

УДК 004.42

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2020.3.10>

Л.П. ГОЛУБЕВ

Национальный технический университет Украины «КПИ им. И. Сикорского»

ORCID: 0000-0002-2980-8017

В.А. СУРОВ

Киевский национальный университет технологий и дизайна

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДОЗИРОВКИ ЖИДКОСТНЫХ ПРОДУКТОВ

Процессы дозирования жидкостей используются в пищевой, химической, фармацевтической и упаковочной промышленности. Под дозированием понимается процесс выдачи продукта с количественно регламентируемыми параметрами по расходу для процессов непрерывного дозирования, или по объему (или весу) дозы для процессов порционного дозирования. В статье рассматривается проблема порционной дозировки жидкостных продуктов в условиях малых предприятий. Разработан новый метод дозировки жидкостных продуктов на базе использования тензодатчика. Этот метод удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к системам дозирования.

Разработан макет компьютерно-интегрированной системы дозировки жидкостных продуктов. Она включает в себе следующие элементы: микропроцессорная система Arduino UNO; блок управления; LCD-экран 1602; модуль HX711 – 3-канальный аналогово-цифровой преобразователь; тензодатчик (до 5 кг); реле; электронасос. Основным чувствительным элементом системы является тензодатчик, который обеспечивает чувствительность рабочих элементов с погрешностью не более 0,02 %.

Алгоритм работы системы включает следующие действия: перед началом дозировки выполняется калибровка системы, далее выполняется операция по учету веса тары, устанавливается заданное значение дозы жидкости, выполняется процесс подачи жидкости в емкость, после окончания процесса дозировки оператор должен удалить заполненную емкость и поставить пустую тару. Характерной особенностью разработанной системы является универсальность и оперативная ее переналадка на различные жидкостные продукты.

Ключевые слова: программа FIProg, дозировка, тензодатчик, микропроцессорная система Arduino

МИКРОПРОЦЕССОРНА КОМПЬЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ДОЗУВАННЯ РІДИННИХ ПРОДУКТІВ

Л.П. ГОЛУБЕВ

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»

ORCID: 0000-0002-2980-8017

В.О. СУРОВ

Київський національний університет технологій та дизайну

Процеси дозування рідин використовуються в харчовій, хімічній, фармацевтичній та пакувальній промисловості. Під дозуванням розуміється процес видачі продукту з кількісно регламентованими параметрами по витраті для процесів безперервного дозування, або за обсягом (або за вагою) дози для процесів порційного дозування. У статті розглядається проблема порційного дозування рідинних продуктів в умовах малих підприємств. Розроблено новий метод дозування рідинних продуктів на базі використання тензодатчика. Цей метод задовольняє всім вимогам, що пред'являються до систем дозування.

Розроблено макет комп'ютерно-інтегрованої системи дозування рідинних продуктів. Вона включає в себе наступні елементи: мікропроцесорну систему Arduino UNO; блок керування; LCD-екран 1602; модуль HX711 - 3-канальний аналогово-цифровий перетворювач; тензодатчик (до 5 кг); реле; электронасос. Основним чутливим елементом системи є тензодатчик, який забезпечує чутливість робочих елементів з похибкою не більше 0,02%.

Алгоритм роботи системи включає наступні дії: перед початком дозування виконується калібрування системи, далі виконується операція з обліку ваги тари, встановлюється задане значення дози рідини, виконується процес подачі рідини в ємність, після закінчення процесу дозування оператор повинен видалити заповнену ємність і поставити порожню тару. Характерною особливістю розробленої системи є універсальність і оперативна її переналагодження на різні рідинні продукти.

Ключові слова: програма FIProg, дозування, тензодатчик, мікропроцесорна система Arduino.

L.P. GOLUBEV

National Technical University of Ukraine "KPI named after I. Sikorsky "

ORCID: 0000-0002-2980-8017

V.A. SUROV

Kiev National University of Technology and Design

MICROPROCESSOR COMPUTER-INTEGRATED DOSING SYSTEM FOR LIQUID PRODUCTS

Liquid dispensing processes are used in the food, chemical, pharmaceutical and packaging industries. Dosing refers to the process of dispensing a product with quantitatively regulated parameters in terms of flow rate for continuous dosing processes, or by volume (or weight) of a dose for batch dosing processes. The article deals with the problem of dosing liquid products in the conditions of small enterprises. A new method for dosing liquid products based on the use of a strain gauge has been developed. This method meets all the requirements for dosing systems.

A model of a computer-integrated system for dosing liquid products has been developed. It includes the following elements: Arduino UNO microprocessor system; Control block; LCD screen 1602; HX711 module - 3-channel analog-to-digital converter; strain gauge (up to 5 kg); relay; electric pump. The main sensitive element of the system is a strain gauge, which provides the sensitivity of the working elements with an error of no more than 0.02%.

