

УДК 621.313

## ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ МАШИН

**В. Ф. Шинкаренко, Н. А. Реуцкий**

Национальный технический университет Украины "КПИ"  
просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: svf46@voliacable.com

Рассмотрены принципы построения и характеристики многофункционального лабораторного электромеханического комплекса нового поколения, обеспечивающего высокое качество испытаний с минимальными затратами времени и электроэнергии. Комплекс оснащен дистанционной системой компьютерного управления с системой автоматизированной обработки и визуального отображения результатов испытаний. Проанализированы особенности функционирования комплекса при исследовании статических и динамических режимов асинхронных машин.

**Ключевые слова:** электромеханический комплекс, испытания, преобразователь частоты, устройство плавного пуска и останова, энергоэффективность, вибродемпфирование, энкодер, мультиметр.

## ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННИХ МАШИН

**В. Ф. Шинкаренко, М. О. Реуцький**

Національний технічний університет України "КПІ"  
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: svf46@voliacable.com

Розглянуто принципи побудови і характеристики багатофункціонального лабораторного электромеханічного комплексу нового покоління, що забезпечує високу якість випробувань з мінімальними витратами часу й електроенергії. Комплекс оснащено дистанційною системою комп'ютерного керування з системою автоматизованої обробки і візуального відображення результатів випробувань. Проаналізовано особливості функціонування комплексу при дослідженні статичних і динамічних режимів асинхронних машин.

**Ключові слова:** электромеханічний комплекс, випробування, перетворювач частоти, пристрій плавного пуску і зупину, енергоефективність, вібродемпфування, енкодер, мультиметр.

**ВВЕДЕНИЕ.** Повышение энергоэффективности использования электроприводов с асинхронными двигателями революционно меняет подход к принципам построения приборов управления, защиты и коммутации благодаря использованию цифровой техники от простейших микросхем до мощных программируемых логических контроллеров. Для подготовки квалифицированных специалистов – электромехаников, способных быстро и эффективно осваивать новую технику, – на кафедре электромеханики НТУУ "КПИ", г. Киев, при поддержке компании "СВ Альтера" разработан и изготовлен лабораторный электромеханический комплекс, оснащенный современным оборудованием.

Асинхронные двигатели (АД), как и другие изделия современной промышленности, проходят различные испытания: приемо-сдаточные, периодические, типовые, квалификационные, аттестационные и др. [1]. Испытания АД чаще всего проводят с целью определения соответствия их характеристик требованиям технических условий. Испытания представляют собой довольно трудоемкий процесс со сложной методикой определения отдельных параметров и связаны с большой затратой времени и материальных ресурсов [2, 3].

Целью работы является исследование характеристик асинхронных машин как при статических, так и при различных видах и режимах динамических нагрузок для объективной оценки их механических и энергетических показателей.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Блок-схема лабораторного электромеханического комплекса изображена на рис. 1.

Конструктивно электромеханический комплекс выполнен в виде двух моноблоков: силовой части и блоков управления, измерения и защиты. Силовая часть – две асинхронные машины типа MS9024 мощностью по 1,5 кВт – смонтирована на специальных платформах, обеспечивающих полную соосность нагрузочной и испытываемой машины.



Рисунок 1 – Блок-схема электромеханического комплекса

Оригинальная система вибродемпфирования позволяет практически полностью гасить вибрации агрегата в трех плоскостях. Соосно с нагрузочной машиной установлен инкрементальный энкодер и система дополнительного обдува машин (рис. 2).

Блок приборов управления, измерения и защиты содержит:

– систему аналізу параметрів живлячої мережі та захисту від підвищеного та пониженого напруги;

– систему управління, яка дозволяє проводити випробування асинхронного двигача при живленні безпосередньо від мережі змінного трифазного струму, перетворювача частоти LENZE серії 8200 Vector або пристрою плавного пуску та зупинки EUROSTART 1,5;

– систему управління навантажувальною машиною, що містить перетворювач частоти LENZE 8200 Vector. Зміна характеру навантаження здійснюється за рахунок регулювання частоти живлення навантажувальної машини при впливі на блок формування сигналу задання перетворювача частоти від погоджуючого пристрою, управляемого від ПК. Зупинка енергії в навантажувальній машині відбувається на гальмівному модулі LENZE;



Рисунок 2 – Лабораторний електромеханічний комплекс

– систему компенсації реактивної потужності Ducati energia со спеціальним контактором Lovato BFK0910A;

– систему управління роботою комплексу в ручному та автоматичному режимі со світловою індикацією, а також реєстрацією електричних та механічних (момент, частота обертання) показувачів з виводом вимірюваних величин на мультиметр DMK32 та на екран ПК.

