



Исследование многосвязной САР-процессорной станции FESTO

Е.О. МУРДАЛОВА, магистрант,
Б.Н. ФЕШИН, д.т.н., профессор,
Карагандинский государственный технический университет

Рассматриваются процессорная станция FESTO как многосвязный объект автоматического регулирования. Приведена функциональная схема многосвязной системы. Приводятся результаты экспериментальной идентификации односвязных систем регулирования уровня, расхода, температуры и давления. Аппроксимация графических зависимостей выполнена в среде MS Excel. Получены передаточные функции односвязных систем. Предлагается структурная схема многосвязной системы регулирования. Для исследования области существования многосвязной системы предлагается использовать методику имитационного моделирования при вариации коэффициентов передаточных функций.

Микропроцессорная станция «Festo» представляет комплекс имитаторов объектов, замкнутых между собой, и является учебным аналогом реально существующего производства. Конструкция и функциональные возможности станции аналогичны производственным и уменьшены в несколько раз. Принцип действия и программное обеспечение полностью имитируют реальный промышленный процесс.

Станция имеет 4 (рисунок 1) замкнутых контура регулирования физических переменных с цифровыми и аналоговыми датчиками и исполнительными механизмами:

- уровнем жидкости в баке;
- расхода жидкости;
- давления жидкости;
- температуры жидкости.

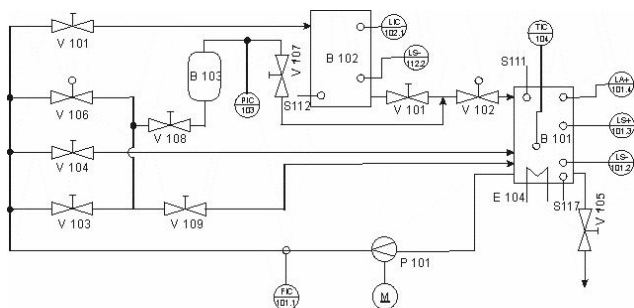


Рисунок 1 – Функциональная схема стенда «Festo»

Эти системы могут использоваться по отдельности и в перспективе одновременно, образуя сложный технологический процесс. В состав микропроцессорной станции «Festo» входят устройства сбора информации (датчики): ультразвуковой, уровня жидкости,

расхода жидкости, температуры жидкости, давления жидкости, верхнего/нижнего уровня жидкости, а также выключатель предельно низкого уровня жидкости. Исполняющие устройства представлены: циркуляционным насосом с приводом от двигателя постоянного тока, нагревательным элементом, пропорциональным клапаном и ручными шаровыми клапанами. Объекты управления и контроля: 2 контейнера для хранения жидкости, герметичный резервуар для накопления жидкости под давлением и система взаимосвязанных трубопроводов. Для визуального контроля регулируемых параметров предусмотрены: манометр для контроля давления жидкости и мерные линейки для контроля уровня жидкости в верхнем и нижнем контейнерах. Управляющим элементом служит контроллер фирмы «Siemens» SIMATIC S7-300 и ПЭВМ, в котором установлена SCADA-система WinCC. Устройства коммутации содержат: контрольную панель, аналоговый терминал, SysLink терминал и коммутационные провода и кабели.