The system operation algorithm includes the following actions: before the start of dosing, the system is calibrated, then the operation is performed to take into account the tare weight, the set value of the liquid dose is set, the process of feeding the liquid into the container is carried out, after the end of the dosing process, the operator must remove the filled container and put an empty container. A characteristic feature of the developed system is its versatility and its operational changeover for various liquid products.

Key words: FIProg program, dosage, strain gauge, Arduino microprocessor system.

Постановка проблеми

Значительная часть ТП химических, нефтехимических, пищевых, текстильных, парфюмерных, лакокрасочных, фасовочных (разлив жидких продуктов в тару) и других производств характеризуется наличием операций, для выполнения которых необходима реализация автоматической подачи в объект управления (ОУ) устанавливаемых технологическим регламентом доз или расходов жидких компонентов. При этом при проектировании оборудования необходимо учитывать разнообразие физико-химических свойств дозируемых составов, обеспечивать достаточно высокую точность и широкие диапазоны дозирования.

Среди указанных выше производств, связанных с задачами автоматизации процессов дозирования жидкостей, фасовочные производства занимают особое место. Это связано с тем, что в последнее десятилетие в Украине получает развитие упаковочная отрасль. Образовался целый ряд предприятий малого и среднего бизнеса, занимающихся производством и расфасовкой жидких продуктов в тару. В связи с этим становится чрезвычайно актуальной проблема создания высокоточного, недорогого, надежного и компактного импортозамещающего фасовочного оборудования, учитывающего специфические условия малых производств.

Анализ последних исследований и публикаций

В немногочисленных научно-технических печатных изданиях [1- 3], касающихся вопросов автоматизации процессов дозирования, а также в современных обзорных и аналитических материалах, публикуемых в сети «Интернет», фактически отсутствует единое общепризнанное толкование основных понятий в области дозирования жидкостей.

Под дозированием будем понимать процесс выдачи продукта с количественно регламентируемыми параметрами по расходу - для процессов непрерывного дозирования, или по объему (или весу) дозы для процессов порционного дозирования.

В дальнейшем будем рассматривать только процесс порционного дозирования.

Формулирование цели исследования

Под дозирующим устройством (ДУ) будем понимать технологическое оборудование с обвязкой (расходные баки с дозируемыми продуктами, гидрозарпорная и регулирующая арматура, датчики контроля параметров процесса дозирования, исполнительные органы дозирования), предназначенное для осуществления процесса дозирования.

Под системой автоматизированного дозирования (САД) будем понимать совокупность ДУ (как объекта управления) и УУ дозированием, обеспечивающего управление исполнительными органами ДУ по заданному алгоритму.

Учитывая специфику малых предприятий, возникает задача в разработке компьютерно-интегрированной системы дозирования жидкостных продуктов, которая была бы приспособлена к работе с большой номенклатурой дозируемых составов и иметь возможность оперативной переналадки на разные типы продукции.

Изложение основного материала исследования

К системам дозирования для расфасовки жидких продуктов в тару в условиях малых производств предъявляются свои специфические требования, к основным из которых относятся следующие:

- высокая эксплуатационная надежность, широкий диапазон и высокая точность дозирования в сочетании с возможностью оперативной перенастройки оборудования на различные типы жидкостей и диапазоны дозирования;
- возможность плавной регулировки дозы в широком диапазоне;
- возможность оперативной промывки или замены гидро-коммуникаций;
- возможность встраивания дозатора в конвейерную линию;
- возможность построения многоручьевых и многоканальных систем дозирования;
- отсутствие межоперационного капле-образования;
- компактность, простота и безопасность обслуживания;
- пожаро-взрывобезопасность (для многих производств).

Для выполнения этих требований была разработана компьютерно-интегрированная система дозирования жидкостных продуктов. Структурная схема разработанной системы приведена на рис. 1.

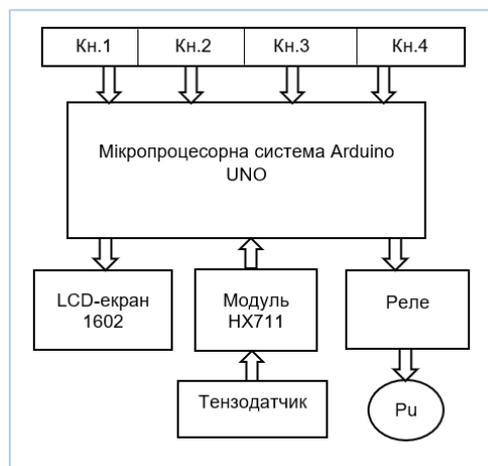


Рис. 1 Структурная схема компьютерно-интегрированной системы дозирования жидкостных продуктов

Она включает в себе следующие элементы:

- Микропроцессорная система Arduino UNO;
- Блок управления, состоящий из кнопок Кн.1-Кн.4.;
- LCD-экран 1602;
- Модуль HX711 – 3-канальный аналогово-цифровой преобразователь;
- Тензодатчик (до 5 кг);
- Реле;
- Электронасос;

Основным чувствительным элементом системы является тензодатчик. Тензодатчик веса и давления - это устройство, которое может преобразовать механическую деформацию тела в электрический сигнал, который позволяет определить уровень растяжения и сжатия конкретного предмета. Он является резистивным преобразователем и считается одним из главнейших составляющих высокоточного весового оборудования [4,5].

