

## КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Калінов А.П., к.т.н., доц., Мельников В.О., аспірант, Артеменко А.М., асистент  
 Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського  
 39600, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20  
 E-mail: [scnter@kdu.edu.ua](mailto:scnter@kdu.edu.ua)

Описано розроблений лабораторний стенд для дослідження електромеханічних трансмісій транспортних засобів та здійснено аналіз його функціональних можливостей. Наведено результати експериментальних досліджень режимів роботи тягових електродвигунів.

**Ключові слова:** тяговий електродвигун, електромеханічна трансмісія, вимірювальна система.

**Вступ.** Електромеханічні трансмісії набули широкого розповсюдження у транспортних засобах завдяки простоті передачі, перетворення та керування електричною енергією. Додатковими перевагами електромеханічних трансмісій є краще використання теплового двигуна за потужністю, можливість реалізації гальмівних режимів електричним шляхом та більші можливості щодо раціональної компоновки силових агрегатів у порівнянні з іншими видами трансмісій. Широке використання електромеханічних трансмісій у транспорті обумовлює необхідність дослідження їх характеристик, режимів роботи, способів та засобів керування на лабораторному обладнанні в рамках навчального процесу підготовки інженерів-електромеханіків.

**Мета роботи.** Аналіз функціональних можливостей розробленого лабораторного стенду по дослідженню електромеханічних трансмісій транспортних засобів.

**Матеріал та результати дослідження.** Одними з основних проблем у електроприводі різноманітних транспортних засобів є проблема рівномірного розподілення навантажень поміж тяговими електродвигунами (ТЕД) та проблема усунення боксування колісних пар [1, 3, 4]. Також важливими питаннями є дослідження способів з'єднання ТЕД, способів економічного регулювання швидкості обертання ТЕД, способів реалізації електричного гальмування. Для дослідження вказаних питань на кафедрі САУЕ КДУ ім. М. Остроградського було розроблено комп'ютеризований лабораторний комплекс (рис. 1).