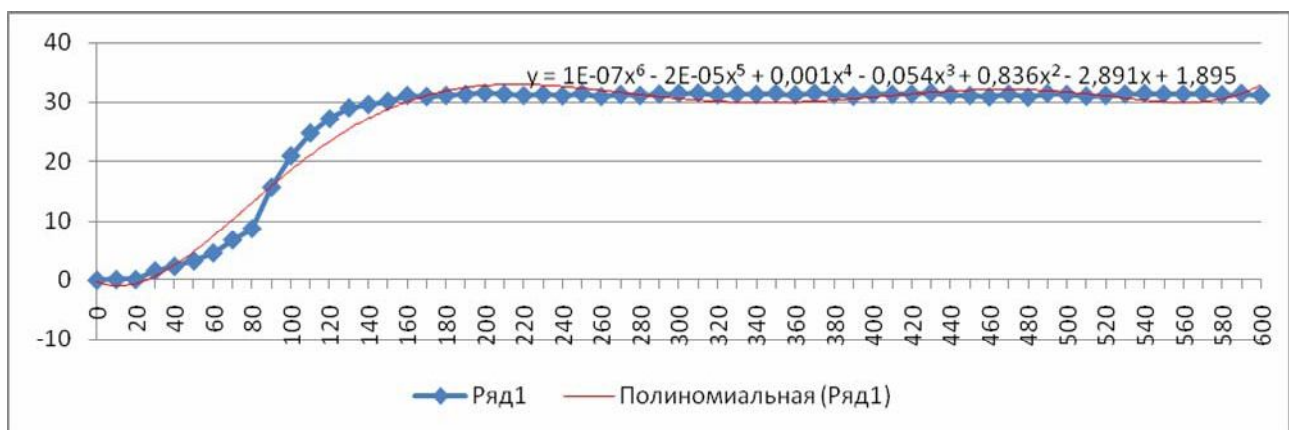
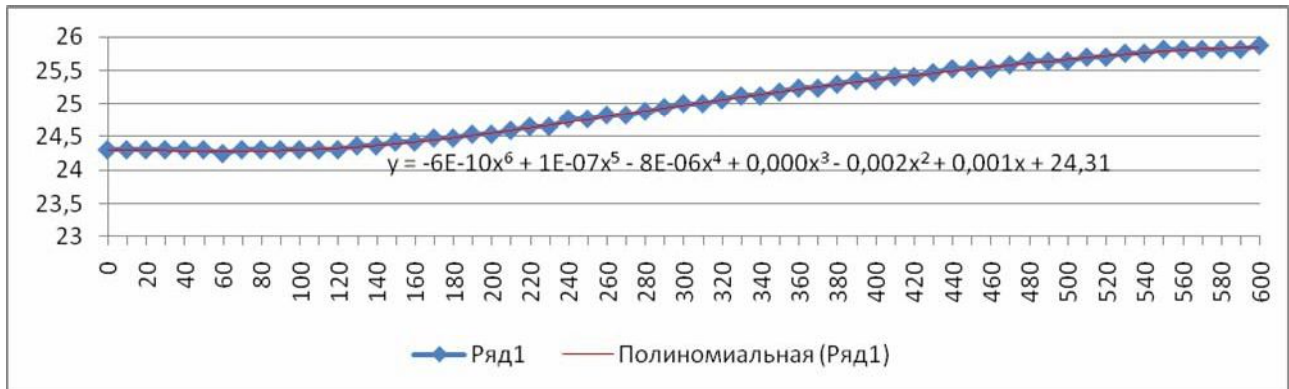
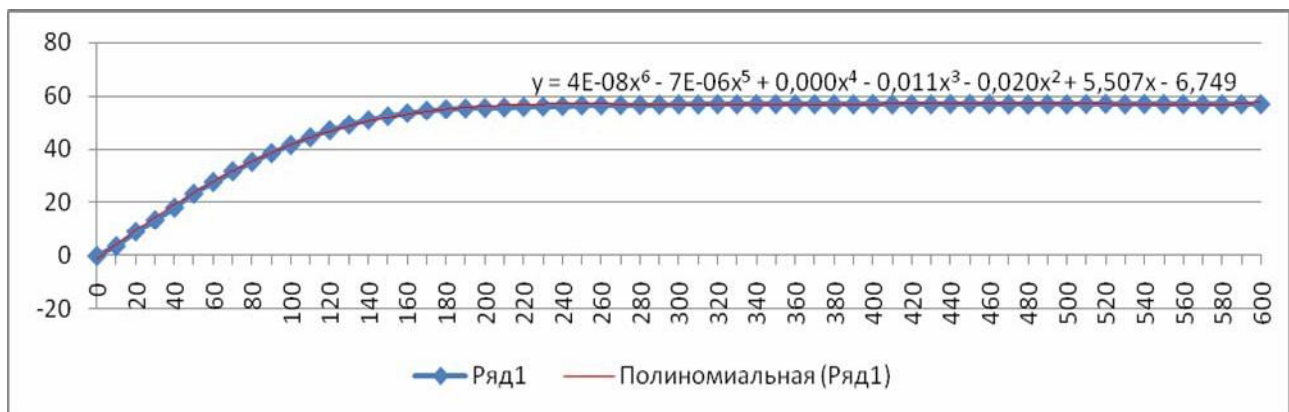
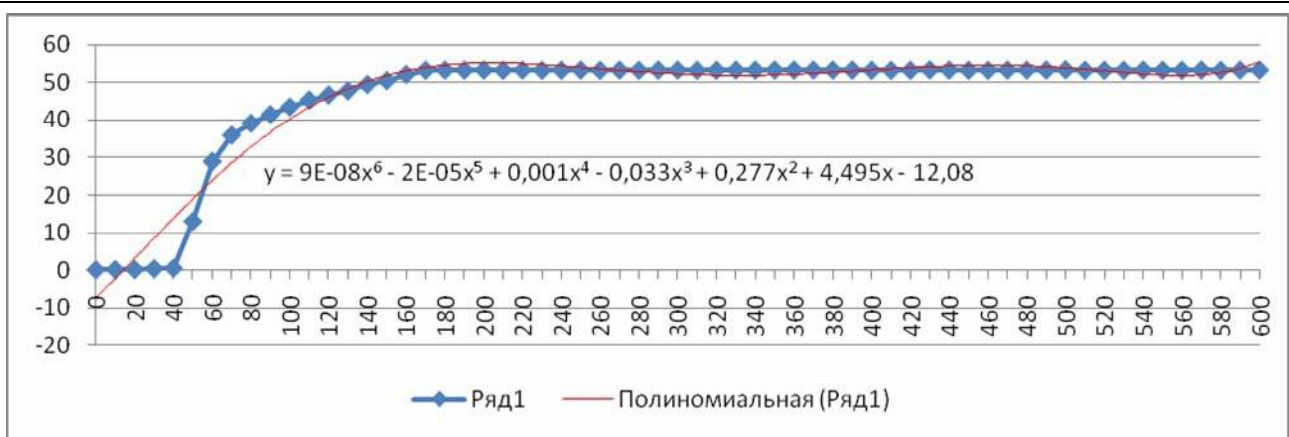
В условиях существующей процессорной станции «Festo», загруженного программного обеспечения контроллера и компьютера отдельные устройства стенда не могут быть выделены без связи с сопрягаемыми устройствами, а САР могут эксплуатироваться только по одной регулируемой координате, т.е. как не связанные, системы регулирования отдельно уровнем жидкости, расходом, давлением или температурой жидкости.

