

Учебный стенд по обучению автоматизации работы насосных установок для АПК

А.С. Кизуров, ст. преподаватель, А.В. Козлов, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья

Для обеспечения автоматического управления технологическими процессами с применением программных логических реле в рамках учебных занятий по программированию создаются комплекты заданий. В процессе обучения студенты осуществляют подключение концевых выключателей (датчиков) и контакторов управления потребителями к программному реле. Затем производят программирование программных реле с применением блок-схем. В последующем обучающиеся производят загрузку программы в программное реле и имитируют работу системы автоматики путём воздействия на концевые выключатели [1]. Таким образом происходит обучение программированию программных реле. Одним из примеров обучающего программирования является автоматизация работы насосной станции, включающей в себя управление тремя насосами в зависимости от уровня жидкости в резервуаре.

Для обеспечения проработки алгоритмов работы насосной станции в безаварийных и аварийных режимах было принято решение создания физической модели насосной станции.

Цель исследования – создание физической модели насосной станции, которая позволяет имитировать работу реального резервуара с возможностью внесения неисправностей в работу насосов и датчиков уровня и давления.

Задачи исследования:

- определение алгоритмов работы физической модели насосной станции;
- описание математических законов работы физической модели насосной станции;
- написание программного кода работы физической модели насосной станции;
- испытание надёжности срабатывания физической модели насосной станции.

Материал и методы исследования. Для определения алгоритмов работы физической модели насосной станции необходимо рассмотреть основные алгоритмы работы реальных насосных

станций, содержащих три насоса и резервуар для воды [2, 3].

При проектировании насосных станций различных технологических процессов с применением резервуаров предусматривают резервирование насосов, контроль уровня жидкости в резервуаре и контроль давления в магистрали [2–4].

Резервирование насосов предусматривается с целью возможности проведения ремонтных работ без остановки технологического процесса, кроме того, применение нескольких насосов позволяет дискретно изменять производительность [2–4].

Контроль уровня жидкости в резервуаре осуществляется по нескольким ключевым точкам: датчик нижнего уровня (для защиты от сухого хода насосов); датчик среднего уровня; датчик верхнего уровня; датчик аварийного уровня (защита от перелива) [2, 3].

В различных технологических процессах автоматизации насосных станций применяют различное количество датчиков уровня; наиболее распространены схемы с двумя (нижний, верхний) и тремя датчиками уровня (нижний, верхний и аварийный) [2–4].

Датчики давления устанавливаются в магистраль после насосов с целью определения наличия напора жидкости в трубе [3].

При проектировании стенда для обучения написания алгоритмов работы насосной станции были приняты во внимание следующие ключевые моменты [3, 5, 6].

1. Учебный стенд состоит из двух модулей: автоматизированная схема управления насосной станции (АСУНС); физическая модель насосной станции (ФМНС).

2. АСУНС должна обеспечивать управление тремя электродвигателями насосов согласно алгоритму задания.

3. АСУНС должна обеспечивать защиту от аварийных режимов работы силовых потребителей (двигателей насосов).

4. АСУНС должна обеспечивать несколько режимов работы: ручное управление; автоматическое управление.

5. На лицевой панели щита АСУНС должна быть обеспечена световая сигнализация режимов работы электродвигателей и состояний датчиков, а также выбранных режимов работы.

6. ФМНС должна обеспечивать определение уровня жидкости в зависимости от состояний работы электродвигателей насосов и дебита подающего трубопровода.

7. ФМНС должна, определяя уровень воды и работу насосов, имитировать срабатывание сухих контактов датчиков уровня и датчика давления с реалистичными гистерезисами и задержками.

8. ФМНС должна обеспечивать имитацию выхода оборудования из строя в ручном режиме.

9. ФМНС должна обеспечивать возможность настройки времени наполнения резервуара и производительность одного насоса от максимального дебита подающей трубы.

10. ФМНС должна обеспечивать ручное регулирование дебита воды, автоматическое изменение дебита воды согласно периодической функции, а также случайное изменение дебита трубы.

Для реализации физической модели насосной станции были спроектированы мнемосхемы АСУНС и ФМНС. Внешний вид учебного стенда в сборе представлен на рисунке 1.

