

М. Д. Редько, А. Д. Редько, Е. В. Стегачев

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УЧЕБНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА,
МОДЕЛИРУЮЩЕГО РАБОТУ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: mihailredko130@gmail.com

В статье рассматривается разработка схемы учебно-испытательного стенда, моделирующего работу автоматизированной насосной станции. Основной упор сделан на интеграцию технических решений и их взаимосвязь в рамках обучения студентов технических специальностей. Представлена структура стенда, описаны технические решения.

Ключевые слова: учебно-испытательный стенд, насосная станция, SCADA, программируемый логический контроллер, частотное регулирование.

M. D. Redko, A. D. Redko, E. V. Stegachev

**DEVELOPMENT OF A SCHEME FOR AN EDUCATIONAL-TESTING STAND,
SIMULATING THE OPERATION OF A PUMP STATION**

Volgograd State Technical University

The article discusses the development of a scheme for a training and test stand, simulating the operation of an automated pumping station. The main focus is on the integration of technical solutions and their interrelation within the framework of educating students in technical specialties. The structure of the stand is presented, and technical solutions are described.

Keywords: training stand, pump station, SCADA, programmable logic controller, frequency regulation.

Важным аспектом образования в высших учебных заведениях, занимающихся подготовкой студентов по техническим специальностям, является знакомство и взаимодействие с широким спектром технического оборудования автоматизированных систем. Учебные лабораторные стенды играют центральную роль в обеспечении качественного и практико-ориентированного обучения.

Лабораторные стенды для учебных заведений в основном разрабатываются частными компаниями, однако эти коммерческие решения часто сталкиваются с рядом проблем. Многие из них либо имеют высокую стоимость, что делает их недоступными для широкого круга образовательных учреждений, либо предлагают

избыточный и часто поверхностный функционал. Это обеспечивает обучение по широкому кругу направлений, но ограничивает возможности студентов получить глубокие знания и практические навыки в конкретных, узкоспециализированных областях. Таким образом, актуальность разработки специализированного учебно-испытательного стенда, который был бы адаптирован под конкретные образовательные программы и потребности, становится очевидной.

Целью данной работы является повышение качества практической подготовки студентов в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами за счет разработки учебного стенда, модели-

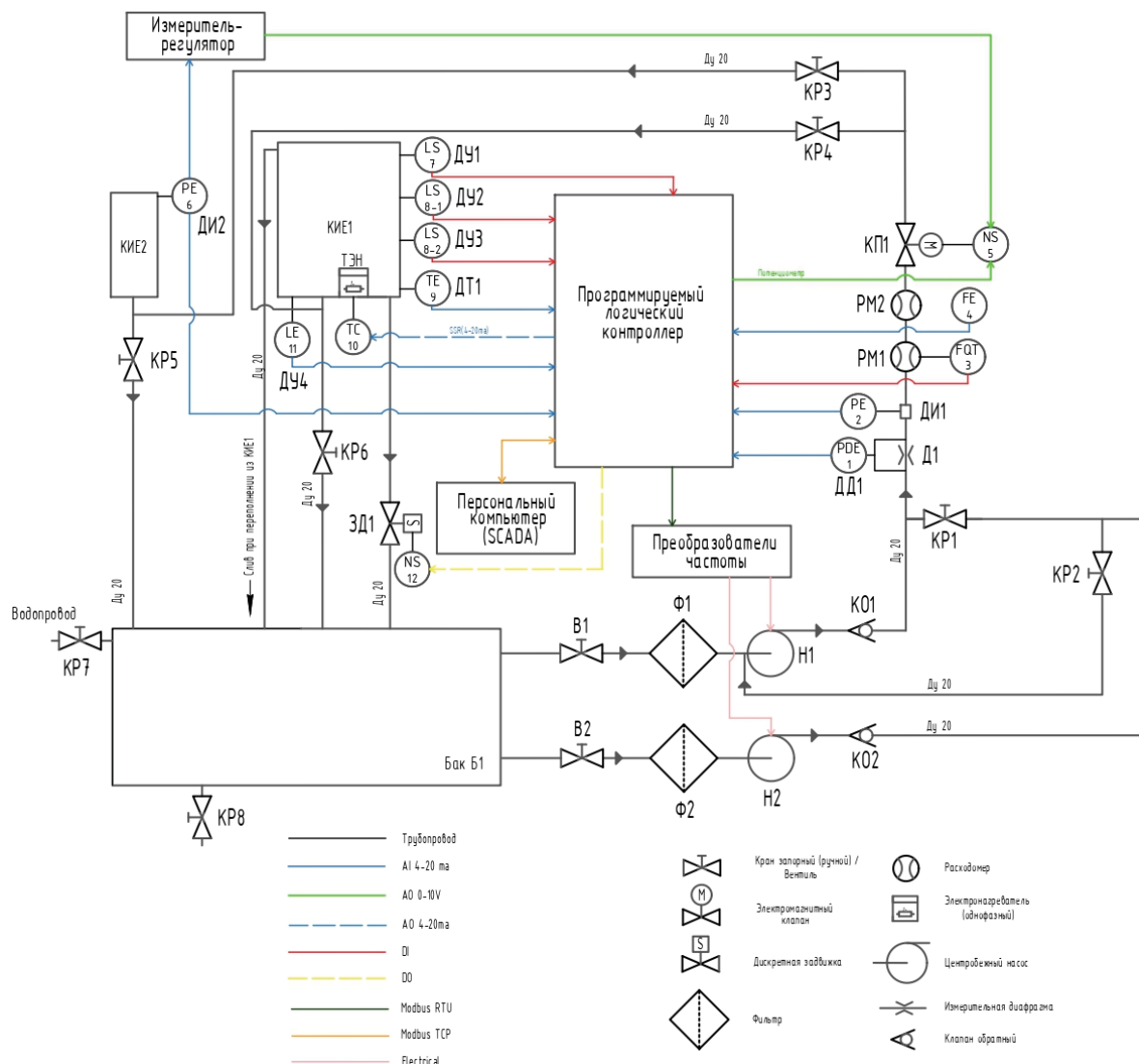
рующего работу автоматизированной насосной станции.

