

В.А. Евстифеев,  
А.П. Черный, Д.И. Родькин, доктора техн. наук,  
Т.В. Величко

Украина  
Кременчуг,  
Кривой Рог

Кременчугский государственный политехнический университет  
Криворожский технический университет

## РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

*Наведено можливість єдиного підходу до організації лабораторного практикуму за циклами професійно-орієнтованих і спеціальних дисциплін електротехнічних спеціальностей на основі віртуальних технологій, обґрунтовано доцільність створення універсальних віртуальних лабораторних комплексів для проведення лабораторного практикуму за циклами дисциплін.*

*Показана можливість єдиного підходу к організації лабораторного практикуму по циклам професійно-орієнтованих і спеціальних дисциплін електротехнічних спеціальностей на основі віртуальних технологій, обґрунтована цілесобразність створення універсальних віртуальних лабораторних комплексів для проведення лабораторних робіт по циклам дисциплін.*

*The paper deals with the uniform approach for the laboratory practical works within professional-oriented and special disciplines for electrotechnical specialisms. It is based on the virtual technologies. The uniform virtual laboratory complexes should be developed for laboratory practical works performing, that is grounded in the paper.*

**Введение.** Образовательный процесс в высших технических учебных заведениях предполагает не только глубокую теоретическую подготовку, но и приобретение навыков практической работы с теми или иными техническими устройствами и системами, в ходе которой формируются базовые знания в исследуемой области, проверяются на практике некоторые теоретические законы. Реализация лабораторного практикума традиционными методами в специализированных лабораториях учебного заведения связана с определенными трудностями организационного и финансового характера [2]. Более того, для заочной и дистанционной форм обучения такие методы являются затруднительными или даже невозможными.

Возможным решением проблемы организации эффективного лабораторного практикума является использование виртуальных технологий. В отличие от тренажерных технологий, позволяющих студенту приобрести навыки работы с оборудованием, научиться принимать качественные и быстрые решения в различных ситуациях, включая нештатные, применение компьютеризированных виртуальных лабораторных комплексов (ВЛК) позволяет расширить, закрепить и связать с практикой знания, полученные при теоретическом изучении дисциплин, усвоить фундаментальные закономерности, положенные в основу работы реального оборудования [2].

**Цель работы.** Целью работы является обоснование возможности единого подхода к организации лабораторного практикума по циклам дисциплин электротехнических специальностей с использованием виртуальных технологий и создания универсальных

ВЛК для проведения лабораторных работ по циклам дисциплин.

**Материал и результаты исследований.** Учебный план подготовки инженеров-электромехаников (специальность – Электромеханические системы автоматизации и электропривод) включает ряд учебных дисциплин, напрямую связанных с изучением систем электропривода или их элементов: электрические машины (ЭМ), аппараты и устройства электроавтоматики (АУЭА), элементы автоматизированного электропривода (ЭАЭП), силовые преобразователи (СП), теория электропривода (ТЭП), системы управления электроприводами (СУЭП), системы оптимального управления (СОУ), цифровые системы управления электроприводом (ЦСУ), комплектные электроприводы (КЭП), автоматизированный электропривод типовых промышленных механизмов (АЭП ТПМ).

Анализ структурно-логической схемы специальности (рис. 1) и учебных программ указанных дисциплин свидетельствует о том, что лабораторные работы, практические занятия, расчетные задания, выполняемые студентами в рамках отдельных курсов, имеют много общих моментов и связаны друг с другом.

Так, например, в ходе лабораторного практикума по курсу ЭМ студенты исследуют и анализируют статические, регулировочные, энергетические характеристики электрических машин переменного и постоянного тока; по курсу СП – регулировочные, внешние характеристики, энергетические процессы в различных типах преобразователей; по курсу ТЭП – статические и динамические режимы электроприводов; по курсу СУЭП – замкнутые системы управления электроприводами, методы формирования требуемых показателей качества регулирования.

Обычные учебные лаборатории имеют ограниченные возможности в смысле проведения инженер-

ных экспериментальных исследований, например, исследования динамических режимов работы электромеханического оборудования при различных видах нагружения, а также анализа предаварийных и аварийных режимов, недопустимых в реальных условиях. Кроме того, конкретные лабораторные установки, как правило, предназначены для выполнения ограниченного числа лабораторных работ по отдельным учебным дисциплинам.

