

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Модернізовано лабораторний стенд для дослідження режимів роботи асинхронного електропривода з використанням сучасного мікропроцесорного реле фірми Moeller.

Ключові слова: *стенд, електропривод, мікропроцесорне реле, система керування, пусковий реостат, асинхронний електродвигун.*

ВСТУП

Сучасний рівень освіти значною мірою залежить від результативності впровадження технологій навчання, які ґрунтуються на нових методологічних засадах, сучасних дидактичних принципах та психолого-педагогічних теоріях, що розвивають діяльнісний підхід до навчання. Важливу роль в цьому питанні відіграє лабораторний практикум, який базується на використанні сучасної лабораторної бази та є невід'ємною частиною навчання студента.

В умовах кризи та недостатнього фінансування вищих навчальних закладів кафедра Електропривода та автоматизації промислових підприємств Запорізького національного технічного університету вирішує задачі модернізації лабораторної бази шляхом створення сучасних стендів власними силами [1].

При модернізації лабораторних стендів власними силами є можливість збереження і використання складної, коштовної, працездатної і корисної механічної частини (електроприводи різних складних механізмів, металорізальні верстати, промислові маніпулятори, роботи і інше устаткування із складною механікою і електромеханікою), відродження їх із заміною застарілої елементної бази системи керування на сучасні електронні пристрої і програмне забезпечення, зокрема, на базі програмованих контролерів.

Найближча мета модернізації – на базі існуючих створити сучасні стенди, в основному з комп'ютерним керуванням від зовнішніх систем.

Важливо, щоб стенд відповідав: сучасним тенденціям техніки; був універсальним, тобто охоплював широкий спектр дисциплін, що викладаються на кафедрі; мав достатню технічну базу для проведення не лише лабораторних практикумів, а й зняття науково-дослідницьких експериментів; можливостям доповнення та нарощування при необхідності новою елементною базою.

Створенням та модернізацією стендів з дослідження електропривода займаються провідні ВНЗ України [2–3], але недостатньо приділено уваги стендам для дослідження електропривода саме з використанням релейно-контакторних схем, що є невід'ємною складовою вивчення курсу теорії електропривода.

МЕТОЮ дослідження є розробка структури та алгоритмів функціонування лабораторного стенду для досліджень різних режимів роботи асинхронного електропривода з використанням сучасного мікропроцесорного реле.

Стенд (рис. 1) базується на основі існуючого лабораторного обладнання [4] для дослідження різних режимів роботи асинхронного електропривода, зокрема, реостатного пуску асинхронного двигуна (АД) з фазним ротором, динамічного гальмування, режиму противімкнення тощо.

Лабораторне обладнання складається зі стенду, на якому розташована релейно-контакторна апаратура, мікропроцесорне реле та вимірювальні прилади (вольтметри, амперметри та цифровий осцилограф), і підключеного до стенду АД з фазним ротором типу АК51/6. Структурна схема лабораторного стенда наведена на рис. 2.

Запропоноване рішення модернізації дозволяє водночас досліджувати роботу системи керування електропривода, реалізовану на класичній релейно-контакторній базі керування, та систему, реалізовану на сучасному мікропроцесорному обладнанні, а також проводити необхідні налаштування складових стенда та досліджувати перехідний процес струму АД. Спрощена принципова схема стенда наведена на рис. 3.

Обладнання дозволяє налагодити і випробувати наступні режими: реостатний пуск АД в функції часу, динамічне гальмування, гальмування противімкненням, реверс за допомогою класичної релейно-контакторної схеми, та режим реостатного пуску і динамічного гальмування з використанням сучасного мікропроцесорного реле [5].

