

УДК 372.853

Ю. Ф. Дубравін, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)

Ю. В. Черняк, к.т.н., доцент

(завідувач кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)

А. В. Фащевський

(завідуючий навчально-науковою базою «Київ-Волинський», здобувач кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний економіко-технологічний університет транспорту)

ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

У статті розглянуто застосування комп'ютерних технологій при вивченні систем керування електрорухомого складу. Віртуальні комп'ютерні тренажери сприяють вдосконаленню освітнього процесу та є складовою частиною дослідницької бази кафедри. Авторами розроблено методичний підхід до використання комп'ютерних тренажерних технологій для дослідження та діагностики електромеханічних систем електрорухомого складу. Запропонований підхід сприяє вдосконаленню освітнього процесу, активізації навчальної діяльності та надає потужний інструмент для поглиблення наукових досліджень вузлів локомотивів.

Ключові слова: Система керування, ЕРС, імітаційне моделювання, пакет LabVIEW, тренінг, віртуальний лабораторний стенд, акустична діагностика.

В статье рассмотрено применение компьютерных технологий при изучении систем управления электроподвижного состава. Виртуальные компьютерные тренажеры способствуют совершенствованию образовательного процесса и является составной частью исследовательской базы кафедры. Авторами разработан методический подход к использованию компьютерных тренажерных технологий для исследования и диагностики электромеханических систем электроподвижного состава. Предложенный подход способствует совершенствованию образовательного процесса, активизации учебной деятельности и предоставляет мощный инструмент для углубления научных исследований узлов локомотивов.

Ключевые слова: Система управления, ЭДС, имитационное моделирование, пакет LabVIEW, тренинг, виртуальный лабораторный стенд, акустическая диагностика.

Характерною особливістю електрорухомого складу (ЕРС) нового покоління є використання безколекторного електроприводу та різноманітних за функціональним призначенням силових електронних перетворювачів [1-3]. Система керування (СУ) ЕРС включає в себе пристрої для перетворення електроенергії в силовому колі та пристрої управління, що здійснюють збір, обробку, передачу, збереження та відображення ін-

© Дубравін Ю. Ф., Черняк Ю. В., Фащевський А. В., 2016

формації, пов'язаної з роботою ЕРС і формування керуючих діянь на об'єкти регулювання. На сучасному ЕРС всі складові процесу управління та діагностики виконуються за допомогою мікропроцесорних систем управління і діагностики (МПСУ). Апаратура МСУД побудована на програмних принципах обробки інформації, що надходить від відповідних датчиків. Алгоритм і закони управління моделюються за допомогою пакетів програм, а функціональні блоки є чисто віртуальними, реалізованими програмно в МПСУ.

Розробка, модернізація і обслуговування сучасних СУ, МПСУ потребує відповідної теоретичної та практичної підготовки фахівців в галузі проектування і технічного обслуговування систем. Дієвим засобом інтенсифікації і підвищення продуктивності при підготовці спеціалістів є комп'ютерне моделювання на основі дослідницьких математичних моделей, що забезпечує дослідження усталених і динамічних режимів роботи систем та їх візуалізацію.

Розвиток сучасний інформаційних технологій дозволяє створювати найбільш наочні методичні посібники для навчання студентів, посібники по вивченню найбільш складних тем, коли студенту заочної форми навчання, важко зрозуміти суть за допомогою паперового опису, таблиць та схем.

Для дослідження і проектування електронних компонентів силової та мікроелектронної техніки, моделювання СУ добре зарекомендували себе прикладні математичні комп'ютерні пакети у вигляді імітаційного та аналітичного моделювання. Найпоширенішими серед цих пакетів є OrCAD, MatLab, LabVIEW, Multisim, Mathcad.

Комп'ютерне моделювання та комп'ютерні тренажери із використанням віртуального середовища виконують функції потужних інструментів при проведенні наукових досліджень та в навчальному процесі. Широкі функціональні можливості та інформативність віртуальних тренажерів дають змогу забезпечувати візуальне спостереження в процесі дослідження, виконувати гармонічний аналіз струмів та напруг в електричному колі, змінювати керуючі та збурні діяння на автоматизовані СУ, аналізувати та візуально контролювати динамічні характеристики системи. Віртуальні комплекси, призначені для навчального процесу можуть бути також складовою частиною дослідницької бази кафедри. Використання комп'ютерних тренажерів дає змогу створювати лабораторні навчально-дослідницькі комплекси у відповідності із сучасним станом розвитку техніки та адаптувати фахівців до сучасних вимог європейського рівня. Особливістю комп'ютерних тренажерних технологій є використання в них віртуального навколишнього середовища. Віртуальні лабораторії застосовуються при проведенні експериментальних досліджень на ЕОМ, розширюють можливості дистанційного навчання і дозволяють частково згладити існуючу проблему матеріально-технічного забезпечення учбового процесу. Віртуальні учбово-дослідницькі тренажери можуть використовуватися не тільки в лабораторному практикумі, але і в курсовому і дипломному проектуванні, в науково-дослідних роботах студентів.