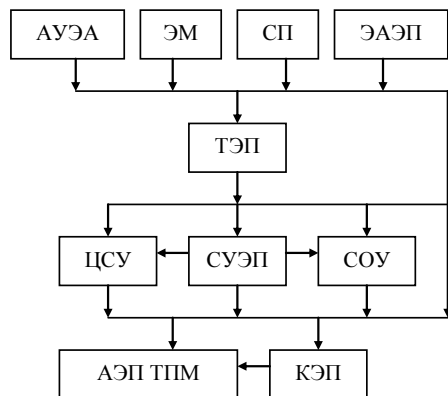


Рис. 1. Фрагмент структурно-логической схемы специальности

Поэтому актуальной является задача создания универсального лабораторного оборудования, позволяющего исследовать не только различные виды электропривода, но и выполнять лабораторные работы по нескольким учебным дисциплинам.

В этой связи на кафедрах «Системы автоматического управления и электропривод» Кременчугского государственного политехнического университета и «Автоматизированный электропривод» Криворожского технического университета в последние годы ведется разработка ВЛК [4] и компьютеризированных информационно-методических комплексов (КИМК) учебных дисциплин специальностей «Электромеханические системы автоматизации и электро-

привод» и «Системы управления и автоматики». В состав комплекса кроме виртуального лабораторного стенда (ВЛС) входит соответствующее методическое обеспечение, система тренинга и контроля знаний обучающихся.

На рис. 2 представлена упрощенная функциональная схема предлагаемого универсального ВЛС. Модульная структура стенда и автономность математических моделей его отдельных элементов позволяет выполнять экспериментальные исследования как системы в целом, так и ее составляющих, причем конфигурация системы и функциональные возможности стенда могут легко изменяться в зависимости от поставленной в лабораторном практикуме задачи.

К перечню программных модулей принадлежит интерфейс пользователя и подсистемы: модель сети питания, модель электропривода, модель нагрузки. Интерфейс пользователя содержит средства управления работой ВЛС (кнопки, переключатели), систему меню, средства представления числовой, текстовой и графической информации, позволяет осуществлять интерактивные воздействия на параметры моделей во время функционирования ВЛС. Как пример, на рис.3 показан лабораторный стенд для исследования характеристик и регулировочных свойств тиристорного электропривода переменного тока.

Разработанное программное обеспечение имеет:

- гибкую конфигурацию;
- графический интерфейс обслуживания с оконной техникой и управления манипулятором;
- возможность интеграции модулей в состав других программных продуктов путем создания библиотек (DLL).

Требования к реализации комплекса задач ВЛС предусматривают возможность его будущей модернизации в случаях расширения его функциональных возможностей.