Для достижения данной цели были определены ключевые функциональные возможности стенда, необходимое оборудование и программное обеспечение; произведен обзор различных технических решений, которые могут быть использованы, разработана схема стенда.

Функциональные возможности стенда определяются интеграцией различных технологий и оборудования, максимально приближенных к реальным производственным условиям. Для поддержки как образовательного процесса, так и исследовательской деятельности студентов,

стенд должен включать в себя средства для сбора, регистрации и анализа данных, различные исполнительные устройства, систему управления с разными принципами регулирования, а также должны использоваться разнообразные виды промышленной связи оборудования и системы управления. Эти инструменты позволят студентам изучать различные аспекты автоматизации, проводить эксперименты, направленные на оптимизацию процессов управления и регулирования, а также разрабатывать собственные алгоритмы управления.

На основе данных требований была разработана схема учебно-испытательного стенда, представленная на рисунке.



в замкнутой емкости – контрольно-измерительная емкость 2 (КИЕ2).

Измерение расхода реализовано тремя разными методами:

1) методом переменного перепада давления (с помощью измерительной диафрагмы Д1 с подключенным к ней датчиком дифференциального давления ДД1);

2) объемным методом (с помощью тахометрического расходомера (счетчика) с импульсным выходом РМ1);

3) электромагнитным методом (с помощью электромагнитного расходомера РМ2).

Контроль уровня жидкости осуществляется с помощью аналогового датчика гидростатического давления погружного типа (ДУ4) и дискретных поплавковых датчиков уровня (ДУ1-ДУ3).

Давление жидкости в трубопроводе и в емкости измеряется с помощью промышленных датчиков избыточного давления с аналоговыми выходами (ДДИ1 и ДДИ2).

Температура воды в измерительной емкости контролируется с помощью термопреобразователя (ДТ1).

Все выбранные аналоговые средства контроля имеют выходной сигнал 4-20мА и достаточные показатели диапазона измерения и точности, что гарантирует высокую точность получаемых данных. Применение различных методов и видов оборудования для измерения технологических параметров жидкости позволяет глубже понять физические принципы работы оборудования, повысить точность и надежность измерений за счет сравнения разных методов, обеспечить получение универсальных навыков, важных в профессиональной среде, где может потребоваться применение различных подходов в зависимости от конкретной задачи. Также это готовит студентов и специалистов к реальным производственным и исследовательским условиям, где часто требуется гибкость в выборе методов измерения для разных ситуаций.