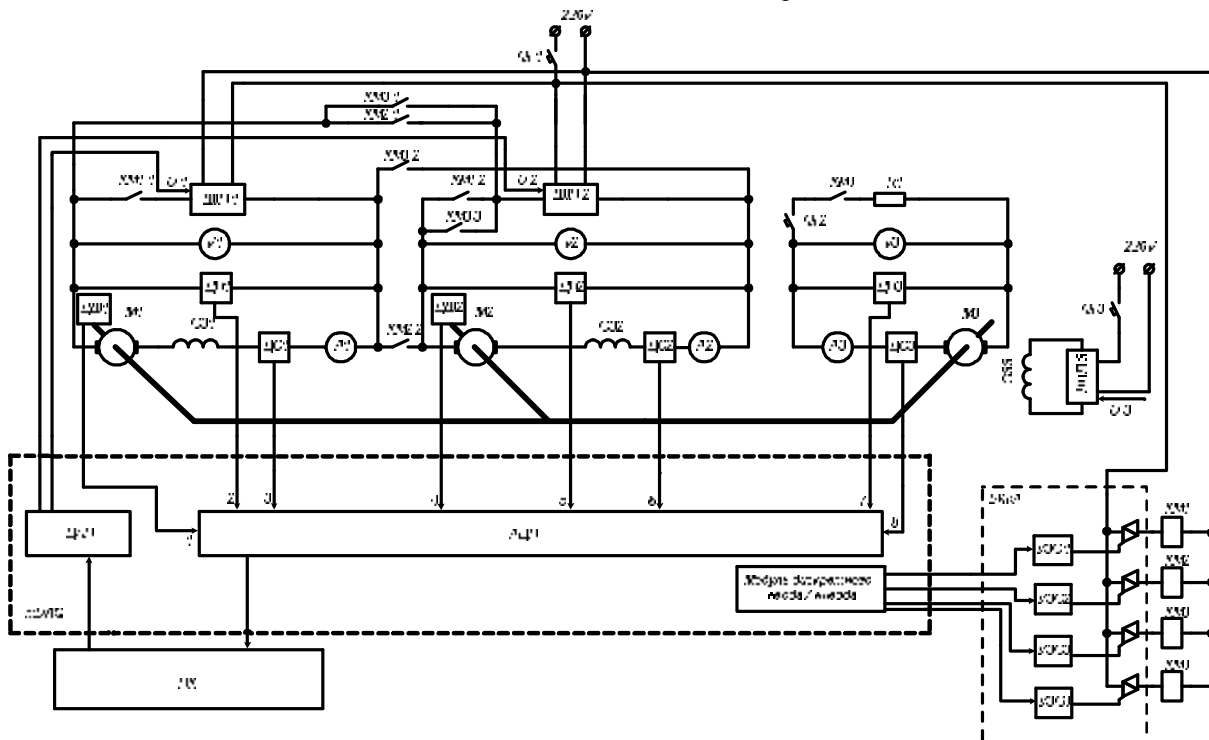


Рисунок 1 – Функціональна схема лабораторного комплексу для дослідження електромеханічних трансмісій транспортних засобів:

M1, M2 – привідні тягові електродвигуни (ТЕД) постійного струму послідовного збудження; M3 – навантажувальна машина (НМ) постійного струму незалежного збудження; ШП1, ШП2 – широтно-імпульсні перетворювачі (ШП) напруги якорів ТЕД; ШП3 – перетворювач напруги обмотки збудження M3; ДС1-ДС3 – датчики струмів кіл електричних машин; ДН1-ДН3 – датчики напруг; ДШ1, ДШ2 – датчики швидкості обертання; mDAQ – модуль ЦАП/АЦП; БККА – блок керування комутаційною апаратурою

Окремої уваги заслуговує механічна частина стенду. Два привідних ТЕД через ремінні передачі сполучені з НМ (рис. 2). Механічна частина кріплень електричних машин виконана таким чином, щоб забезпечити можливість зміни ступеню натягу ременів механічної передачі окремо для кожного ТЕД. Це дозволяє фізично моделювати режими роботи електромеханічної трансмісії при боксуванні одного з ТЕД.

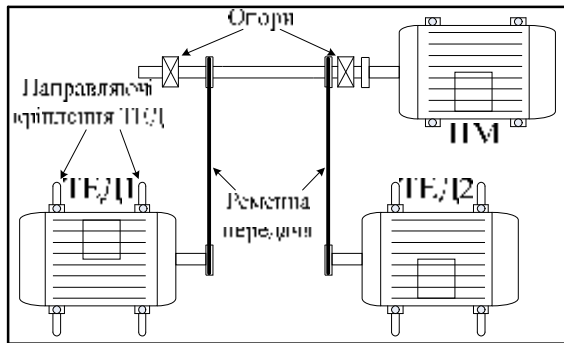


Рисунок 2 – Ескіз механічної частини лабораторного стенду

На розробленому лабораторному стенді було проведено низку експериментальних досліджень режимів роботи ТЕД при різних способах їх включення: послідовному, паралельному та незалежному. Для вимірювання та фіксації сигналів струмів, напруг та частот обертання використовувався блок датчиків струму і напруги [2], фотоімпульсні датчики частоти обертання та модуль ЦАП-АЦП mDAQ. Структурна схема вимірювального комплексу показана на рис. 3.

Модуль ЦАП-АЦП mDAQ компанії «Холіт™ Дейта Системс» є пристроєм збору аналогових і цифрових даних, який підключається до ПК через інтерфейс USB 1.1. Мікросистема збору даних mDAQ містить восьмиканальний 10-ти розрядний модуль АЦП з максимальною частотою дискретизації 100 кГц, два канали ЦАП (ШІМ)  $\pm 10$  В і універсальні канали дискретного В/В (ТТЛ), які індивідуально конфігуруються на введення або виведення. Плата датчиків струму побудована на основі датчиків струму фірми Allegro MicroSystems типу ACS750LCA-050. Датчик струму ACS750LCA-050 виконаний на основі ефекту Холла. Блок датчиків напруги базується на підсилювачах з гальванорозв'язкою типу HCPL 7800A. Датчики частоти обертання побудовані на основі фотоімпульсних датчиків типу HOA0902 фірми Honeywell. Для перетворення імпульсного сигналу в аналоговий використовується перетворювач частота-напруга типу KP1108ПП1.