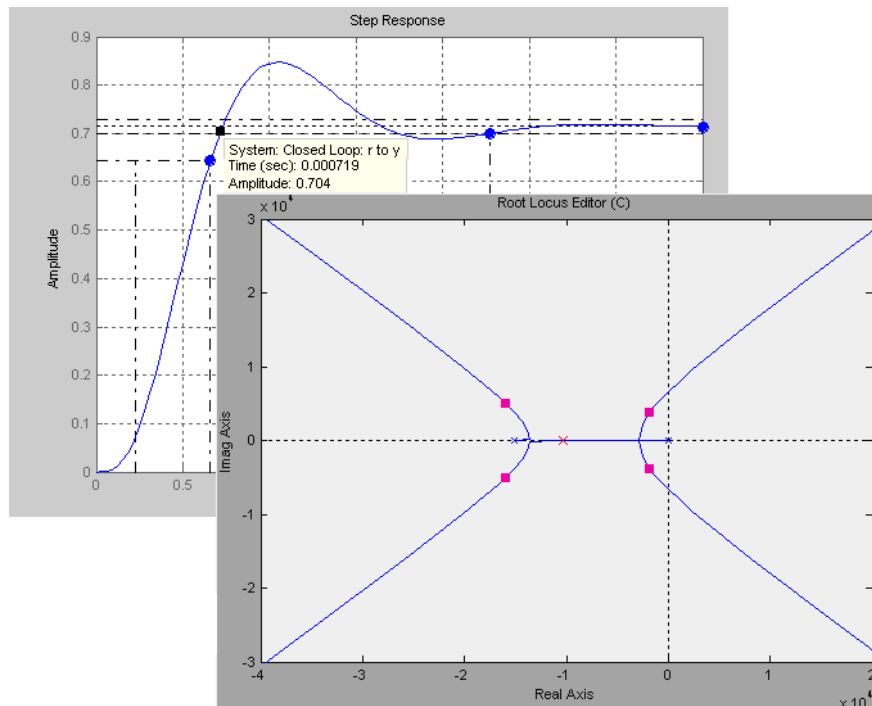
Актуальним є впровадження тренажерів в наступних напрямках:

- при дослідженні впливу СУ ЕРС на гармонічний склад та якість струму в контактній мережі;
- при аналізі залежності коефіцієнта потужності ЕРС від алгоритму керування вхідного чотириквadrантного перетворювача;
- при дослідженні роботи автономного інвертора напруги (АІН) при різних алгоритмах керування;
- при вивченні законів регулювання напруги та частоти АСД;
- при дослідженні динамічних характеристик САУ;
- при дослідженні цифрових систем управління та їх характеристик;
- при дослідженні функціонування системи імпульсно-фазового управління;

- при виконанні тягових розрахунків, дослідженні тягових і гальмівних характеристик поїзда та ін.

Шляхом змін та доповнень у структурі тренажера окремих програмних модулів можна виконувати дослідження також СУ електровозів змінно-постійного та постійного струмів з колекторним електроприводом постійного струму. Модульна структура тренажера та автономність окремих математичних модулів дає змогу виконувати дослідження в цілому систем та їх складових.

Незамінним інструментом моделювання і дослідження систем ЕРС є математична матрична лабораторія MATLAB [4]. Задача розширення системи вирішується за допомогою спеціалізованих пакетів (Toolbox) прикладних програм для рішення специфічних задач науки і техніки. Пакет Control System призначений для моделювання, аналізу і проектування як безперервних, так і дискретних систем автоматичного управління і регулювання. Функції пакета реалізують методи дослідження динамічних систем з використанням передавальних функцій. Це дає змогу обчислювати і відображати у вигляді графіків і діаграм частотні та часові характеристики типових динамічних ланок, досліджувати системи із запізнюванням, досліджувати стійкість та точності регулювання лінійних систем, будувати кореневий годограф автоматизованих СУ (рис. 1), виконувати синтез замкнутих САР.



**Рис. 1. Фрагменти синтезу САР: перехідна характеристика та кореневий
годограф замкнутої САР**

Потужним інструментом моделювання і впровадження САПР при виконанні дослідницьких робіт, курсових і дипломних робіт є програмна система Simulink, інтегрована з MATLAB і створена для моделювання динамічних систем та пристроїв, заданих у вигляді блоків [5]. На основі принципів візуально-орієнтованого програмування Simulink дає змогу виконувати моделювання складних систем з високим рівнем достовірності і зручними засобами відображення результатів. Для створення моделі викорис-

товується бібліотека блоків, що містить необхідний набір блоків для виконання математичних операцій, лінійних та нелінійних елементів, блоків задання сигналів, блоків прийому та відображення сигналів та ін. Інтерфейс пакету використовує інструментальний засіб LTI-Viewer програмного пакету Control System.