С целью идентификации отдельных САР проводились экспериментальные исследования в рамках стенда. Полученные данные, для каждого из процессов, сохранялись в табличном процессоре Microsoft Excel, строился график (рисунки 2-5), отражающий экспериментальные характеристики процессов и проводилась аппроксимация временных зависимостей.

САР уровня жидкости

В системе контроля уровня жидкости исполнительным устройством является насос, а контрольным оборудованием – датчики уровня: ультразвуковой, емкостные и датчик предельно низкого уровня жидкости.

Первичное управляющее воздействие – напряжение питания двигателя насоса $x(t)$, формируемое контроллером, а вторичным – производительность насоса, т.е. то количество жидкости, которую насос перекачивает для поддержания необходимого уровня в верхнем контейнере (B102). Возмущающим воздействием $f(t)$ является жидкость, стекающая из верхнего



контейнера (В102) в нижний (В101) через открытый клапан V112. Обратная связь обеспечивается с помощью ультразвукового датчика уровня жидкости. Сигнал с датчика, поступая на контроллер, вызывает реакцию, выражающуюся в увеличении или уменьшении питающего электродвигатель напряжения.

На рисунке 6 представлена серия из четырех экспериментов для системы регулирования уровня жидкости (графики получены по данным SCADA-системы WinCC с управляющей контроллером программой PCS_Co_4). По оси ординат приводится значение в процентах от максимальных значений уровня жидкости в верхнем баке (300 мм) и напряжения питания насоса (24В).

Передаточная функция замкнутой САР уровня жидкости в результате идентификации получена в виде:

$$W(p) = e^{-40p} \times \frac{53,356}{41p+1}. \quad (1)$$

САР температуры жидкости

В этой системе исполнительным устройством является нагревательный элемент, а устройством контроля и оценки выходного сигнала – датчик температуры жидкости. Постоянно работающий насос обеспечивает перемешивание жидкости в процессе нагрева и распределяет жидкость равномерно по всему объему. Это обеспечивает стабилизацию температуры в объеме, а не в отдельной точке.

