

УДК 004.42:378.14(574)=512.122

## **Перспективные формы дистанционного обучения в рамках международной программы Sinergy**

*Б.Н. ФЕШИН, д.т.н., профессор кафедры АПП,  
Д.В. ШАЛДЫШЕВ, магистрант кафедры АПП,  
Ю.Ф. БУЛАТБАЕВА, магистрант кафедры АПП,  
К.М. БАЙМУХАМЕТОВ, магистрант кафедры АПП,  
Е.О. МУРДАЛОВА, магистрант кафедры АПП,  
Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова:* дистанционное обучение, стенды, автоматизация, технологии, специалисты.

Период становления международной программы «Sinergy» успешно преодолен [1, 2, 3]. В каждом вузе-участнике проекта имеются микропроцессорные стенды, робототехнические комплексы и отдельные установки (например, Robotino [2]). Отлажено программно-аппаратное обеспечение, разработаны методические пособия, позволяющие изучать стенды в реальном и разделенном времени в лабораториях вузов-резидентов и в дистанционных режимах на стендах других участников проекта. Следует отметить, что большая часть методического обеспечения базируется на программных средствах, разработанных и поставленных идеологом и владельцем проекта – фирмой FESTO [4, 5, 6]. Здесь есть как положительные, так и отрицательные моменты, анализ которых позволит совершенствовать и развивать проект Sinergy в пределах стран СНГ и, возможно, в дальнейшем зарубежье. Рассмотрим опыт, полученный на кафедре АПП КарГТУ в рамках проекта, с целью выбора направлений совершенствования дистанционных форм обучения.

На стенде «Процессорная станция FESTO» имеется возможность изучения аппаратных средств, входящих в системы автоматического регулирования (САР) давления, расхода, уровня и температуры жидкости (см. рисунки 1, ..., 4), а также проводить исследования статических и динамических характеристик одноконтурных САР средствами программного обеспечения контроллера SIMATIC S7-300 и SCADA-системы WinCC. В рамках этого же программного обеспечения были разработаны новые лабораторные работы по идентификации статических и динамических свойств и параметрической оптимизации одноконтурных САР. По результатам исследования стенда «Микропроцессорная станция Festo» разработаны алгоритмы для 3 вариантов выполнения работ:

- алгоритм исследования одной из САР на стенде (уровень, давление, температура, расход) с визуализацией результатов на экране и размещением данных в ЭВМ;
- алгоритм выполнения лабораторных работ на

стенде в режиме «разделенное время». Информация о проведенных исследованиях отдельных САР высылается удаленному пользователю по сети INTERNET