На рис. 2 показана схема моделі для дослідження реакції САР на одиничний скачок. Система Simulink має досить широкий набір стандартних блоків для моделювання, а у випадку відсутності необхідного блока можна за допомогою S -функцій створювати опис блоків будь-якої складності. Пакет розширення SimPower System Blockset MATLAB досить зручний при моделюванні СУ ЕРС в цілому та окремих електронних та електромашинних перетворювачів.

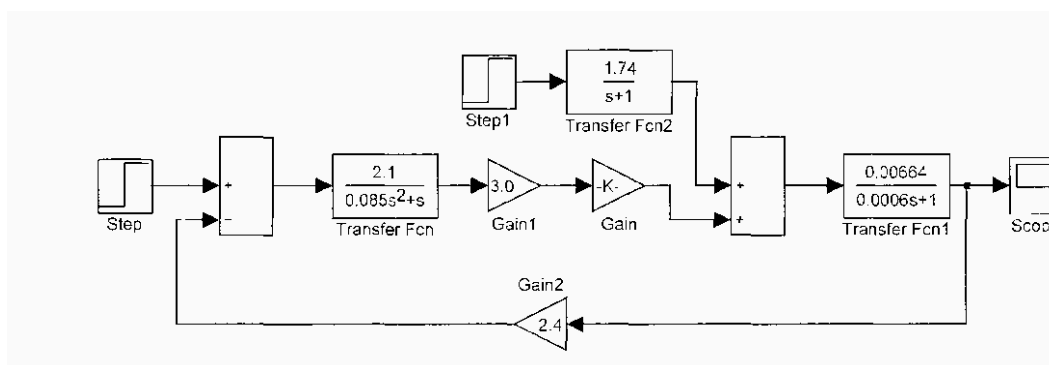


Рис. 2. Схема моделі електропривода

В пакет входять бібліотеки практично всіх необхідних для моделювання пристроїв починаючи від енергетичної електроніки, електричних машин до різноманітних джерел живлення та вимірювальних і контрольних пристроїв. Віртуальні моделі MATLAB є продуктом готових рішень і користувач може не володіти прийомами програмування. Але важливо навчитись створювати нові моделі, використовуючи стандартні алгоритмічні та програмні засоби.

Віртуальні моделі електронних та електромашинних перетворювачів, що входять до складу бібліотеки блоків SimPower System при моделюванні систем ЕРС потребують в більшості випадків суттєвих змін і доповнень.

Справжня потужність MATLAB стосовно моделювання, аналізу і синтезу СУ полягає в можливості багаторазового виконання послідовності команд, записаних у вигляді М-файлів, одним із видів яких є скрипт. Скрипт являє собою послідовність інструкцій і функцій, що використовуються на рівні командної строчки. Скрипт визивається також на рівні командної строчки шляхом введення імені файла. Кожен скрипт може визивати також інші скрипти. При зверненні до скрипта зразу починається виконання інструкцій і обчислення функцій, що входять у файл.

СКРИПТ СИНТЕЗУ САР СТРУМУ ТЕД

Передавальна функція нелінійного елемента – W1;
передавальна функція ланки інтегрування – W2;
передавальна функція управляючого елемента – W3;
передавальна функція ВПІ – W4;
передавальна функція ТЕД – Wд;
передавальна функція датчика струму – W8;