Перший етап лабораторних робіт полягає в розрахунку часу перемикання ступенів опорів і побудові електромеханічних характеристик АД з фазним ротором та моделювання його роботи використовуючи бібліотеку SimPowerSystems пакета MATLAB Simulink. Другий етап створення алгоритму програми і її реалізація у вигляді програмовного середовища EASYSOFT. Третій етап включає перевірку правильності написання програми і налаштування параметрів усіх елементів програми (особлива увага приділяється реле часу і лічильникам) та подальше завантаження з персонального комп'ютера (ПК) на мікропроцесорне реле EASY500. Четвертий етап зняття реального струму в фазі ротора (за допомогою цифрового осцилографа) та порівняння його результатами моделювання.

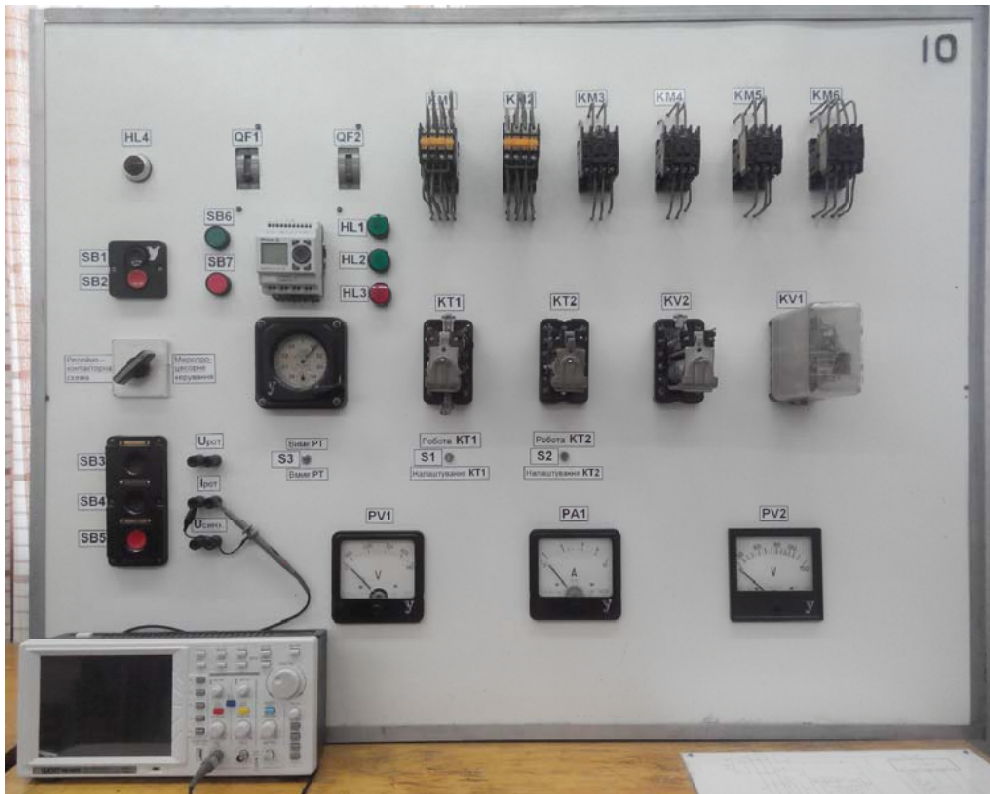


Рис. 1. Зовнішній вигляд панелі керування лабораторного стенда дослідження асинхронного електропривода з використанням мікропроцесорного реле EASY-512



Рис. 2. Структурна схема лабораторного стенда

Лабораторний стенд використовується для порівняльного аналізу ручних і автоматичних засобів керування на базі контролерів серії EASY. Під час занять студенти отримують основи програмування в середовищі EASYSOFT, необхідні для самостійного написання програм керування, навички розрахунків основних елементів електропривода та моделювання. Крім того, є можливість навчання способам програмування за допомогою панелі керування контролера або на комп'ютері.

ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО РЕЛЕ

В електроприводі, і взагалі в галузі електротехніки, все частіше використовуються програмовані логічні контролери (ПЛК) з обмеженою кількістю входів і виходів. Їх ще називають мікропроцесорні або інтелектуальні реле.

Мікропроцесорні реле мають такі специфічні риси.