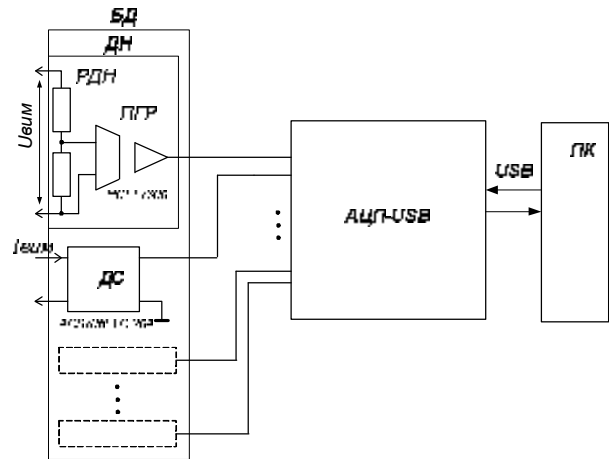


Рисунок 3 – Структурна схема вимірювального комплексу:

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

На рис. 4 – 7 показана робота тягових електродвигунів при послідовному підключенні. У ході експерименту здійснювався пуск тягових електродвигунів з наступним накидом максимального навантаження.

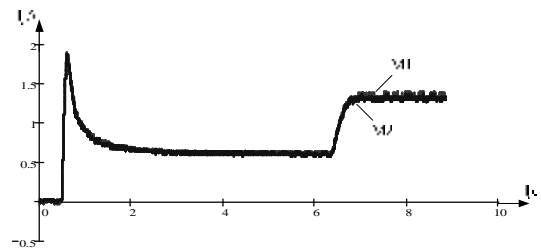


Рисунок 4 – Струми тягових електродвигунів

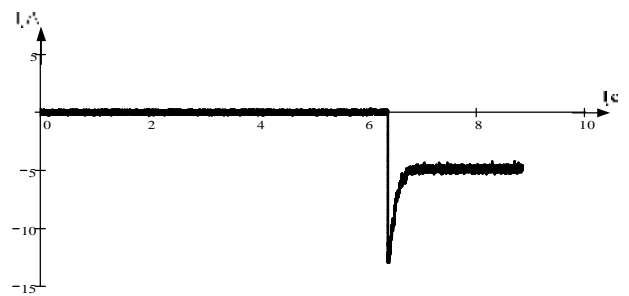


Рисунок 5 – Струм навантажувальної машини

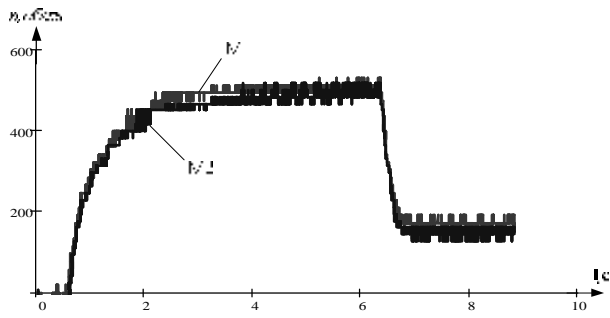


Рисунок 6 – Кутова частота обертання тягових електродвигунів

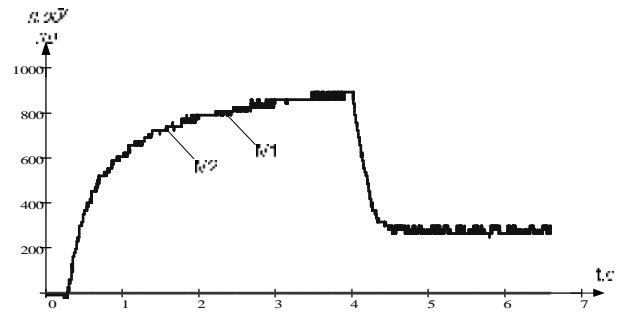


Рисунок 10 – Кутова частота обертання тягових електродвигунів

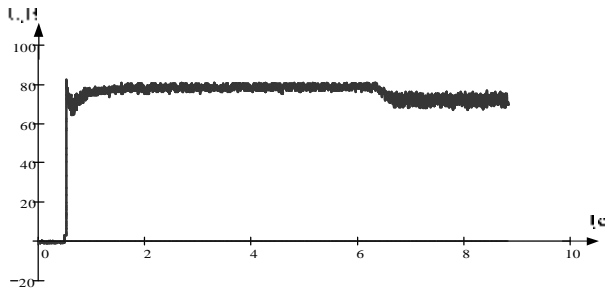


Рисунок 7 – Напряга тягових електродвигунів

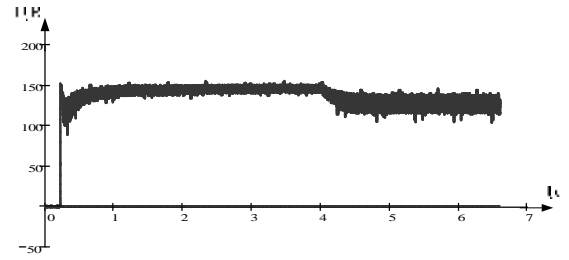


Рисунок 11 – Напряга тягових електродвигунів

На рис. 8 – 11 показана робота тягових електродвигунів при паралельному підключенні. У ході експерименту здійснювався пуск тягових електродвигунів з наступним накидом максимального навантаження.

На рис. 12 – 15 наведено експериментальні дослідження при незалежному підключенні тягових двигунів. Пуск двигунів здійснювався під навантаженням неодноразово: першим запускався двигун M1, потім – M2.