В процесі виробництва неминучі відхилення показувачів якості АД від нормованих, які виражаються в змінах значень струмів та втрат холостого ходу (х.х) та короткого замикання (к.з). Маючи дані випробувань х.х. та к.з., можна оцінити відповідність випробуваного АД вимогам стандартів та ТУ. Совершенно очевидно, що на сучасному обладнанні з використанням мікропроцесорної техніки такий контроль можна виконати в найбільшій кількості та в найкоротші терміни. Обору-

дование, используемое в комплексе, не предусматривает независимое регулирование напряжения и частоты питающей сети. Поэтому опыты х.х. и к.з. могут быть проведены только при регулировании напряжения с неизменной частотой сети 50 Гц. Для автоматизированного съема данных опытов х.х. и к.з. использована программа DMK remote control. Результаты опытов выводятся на экран ПК в виде таблиц, по которым могут быть построены графики в абсолютных или относительных единицах. Учитывая сложность работы на стенде, оснащенном большим количеством приборов, для студентов, не имеющих достаточного опыта, разработаны виртуальные модели опытов х.х. и к.з. Перед выполнением исследований на стенде студенты имеют возможность провести виртуальные исследования на ПК. Виртуальная программа составлена в среде Visual Basic.

Определение динамических характеристик АД осуществляется при помощи модуля системы тестирования электроприводов переменного тока (СТЕП). Контроллер позволяет измерять напряжение, ток и частоту вращения вала с дискретностью 0,8 мс. Наличие у цифровых анализаторов сети DMK встроенного интерфейса RS485, а также наличие модуля связи Lecom A/B у преобразователя частоты LENZE позволило применить СКАДА-систему Movicon XII для обработки результатов измерений (рис. 3). Динамическая механическая характеристика может быть определена по переходным зависимостям  $\omega(t)$  или  $n(t)$  и  $M(t)$  (рис. 4).

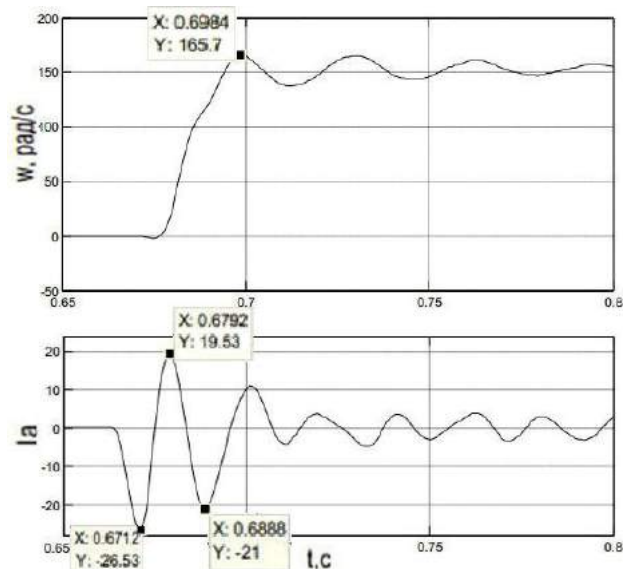


Рисунок 3 – Зміна частоти обертання та струму АД при пуску від мережі

Уменьшение потребления реактивных токов в энергоустановках за счет компенсации реактивной мощности является одним из самых распространенных подходов для решения проблемы экономии электроэнергии на производстве и в быту. Используемая в электромеханическом комплексе система компенсации реактивной мощности (СКРМ) (рис. 5) состоит из двух элементов: трехфазного конденса-

тора Ducati Modulo 10 емкостью 3x16 мкФ и контактора Lovato BFK 0910A, отличающегося повышенной надежностью и имеющего больший срок службы за счет использования дополнительной группы контактов с токоограничивающими резисторами.