Полегшене програмування, що виконується, як правило, у формі заздалегідь складеної релейної електричної принципової схеми. Для завдання програми використовується клавіатура ручного введення в символах принципової релейної схеми шляхом натиснення на кнопки і послідовного вибору замикаючого або розмикаючого контактів, котушки пристрою і таке інше.

Модульність побудови (входи, виходи і об'єм пам'яті) нарощується з певним кроком).

Можливість використання безпосередньо в промислових умовах завдяки великій заводо захищеності та гальванічному розв'язуванню від зовнішніх кіл.

За ієрархією складності мікропроцесорні реле знаходяться між ПЛК і традиційними схемами електроавтоматики; мають менший об'єм електронних пристроїв і меншу, ніж ПЛК, місткість пристроїв пам'яті.

Програмне забезпечення реле дозволяє виконання додаткових функцій, а саме використання таймерів для витримки часу, лічильників для рахунку імпульсів і таке інше.

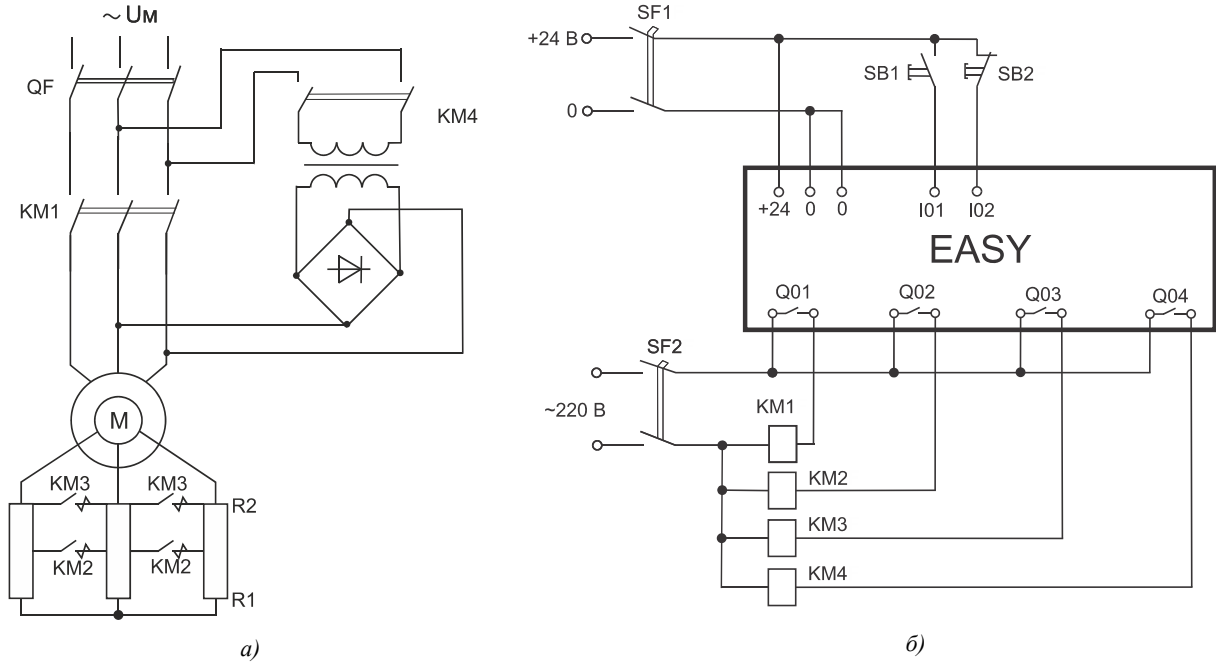


Рис. 3. Спрощена принципова схема станда: а) силова частина вмикання АД з фазним ротором; б) кола керування реле EASY

Модульність побудови (входи, виходи і об'єм пам'яті нарощується з певним кроком).

Можливість використання безпосередньо в промислових умовах завдяки великій заводо захищеності та гальванічному розв'язуванню від зовнішніх кіл.