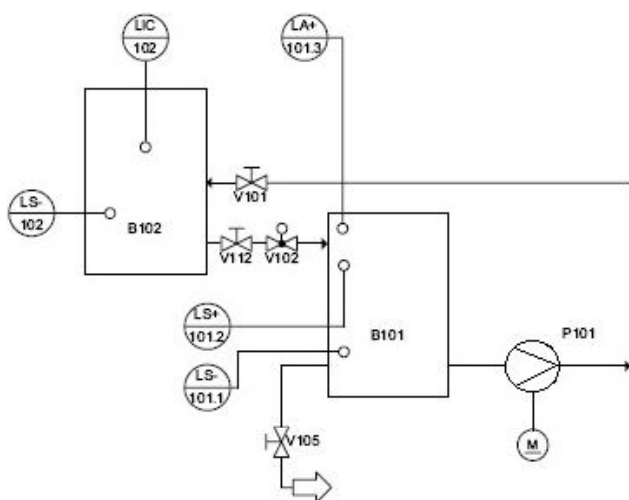


Рисунок 1 – Функциональная схема САР уровня

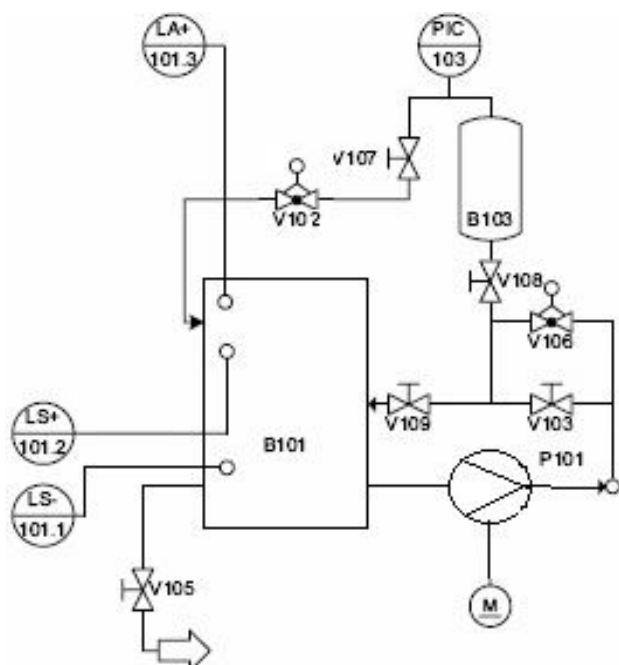


Рисунок 2 – Функциональная схема САР давления

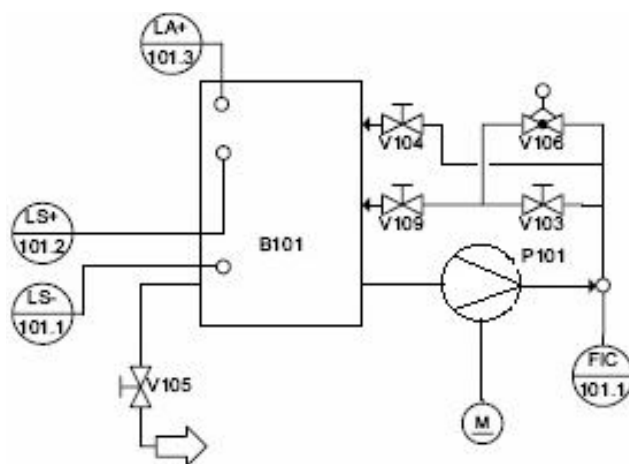


Рисунок 3 – Функциональная схема САР расхода

или INTRANET. Данные о стенде и результаты экспериментов могут быть выставлены на учебный портал КарГТУ и использованы любым пользователем, имеющим к нему доступ;

– алгоритм выполнения исследовательской дистанционной лабораторной работы в реальном времени. Этот алгоритм возможен, если у удаленного пользователя и администратора стенда имеется необходимое аппаратное и программное обеспечение для визуализации используемого оборудования на экране монитора.

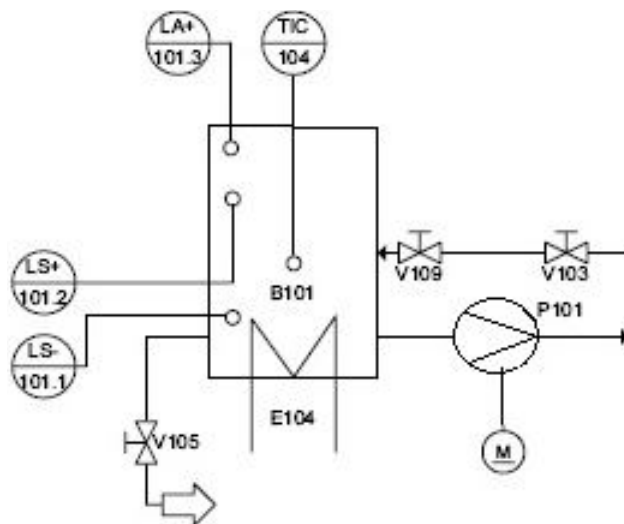


Рисунок 4 – Функциональная схема САР температуры

Ниже представлен список апробированных лабораторных работ:

- Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения (контроллера SIMATIC S7-300 и SCADA-системы Winn CC) учебно-лабораторного комплекса САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 1);
- Исследование статических и динамических характеристик учебно-лабораторного комплекса САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 2);
- Настройка, наладка и параметрическая оптимизация САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 3);
- Разработка алгоритмов и программного обеспечения (для контроллера SIMATIC S7-300 и SCADA-системы Winn CC) многосвязной учебно-лабораторной САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 4);
- Настройка, наладка и параметрическая оптимизация многосвязной учебно-лабораторной САР давления, расхода, уровня и температуры стенда «микропроцессорная станция Festo» (Лаб. 5);
- Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения станций сортировки, переноса и сбора штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 6);
- Разработка алгоритмов и программного обеспечения станций сортировки, переноса и сбора штучных изделий на стендах Festo (Лаб. 7);

- Оптимизация режимов работы станций сортировки, переноса и сбора штучных изделий на стандах Festo (Лаб. 8);
- Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения станций буферная, распределения, робот при изготовлении штучных изделий на стандах Festo (Лаб. 9);
- Разработка алгоритмов и программного обеспечения станций буферная, распределения, робот при изготовлении штучных изделий на стандах Festo (Лаб. 10);
- Оптимизация режимов работы станций буферная, распределения, робот при изготовлении штучных изделий на стандах Festo (Лаб. 11);
- Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения станции «Портальный робот» фирмы Festo (Лаб. 12);
- Разработка алгоритмов и программного обеспечения станции «Портальный робот» (Лаб. 13);
- Оптимизация режимов работы станции «Портальный робот» фирмы Festo (Лаб. 14);
- Исследование технологических элементов и программно-аппаратного обеспечения мехатронного устройства ROBOTINO (Лаб. 15);
- Программирование траекторий движения мехатронного устройства (Лаб. 16).

В процессе эксплуатации станда выяснилось, что установленное FESTO программное обеспечение не позволяет «развязать» одноконтурные САР, а также построить структурно и программно многосвязные САР по двум, трем и четырем выходным координатам.

Применительно к робототехническому комплексу «Станция сбора и сортировки FESTO» была отработана технология изучения аппаратных средств, составлены монтажные схемы стандов, апробированы методики настройки, наладки и обучения средствами моделирующей программы «COSIMIR». Попытка выйти за пределы возможностей программы «COSIMIR», с целью поиска новых алгоритмов работы стандов, выполнения процедур диагностики элементов, устройств

автоматики и электромеханического оборудования, не увенчалась успехом из-за жестких ограничений производителя – фирмы FESTO на модернизацию программного обеспечения.

Аналогичная ситуация характеризует режимы работы станда «Портальный робот» – имеющееся программное обеспечение позволяет в режиме ручного управления перемещать поддоны по примитивным траекториям. Отсутствует какая-либо возможность творческого подхода к изучению как аппаратного, так и программного обеспечения станда и режимов его работы.

Разработаны следующие предложения по станду «Процессорная станция FESTO»:

1. Пользователи-курсанты выполняют лабораторные работы № 1, ..., 5 в дистанционном режиме в рамках существующего программного обеспечения контроллера и SCADA-системы (по схемам на рисунках 1, ..., 4).

2. Усвоившие материал по пп. 1 получают право на работы повышенной сложности, заключающиеся в замене программного обеспечения SCADA-системы с целью перехода к многосвязной САР по схеме, изображенной на рисунке 5.

3. Схема на рисунке 5 модернизируется на множество вариантов путем изменения состояния двухпозиционных вентилей V под номерами: 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 112 и регулируемых клапанов V106, V102. Все переключения и регулировки выполняются вручную.

4. Для каждой из схем пользователи-курсанты разрабатывают SCADA- программу по снятию характеристик многосвязной САР по координатам: давление, температура, уровень, расход.

5. Эксперименты повторяются при различных законах регулирования и параметрах регулятора, устанавливаемых на контроллере SIMATIC.