передавальна функція розімкнутої системи – W_p ;
передавальна функція замкнутої системи – W_z ;
Вхідні дані для розробки САР:
 $U_2=50$; $r=0.1$; $L=0.01$; $k_8=8.4$; $\alpha=0.17$; $k_1=1$; $k_2=1.1$; $k_3=2.1$; $m_j=3.826$; $N=1050$;
 $D_k=1.2$; $p_1=3$; $k_6=3.14 \cdot 10^{-3}$;
Передавальний коефіцієнт ВПІ ' $k_4=(2 \cdot \sqrt{2}) \cdot U_2 \cdot \sin(\alpha) / \pi$,
Передавальний коефіцієнт ВПІ по збуренню',
 $k_{14}=(2 \cdot \sqrt{2}) \cdot (1 + \cos(\alpha)) / \pi$, $c_1=(m_j \cdot p_1 \cdot N) / (3.6 \cdot \pi \cdot D_k)$;
 $k_5=1/r$; $k_6=3.14 \cdot 10^{-3}$; $k_7=c_1 \cdot V_0$;
Параметри електродвигуна: $T_5=L/r$; 'постійна часу електродвигуна, с.', $T_g=T_5/(k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 + 1)$;
коефіцієнт передачі електродвигуна', $kg=k_5/(k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 + 1)$,
Передавальна функція САР в розімкнутому стані
 $W_p(p)=k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_d \cdot k_8 / [p(T_g \cdot p + 1)(T_8 p + 1)] = kp / [p(T_g + 1)(T_8 p + 1)]$,
Загальний коефіцієнт підсилення розімкнутої САР', $kp=k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot kg \cdot k_8$,
Передавальна функція ланки інтегрування W_2' , $numW_2=[1]$; $denW_2=[1 \ 0]$; $W_2=tf(numW_2, denW_2)$,
Передавальна функція ланки ТЕД', $numW_d=[kg]$; $denW_d=[T_g \ 1]$; $W_d=tf(numW_d, denW_d)$,
Передавальна функція датчика струму
 $numW_8=[k_8]$; $denW_8=[1]$; $W_8=tf(numW_8, denW_8)$;
Передавальна функція розімкнутої САР без датчика струму' $kp_0=k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot kg$;
 $W_p=series(kp_0 \cdot W_d, W_2)$,
Передавальна функція розімкнутої САР з датчиком струму', $W_{pdc}=series(W_8, W_p)$,
 $margin(W_p)$,
Обчислення запасу по модулю і фазі: $[mag, phase, w]=bode(W_{pdc})$;
 $[G_m, P_m, W_{cg}, W_{cp}]=margin(W_{pdc})$;
 $nyquist(W_{pdc})$; %Побудова ЛАЧХ та ЛФЧХ розімкнутої САР: $subplot(3,1,1)$,
 $bode(W_{pdc})$; $title(['Bode Diagram Wpk', 'Gm=', num2str(G_m), 'Pm=', num2str(P_m)])$
Замкнута САР (в колі зворотнього зв'язку – датчик струму);
Передавальна функція замкнутої САР W_z' , $W_z=feedback(W_p, W_8)$
Обчислення запасу по модулю (дБ) – G_m та фазі (град.) – P_m замкнутої САР
 $[G_m, P_m, W_{cg}, W_{cp}]=margin(W_z)$;
Обчислення та побудова діаграми Боде (ЛАЧХ та ФЧХ) для некоригованої розімкнутої САР $margin(W_{pdc})$
 $title(['Bode Diagram', 'Gm=', num2str(G_m), 'Pm=', num2str(P_m)])$, $xlabel('Frequency (rad/sec)')$, $ylabel('Amplitude(dB)')$
Обчислення полюсів та нулів передавальної функції некоригованої САР 'Нулі передавальної функції W_z замкнутої некоригованої САР', $z=zero(W_z)$. 'Полюси передавальної функції W_z замкнутої некоригованої САР', $p=pole(W_z)$
Синтез САР за допомогою MATLAB. Пошук раціональної коригуючої ланки САР
Варіант 3. Корегування за допомогою пропорційно-інтегрально-диференційного (ПІД) регулятора
Корегуюча ланка з ПІД регулятором', $f_1=[0.004 \ 1]$; $f_2=[0.0033 \ 1]$;
 $numW_{k3}=[15 \cdot conv(f_1, f_2)]$; $denW_{k3}=[1 \ 0]$; $W_{pk3}=tf(numW_{k3}, denW_{k3})$
Передавальна функція корегуючого ПІ регулятор',
 $numW_{k4}=[9.150.11]$; $denW_{k4}=[10]$; $W_{k4}=tf(numW_{k4}, denW_{k4})$
Передавальна функція розімкнутої системи з послідовною коригуючою ланкою',
 $W_{kr}=series(W_p, W_{pk3})$;

```
Передавальна функція замкнутої системи з коригуючою ланкою,  
Wkz=feedback(Wkr,W8);  
Обчислення полюсів та нулів передавальної функції CAP  
Нулі передавальної функції Wkz коригованої CAP ', z=zero(Wkz)  
Полюси передавальної функції Wkz коригованої CAP ', p=pole(Wkz)  
годограф розташування полюсів та нулів замкнутої коригованої CAP subplot(3,1,2),  
pzmap(Wkz);  
перехідна характеристика замкнутої системи регулювання t=[0:0.001:5];  
subplot(3,1,3),step(Wkz,t);  
xlabel('Час t(c)'),ylabel('h(t)')
```

В результаті виконання скрипта отримаємо розрахункові параметри CAP, необхідні динамічні характеристики та графіки функцій (рис. 3).