Исполнительными механизмами, выполняющими функции по поддержанию и корректировке технологических параметров в системе регулирования, являются пропорциональный клапан с выходным сигналом 0-10В, дискретная задвижка, а также группа насосов с частотно-регулируемым электроприводом. Регулирование температуры осуществляется посредством трубчатого электронагревателя (ТЭНа).

Использование частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) в учебном стенде предоставляет возможность исследовать перспективные и современные методы контроля частоты вращения вала электродвигателя, что усиливает практическую и исследовательскую ценность обучения. ЧРП обеспечивает точное управление параметрами электродвигателя, особенно важное для регулирования давления в насосных системах [1].

Пропорциональный клапан используется для регулирования расхода и давления жидкости в системе через дросселирование потока. Дросселирование представляет собой широко применяемый метод управления в технических системах. Эффективность этого метода обусловлена его способностью обеспечивать точное регулирование при минимальных энергетических затратах, что делает его предпочтительным выбором во многих инженерных решениях.

Дискретная двухпозиционная задвижка предотвращает заполнение КИЕ1, открываясь если уровень воды достигнет аварийного значения, также может использоваться для сокращения длительности слива жидкости в технологический бак (Б1).

Для эффективного регулирования мощности ТЭНа использовано однофазное твердотельное реле с фазовым методом управления и аналоговым управляющим сигналом 4-20мА. Фазное регулирование мощности заключается в контроле фазы переменного тока, подаваемого на ТЭН с помощью симистора. Этот метод позволяет точно регулировать мощность ТЭНа, изменяя длительность каждого цикла напряжения, который подается на нагревательный элемент. Таким образом, фазное регулирование обеспечивает более точный контроль температуры и эффективность энергопотребления по сравнению с другими методами регулирования [2].

Средний уровень автоматизации стенда представлен ПЛК и измерителем-регулятором. Современные ПЛК позволяют разрабатывать сложные и гибкие алгоритмы управления, а также осуществлять регулирование процессов с применением различных законов регулирования. Например, управление пропорциональным клапаном возможно осуществлять как при помощи ПЛК, так и при помощи измерителя регулятора по П-закону, а регулятором мощности ТЭНа – с помощью ПИД-регулятора, реализованного на контроллере программно. Входной сигнал на преобразователи частоты также подается с ПЛК.

Верхний уровень автоматизации на стенде представлен системой SCADA. Это обеспечивает визуализацию и мониторинг процессов в реальном времени, а также позволяет студентам разрабатывать пользовательские интерфейсы и настройки системы визуализации. Важно, чтобы SCADA-система была гибкой и позволяла студентам настраивать и модифицировать ее в соответствии с их исследовательскими задачами.

Взаимосвязь устройств верхнего и среднего уровня осуществляется на базе промышленных протоколов связи. Частотные преобразователи, измеритель-регулятор и ПЛК связываются между собой по сетевому протоколу Modbus RTU, использующему последовательные линии связи (интерфейсы) RS-485. В то время как связь с верхним уровнем осуществляется по Modbus TCP/IP, работающему в сетях Ethernet. Это позволит студентам изучить различные способы и обеспечит понимание принципов промышленной связи [3]. Взаимосвязь устройств среднего и нижнего уровня осуществляется на базе унифицированных промышленных аналоговых (0-20 мА или 0-10 В) и дискретных интерфейсов.

Разработанная концепция и схема учебно-испытательного стенда включает в себя интеграцию современных технологий и оборудова-

ния, что позволяет достигнуть комплексного и реалистичного подхода к обучению и исследованиям. Применение различных технических решений подчеркивает стремление к созданию функционального и гибкого образовательного инструмента, способного адекватно отражать реальные производственные процессы и требования, а также адаптации под конкретные образовательные программы и потребности.

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и изготовлении подобного учебно-испытательного оборудования, а также при его эксплуатации при внедрении в качестве лабораторного практикума в образовательных программах технических направлений подготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков, А. В. Энергосберегающее управление скоростью частотно-регулируемого асинхронного двигателя в пуско-тормозных режимах / А. В. Волков, А. А. Колесников // *Электротехника*. – 2013. – № 5. – С. 2–9.
2. Исрагов, А. Х. Высокотемпературный нагреватель с симисторным управлением / А. Х. Исрагов, С. С. Березуева // *Science Time*. – 2016. – № 5(29). – С. 265–269.
3. Китаев, Д. В. Промышленные протоколы передачи данных / Д. В. Китаев, В. В. Денисенко // *Материалы студенческой научной конференции за 2018 год*. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. – С. 511–512.