За ієрархією складності мікропроцесорні реле знаходяться між ПЛК і традиційними схемами електроавтоматики; мають менший об'єм електронних пристроїв і меншу, ніж ПЛК, місткість пристроїв пам'яті.

Програмне забезпечення реле дозволяє виконання додаткових функцій, а саме використання таймерів для витримки часу, лічильників для рахунку імпульсів і таке інше.

Конструктивні виконання мікропроцесорних реле різняться числом входів і виходів, електричними параметрами (рід струму, напруга, комутаційна здатність), об'ємом пристроїв пам'яті для запам'ятовування інформації.

Типовими мікро-ПЛК є електронні мікропроцесорні реле німецької фірми Moeller, які нині представлені серіями EASY500, EASY700, EASY800 і багатофункціональним дисплеєм MFD-Titan. Вони є малогабаритними керуючими пристроями, здатними вирішувати комбінаційні і послідовні завдання. Напруга живлення пристроїв 12 В або 24 В постійного струму та 24 В або 115/240 В змінного струму. Напруга вхідних сигналів співпадає по виду і значенню з вибраною напругою живлення [6]. Зовнішній вигляд мікропроцесорного реле показаний на рис. 4.

Усі внутрішні функції реле реалізуються в програмному вигляді. За аналогією з відомими пристроями за програмними функціями зберігаються назви: таймери, реле часу, лічильники, компаратори та інше. Програма складається у вигляді рисунка електричної схеми, що містить вхідні ланки, контакти і котушки відповідних реле і ліній, що сполу-



Рис. 4. Загальний вигляд мікропроцесорних реле EASY512

чають їх. Введення програми здійснюється від вбудованого пульта з клавіатурою й індикацією на рідінокристалічному (Р-К) дисплеї, від спеціального чипу (модуля або карти пам'яті), що зберігає програму або від ПК (за допомогою програми EASY-SOFT). Пам'ять реле незалежна. При зникненні напруги і її наступному поновленні, конфігурація схеми і налагодження елементів зберігаються.

Пристрої мають можливість розширення входів-виходів і обміну даними з промисловими інформаційними мережами AS-Interface, Profibus-DP, CANopen, DeviceNET. Реле EASY800 і MFD-Titan, окрім цього, можуть бути об'єднані у власну інформаційну мережу EASY-NET, до якої можуть входити до восьми приладів, з пристроями розширення, віддаленими на відстань до 1000 м.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ НА СТЕНДІ

Метою лабораторних робіт є вивчення схемних рішень релейно-контакторних та мікропроцесорних систем керування АД з фазним ротором, а також ознайомлення з порядком розрахунку, моделювання і налагодження вказаних систем при керуванні двигуном у функції часу або ЕРС.

При підготовці до лабораторних робіт студенти вивчають будову стенда, програмування модуля EASY та приклади програм, наведених у методичних вказівках. Відповідно заданого варіанта, розраховують величину пускових реостатів та час спрацювання реле часу.

Для моделювання системи використовується бібліотека SimPowerSystems пакету MATLAB Simulink. Бібліотека блоків SimPowerSystems (у версії MATLAB 6.1 і раніше – Power System Blockset) є однією з безлічі додаткових бібліотек Simulink орієнтованих на моделювання конкретних при-

строїв. SimPowerSystems містить набір блоків для імітаційного моделювання електротехнічних пристроїв. До складу бібліотеки входять моделі пасивних і активних електротехнічних елементів, джерел енергії, електродвигунів, трансформаторів, ліній електропередачі і тому подібне устаткування. Використовуючи спеціальні можливості Simulink і SimPowerSystems, можна не лише імітувати роботу пристроїв в тимчасовій області, але і виконувати різні види аналізу таких пристроїв. Безперечною перевагою SimPowerSystems є те, що складні електротехнічні системи можна моделювати, поєднуючи методи імітаційного і структурного моделювання. На рис. 5 наведена спрощена модель пуску АД з фазним ротором у функції часу, де за допомогою блоків Ideal Switch проводиться шунтування опорів (3-Phase Series RLC Branch) в ланцюгу ротора. Блоки Step1-Step2 задають послідовність включення ступенів реостату.

