

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
ИСПЫТАНИЯ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Рассмотрены принципы построения силовой части системы испытания мощных электрических машин постоянного тока методом взаимного нагружения без механической связи валов. Разработан способ автоматизации проведения испытаний. Выполнен проект графического интерфейса пользователя, позволяющий визуализировать и управлять процессом испытаний.

Розглянуті принципи побудови силової частини системи випробування потужних електричних машин постійного струму методом взаємного навантаження без механічного з'єднання валів. Розроблено спосіб автоматизації проведення випробувань. Виконано проект графічного інтерфейсу користувача, що дозволяє візуалізувати та керувати процесом випробувань.

The principles of construction of power part of testing system high-power DC machines by mutual loading without mechanical connection to the shafts are considered. The method of automation of testing is worked out. The project of graphic user interface is executed, allowing visualizing and managing the process of tests.

В настоящее время на предприятиях основная часть парка электрических машин прошла неоднократный ремонт. После капитального ремонта основные характеристики машины изменяются в худшую сторону, и возникает острая необходимость в использовании современных комплексных методов автоматизированного контроля и испытаний. Это позволит повысить информативность испытаний, уменьшить их себестоимость [13].

Неотъемлемой частью производства, эксплуатации и ремонта электрических машин являются их промышленные испытания. Как правило, системы испытаний реализуются по схемам с взаимным нагружением нескольких электрических машин, способы реализации которых рассмотрены в работах [3,8,10,12]. Схемные решения предусматривают наличие дополнительных механически соединенных электромашинных агрегатов, что является их основным недостатком.

Испытательная станция электродвигателей постоянного тока, предлагаемая в [9], основана на механическом агрегировании испытываемой и нагрузочной машин. Станция предназначена для проведения прямо-сдаточных испытаний двигателей и генераторов постоянного и пульсирующего тока (как общего применения, так и тяговых).

Существенным недостатком рассматриваемой станции при проведении таких испытаний, как проверка частоты вращения и реверсирования при номинальных значениях напряжения, токах нагрузки и возбуждения для двигателей или проверка напряжения при номинальной частоте для генераторов, проверка коммутации и проверка номинальных данных машины, является обязательное наличие на стенде пары однотипных машин.

Существуют также системы динамического нагружения, обеспечивающие испытание двигателей постоянного тока без механического агрегирования

с другими устройствами [4,13]. Такие системы применяются для двигателей различной мощности, не требуют дополнительной технологической оснастки и могут использоваться как на испытательных станциях электроремонтных цехов, так и во время входного контроля электрических машин на промышленных предприятиях и технологических установках.

Данные системы обладают недостатками, связанными с тем, что ток в якорной цепи имеет знакопеременный характер, из сети потребляется знакопеременная активная мощность, значение которой равняется общим потерям на активных сопротивлениях и потерям мощности от момента холостого хода. Это приводит к завышению установленной мощности силового оборудования и негативному влиянию на сеть и других потребителей.

Применение систем взаимного нагружения машин постоянного тока без механической связи валов [1,11] позволяет формировать нагрузочный режим испытываемого двигателя при неизменном направлении потока активной мощности силового преобразователя и минимальном его эффективном значении за счет применения дополнительной электрической машины-компенсатора.

Целью работы является разработка автоматизированной системы управления процессом комплексных испытаний электрических машин постоянного тока.

Исходя из анализа нормативных документов [6,7], составлен алгоритм проведения испытаний, который реализован в программе верхнего уровня на ЭВМ оператора.

По окончании всех измерений и испытаний производится расчет паспортных данных и параметров схемы замещения, а также печать протокола испытаний.

Контроль правильности выполнения операций персонала осуществляется компьютеризированной системой управления автоматически путем проверки логических условий на основе информации от датчиков в обратной связи.

Силовая часть системы испытания электрических машин (СИЭМ) постоянного тока и принципы ее построения предложены д.т.н., проф. Родькиным Д.И.

Станция испытания включает управляемый силовой тиристорный преобразователь, соединенный с якорными цепями испытываемой машины и машины-компенсатора [1]. Обмотки возбуждения электрических машин соединены с управляемыми тиристорными (транзисторными) преобразователями. Измеряемые параметры контролируются с помощью соответствующих датчиков, данные с которых через аналого-цифровой преобразователь передаются в ПЛК и ЭВМ. Сигналы управления с выходов ЭВМ и ПЛК поступают на системы управления преобразовательных устройств.