Первичным управляющим воздействием является напряжение питания нагревательного элемента, формируемое контроллером, а вторичным – производи-

тельность нагревательного элемента, т.е. то количество теплоты, которое передается жидкости от нагревателя. Возмущающим воздействием (f(t)) является отдача тепла контейнеру и далее от стенок контейнера окружающей среде. Возмущающее воздействие тем выше, чем ниже температура окружающей среды. На рисунке 7 представлена серия из четырех экспериментов для системы регулирования температуры жидкости (графики получены по данным SCADA-системы WinCC и программой PCS_Co_4 управляющей контроллером). По оси ординат приводится значение в процентах от максимальных значений температуры (50 °С) и напряжения питания нагревательного элемента (220В).

Передаточная функция замкнутой САР температуры жидкости получена в виде:

$$W(p) = \frac{25,81}{120p+1} \cdot \frac{1}{80p+1}. \quad (2)$$

САР расхода жидкости

Исполнительным устройством САР расхода жидкости является насос, а контрольным оборудованием – датчик расхода жидкости PIC101. Первичным управляющим воздействием является напряжение питания двигателя насоса (x(t)), формируемое контроллером, а вторичным – производительность насоса. Возмущающим воздействием f(t) может являться присутствие воздушных пузырей, попадающих вместе с перекачиваемой жидкостью в трубопровод, где установлен датчик расхода. Поэтому в связи с особенностью конструкции датчика расхода может появиться неточность в получаемых значениях и, как следствие, по-

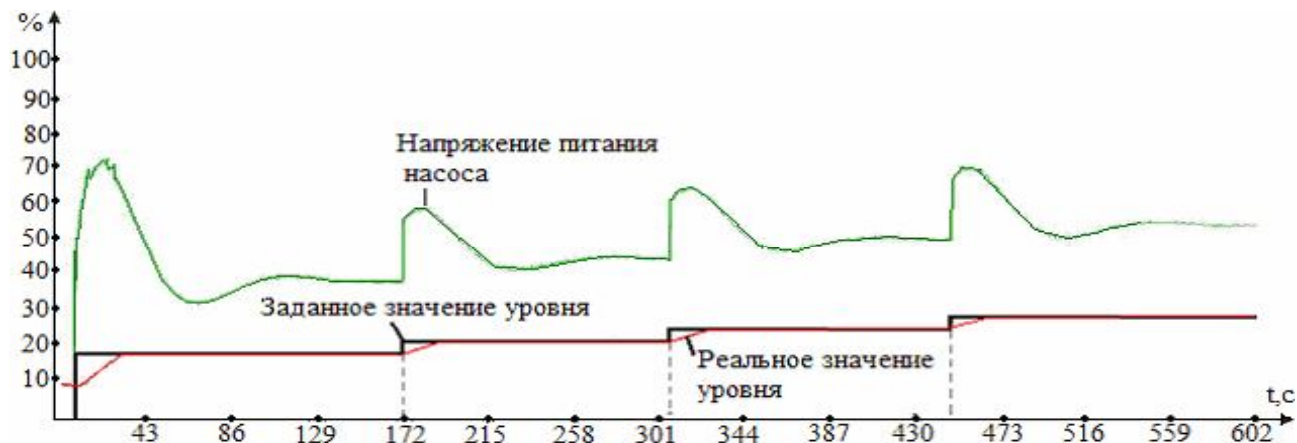


Рисунок 6 – Серия из четырех экспериментов для системы регулирования уровня жидкости



Рисунок 7 – Серия из двух экспериментов для системы регулирования температуры жидкости

грешность в управляющем воздействии. Обратная связь обеспечивается с помощью крыльчатого датчика расхода жидкости. Сигнал с датчика, поступая на контроллер, вызывает реакцию, выражающуюся в увеличении или уменьшении питающего электродвигатель напряжения.

На рисунке 8 представлена серия из четырех экспериментов для системы регулирования расхода жидкости, с использованием насоса в качестве управляемого объекта (графики получены по данным SCADA-системы WinCC с управляющей контроллером программой PCS_Co_4).