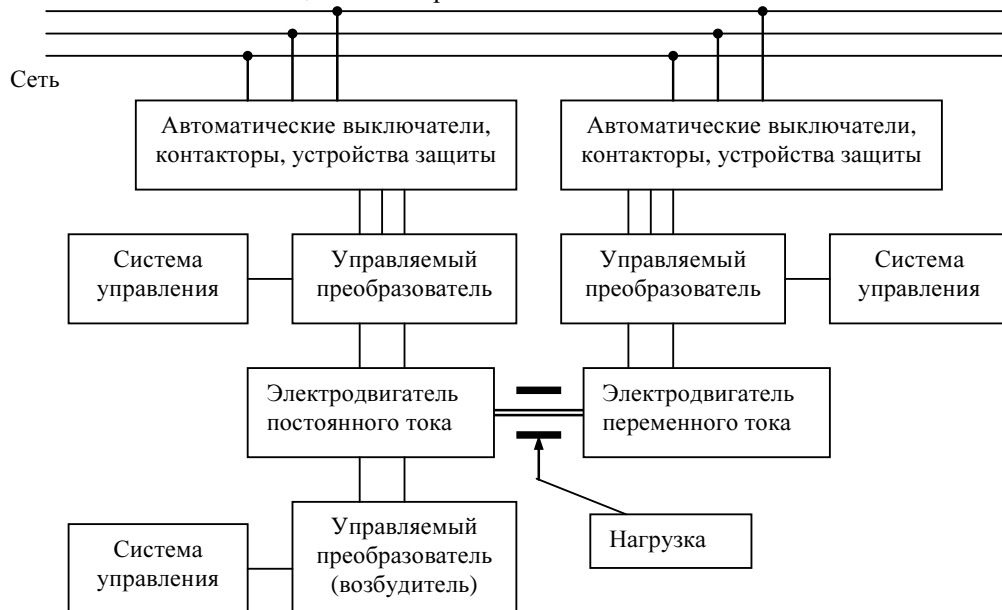


Рис. 2. Функциональная схема универсального виртуального комплекса

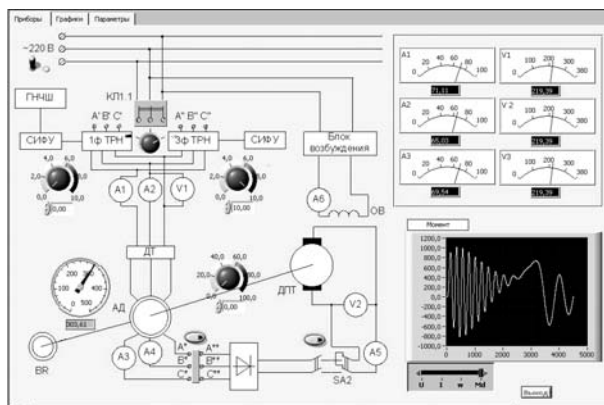


Рис. 3. ВЛС для исследования тиристорного электропривода переменного тока

Основным элементом алгоритмических структур ВЛС является математическая модель. Программная реализация модели выполнена средствами пакета LabView и основана на использовании конструкции Formula Node и реализована в виде SubVi. Для ее решения разработано программное обеспечение, реализующее численные методы решения дифференциальных уравнений (ДУ). Решение осуществляется в управляющей конструкции LabView Case. Выходными параметрами является вектор решения системы ДУ. В этом блоке выполняется формирование вектора эффективных значений переменных состояния, а также вывода расчетных осциллограмм для их просмотра и анализа (рис. 4) в соответствии с выбором пользователя: выбор области для просмотра, ее масштабирование и т.п. Пользователь осуществляет управление выводом при помощи сервисных средств, которыми обладает используемый виртуальный прибор «Waveform Graph».

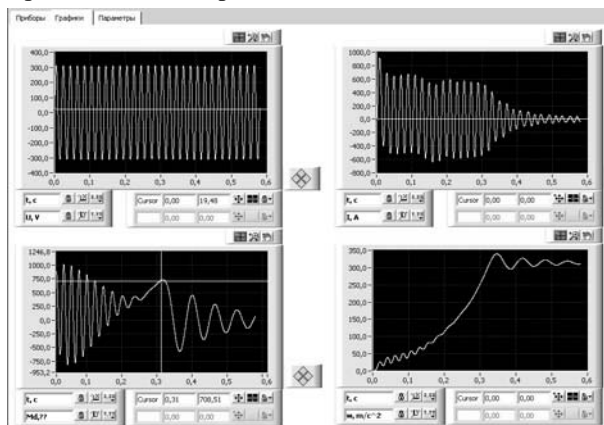


Рис. 4. Внешний вид закладки «Графики»

С использованием разработанной технологии в 2005/2006 учебном году были выполнены [1]:

- разработки КИМК по 11 учебным дисциплинам: надежность и диагностика электрооборудования; ЦСУ; ТЭП; СУЭП; АЭППМ; микропроцессорные устройства; ТАУ; моделирование электромеханических систем; системы питания компьютеризированных систем управления; проектирование электромеханических систем; основы сбора, передачи и обработки информации;
- разработки ВЛК для исследования систем управления технологическими объектами: компрессорной

установкой, конвейерной установкой, воздуходувкой, краном-штабеллером, масляной станцией, гидротранспортной системой, робототехническим комплексом ТУР-10, процессом нагревания в печи, процессом сгорания углеводородов;

- разработки ВЛК для исследования характеристик, режимов работы и энергетических процессов электроприводов постоянного и переменного тока: ЭМУ-ДПТ, Г-Д, асинхронного электропривода с ТРН в цепи статора, характеристик ДПТ последовательно возбуждения, систем защиты асинхронных двигателей, прямого пуска системы Г-Д, систем динамического нагружения ДПТ, кранового электропривода, энергоучета, энергетических процессов в частотно-регулируемом электроприводе, режимов принудительного охлаждения электрических машин и пр.