При проектировании электрической схемы ФМНС в качестве вычислительного центра был выбран микроконтроллер ATmega328p, подстроенный

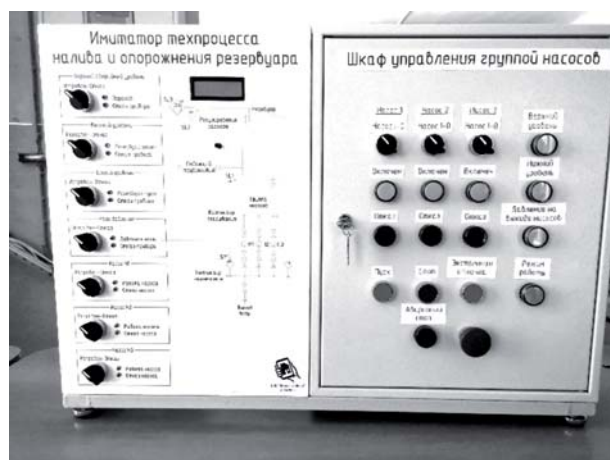


Рис. 1 – Внешний вид стенда (мнемосхемы ФМНС и АСУНС)

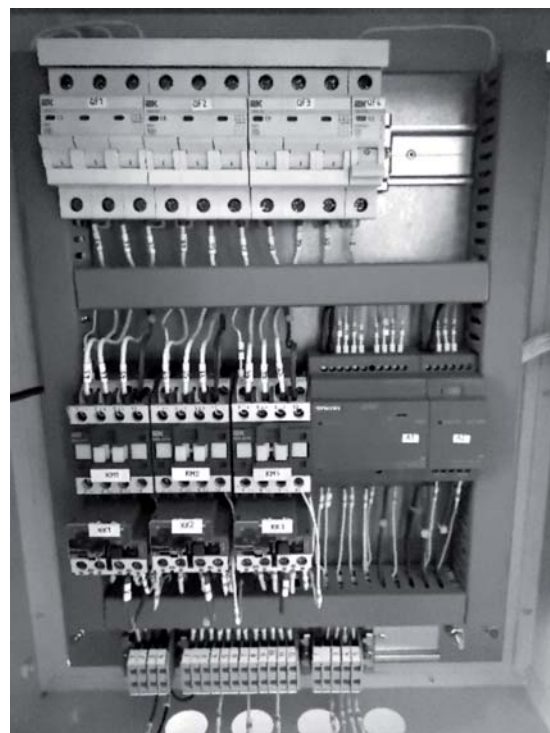


Рис. 2 – Внешний вид щита автоматизированной схемы управления насосной станцией на базе программного реле



Рис. 3 – Алгоритм работы микроконтроллера физической модели насосной станции

под работу от внутреннего задающего генератора с тактовой частотой 8 МГц [7, 8]. Электрической схемой ФМНС обеспечивается определение включения электродвигателей насосов, сигнализация их работы с учётом введения неисправностей, определение наличия давления в напорной трубе после насосов с учётом наличия воды в резервуаре и временем разгона и остановки насосов, определение срабатывания датчиков уровня с гистерезисом.

Внешний вид щита АСУНС представлен на рисунке 2.

Срабатывание датчиков имитируется посредством замыкания сухих контактов электромагнитных реле ФМНС. В случае введения неисправностей в датчики посредством переключения соответствующих переключателей блокируется цепь питания катушек электромагнитных реле ФМНС.

Результаты исследования. Для реализации возможно введения предварительных настроек (время наполнения резервуара и производительность одного насоса в процентном соотношении от максимального дебита подающей трубы), ручного и автоматического (случайного или по периодической функции) изменения дебита подающей трубы с целью определения уровня жидкости в резервуаре и управления контактами электромагнитных реле

(с целью имитации срабатывания датчиков) был разработан алгоритм работы микроконтроллера (рис. 3) [1, 7, 9, 10].

В основы расчёта алгоритма работы микроконтроллера заложены следующие выражения на языке программирования C++, представленные далее по тексту [11].