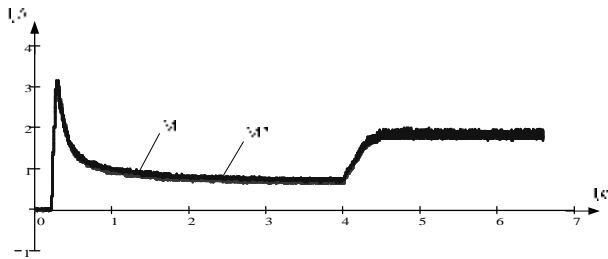


Рисунок 8 – Струми тягових електродвигунів

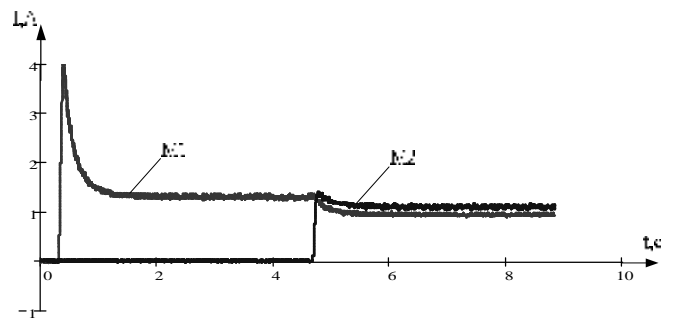


Рисунок 12 – Струми тягових електродвигунів

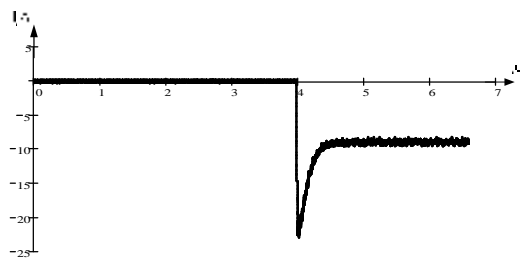


Рисунок 9 – Струм навантажувальної машини

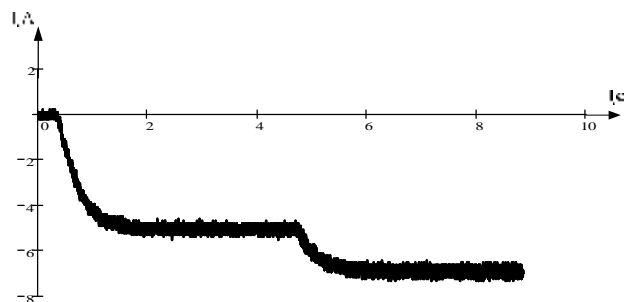


Рисунок 13 – Струм навантажувальної машини

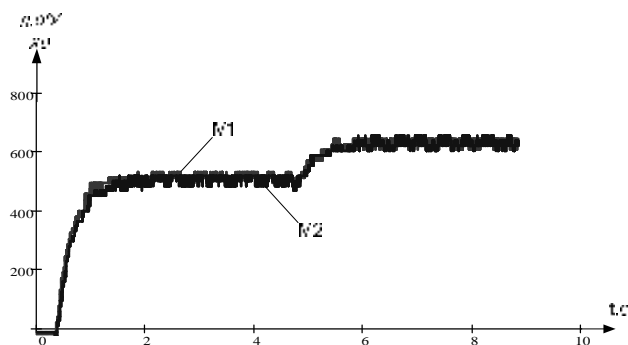


Рисунок 14 – Кутова частота обертання тягових електродвигунів

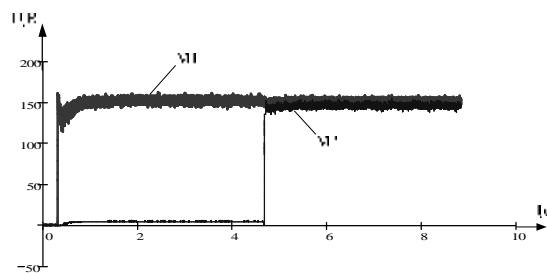


Рисунок 15 – Напруга тягових електродвигунів

Дослідження пускових режимів ТЕД без навантаження показали, що при послідовному включенні пусковий струм не перевищує номінальне значення, при паралельному – 1,5 номінального значення, а при пуску одного з ТЕД – 2 номінальних значення, що є припустимим для даного типу двигуна.

Незалежне включення тягових електродвигунів дозволяє досліджувати режими роботи при різних моментах двигунів, що є корисним у навчальному процесі при вивченні взаємозв'язаного електропривода. Неодночасне включення тягових електродвигунів з різними напругами керування ШПП дозволяє у режимі реального часу відстежувати перерозподіл навантажень двигунів.

**Висновки.** Розроблений комп'ютеризований лабораторний стенд дозволяє досліджувати статичні, енергетичні та динамічні режими роботи електромеханічних трансмісій транспортних засобів. Використання розробленого блоку датчиків струму, напруги, швидкості та модуля керування контакторами у сполученні з модулем ЦАП-АЦП mDAQ, дозволяє повністю комп'ютеризувати, контролювати та керувати режимами роботи ТЕД.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Осипов С. И. Основы тяги поездов / С. И. Осипов, С. С. Осипов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.
2. Калинов А. П. Универсальное учебно-исследовательское оборудование для электромеханических лабораторий / А. П. Калинов, А. И. Гладырь // Электромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-