Выполненные работы позволяют говорить о создании ВЛК специальности, реализующего эффективный лабораторный практикум по профессионально-ориентированным и специальным дисциплинам.

На рис. 5-8 представлены лицевые панели некоторых виртуальных лабораторных стендов [3].

Эффект от использования достигается за счет:

- уменьшения затрат на создание, обслуживание, ремонт и модернизацию оборудования;
- ликвидации затрат на тиражирование однотипного лабораторного оборудования;
- сокращения времени на выполнение экспериментальных исследований по сравнению с реальными физическими установками;
- сокращения сроков адаптации специалистов к условиям производства;
- сокращения времени технической подготовки научных исследований.

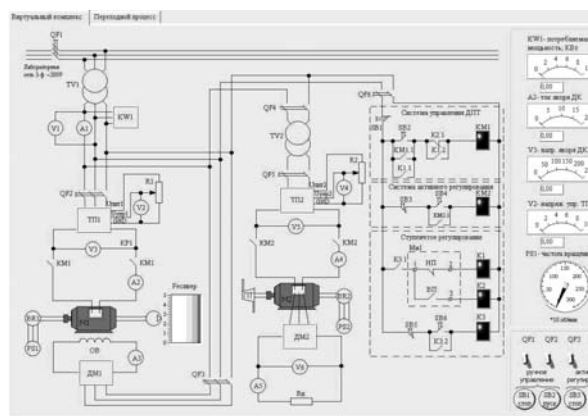


Рис. 5. Автоматизированный электропривод компрессорной установки

Создание ВЛК и КИМК учебных дисциплин позволяет решить целый ряд вопросов по организации подготовки специалистов-электромехаников:

- организация эффективного тренинга студентов, приобретение навыков практической работы с электромеханическим оборудованием, понимание физической сущности происходящих процессов;
- организация дистанционной формы обучения специалистов-электромехаников;
- организация и проведение курсов переподготовки и переквалификации специалистов с высшим техническим образованием.