Результати моделювання наведені на рис. 6. З графіків видно, що шунтування ступенів здійснюється на 0,6 та

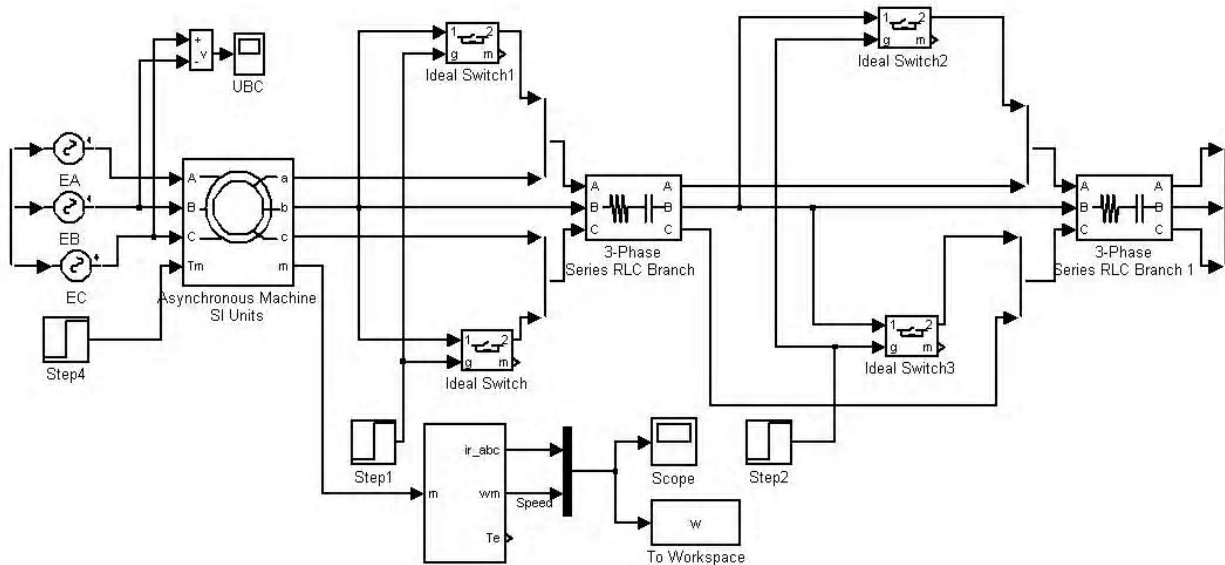


Рис. 5. Спрощена модель пуску АД з фазним ротором у функції часу

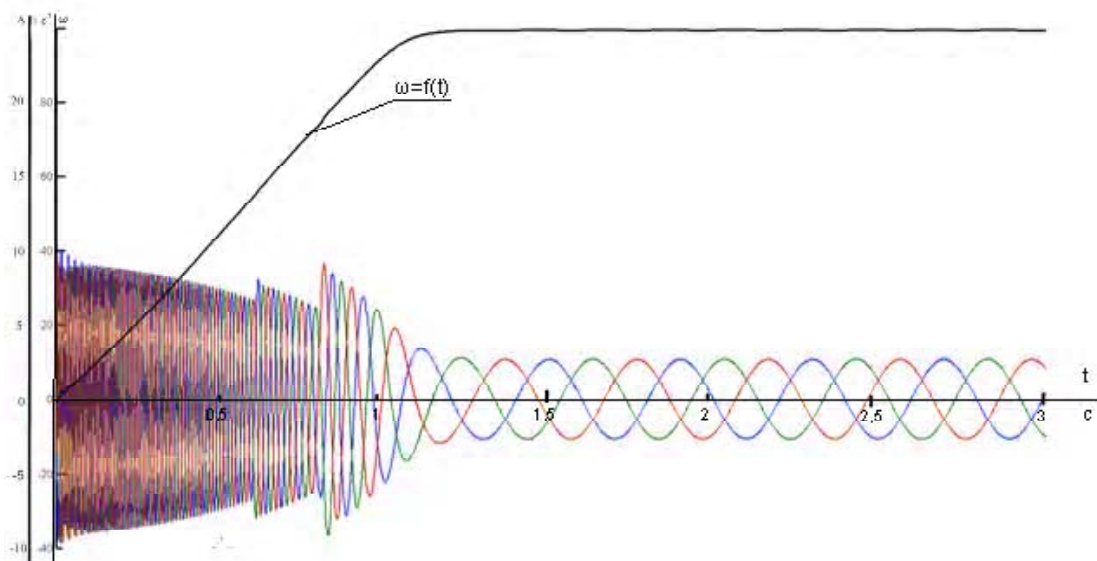


Рис. 6. Результати моделювання

0,8 с. Перехідний процес кутової швидкості закінчується на 1,2 с.

Студенти складають програму роботи електропривода з врахуванням різних режимів його розгону та гальмування, відповідно заданого варіанта. Перевіряють розроблені