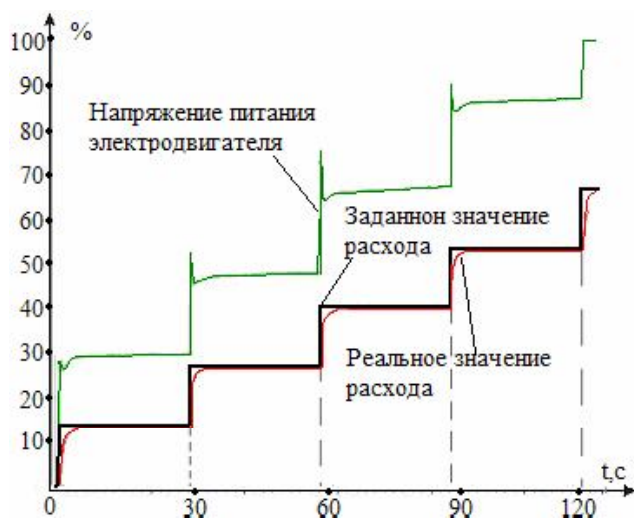


Рисунок 8 – Серия из четырех экспериментов для системы регулирования расхода жидкости

Передаточная функция замкнутой САР расхода жидкости получена в виде:

$$W(p) = \frac{57}{85p + 1}. \quad (3)$$

САР давления жидкости

Исполнительным устройством является насос, а контрольным оборудованием – датчик давления жидкости. В САР первичным управляющим воздействием является напряжение питания двигателя насоса, формируемое контроллером, а вторичным – производительность насоса. Возмущающим воздействием $f(t)$ являются возможные утечки жидкости. Обратная связь обеспечивается с помощью датчика давления жидкости. Сигнал с датчика, поступая на контроллер, вызывает реакцию, выражающуюся в увеличении или уменьшении напряжения питающего электродвигатель.

На рисунке 9 представлена искомая переходная характеристика САР давления жидкости, построенная в MATLAB по данным, полученным средствами процессора Microsoft Excel.

Передаточная функция замкнутой САР давления жидкости:

$$W(p) = \frac{31,25}{214p^2 + 24p + a_2}. \quad (4)$$

На рисунке 10 изображена структурная схема многосвязной САР процессорного стенда FESTO. Как

отмечено, приведенные выше исследования соответствуют одноконтурным САР, т.е. для схемы на рисунке 10 перекрестные связи $W_{ij}(p)$ равны нулю, а для САР уровня, температуры, расхода и давления известны передаточные функции $W_1(p)$, $W_2(p)$, $W_3(p)$, $W_4(p)$, приведенные в виде формул (1), (2), (3), (4).

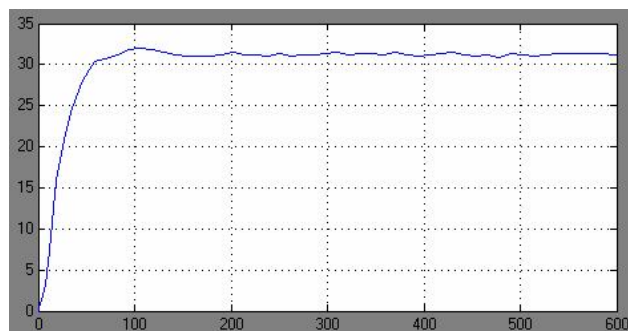


Рисунок 9 – Переходная характеристика САР давления жидкости, построенная в MATLAB