Особенностью силовой части системы испытаний является наличие неперверсивного преобразователя в якорной цепи.

С учетом сложности полной процедуры испытаний и необходимости проводить нагружение мощных машин, рассчитанных как на большой ток, так и на большое напряжение, целесообразно коммутацию обмоток испытываемых машин и подключение преобразователей к питающей сети выполнять силами персонала вручную.

Для реализации комплексных испытаний и специальных динамических нагрузочных режимов разработана 3-х уровневая структура системы управления (рис.1).

К верхнему уровню управления принадлежит автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора

(блок 4), включающее в себя пульт управления и персональный компьютер (ПК), имеющий Ethernet-адаптер сетевой связи и осуществляющий интерфейсные и контрольные функции.

Средний уровень составляет система управления реального времени на основе промышленного быстродействующего контроллера с функциональными модулями расширения. Могут использоваться ПЛК фирм SIMENS, Schneider Electric, Mitsubishi, Oven и других производителей. Исходя из соотношения цена/потребительские качества и наличия поддержки производителя, предпочтение отдано контроллерам серии FX3U фирмы Mitsubishi. ПЛК реализует основные функции управления и регулирования в реальном времени, измерения технологических параметров и защиту оборудования от аварийных режимов работы.

Для целей комплексных испытаний требуется обеспечить ввод:

- аналоговых сигналов напряжением $-10...+10$ В или тока $-20...+20$ мА, точность $\pm 1\%$ от датчиков электрических величин (не менее 12 каналов с частотой больше 200 Гц);
- трех импульсных сигналов от датчиков частоты вращения с частотой импульсов до 100 кГц;
- аналоговых сигналов температуры (4 канала);
- сигналов виброскорости (не менее 2 каналов);
- дискретных сигналов контактов кнопок и реле (не менее 14 каналов).