програми у програмовному середовищі EASY-SOFT. Запис програми до мікропроцесорного реле відбувається за допомогою кабелю EASY-PC-SAB який підмикається до ПК або безпосередньо програмується мовою релейно-контакторних схем (рис. 7) за допомогою вбудованого пульта з клавіатурою й індикацією на рідкокристалічному дисплеї (рис. 4).

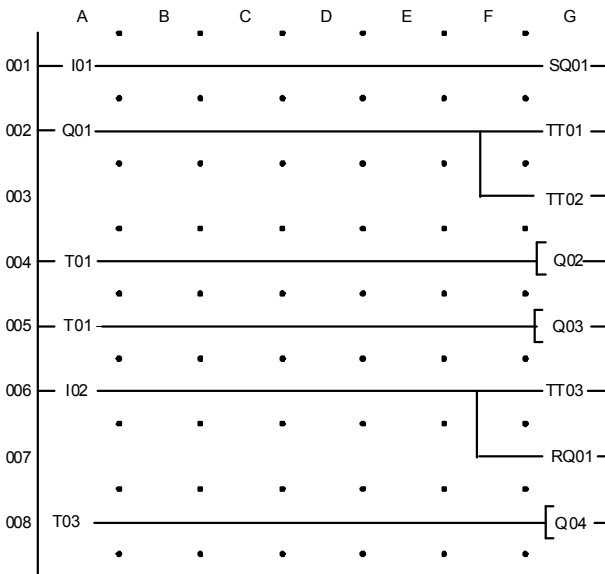


Рис. 7. Програма для пуску АД у дві ступені в функції часу та динамічного гальмування написана на мові релейно-контакторних схем для EASY512