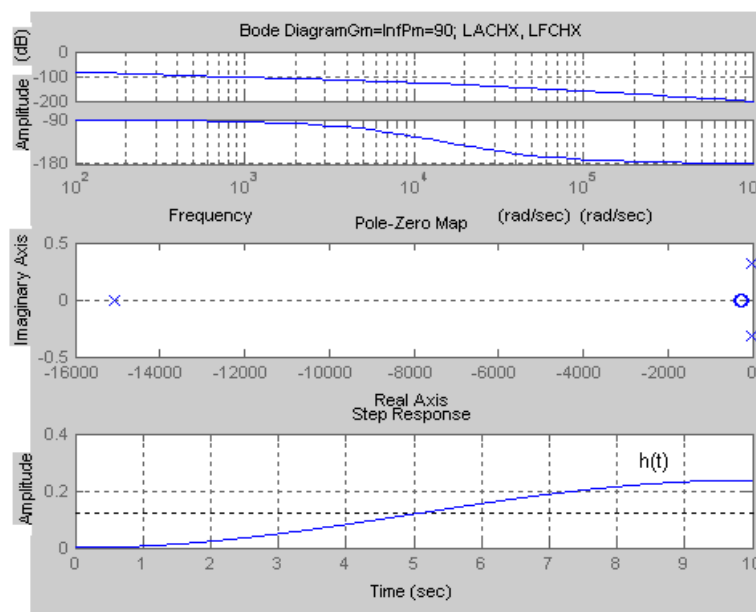


Рис. 3. Логарифмічні частотні характеристики,
кореневий годограф та перехідна функція

Широкі можливості для проведення досліджень і навчання студентів створює розробка і впровадження віртуальних приладів за допомогою візуально-графічної мови програмування LabVIEW [6]. Ця система широко використовується в учбовому процесі в багатьох провідних університетах світу та України [7]. У фундаментальній науці вона використовується в передових наукових центрах, а також у високотехнологічних науково-промислових корпораціях. Програмне забезпечення LabVIEW являє собою достатньо гнучкий і модульний інструмент, що дозволяє створювати віртуальні моделі, проводити точні вимірювання, починаючи від збору даних, до виводу результатів.

Мобільні віртуальні комплекси з математичними моделями, реалізованими засобами пакету LabView, створюють умови для поглиблення наукових досліджень режимів роботи ЕРС, проведення діагностики вузлів безпосередньо в умовах виробництва, оперативно отримувати і обробляти результати моделювання та видавати рекомендації по удосконаленню системи утримання локомотивів.

Поряд з віртуальними модулями необхідно також досліджувати характеристики реального обладнання (чотириквadrантні перетворювачі, АІН, АСД, комутаційна апаратура, датчики). При цьому тренажер з'єднується через пристрій стикування з відповідним реальним пристроєм. Програмно-апаратна підтримка тренажера, створена за допомогою пакету LabVIEW, виконує при цьому роль зовнішньої оболонки, через яку здійснюється введення початкових даних, відображення результатів вимірювання, введення сигналів управління та аналіз результатів розрахунку.

Комп'ютерні технології збору даних з модулем введення/виведення сигналів з використанням пакету LabView, датчиків, виконавчих пристроїв і об'єктів – традиційний підхід при створенні учбової та науково-дослідної бази. При цьому апаратно-програмний комплекс може включати в себе не тільки віртуальні, але й реальні електромеханічні об'єкти з інформаційними колами управління та вимірювання вихідних координат. Обмін інформацією між ЕОМ та об'єктом здійснюється через модуль введення/виведення сигналів. Такий комплекс необхідний для проведення лабораторних робіт по дослідженню динамічних характеристик систем автоматичного управління, характеристик електроприводів з фазовим та частотним регулюванням, автоматизованих цифрових систем управління ЕРС та ін.

Методи акустичної діагностики потребують перетворення акустичного сигналу, прийнятого від контрольованого вузла, в електричну форму за допомогою датчиків, запису аналогового сигналу в цифровий код, відтворення сигналу у вигляді амплітудно-часової залежності. Обробка записаних сигналів включає аналіз скануванням за часом, формування амплітудного спектру з використанням перетворення Фур'є на різних ділянках сигналу, порівняння спектрів і так далі. Середовище LabVIEW надає широкий спектр можливостей для обробки даних акустичної діагностики. При цьому користувач отримує коректний і точний аналіз даних.

Інструментарій обробки та реєстрації сигналів включає широку номенклатуру багатофункціональних плат та модулів введення/виведення компаній «National Instruments», «ХОЛИТ™ ДЭЙТА Системс», «Arduino Software» та ін.