6. Работы по пп. 4 и 5 проводятся в режимах реального и разделенного времени (в том числе и в сетевом-дистанционном режиме обучения).

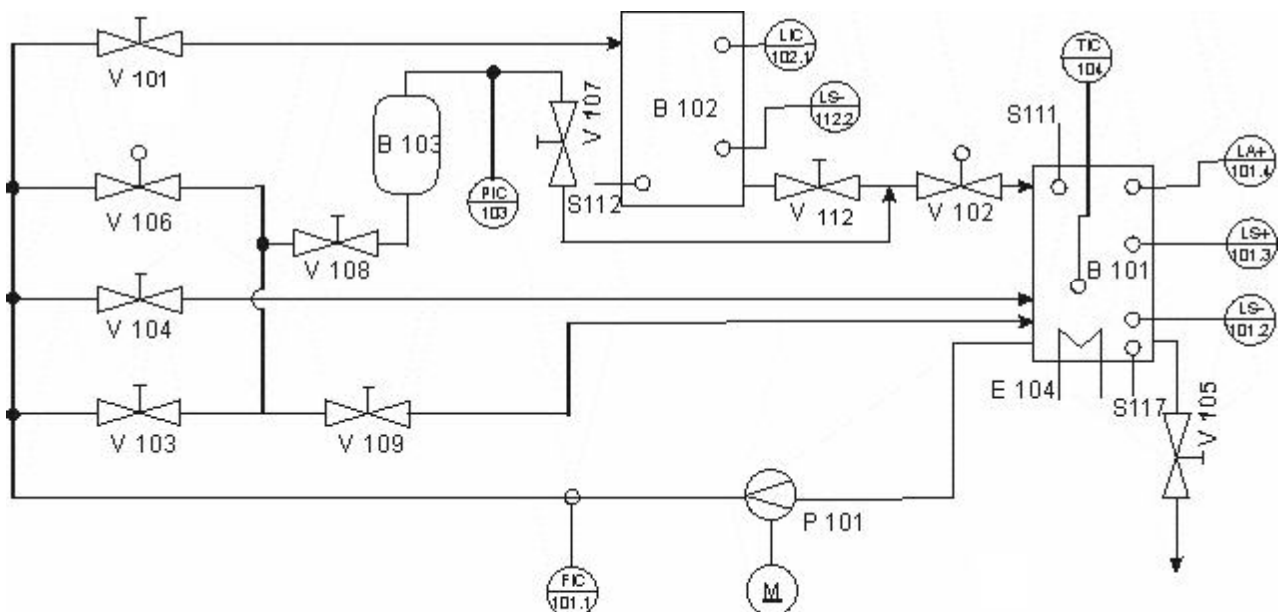


Рисунок 5 – Функциональная схема многосвязной САР

Предложения по станциям-стендам сортировки, переноса и сбора штучных изделий:

7. Лабораторные работы № 6, 7, 8, 9, 10, 11 выполняются на штатном оборудовании, при штатном программном обеспечении, для штатного комплекта штучных изделий.

8. Пользователи-курсанты, освоившие пп. 7, получают возможность выполнить работы повышенной сложности, заключающиеся в следующем:

– Изменяется качественный и количественный состав комплекта штучных изделий (общее количество и количество по цвету);

– С учетом новых начальных условий предлагается пользователю-курсанту составить алгоритмы обработки штучных изделий на каждом стенде, в том числе и на стенде с роботом;

– После проверки алгоритмов пользователю-курсанту дается право на разработку, отладку и внедрение новых программ контроллеров каждого стенда.

9. Внедрение заключается в наблюдении последовательности выполнения технологических процессов на стендах и в корректировке алгоритмов и программ.

10. Отлаженные программы позволяют осуществить переход к оптимизации технологического процесса. При этом под оптимизацией (например, по времени выполнения операций с изделиями) понимается ускорение работы каждого стенда.

Примечание. Для выполнения работ по пп. 8 необходимо изменение штатного программного обеспечения, установленного фирмой Festo.