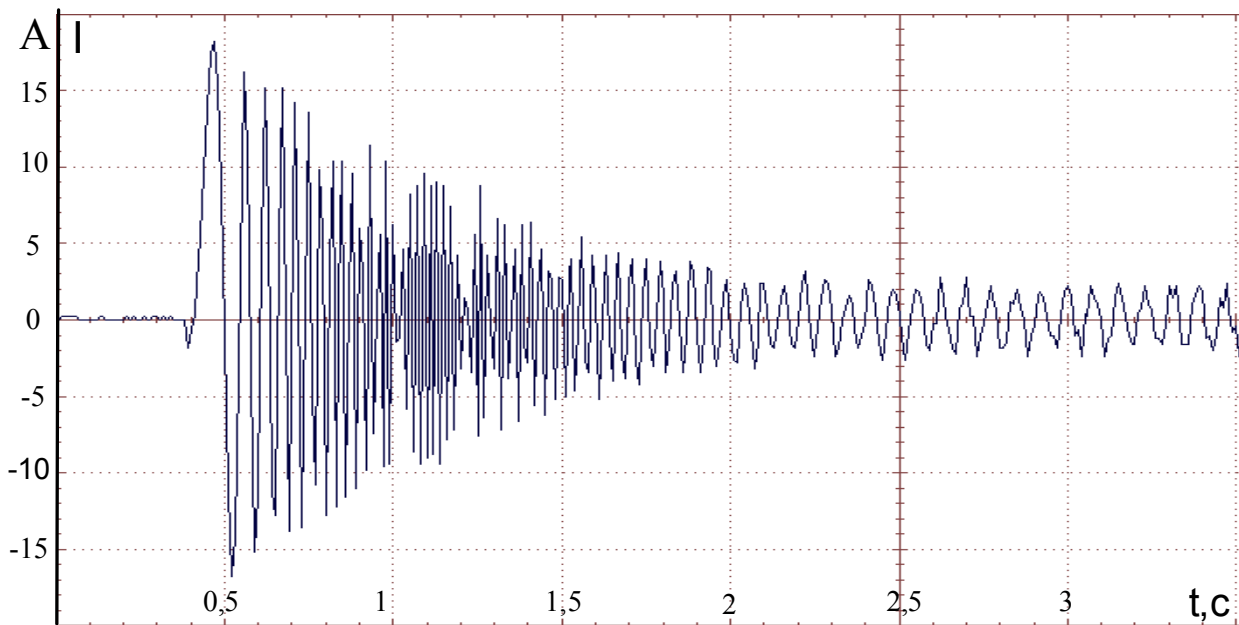


Рис. 8. Осцилограма струму ротора реостатного пуску АД

Після програмування реле EASY512 здійснюється керування АД. За допомогою цифрового осцилографа є можливість спостерігати за реальним струмом в колі ротора АД (рис. 8) завдяки шунту вбудованому в одну з фаз.

За рис. 8 видно, що в моменти часу 1 та 1,2 с відбувається шунтування фази ротора АД при цьому змінюються амплітуда та частота струму.

Студенти аналізують отримані результати та порівнюють з результатами моделювання.

ВИСНОВКИ

Модернізація системи керування лабораторного стенда, дослідження роботи асинхронного електропривода дозволяє за розробленою методикою вдосконалювати навчальний процес вивчення студентами як будови та особливостей роботи електропривода, так і системи керування реалізованої за допомогою мікропроцесорного реле EASY, а також отримувати реальні осцилограми роботи електропривода та порівнювати їх з результатами моделювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Совершенствование лабораторного практикума обучения студентов по направлению подготовки «Электромеханика» / [Бондаренко В. И., Орловский И. А., Пирожок А. В. и др.] // Электротехнические системы и комплексы. – Магнитогорск. – Вып. 20. – 2012. – С. 412–438.
2. Мастепан А. Г. Стенды для исследования основ электропривода / А. Г. Мастепан, С. Н. Лугай // Сборник научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ»: Проблемы автоматизованого електропривода. Теорія і практика. – № 36 – Вестник НТУ «ХПИ», 2013. – С. 509–510.
3. Разработка универсального стенда электропривода на основе элементной базы фирмы «SIEMENS» /

- [Квашин В. О., Наливайко А. М., Колесникова Г. В., Шульга А. А.] // Вестник НТУ ХПИ Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Харьков. – 2008. – С. 134–136.
4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електропривода» для студентів спеціальності 8.092203 – Електромеханічні системи автоматизації та електропривод денної форми навчання / Укл.: Бондаренко В. І., Крисан Ю. О., Васильєва Є. В. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. – 16 с.
 5. Бондаренко В. І. Основи електропривода : навчальний посібник / В. І. Бондаренко, Ю. О. Крисан. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. – 402 с.
 6. Андрущенко О. А. Электронные программируемые реле серий EASY и MFD-Titan. Учебное пособие для изучения реле и проектирования систем автоматизации на их основе / О. А. Андрущенко, В. А. Водичев. – Одесса : ДП «Моэллер Электрик», 2006. – 235 с.
- Стаття надійшла до редакції 03.06.2014.*

Крисан Ю. А.