Устройство изготовлено из чувствительного тензо-резистора, который производится из тензоматериалов. Чаще всего это фольга или алюминиевая проволока с небольшим сечением. Как и прочие весовые приборы, резистор реагирует на изменение постоянного сопротивления на контактах, которое происходит в результате воздействия всестороннего сжатия.

Конструктивно прибор представляет собой тензо-резистор с контактным элементом. Он закреплен на верхней панели устройства, которая соприкасается с измеряемым телом. Принцип работы любого тензодатчика основан на изменении сопротивления проводника при механическом воздействии на него. Для включения датчика в сеть применяется специальные электрические

контакты, которые подключаются к чувствительной пластине. Благодаря этому в контактном элементе наблюдается постоянное напряжение. Но, при работе датчика на специальную подложку устанавливается деталь. Её вес разрывает цепь и образовывается механическая деформация, которая при помощи контрольных контактов преобразуется в электрический сигнал.

Этот измерительный прибор обладает чрезвычайно высокой точностью анализа. Чувствительность рабочих элементов допускает погрешность не более 0,02 %, что является довольно высоким показателем. Но некоторые устройства выполняются с еще большим классом точности. Работа таких моделей основана на измерении силы воздействия на контакты. Электрический преобразованный сигнал является прямо пропорциональной величиной силе давления.

Макетная схема автоматизированной системы дозирования жидкости приведена на рис. 2.

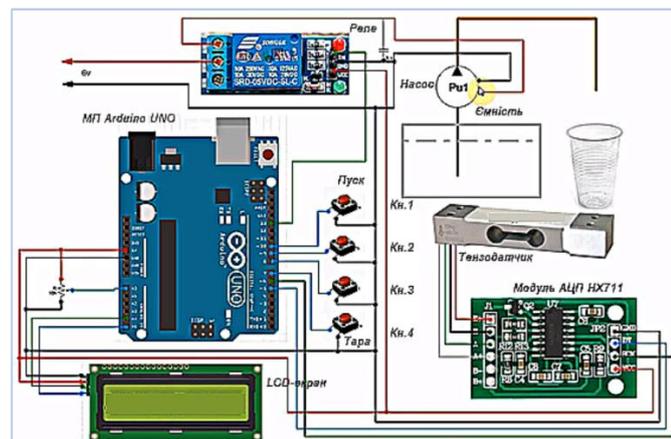


Рис. 2 Макетная схема системы дозирования жидкости

Алгоритм работы системы состоит из следующих шагов:

1. Перед началом дозировки необходимо выполнить калибровку системы. Для этого, используя гирию с заранее известным весом и с помощью подстроечного резистора, устанавливаем значение чувствительного элемента (тензодатчика) соответственно весу гири.
2. Далее необходимо учесть вес тары. Для этого нажимаем кнопку «Тара» (Кн.1) и устанавливаем тару на чувствительную пластину. При этом контролируем, чтобы значение веса на дисплее было равно нулю. Если это не так, повторяем выполнение данного пункта еще раз.
3. Устанавливаем заданное значение дозы жидкости с помощью кнопок «+» и «-» (Кн.2 и Кн.3 соответственно). Первая кнопка увеличивает значение объема жидкости на 1, а вторая, соответственно его уменьшает на 1.
4. Далее устанавливаем тару на тензодатчик и нажимаем кнопку «Старт» (Кн.4). Начинает работать насос и подавать дозируемую жидкость в емкость. При этом на экране отображается объем дозируемой жидкости. Когда объем дозируемой жидкости будет больше или равен заданному, насос выключается, и подача жидкости прекращается.
5. На экране отображается количество заполненных емкостей. Далее оператор должен убрать заполненную заданной дозой жидкостью емкость, установить на чувствительный элемент новую тару и повторить операцию дозирования жидкости.

При проектировании компьютерно-интегрированной системы дозирования жидкости использовалась программа FIProg. В проекте используется 3 платы:

Первая «Установка» предназначена для установки значения дозы жидкости, записи ее в EEPROM и отображения установленного значения на LCD-экране.

Вторая плата «Весы» предназначена непосредственно для определения веса залитой в тару жидкости и отображения этого значения на экране.