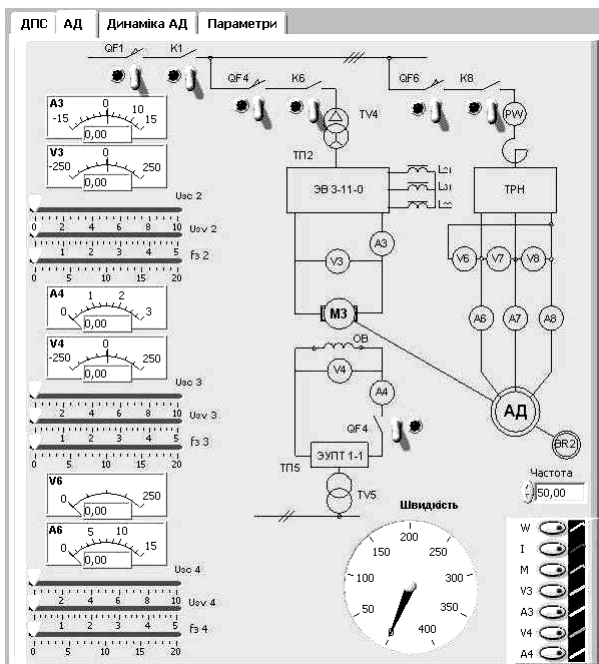


Рис. 6. Двухдвигательный электропривод

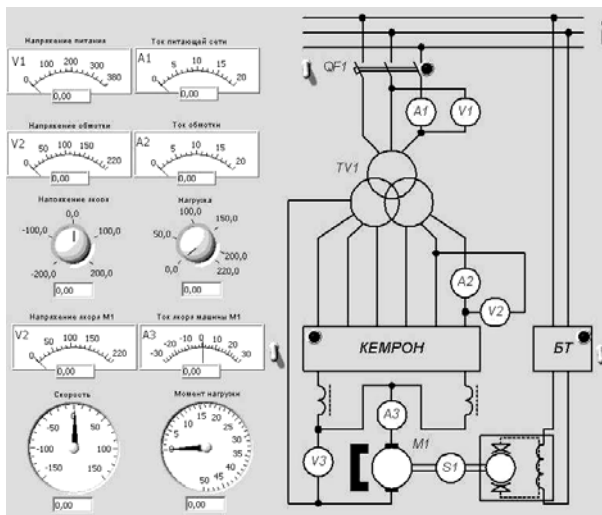


Рис. 7. Комплектный электропривод КЕМРОН

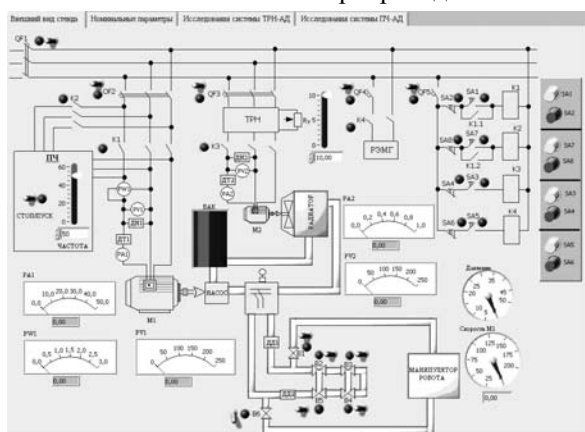


Рис. 8. Автоматизированный электропривод  
маслостанции

**Выводы.** Создание универсальных ВЛК на основе единого подхода с соответствующим методическим обеспечением, системой тренинга и контроля знаний обучающихся позволяет организовать эффективный лабораторный практикум по циклам электро-

технических дисциплин и тем самым решить данную задачу в достаточно короткие сроки с наименьшими финансовыми затратами.

#### Список использованной литературы

1. Евстифеев В.А. Проблемы подготовки специалистов-электромехаников с использованием виртуальных комплексов. // Вісн. КДПУ. Наук. праці КДПУ. – Вип. 4(39). – Ч.1. – 2006. – С. 150-154.
2. Евстифеев В.А., Черный А.П., Величко Т.В. Виртуальный комплекс для учебного процесса и научных исследований. // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ»: Темат. вып. 45. – 2005. – С. 25-28.
3. Кравченко К.П. Экономические и социальные аспекты создания и использования виртуального лабораторного оборудования. // Вісн. КДПУ. Наук. праці КДПУ. – Вип. 3(38). – Ч.2. – 2006. – С. 151-152.
4. Родькин Д.И., Чорний О.П., Величко Т.В., Лашко Ю.В. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір № 12512 – Програмний продукт "Віртуальний лабораторний комплекс для дослідження електромеханічних систем", 2005. 6 с.

Получено 07.07.06



Евстифеев Вячеслав Александрович,  
доцент кафедры САУЭ института  
электромеханики, энергосбережения  
и компьютерных технологий  
Кременчугского государственного  
политехнического университета,  
г.Кременчуг, ул.Первомайская, 20,  
8-05366-3-11-47  
saue@polytech.poltava.ua



Черный Алексей Петрович,  
д-р. техн. наук, профессор,  
директор института электромехани-  
ки, энергосбережения и компьютер-  
ных технологий Кременчугского  
государственного политехнического  
университета,  
г.Кременчуг, ул.Первомайская, 20,  
8-05366-3-11-47,  
apch@polytech.poltava.ua



Родькин Дмитрий Иосифович  
– заведующий кафедрой САУЭ  
Кременчугского государственного  
политехнического университета,  
д.т.н., профессор, заслуженный  
деятель науки и техники Украины.  
г.Кременчуг, ул.Первомайская, 20,  
8-05366-3-11-47,

Величко Татьяна Владимировна,  
доцент кафедры АЭП  
Криворожского технического  
университета, г.Кривой Рог,  
ул XXII партсъезда, 11