Апаратна обчислювальна платформа Arduino об'єднує в собі усі основні функції необхідні для роботи в режимах збору і збереження даних. Перевага плат Arduino перед аналогічними платформами – відносно невисока ціна і масове поширення серед аматорів і професіоналів робототехніки і електротехніки. У лінійці пристроїв Arduino в основному застосовуються мікроконтролери Atmel AVR, ATmega328, ATmega168, ATmega256, ATmega324 з тактовою частотою 16 або 8 МГц.

Використання функцій LabVIEW при обробці сигналів, аналізі коливань спрощує процес, економлячи час, сили і засоби на створення програми в графічному середовищі програмування, в порівнянні з текстовими мовами. Необхідно відмітити, що програмне середовище дозволяє візуально контролювати хід виконання програми і переміщення потоків даних між підприладами, що є безперечним плюсом при лабораторних дослідженнях і учбових цілях.

Засоби пакету LabView дозволяють організувати тренінг студентів з метою придбання навичок практичної роботи з електромеханічним обладнанням ЕРС і розуміння фізичних процесів, що відбуваються в системах.

Прикладом організації тренінгу студентів з якнайменшими фінансовими витратами на створення традиційного лабораторного практикуму є віртуальний лабораторний стенд для випробування тягових електродвигунів локомотивів в режимі взаємного навантаження (рис. 4).

Модель стенда включає в себе статичні вольтододатковий (ВДП) та лінійний (ЛП) перетворювачі, перший з яких компенсує електричні втрати, а другий – механічні та магнітні втрати в однотипних електромашинах М1, М2, що випробовуються. При

цьому електромашина М2 послідовно підключена до ВДП і працює в режимі генератора, а інша М1 – в режимі двигуна.

Основним елементом віртуального стенду є математична модель, що характеризує зміну струмів, магнітних потоків, обертальних моментів та кутової швидкості електричних машин.