Третья плата «Дозатор» предназначена для запуска системы и подачи жидкости в тару. Пока вес жидкости меньше заданного насос работает и подает жидкость в тару. Если вес поданной жидкости равен или больше заданному насос выключается, увеличивается счетчик выполненных дозировок и это число отображается на экране.

Процесс проектирования первой платы в программе FIProg приведен на рис. 3.

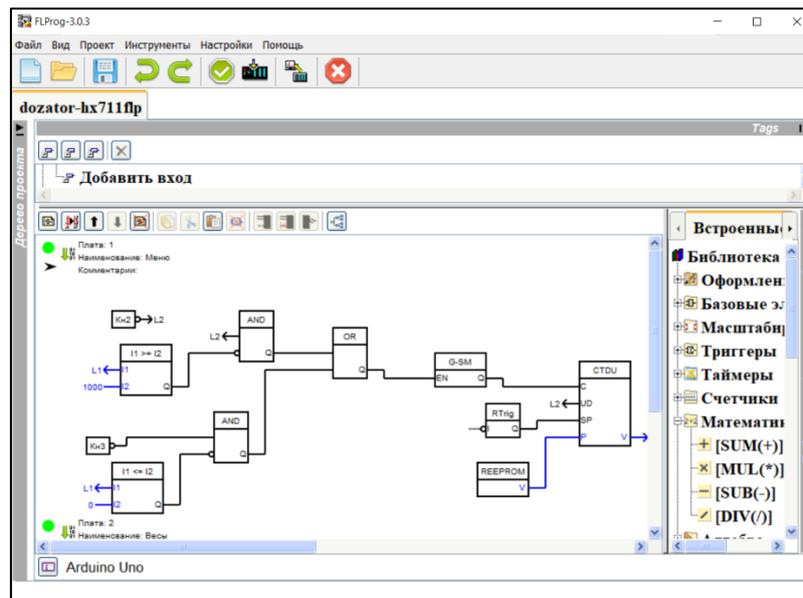


Рис. 3 Процесс проектирования первой платы в программе FIProg

После отладки спроектированных плат в программе FIProg, была выполнена компиляция проекта под микропроцессорную систему Arduino UNO, загрузка разработанного скетча в память Arduino. Разработанная система показала свою работоспособность и может применяться в условиях малых предприятий.

Выводы

К преимуществам разработанной системы следует отнести универсальность (система может работать с разными жидкостями), а также после небольшой доработки может также выполнять дозировку сыпучих продуктов. Кроме этого, большим плюсом этой системы является ее низкая цена, в отличии от присутствующих на рынке систем.

Список использованной литературы

1. Безменов В. С. Автоматизация процессов дозирования жидкостей в условиях малых производств/ В. С. Безменов, В. А. Ефремов, В. В. Руднев // СПб.:Ленанд, 2010, 216 с.
2. Голубев Л.П. Использование микропроцессоров при создании автоматизированных систем управления / Б.В. Можчиль, С.Ю. Фетисенко // Технології та дизайн. - 2016. - № 3.
3. Голубев Л.П. Автоматизированное удаленное управление устройствами при помощи Ардуино / В. Г. Столяров, Л. П. Голубев. // Технології та дизайн. - 2016. - № 4
4. Юревич Е. И. Основы робототехники - 2-е изд., перераб. и доп. / Е. И. Юревич - СПб.: БХВ - Петербург, 2005. - 416 с.
5. Путов В.В. Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике/ Сост.: В.В. Путов, А.В. Путов, К. В. Игнатъев, М. М. Копычев, В.П. Казаков, Е.В. Друян, Т.Л. Русяева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. - 88 с.

References

1. Bezmenov V. S. Avtomatizatsiya protsessov dozirovaniya zhidkostey v usloviyakh malykh proizvodstv [Automation of liquid dosing processes in small production environments // SPb., Lenand, 2010, 216 p.
2. Golubev L.P., Mozhchil B.V., Fetisenko S.Yu. Ispolzovanie mikroprotessorov pri sozdanii avtomatizirovannykh sistem upravleniya [The use of microprocessors in the creation of automated control systems] Tekhnologii ta dizayn - Technology and design - 2016. - № 3 [in Ukraine].
3. Golubev L.P., Stolyarov V. G. Avtomatizirovannoe udalennoe upravlenie ustroystvami pri pomoshchi Arduino [Automated remote control of devices using Arduino] // Tekhnologii ta dizayn - Technology and design. - 2016. - № 4 [in Ukraine].
4. Yurevich Ye. I. Osnovy robototekhniki [Fundamentals of Robotics]- SPb.: BHV -Peterburg, 2005, 416 p.
5. Putov V.V., Putov A.V., Ignatev K.V. Mikroprotessornaya tehnika v mehatronike i robototekhnike [Microprocessor Technology in Mechatronics and Robotics] - SPb.:SPbGETU «LETI», 2013, 88 p.