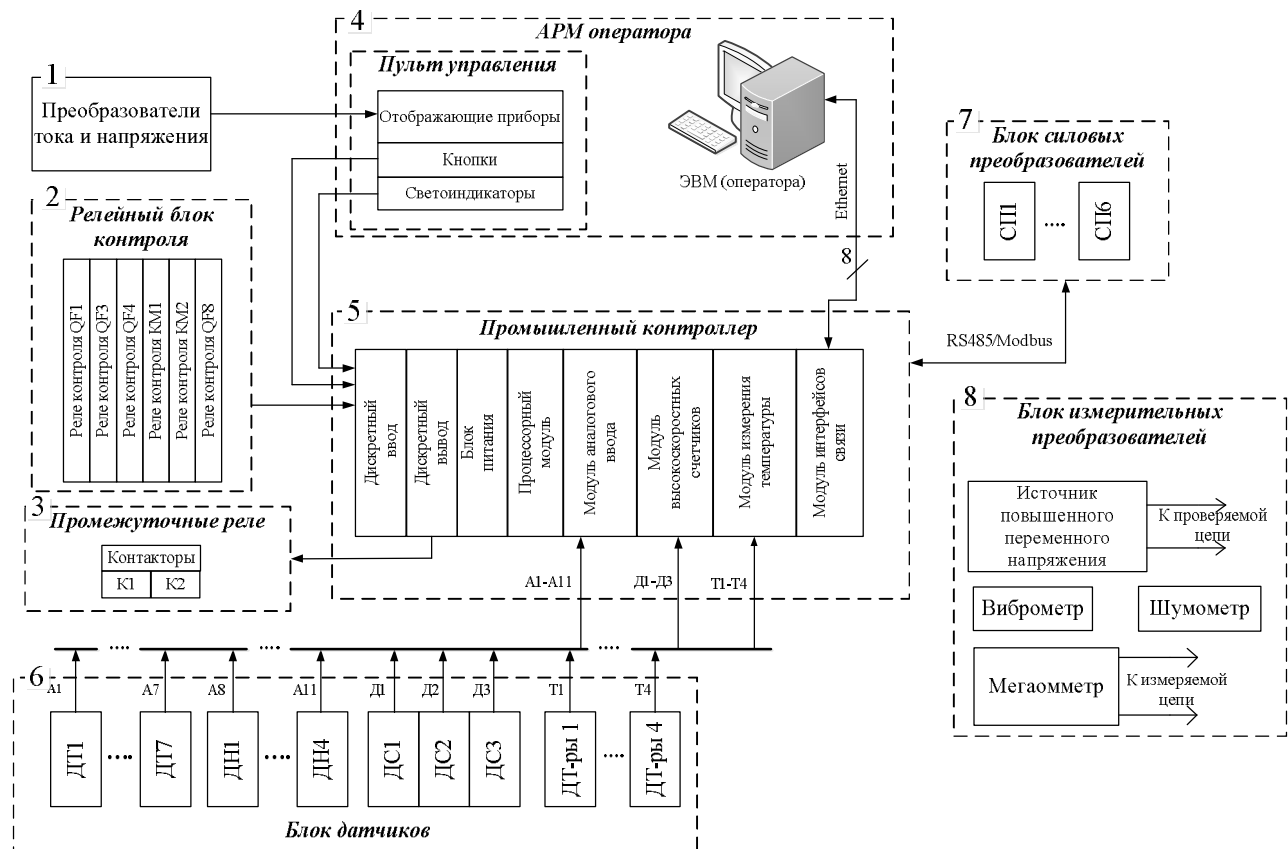


Рис.1. Структурная схема системы управления процессом испытания МПТ

Разрядность преобразователей в ПЛК вышеперечисленных производителей достаточна для целей испытаний.

Связь между локальными системами управления нижнего уровня (ими укомплектованы силовые преобразователи) и ПЛК осуществляется по стандарту RS-485 и протоколу Modbus.

На нижнем уровне управления находятся локальные системы управления в составе силовых преобразователей (блоки 1-3; 6, 7), датчики тока, напряжения, температуры, частоты вращения, коммутационная аппаратура, преобразователи тока и напряжения, контрольные реле. Блок 8 – блок измерительных приборов, включающий в себя оборудование, необходимое для проведения измерений в соответствии с программой приемо-сдаточных испытаний машин постоянного тока.

Особенностью построения такого комплекса является то, что без изменения аппаратной части можно проводить нагрузочные испытания МПТ, реверсирование и испытания при повышенной частоте вращения, определение параметров схемы замещения как машин с номинальным напряжением 440 В и током 1370 А, так и машин с напряжением 800 В и током 800 А.

Программное обеспечение верхнего уровня задает строгий порядок выполняемых действий путем открытия диалоговых окон, в которых приводятся инструкции для каждого элементарного этапа испытаний. Также в диалоговых окнах вводятся результаты измерений ручными приборами и подтверждение выполненных действий.

Разработанное программное обеспечение реализует следующие функции:

- введение априорной информации об объекте испытаний;
- расчет настроек систем регулирования технологических параметров;
- автоматическое проведение испытаний в соответствии с выбранным регламентом;
- выдача управляющих команд на ПЛК, задающих режим испытаний и настройки систем регулирования;
- вывод команд на начало и окончание очередного этапа испытаний;
- визуализация процесса испытаний;
- контроль режимов испытаний;
- измерение и анализ режимных параметров на предмет возникновения аварийных ситуаций;
- фиксация мгновенных значений измеряемых параметров с жесткой привязкой к реальному времени;
- осуществление вычислительных операций согласно найденным математическим зависимостям;
- формирование протокола испытаний и нового паспорта электрической машины.

Порядок работы программы верхнего уровня представлен UML-диаграммой состояний на рис. 2. Каждой вершине диаграммы соответствует выполняемая процедура, над дугами указывается условие перехода от одной процедуры к другой. Если условие не указано, переход выполняется после завершения всех действий в текущей процедуре.

При успешном запуске программы выполняется периодическая проверка связи с ПЛК Mitsubishi FX3U и отображение статуса канала связи в графическом интерфейсе пользователя. После команды оператора выполняется процедура установки всех предыдущих настроек и задания исходных данных для заполнения протокола испытаний. Программа выполняет проверку корректности вводимых команд и контроль правильности работы ПЛК. Сообщения о выявленных ошибках и сбоях отображаются в специальном окне.