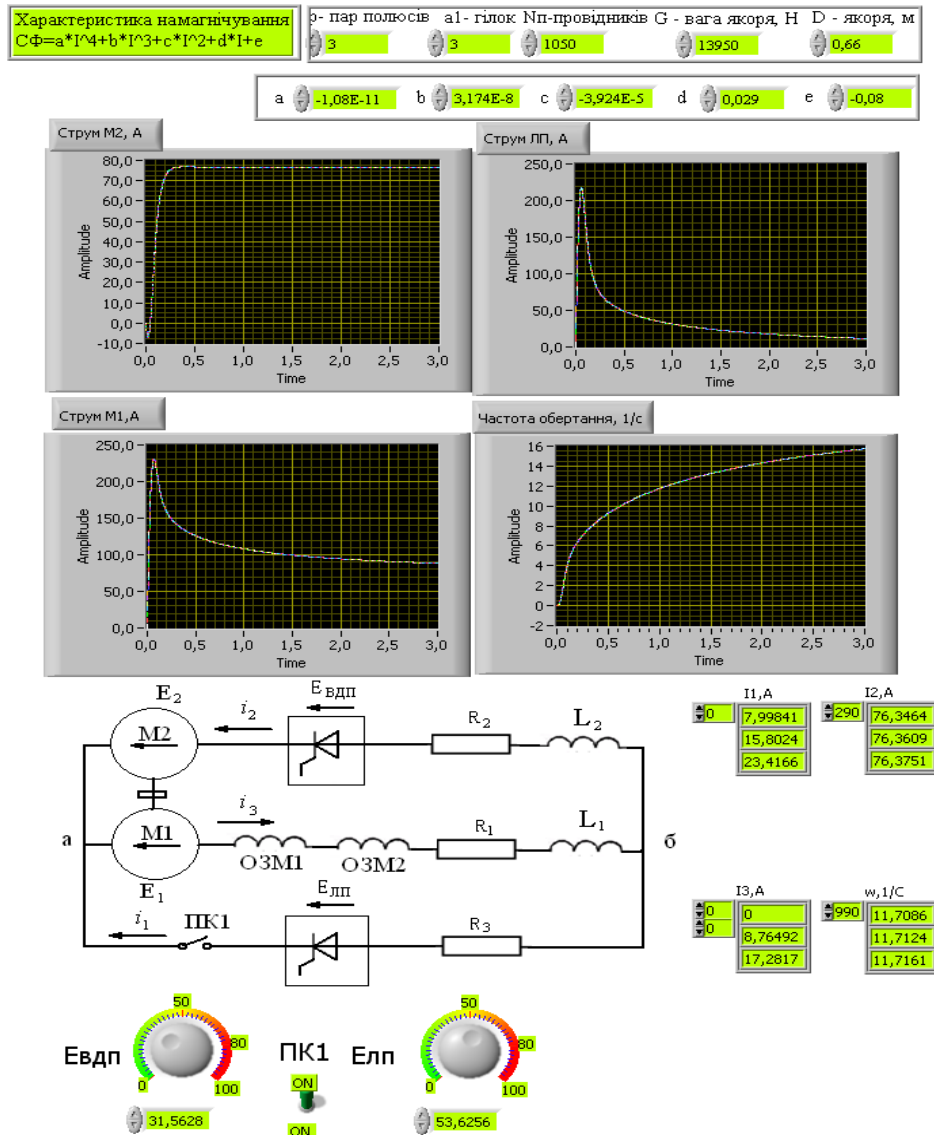


Рис. 4. Віртуальний стенд взаємного навантаження тягових двигунів

Випробування починається з перевірки працездатності зібраних машин при вимкненому ЛП. Струм ВДП i_2 протікає по колу машин М1, М2. Так як обмотки збудження обох машин увімкнені в загальне коло з М1, а вали машин з'єднані муфтою, то при однакових магнітних характеристиках їх обертові моменти рівні і протилежні. Зміна струму в колі при цьому

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{E_1 + E_{ВДП} + E_2 - i_2 R_1 + R_2}{L_1 + L_2},$$

де $E_{ВДП}$, E_1 , E_2 – відповідно ЕРС ВДП та машин М1, М2;

R_1 – опір якоря М1 та головних полюсів обох машин М1, М2;

R_2 – опір якорів М2 та ВД;

L_1 , L_2 – відповідно індуктивність кола машини М1 та кола ВДП з М2.

В режимі перевірки швидкісних характеристик, коли увімкнений контактор ПК1 і ЕРС ЛП перевищує ЕРС E_1 струм $i_1 > i_2$ починається обертання якорів машин. Перехідний процес зміни струму в колі описується системою рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{di_1}{dt} &= \frac{E_{ЛП} - E_1 - i_1 R_1 - i_3 R_3}{L_1}; \\ \frac{di_2}{dt} &= \frac{E_2 + E_{ВДП} - E_{ЛП} + i_3 R_3 - i_2 R_2}{L_2}; \\ i_2 + i_3 &= i_1, \end{aligned}$$

де i_1 , i_2 – відповідно струми в колі М1 та ЛП;

$E_{ЛП}$ – ЕРС ЛП;

R_2 – опір кола ЛП.

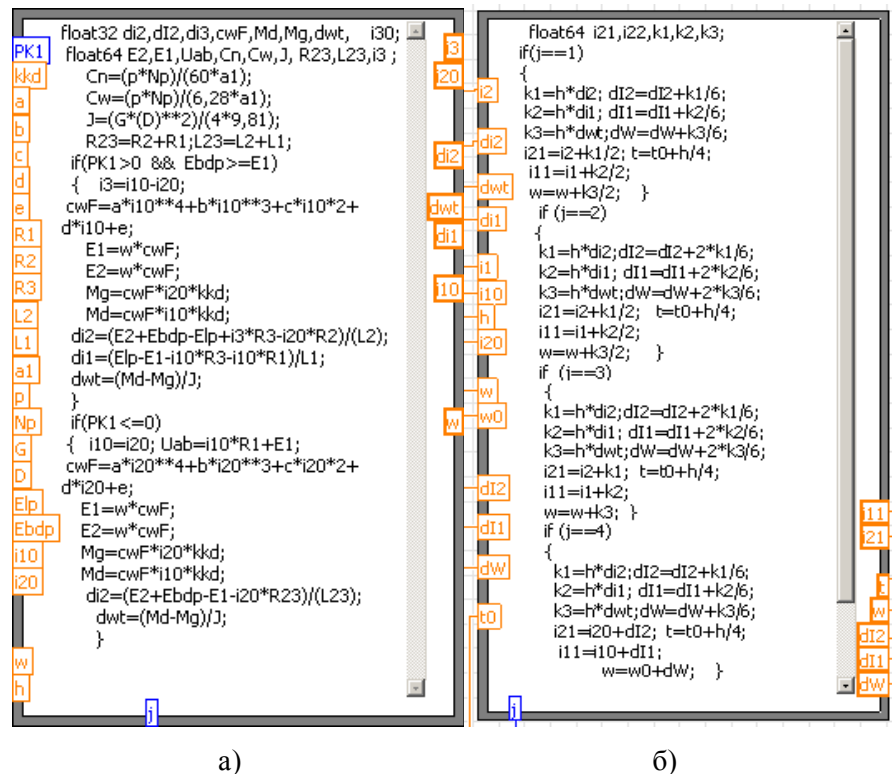


Рис. 5. Фрагменти реалізації математичної моделі (а–б) з використанням вузла «Формули»

Математична модель стенду реалізована засобами пакету LabView. Розрахунки по формулах виконуються з використанням конструкції Formula Node.