Канд. техн. наук, доцент, Запорожский национальный технический университет, Украина

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Модернизирован лабораторный стенд для исследования режимов работы асинхронного электропривода с использованием современного микропроцессорного реле фирмы Moeller.

Ключевые слова: *стенд, электропривод, микропроцессорное реле, система управления, пусковой реостат, асинхронный электродвигатель.*

Krysan Yu.

Ph.D. Tech., Associate Professor, Zaporizhzhya National Technical University, Ukraine

MODERNIZATION OF LABORATORY STAND OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE RESEARCH

The worked out stand is based on the basis of existed laboratory equipment for research of the different modes of asynchronous electric drive. For a management the modes of starting and braking with the Moeller microprocessor relay is used.

The offered solution of modernization allows simultaneously to investigate work of electromechanical control system, realized on classic to the relay – contact base of management, and system, realized on a modern microprocessor equipment, and also to conduct the necessary tuning of stand constituents and investigate the transient of current slip-ring induction motoring.

An equipment allows to put right and test the next modes: rheostat starting slip-ring induction motoring in the functions of time, reverses, dynamic braking.

The worked out course of laboratory works allows to conduct timing of switching of degrees of resistances and construction of electromechanical descriptions slip-ring induction motoring and also to design his work using the SimPowerSystems libraries of MATLAB Simulink package. Creation of program algorithm and its realization as a EASYSOFT program environment are performed. Verification of rightness of the program writing and tuning of all program elements parameters are done. It is shown that the removal of the real current is in the phase of rotor (by means of digital oscillograph) and it is don't the design comparison of its results.

Keywords: *stand, electromechanical, microprocessor relay, control system, starting rheostat, asynchronous electric motor.*

REFERENCES

1. Bondarenko V. I., Orlovskij I. A., Pirozhok A. V., Krisan Ju. A., Osadchij V. V., Zaluzhnyj M. Ju. Sovershenstvovanie laboratornogo praktikuma obuchenija studentov po napravleniju podgotovki «Jelektromehanika», *Jelektrotehnicheskie sistemy i kompleksy*. Magnitogorsk, Vyp.20, 2012, pp. 412–438.
2. Mastepan A. G., Lutaj S.N. Stendy dlja issledovanija osnov jelektroprivoda, Sbornik nauchnyh trudov «Vestnik NTU «HPI» : Problemi avtomatizovanogo jelektroprivodu. Teorija i praktika, No. 36, Vestnik NTU «HPI», 2013, pp. 509–510.
3. Kvashin V. O., Nalivajko A. M., Kolesnikova G. V., Shul'ga A. A. Razrabotka universal'nogo stenda jelektroprivoda na osnove jelementnoj bazy firmy «SIEMENS», *Vestnik NTU HPI Problemy avtomatizirovannogo jelektroprivoda. Teorija i praktika*. Har'kov, 2008, pp. 134–136.
4. Metodichni vkazivki do laboratornih robit z disciplini «Teorija jelektroprivoda» dlja studentiv special'nosti 8.092203 Elektromehanični sistemi avtomatizacii ta jelektroprivod dennoї formi navchannja, Ukl.: Bondarenko V. I., Krisan Ju. O., Vasil'eva Є. V., Zaporizhzhja, ZNTU, 2010, 16 p.
5. Bondarenko V. I., Krisan Ju. O. Osnovi jelektroprivoda : navchal'nij posibnik. Zaporizhzhja, ZNTU, 2013, 402 p.
6. Andrjushhenko O. A., Vodichev V. A. Jelektronnye programmiruemye rele serij EASY i MFD-Titan. Uchebnoe posobie dlja izuchenija rele i proektirovanija sistem avtomatizacii na ih osnove. Odessa, DP «Mojeller Jelektrik», 2006, 235 p.