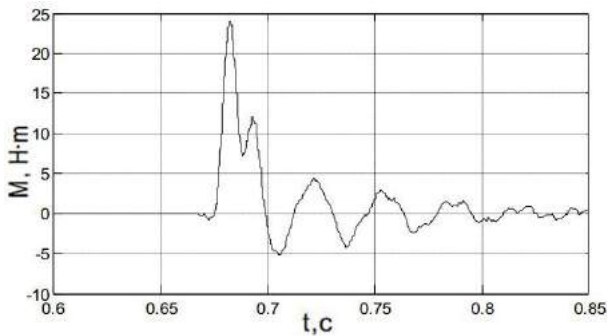


Рисунок 4 – Изменение вращающего момента при пуске АД от сети

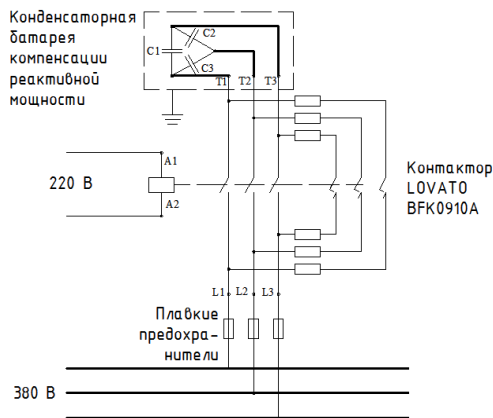


Рисунок 5 – Схема подключения конденсаторной батареи

Для АД MS 9024 с номинальной мощностью  $P_{2H} = 1500$  Вт,  $U = 220/380$  В,  $\cos\varphi = 0,79$  и потребляющего  $Q_p = 935$  ВАр подключение СКРМ позволяет компенсировать 760 ВАр реактивной мощности.

Использование СКРМ, подключенной к АД при номинальной нагрузке, повышает  $\cos\varphi = 0,79$  до значения  $\cos\varphi = 0,895$ , т.е. компенсирует реактивную мощность на 81,3 %. Для исследовательских целей представляет интерес установление энергетических зависимостей асинхронного двигателя при изменении нагрузки с системой компенсации реактивной мощности с выводом измеряемых значений  $\cos\varphi$  на мультиметр ДМК 32 и на экран ПК.

**ВЫВОДЫ.** Лабораторный электромеханический комплекс с компьютерным дистанционным управлением и системой автоматической обработки и визуального отображения исследуемых данных позволяет обеспечивать асинхронные машины в статических и динамических режимах с минимальными затратами времени и электроэнергии. Результаты разработки могут быть использованы для комплексной системы сертификации качества асинхронных машин, а также исследования энергосберегающих режимов их работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 407 с.
2. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин. – М.: Высшая школа, 1990. – 255 с.
3. Потопов Л.А., Зотин В.Ф. Испытание микроэлектродвигателей в переходных режимах. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 105 с.

### LABORATORY COMPLEX FOR STATIC AND DYNAMIC INDUCTION MACHINES CHARACTERISTICS STUDYING

V. Shynkarenko, N. Reutsky

National Technical University of Ukraine "KPI"

prosp. Pobedy, 37, Kiev, 03056, Ukraine. E-mail: svf46@volicable.com

The principles of construction and electromechanical characteristics of the multi-laboratory complex of new generation, which provides high-quality trials with minimal time and energy. The complex is equipped with a remote computer control system with a system of automated processing and visualization of test results. The features of the complex functioning in the study of static and dynamic modes of induction machines.

**Key words:** electromechanical complex, testing, frequency converter, soft start and stop device, energy efficiency, vibro-decrement, encoder, multimeter.

#### REFERENCES

1. Zherve G.K. *Industrial tests of the electric machines*. – L.: Energoatomizdat, 1984. – 407 p. [in Russian]
2. Goldberg O.D. *Testing of electrical machines*. – M.: Vysshaya shkola, 1990. – 255 p. [in Russian]
3. Potapov L.A., Zotin V.F. *The test micromotors under transient conditions*. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 105 p. [in Russian]

Стаття надійшла 20.03.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Толочко О.І.