виробничий журнал. Кременчук: КДПУ, – 2007. Вип. 1/2007 (1). – С. 14 – 191.

3. Слепцов М. А. Основы электрического транспорта / Слепцов М. А. – М.: Транспорт, 2006. – 465 с.

4. Галкин В. Г. Надежность тягового подвижного состава / Галкин В. Г., Парамзин В. П., Четвергов В. А. – М.: Транспорт, 1981. – 94 с.

## КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*Калинов А.П., к.т.н., доц., Мельников В.А., аспирант, Артеменко А.Н., ассистент  
Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского  
39600, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20  
E-mail: [scenter@kdu.edu.ua](mailto:scenter@kdu.edu.ua)*

Описан разработанный лабораторный стенд для исследования электромеханических трансмиссий транспортных средств и осуществлен анализ его функциональных возможностей. Приведен результат экспериментальных исследований режимов работы тяговых электродвигателей.

**Ключевые слова:** тяговый электродвигатель, электромеханическая трансмиссия, измерительная система.

## COMPUTER-CONTROLLED LABORATORY COMPLEX FOR RESEARCH OF ELECTROMECHANICS TRANSMISSIONS OF TRANSPORT SYSTEMS

*Kalinov A.P., Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof., Melnikov V.O., post-grad., Artemenko A.M., assist.  
Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy State University  
vul. Pershotravneva,20, Kremenchuk, 39600, Ukraine  
E-mail: [scenter@kdu.edu.ua](mailto:scenter@kdu.edu.ua)*

The developed laboratory stand is described for research of electromechanics transmissions of transport vehicles and the analysis of its functional possibilities is carried out. The result of experimental researches of the modes of operations of hauling electric motors is resulted.

**Key words:** hauling electric motor, electromechanics transmission, measuring system.