В одній конструкції (рис. 5.а) реалізується модель схеми стенду, а в другій (рис. 5. б) – рішення диференційних рівнянь методом Рунге-Кутта 4-го порядку з постійним кроком інтегрування. Конструкції Formula Node розміщені в подвійному циклі по завданню For Loop. Передача вихідних значень параметрів при кожній ітерації на входи наступної ітерації здійснюється за допомогою регістрів зсуву.

На фронтальній панелі віртуального стенду розміщені елементи управління, термінали a , b , c , d , e для корегування характеристик намагнічування електричних машин, введення конструкційних параметрів, управління виводом цифрових результатів та віртуальні прилади Waveform Graph.

Висновки. Комп'ютеризовані віртуальні лабораторні установки, вимірювально-діагностичні апаратно-програмні комплекси з реальними електромеханічними об'єктами та відповідним методичним забезпеченням дають змогу з найменшими фінансовими витратами організувати ефективний лабораторний практикум по циклах електротехнічних дисциплін та поліпшити дослідницьку базу кафедри. Запропонований підхід до вивчення систем ЕРС розширює можливості для самостійної роботи студентів в умовах зменшення кількості аудиторних занять, сприяє підвищенню якості засвоєння навчального матеріалу та вдосконаленню заочної форм навчання.

Віртуальні лабораторні стенди – незамінні ефективні інструменти при виконанні науково-дослідницьких робіт при кафедрі та на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дорф Р. Современные системы управления / Р.Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ.Б.И. Копылова.– М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с. : ил.
2. Под ред. С. В. Покровского. Система управления и диагностики электровоза ЭП10 – М.: Интекст, 2009. — 356 с.
3. Пласк А.В. Системы управления электрическим подвижным составом. Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 360 с.
4. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Серия «Библиотека профессионала»: – М.: СОЛЮН-Пресс, 2005.–576 с.
5. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
6. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание, переработанное и дополненное – М.: Д М К Пресс, 2011. – 904 с.
7. Чорний О.П., Родькін Д.Й., Євстифєєв В.О., Віртуальні лабораторні комплекси для навчального процесу і наукових досліджень. Інформаційно-технічний журнал ПИКАД, №4/2008. Тематичний випуск: «Современные технологии в образовании Украины».

Yuriy Dubravin, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Associate Professor of Traction Rolling Stock of Railways Chair, State University for Transport Economy and Technologies)

Yuriy Cherniak, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Head of Traction Rolling Stock of Railways Chair, State University for Transport Economy and Technologies)

A. Faschevsky
(Head of educational and scientific base «Kyiv-Volyn», Researcher of Traction Rolling Stock of Railways Chair, State University for Transport Economy and Technologies)

IMPLEMENTATION OF COMPUTER INFORMATION TECHNOLOGY IN THE
STUDY OF ELECTROMOTIVE ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

The article discusses the use of computer technology in the study of electromotive control systems. Virtual Computer simulators help improve the educational process and is part of the research base of the chair. The authors developed a methodical approach to simulator using computer technology for research and diagnosis of electromechanical systems electromotive.

Computerized virtual laboratory setup, measurement and diagnostic hardware and software systems with real objects and corresponding electromechanical methodological support enable the lowest financial cost to organize an effective laboratory practice cycles electrical disciplines and improve the research base of the chair. The approach to the study of EMF expanding opportunities for independent work in terms of reducing the number of classes, improves the quality of learning and improving distance learning.

The use of multimedia technology contributes to the improvement of the educational process, enhance training and provides a powerful tool to deepen the research units of locomotives.

Virtual laboratory models – essential tools effective at performing research work at the department and in the workplace.

Keywords: electromotive control systems, electromechanical systems, virtual laboratory, multimedia technology.

REFERENCES

1. Dorf R. Modern control systems. Translation from English B.I. Kopilova. – Moscow.: Laboratory of Basic Knowledge, 2002. – 832 p.
2. Pod red. Pokrovscogo. The control system and diagnostics of an electric locomotive EP10 – Moscow.: Intertekst, 2009. — 356 p.
3. Plaks A.V. Control systems of electric rolling stock. Textbook for high schools railway transport. – Moscow.: Marshryt, 2005. – 360 p.
4. Dikonow V.P. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 in mathematics and modeling. «Library professional» series: – Moscow.: SOLON-Press, 2005.–576 p.
5. Chernux I.V. Simulation of electrical devices MATLAB, SimPowerSystem and Simulink. – Moscow.: DMK Press; SPb.: Piter, 2008. – 288 p.
6. Trevis Dj., Kring Dj. LabVIEW for all/ – Moscow.: DMK Press, 2011. – 904 p.
7. Chorny O.P., Rodkin D.I., Evstifeev V.O., Virtual laboratory facilities for studies and research. Information technology magazine PyKAD, №4/2008. Special Issue: «Modern technologies in education of Ukraine».