Вся диагностическая информация, полученная ПЛК в реальном времени, в пакетном режиме передается и записывается в указанный оператором файл. По окончании всех испытаний или выбранного этапа есть возможность сформировать отчет в текстовом виде с печатью в файл или выводом на принтер.

На основании алгоритма испытания МПТ, структуры системы управления и UML-диаграммы состояний программы верхнего уровня разработан графический интерфейс пользователя (рис. 3).

Главное окно программы верхнего уровня отражает мнемосхему испытательного комплекса с индикацией контролируемых параметров и состояния испытательного оборудования. Отображается состояние коммутирующего оборудования, способ включения серийной обмотки испытываемой машины, способ включения машины-компенсатора, частота вращения электрических машин, токи и напряжения в обмотках, диагностические и статусные сообщения.

Оператор задает текущий каталог для сохранения файлов-протоколов текущих испытаний. Имена файлов формируются автоматически.

Графический интерфейс реализует все информационные и управляющие функции программного обеспечения верхнего уровня. Обеспечивает последовательное выполнение всех пунктов алгоритма испытаний машин постоянного тока путем поочередного открытия диалоговых окон. После задания всей априорной информации в ходе испытаний автоматически открываются диалоговые окна, в которые вводятся данные измерений.

Введение каждой группы параметров оператор подтверждает нажатием кнопки. В случае ошибочного ввода информации, если это не приводит к сбою, есть возможность отредактировать каждое поле, пока вся процедура испытаний не закончена.

Измеренные и обработанные данные формируются в отчет, содержащий новые паспортные данные машины и рассчитанные по экспериментальным данным характеристики.

Задача вывода испытываемых двигателей в режим динамического нагружения с взаимной компенсацией энергии решается только с использованием современных средств компьютеризированного автоматического управления. Верхний уровень управления выступает в роли задающего устройства для регуляторов частоты вращения и тока, реализуемых промышленным логическим контроллером.

После определения начальных параметров питания якорных цепей и обмоток возбуждения двигателя выводятся в режим холостого хода. Затем ступенчато, с мелким шагом изменяется задание регуляторам, в

