на виході цього компаратора формується сигнал логічного нуля. За такої умови $ln3$ 20 не активується. Якщо ж сигнали на входах третього компаратора 17 нерівні, то на його виході формується сигнал логічної одиниці, який активує $ln3$ 20, що свідчить про неправильну комутацію контактного пальця.

При появі другого тактового сигналу з четвертого виходу дешифратора DC 30 та сигналу про неправильність комутації контактного пальця з виходу третього компаратора 17 через п'ятий логічний елемент I 23 ФБЗ 24 здійснює ідентифікацію несправного контактного пальця (який "залип" або ж не здійснив комутації) та передає сигнал на $ln4$ 25.

При подачі третього тактового сигналу з третього виходу дешифратора DC 30 на керуючий вхід ФБ5 37, відбувається передача цифрового коду про стан кожного з блок-контактів з ФБ5 37 до другого регістра 38.

При подачі четвертого тактового сигналу з другого виходу дешифратора DC 30 через шостий логічний елемент I 31 на керуючий вхід першого регістра 32 в останній записується інформація про замкнений контактний палець з аналого-цифрового перетворювача A/D 27, який далі передається до ФБ4 33. Також відбувається запис інформації про стан блок-контактів в другий регістр 38. З останнього сигнал передається на другу вхідну цифрову шину цифрового компаратора з інверсним виходом 39.

В ФБ4 33 міститься цифровий код, який відповідає замкненим та розімкненим станам всіх блок-контактів відповідно до робочої діаграми прискорювача. При надходженні до нього цифрового коду з першого регістра 32 про той чи інший замкнений контактний палець, він здійснює вибірку станів блок-контактів із відповідної стрічки таблиці робочої діаграми, яку у вигляді цифрового коду подає на першу вхідну цифрову шину цифрового компаратора з інверсним виходом 39. Якщо цифрові коди ідентичні на входах цифрового компаратора з інверсним виходом 39, на його виході формується сигнал логічного нуля. За такої умови $ln5$ 40 не активується. Якщо ж сигнали на входах цифрового компаратора з інверсним виходом 39 нерівні, то на його виході формується сигнал логічної одиниці, який активує $ln5$ 40, що свідчить про неправильну комутацію блок-контактів.

$ln6$ 22 активується за умови, якщо хоча б на одному з входів логічного елемента АБО 21 з'являється сигнал логічної одиниці, що свідчить про несправність функціонування прискорювача трамвая.

Список використаної літератури

1. Розводюк М. П. До питання технічної діагностики прискорювача трамвая / М.П.Розводюк // Вісн. нац. техн. ун-ту „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2005. – № 45. – С.446-448.
2. Мокін Б.І. Синтез структури системи для діагностування прискорювача трамвая / Б.І. Мокін, М.П. Розводюк // Вісн. Вінницького політехн. ін-ту. – 2004. – № 1. – С. 41-45.
3. Пат. 11970 Україна, МПК В60L 3/12. Пристрій для технічної діагностики прискорювача трамвая / Мокін Б.І., Розводюк М.П.; заявник та патентоутримувач Вінницький нац. техн. ун-т. – № u200507039; заявл. 15.07.2005; опубл. 16.01.2006. Бюл. №1.
4. Пат. 54811 Україна, МПК В60L 3/12. Пристрій для автоматичного діагностування прискорювача трамвая / Розводюк М.П., Шевчук Ю.В., Солонінко М.А., Злотницький В.М.; заявник та патентоутримувач Вінницький нац. техн. ун-т. – № u201006151; заявл. 21.05.2010; опубл. 25.11.2010. Бюл. № 22.

Отримано 12.07.2011



Розводюк Михайло Петрович,
канд. техн. наук, доц. каф.
"Ел.механічні системи автоматизації в промисловості і на транспорті"
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95; тел.: (0432) 598225, 598165; e-mail:
rozvodyukmp@vntu.edu.ua;
rozvodyukmp@mail.ru