Функция определения текущего уровня жидкости в резервуаре:

$$\text{level} = \text{level} + \text{debit}(t) - \text{pump} * \text{n_pump}, \text{ о.е.}, \quad (1)$$

где level – текущий уровень жидкости в резервуаре, о.е.;

$\text{debit}(t)$ – мгновенное значение дебита подающей трубы, о.е.;

pump – производительность одного насоса от максимального дебита подающей трубы, о.е.;

n_pump – количество работающих насосов АСУНС в момент выполнения вычисления, шт.

Мгновенное значение дебита подающей трубы $\text{debit}(t)$ определяется для трёх различных условий:

1. Случайный дебит;
2. Дебит по показаниям регулировочного реостата;
3. Дебит по графику.

Мгновенное значение дебита по графику определяется выражением:

$$\text{debit}(t) = 500 + 600 \sin(\pi t / 360), \text{ о.е.}, \quad (2)$$

где t – текущее время, о.е.

Абсолютное значение $\text{debit}(t)$ ограничено областью от 0 до 1000 о.е.

Текущий уровень жидкости в резервуаре определяется по выражению:

$$x = 1000 \text{ level} / \text{volume_max}, 10\text{-}1\%, \quad (3)$$

где volume_max – максимальный объём резервуара, зависящий от времени наполнения, о.е.

Выводы. Разработанная ФМНС позволяет имитировать работу реальной установки с возможностью внесения неисправностей в работу электродвигателей насосов, датчика давления и датчиков уровня с целью отработки внештатных режимов работы программы программного реле АСУНС.

Разработанная ФМНС для учебного процесса прошла успешное испытание на базе ГАПОУ ТО «ТЛТ» в рамках изучения дисциплины «Автоматизация технологических процессов». Испытания ФМНС показали безотказную работу при различных алгоритмах работы АСУНС в нормальных и аварийных режимах, вне зависимости от адекватности работы алгоритма АСУНС.

Литература

- Шахов В.А. Программа для реализации вычислительного эксперимента по оценке интенсивности изнашивания элементов шин трактора, эксплуатируемого в различных агроландшафтных условиях при наличии кривоковой нагрузки / В.А. Шахов, Е.М. Асманкин, Ю.А. Ушаков [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 87–88.
- Работа КНС при различных режимах управления. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.admiral-omsk.ru/KNSworks> (дата обращения 23.02.2019).
- Системы управления водяным и пенным пожаротушением (СУВППТ) | AVTORITET.NET. [Электронный ресурс]. URL: <https://avtoritet.net/library/articles/sistemy-upravleniya-vodyanym-i-pennym-pozharotusheniem-suvppt-0> (дата обращения 23.02.2019).
- ОВЕН СУНА-121. Алгоритмы работы. [Электронный ресурс]. URL: https://www.owen.ru/product/suna_121/working_algorithms (дата обращения 23.02.2019).
- Нестеров В.А., Кривозубов П.А., Заминалов Н.М. Система на модуле – универсальное решение задач автоматизации и мониторинга // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016: матер. Девятой междунар. конф.: в 2-х томах / под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. М.: ИПУ РАН, 2016. С. 319–324.
- Сагдатуллин А.М. Система автоматизированного управления режимами работы кустовых насосных станций // Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2015. Т. 13. № 2. С. 20–24.
- Андреев Л.Н., В.В. Юркин Алгоритм работы системы частичной рециркуляции вентиляционного воздуха производственных помещений АПК // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6(74). С. 131–134.
- Аджиев Р.А., Картавцев Д.В. Микроконтроллеры. ARDUINO и IDE среда разработки // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 2. № 1(4). С. 10–12.
- Савчук И.В. Описание и создание программы ЭВМ для расчета основных конструктивных параметров видеосветолоушки / И.В. Савчук, Д.О. Суринский, В.С. Юдин [и др.] // Проблемы современной науки. 2017. № 28. С. 46–53.
- STUDLAB.COM: Редактор блок-схем, диаграмм. [Электронный ресурс]. URL: http://studlab.com/index/redaktor_blok_skhem/0-70 (дата обращения 23.02.2019).
- Программирование Ардуино | Аппаратная платформа Arduino. [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/Reference> (дата обращения 23.02.2019).