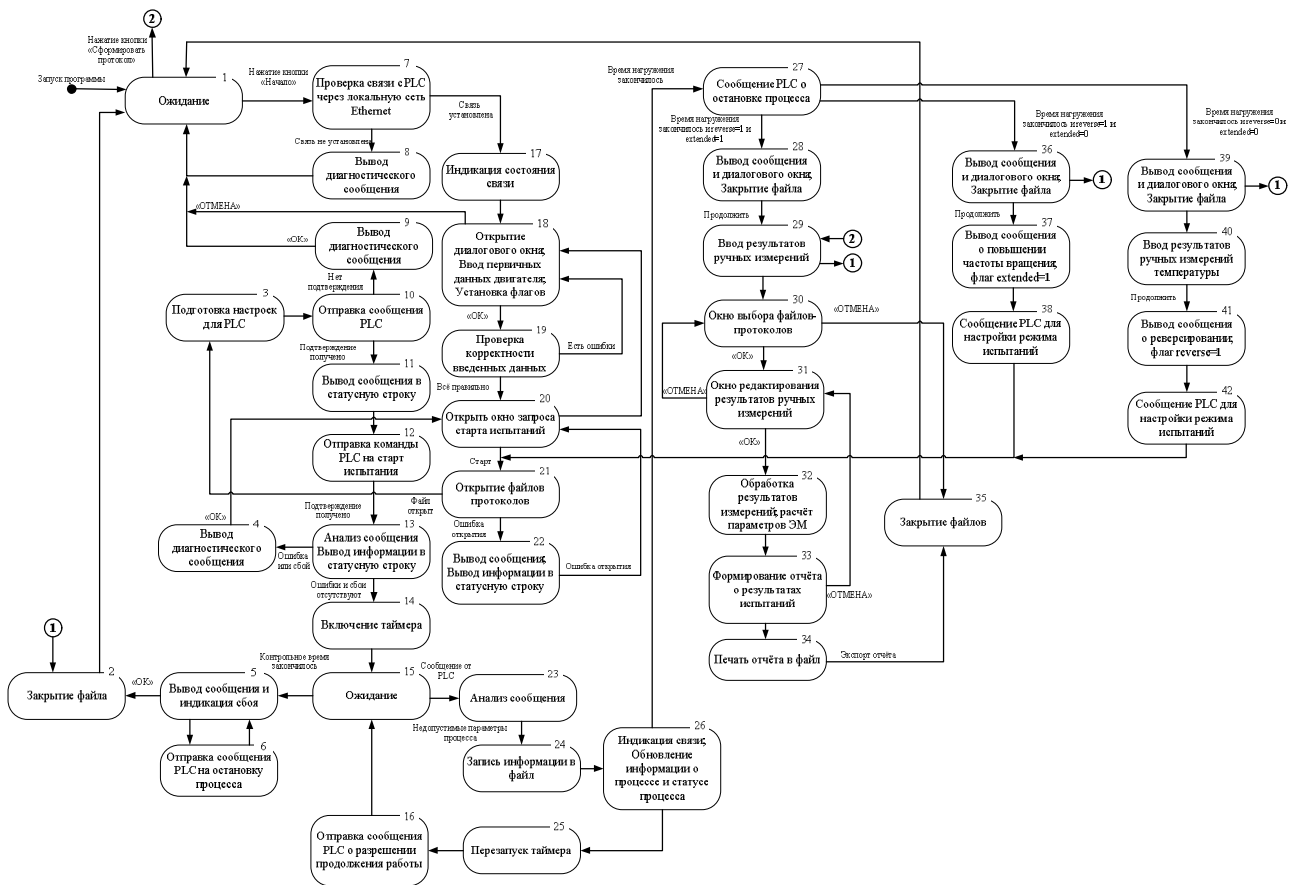


Рис.2. UML-диаграмма состояний программы верхнего уровня

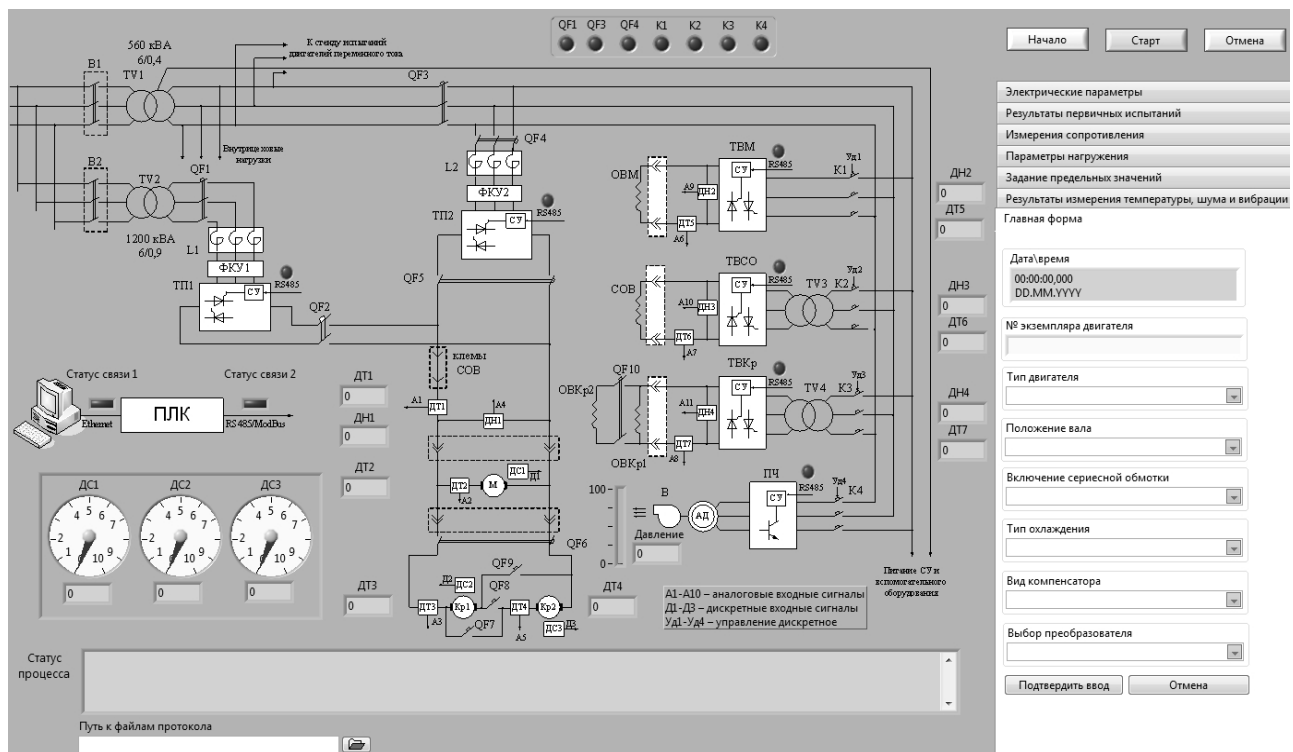


Рис.3. Графический интерфейс СИЭМ

результате чего повышаются амплитуды и фазовые сдвиги переменных составляющих в напряжении возбуждения обеих электрических машин [2].

При достижении требуемого режима нагружения система управления верхнего уровня производит рас-

чет потерь и контроль за процессом в течение 1 часа, после чего двигатели останавливаются для замера температуры отдельных частей. По результатам динамического нагружения можно сделать однозначный

вывод о реальной нагрузочной способности испытываемых электрических машин.

Разработанная автоматизированная система управления обеспечивает проведение полного комплекса испытаний, определяемых нормативными документами. Реализация нагрузочных режимов методом взаимного нагружения без механической связи валов обеспечивает снижение капитальных затрат на создание испытательного комплекса, уменьшение энергопотребления и улучшение энергетических режимов работы других потребителей. Использование средств автоматического управления повышает информативность и надежность системы.

Список использованной литературы

1. А.с. № 55009. Спосіб взаємного навантаження машин постійного струму без механічного з'єднання валів / А.І. Ломонос, О.В. Бялобржеський, А.О. Сулим. Бюл. № 22 від 25.11.2010.

2. А.с.№ 41089. Пристрій взаємного навантаження машин постійного струму без механічного з'єднання валів / А.І.Ломонос, О.В.Бялобржеський, Д.Й.Родькін, В.Я.Мастеровий, О.С. Бюл. № 9 від 12.05.2009.

3. Антонов М.В. Эксплуатация и ремонт электрических машин. Учеб. пособие для спец. «Электро-механика» вузов. / М.В. Антонов, Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец. – М.: Высш. шк., 1989. – 192 с.