Предложения по стенду «Портальный робот»:

11. Выполнение лабораторных работ №12, 13, 14 осуществляется на штатном программном обеспечении стенда. При этом под «оптимизацией» понимается приобретение навыков перемещения поддонов с помощью ручного пульта управления стенда.

12. Пользователю-курсанту, освоившему технологию на стенде «Портальный робот» по пп. 11, предлагается разработать, отладить и внедрить программу контроллера, обеспечивающую перемещение поддонов по сложной траектории (из множества вариантов перемещения  $n$  поддонов и  $m$  мест их установки в определенные временные интервалы при условии, что  $n > m$ ).

Обобщение достоинств и недостатков станков фирмы FESTO, с учетом накопленного опыта их монтажа, настройки, наладки и эксплуатации, позволили разработать перспективные направления совершенствования процессов обучения будущих специалистов по автоматизации и управлению, а также магистрантов, докторантов и курсантов аналогичного профиля, на станках фирмы FESTO, в том числе.

13. Предложить фирме FESTO разработать регламент по допуску пользователей (членов программы «Sinergy») к процессу модернизации программного обеспечения контроллеров и SCADA-систем.

14. Ввести режимы диагностики, аварийных ситуаций, поиска оптимальных траекторий движения механизмов, оптимальной настройки систем автоматического контроля, регулирования и управления станков.

15. Разработать варианты и алгоритмы упомянутых выше режимов работы станков с последующим построением процедур репрограммирования исходных состояний контроллеров и SCADA-систем.

16. Рассмотреть возможность представления станков (технологического, программно-аппаратного, электромеханического, пневматического, гидравлического и энергетического оборудования) вузов-резидентов как единое гибкое автоматизированное производство, в котором существуют связи, определяющие процесс включения/выключения отдельных станков, устройств и механизмов.

17. Рассмотреть возможность представления станков (технологического, программно-аппаратного, электромеханического, пневматического, гидравлического и энергетического оборудования) вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy» как распределенное во времени и пространстве автоматизированное промышленное производство, в котором существуют алгоритмы-ключи, инициирующие технологические и производственные взаимосвязи между вузами-участниками международного проекта «Sinergy».

18. Определить множество операторов-курсантов, обучающихся управлению технологическими процессами и производством на разных уровнях иерархической системы, функционирующей на базе вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy».

19. Разработать систему обучения и контроля знаний операторов-курсантов на базе экспертного подхода к оценке знаний и единой базы знаний интегрированной, иерархической, распределенной системы управления технологическими процессами и производством.

20. Предложить фирме FESTO разработать регламент по выдаче сертификатов контроля знаний операторов-курсантов разных уровней иерархической системы, функционирующей на базе вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy».

21. Разработать систему коммерческого обучения и контроля знаний операторов-курсантов на базе вузов-резидентов и вузов-участников международного проекта «Sinergy».

22. Предложить фирме FESTO разработать регламент по созданию на базе оборудования и технических специалистов вузов-участников международного проекта «Sinergy» малых предприятий по разработке (сборке) учебных станков FESTO с последующей поставкой их в вузы стран СНГ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фешин Б. Н., Огурцов Г.Е., Парфенов С.А. Исследование многосвязной системы автоматического регулирования давления, расхода, уровня и температуры «микропроцессорной станции Festo» // Тр. ун-та / КапГТУ. 2009. № 2. 2009. С. 78-83.
2. Фешин Б. Н., Крицкий А.Б., Марквардт Р. В., Сатенов А. О. Система дистанционного обучения операторов робототехнического комплекса Robotino // Тр. ун-та. 2009. № 3. С. 8-12.

3. Фешин Б. Н., Брейдо И.В., Крицкий А.Б. Сетевые виртуально-аппаратные лабораторные комплексы систем управления и контроля как средства интеграции науки, образования и производства // Региональная научно-практическая конференция «Инновационная роль науки в подготовке современных инженерных кадров» (7-8 декабря, 2006. Караганда.)
4. Jürgen Helmich, Manual PCS Compact Workstation. Esslingen, Germany: Festo Didactic GmbH & Co, 2004. 49 с.
5. www.festo.com
6. Jürgen Helmich, Process Control System – Collection of data sheets. - Esslingen, Germany: Festo Didactic GmbH & Co, 2004. 94 с.