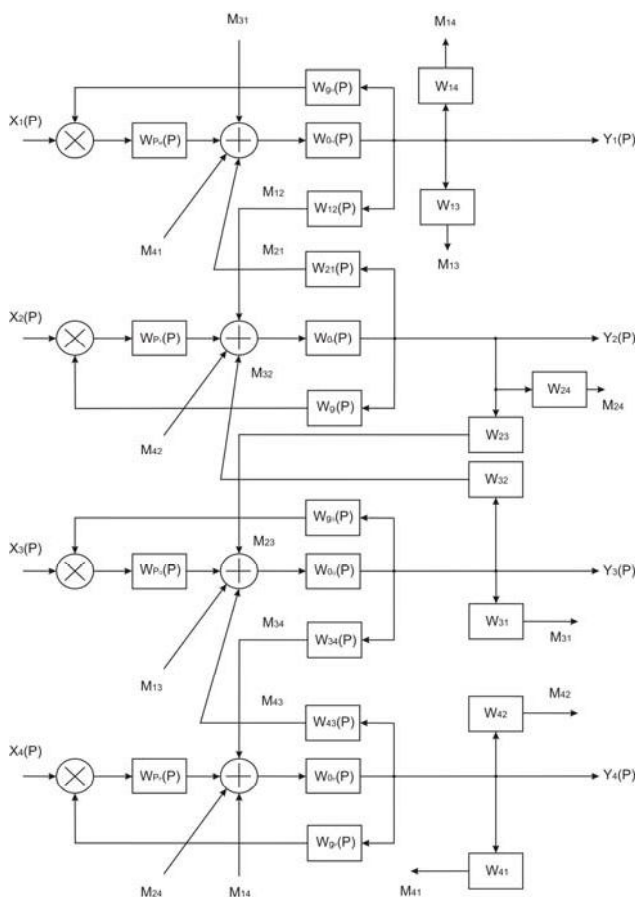


Рисунок 10 – Структурная схема многосвязной САР процессорной станции FESTO

Экспериментальные исследования стенда в варианте многосвязной САР требуют замены программного обеспечения контроллера и SCADA-системы. Эта работа находится в стадии разработки, но уже имеющаяся информация позволяет поставить задачи имитационных исследований [4-10] многосвязной САР стенда в рамках подсистемы Simulink специализированной программной системы MatLAB, с целью оценки матрицы взаимовлияния САР $W_{ij}(p)$. Предполагает-

ся осуществить серию факторных экспериментов с имитационной моделью многосвязной САР при задании передаточных функций перекрестных связей безынерционными звеньями с варьируемыми коэффициентами передачи K_{ij} изменяющимися в диапазоне $\{-1 \leq K_{ij} \leq 0, 0 \leq K_{ij} \leq 1\}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jürgen Helmich, Manual PCS Compact Workstation. – Esslingen, Germany: Festo Didactic GmbH & Co, 2004. – 49 с.
2. www.festo.com
3. Jürgen Helmich, Process Control System – Collection of data sheets. – Esslingen, Germany: Festo Didactic GmbH & Co, 2004. – 94 с.
4. 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 2009. № 2. – Караганда: КарГТУ, 2009.
5. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Математическое моделирование динамических систем: Учебное пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. Караганда: КарГТУ, 2002. – 147 с.
6. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
7. Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: Солон-Пресс, 2005. – 800 с.
8. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов. – М.: Энергия, 1974. – 268 с.
9. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 1972. – 766 с.
10. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / Пер. с англ. Б. И. Копылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

Мурдалова Е.О., Фешин Б.Н. Көп байланыстағы FESTO САР-процессорлық станциясын зерттеу.

FESTO процессорлық станциясы автоматты түрде жөнделетін көп байланыстағы нысан ретінде қарастырылады. Көп байланыстағы жүйенің қызметтік сұлбасы келтірілген. Деңгейді, шығынды, температураны және қысымды реттеудің бір бай-

ланыстағы жүйелерін эксперименттік сәйкестендіру нәтижелері келтіріледі. Графикалық тәуелділіктер аппроксимациясы MS Excel ортада орындалған. Бір байланыстағы жүйелердің беріліс функциялары алынды. Реттеудің көп байланыстағы жүйесінің құрылымдық сұлбасы ұсынылады. Көп байланыстағы жүйенің қолданылу аймағын зерттеу үшін айқаспа беріліс қызметтері коэффициенттерінің вариациясы кезінде имитациялық модельдеу әдістемесін пайдалану ұсынылады.

Murdalova Ye.O., Feshin B.N.. Studying Manyfold ACS-Processor Station of FESTO.

There are considered a processor station FESTO as a multi-connection object of automated control. There is presented a functional scheme of a multi-connection system. As well as the results of experimental identification of single-connection systems for controlling level, rate, temperature and pressure. The approximation of graphical dependences is made in MS Excel environment. To study the field of multi-connection system existence there is suggested a methodology of imitation modeling with variation of the cross transfer functions coefficient.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мурдалова Елена Омаровна родилась в городе Жезказган в 1988 году. С 2005-2009 года обучалась в Жезказганском университете им. О.А. Байконурова по специальности «Автоматизация и управление». В 2009 году поступила в магистратуру КарГТУ. На данный момент продолжает обучение в качестве магистранта на кафедре АПП.

Имеет публикации в сборниках научных трудов ВУЗов Казахстана и в странах СНГ. Основным направлением деятельности в магистратуре является применение оборудования фирмы «Festo» для дистанционного обучения в рамках международного образовательного проекта «Синергия».

Фешин Борис Николаевич (см. стр. 45).