4. Бялобржеский А.В. Сравнительный анализ способов формирования динамического нагружения машин постоянного тока / А.В.Бялобржеский, А.И. Ломонос. // Вісн. КДПУ: Наук. праці КДПУ. – Кременчук: – 2005. – Вип. 3/2005 (32). – С. 172-177.

5. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин / О.Д. Гольдберг. – М.: Высш. шк., 2000. – 255 с.

6. ГОСТ 11828-86. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний.

7. ГОСТ 2582-81. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия.

8. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин / Г.К. Жерве. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 408 с.

9. Интернет-сайт МК «Энергосбережение». – Режим доступа: <http://www.mke.com.ua>.

10. Коварский Е.М. Испытание электрических машин. / Е.М. Коварский, Ю.И. Янко. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

11. Ломонос А.И. Система экстремального управления взаимным нагружением машины постоянного тока / А.И.Ломонос // Наук. праці ДНТУ. Серія: „Електротехніка і енергетика”, випуск 8(140). – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С. 31-37.

12. Пиотровский Л.М. Испытание электрических машин, ч. 1. Общая часть и испытание машин постоянного тока. Государственное энергетическое издательство / Л.М. Пиотровский, Е.А. Паль. – М—Л.: 1949. – 381 с.

13. Родькин Д.И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях / Д.И.Родькин. – М.: Недра, 1991. – 240 с.

Получено 19.07.2011



Перекрест
Андрей Леонидович,
к.т.н., доц. каф. систем
автоматического
управления и эл.привода
Кременчуг. нац. ун-та
им. М. Остроградского



Ломонос
Андрей Иванович,
ст. преп. каф. систем
автоматического
управления и эл.привода
Кременчуг. нац. ун-та
им. М. Остроградского



Конох
Игорь Сергеевич,
ст. преп. каф. систем
автоматического
управления и эл.привода
Кременчуг. нац. ун-та
им. М. Остроградского



Найда
Виталий Владимирович,
ассистент каф. систем
автоматического
управления и эл.привода
Кременчуг. нац. ун-та
им. М. Остроградского