УДК 621.313.2:621.314.58

## **Анализ существующих методов теоретического исследования тиристорного электропривода постоянного тока**

*Г.А. ЭМ, ст. преподаватель кафедры АПП,  
Карагандинский государственный технический университет*

*Ключевые слова:* теория вентильного электропривода, тиристорный электропривод постоянного тока, методы анализа работы, расчет параметров, имитационное моделирование.

При всеобщем увлечении частотно-регулируемым асинхронным электроприводом в последние годы неоправданно ослаб интерес к машинам постоянного тока. Между тем двигатели постоянного тока различных серий и модификаций продолжают выпускать, совершенствовать и широко использовать на практике. При этом замечательные регулировочные характеристики, жесткость механических характеристик, высокая плотность энергии и экономичность машин постоянного тока обеспечили их распространение, в том числе и в горной промышленности.

К неоспоримым преимуществам регулируемого электропривода с двигателями постоянного тока также следует отнести:

- возможность работы «на упор» продолжительное время при номинальном значении тока, что практически невозможно реализовать в приводе переменного тока;
- отсутствие при малых значениях угловой скорости пульсаций электромагнитного момента, характерных для частотно-регулируемого асинхронного электропривода и др.

**Основные направления исследований в области тиристорного электропривода постоянного тока.**

Анализ и синтез систем тиристорного электропривода постоянного тока (ТЭП ПТ) базируется на теории электромагнитных процессов в вентильных преобразователях. Среди многочисленных трудов, посвященных исследованию и разработке методов расчета переходных и установившихся процессов в цепях с силовыми вентильными преобразователями, выделяется фундаментальная работа Л.Р. Неймана [1], в которой представлена универсальная математическая модель вентильного преобразователя с учетом основных факторов, влияющих на характер переходных процессов. В этой работе были получены разностные уравнения для выпрямленного тока, характеризующие тиристорный преобразователь как импульсную систему.

Методы анализа динамики электромагнитных

процессов в вентильных преобразователях детально рассмотрены и систематизированы в [2]. В этой работе описаны следующие основные аналитические методы расчета и исследования статических и динамических режимов силовых схем вентильных преобразователей: припасовывания (кусочно-припасовочный), разностных уравнений, спектрально-операторный, гармонических составляющих (гармонического анализа), сопряженных комплексных амплитуд, Ф-функций (метод Т. Такеути), гармонического синтеза, непрерывной аппроксимации, огибающей (с использованием интеграла Дюамеля), переключающих и разрывных функций и др.

Кроме того, в [2] рассмотрен и теоретически обоснован модифицированный метод отдельных составляющих, а также метод расчета основных интегральных характеристик токов и напряжений, коэффициентов ряда Фурье, коэффициента гармоник непосредственно по операторному изображению исследуемого процесса.

Дальнейшим исследованиям, методам расчета и анализа работы различных схем силового вентильного преобразователя посвящены работы [3-6].

Необходимость учета дискретных свойств вентильного преобразователя на его работу была отмечена А.А. Булгаковым в [3]. Свойства вентильного полупроводникового преобразователя как элемента управляемой системы выявляются более полно при комплексном исследовании системы, состоящей из трех взаимосвязанных составляющих: силовой части (тиристорного преобразователя и двигателя), системы импульсно-фазового управления (СИФУ) и системы автоматического регулирования (САР) координатами электропривода.

Исследования, проведенные с этих позиций В.П. Шипило [4], позволили выявить автоколебательные режимы, вызываемые спецификой свойств тиристорного преобразователя – дискретностью управляющего сигнала и тем, что запирающие моменты происходит в моменты уменьшения тока до нулевого значения и не