

УДК 620.95

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

А.Л. Маилян, Н.В. Геворкян

Национальный политехнический университет Армении

Рассматриваются вопросы автоматизации целого комплекса биогазовой установки (БГУ). Для обеспечения автоматической работы БГУ использован микроконтроллер ATmega8, позволяющий выполнять весь технологический процесс получения биогаза в полном объеме, в результате чего уменьшается необходимый человеческий ресурс. Разработанная автоматизированная система для получения биогаза предусмотрена в первую очередь для использования биомассы, полученной при обработке отходов животноводческих ферм, что очень актуально для Армении. При этом автоматизируются все технологические процессы получения, накопления и отведения газа, обеспечиваются автоматическое управление процессами БГУ, защита, регулирование параметров технологического процесса и экономия затрат на электроэнергию. Информационный ресурс системы БГУ обеспечивается с помощью датчиков давления, температуры, влажности, уровня сырья, а также тензодатчиков и управляемых клапанов.

Ключевые слова: биогазовая установка, контроллер, биореактор, барботер, датчик, клапан.

Введение. Современные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, однако наиболее эффективным является использование биогазовых технологий для переработки отходов животноводческих и птицеводческих ферм, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора.

В большинстве развитых стран переработка органических отходов в биогазовых установках чаще всего осуществляется для производства тепла, энергии и электричества. Производимая таким образом энергия составляет около 3...4% всей потребляемой энергии в европейских странах. В Финляндии, Швеции и Австрии, которые поощряют использование энергии биомассы на государственном уровне, доля энергии биомассы достигает 15...20% от всей потребляемой энергии. Сегодня в России действующих биогазовых электростанций считанные единицы, хотя среди них уже есть успешно работающие [1].

БГУ, производимые с помощью анаэробной переработки биомассы, используются в основном в Австрии, Финляндии, Германии, Дании и Великобритании.

Для эффективной и бесперебойной работы БГУ необходимо полностью **автоматизировать технологический процесс**. Для этого следует разработать блок автоматики, который контролирует и управляет всеми параметрами технологического процесса (уровень биомассы, загрузка и выгрузка биомассы,

температура биомассы, давление биогаза, влажность биомассы, контроль и управление всеми клапанами).

Постановка задачи и методы исследования. Целью настоящей работы является автоматизация комплексных БГУ для малых, средних и больших ферм, что позволяет усовершенствовать производство и максимально снизить участие человека в трудоёмких процессах. Это может способствовать существенному повышению производительности при минимальных человеческих ресурсах, которое достигается использованием программируемых микропроцессоров и соответствующих информационных датчиков.

Компоненты технологического процесса получения биогаза. В условиях постоянного повышения цен на основные энергоносители, а также истощения углеводородных ресурсов Земли все большее количество стран развивают альтернативные источники энергии. Одним из таких видов является биогаз.

Под биогазовой станцией подразумевается комплекс инженерных сооружений, состоящих из устройств:

- подготовки сырья;
- производства биогаза;
- очистки и хранения биогаза;
- производства электроэнергии и тепла;
- автоматизированной системы управления БГУ.

Биогазовая установка и система подготовки сырья служат для разведения исходной органической массы водой с целью обеспечения необходимой влажности сырья (85%), которая контролируется с помощью датчика влажности, а также для закачки сырья в реактор. В рассматриваемой БГУ используется шнековая подача сырья.

Реактор БГУ должен быть герметичным, так как при отсутствии кислорода возможна жизнедеятельность метанообразующих бактерий.

Температура сырья в реакторе должна поддерживаться на уровне оптимальной (35⁰С), что обеспечивает нормальное функционирование соответствующих анаэробных бактерий. Сама реакция — экзотермическая, но при температуре окружающей среды ниже требуемой температуру реакции сырья необходимо поднять. Сложность заключается в том, что подогрев должен быть равномерным, и температура должна удерживаться в заданных пределах. Оптимальная температура метаногенеза зависит от вида перерабатываемого установкой субстрата (органических отходов). Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на БГУ, должны обеспечивать контроль уровня субстрата, температуры и давления [2,3].

В БГУ необходимо организовать периодическое перемешивание субстрата, что обеспечивает эффективную и стабильную работу. Сырье в реакторе в процессе протекания реакции имеет тенденцию разделяться на фракции. Рекомендуется медленное перемешивание субстрата через каждые 4...6 ч. Перемешивание также улучшает равномерность прогрева сырья. В БГУ

предлагается осуществлять пневматическое перемешивание биомассы, которое обеспечивается компрессором. Оптимальное перемешивание сырья повышает выход биогаза до 50% [3,4].

Полученный в результате анаэробного процесса биогаз после очистки может использоваться в когенерационных установках мини-теплоэлектростанций (ТЭС) для выработки тепловой и электрической энергии.

Работа блока автоматики базируется на информации, снимаемой несколькими датчиками: температуры сырья в реакторе, уровня сырья в реакторе, давления и влажности. На основе этих показаний, а также по сигналам таймера блок автоматики включает и выключает систему подогрева, систему перемешивания, а также сигнализирует о начале и конце залива и слива сырья.

Устройства, обеспечивающие технологический процесс. В биореакторе к устройствам, управляющим технологическим процессом, относятся:

- шнековая подача сырья, которая транспортирует биомассу из предварительного контейнера в биореактор. Работа шнекового насоса (ШН) регулируется с помощью автоматики;
- компрессор (ЕК), который обеспечивает необходимое количество биогаза для перемешивания биомассы;
- нагреватель (ЕН), который необходим для обеспечения стабильной температуры (35⁰С) биомассы в биореакторе. Существуют другие типы реакторов, где используется устройство для подогрева биогаза, которое, в свою очередь, используется для перемешивания биомассы;
- автоматические клапаны (К1–К6). Автоматика обеспечивает нормальный рабочий процесс клапанов;
- таймер с 10-минутными интервалами передает сигналы на микроконтроллер, который обеспечивает включение и выключение системы подогрева и перемешивания сырья, а также оповещает о необходимости слива и залива сырья;
- рН датчик, который фиксирует и показывает значение кислотности биомассы в реакторе.

Общая компоновка и работа БГУ. В зависимости от количества биомассы система БГУ должна быть разных типов.

Нами были рассмотрены БГУ с объемами реакторов 9; 100; 3000 м³ для малых, средних и больших ферм, из которых в день вырабатывается соответственно 8; 115; 4000 м³ биогаза. При этом предусмотрено производить смешивание биомассы в биореакторе биогазом при помощи барботера [1].

Для запуска БГУ необходимо иметь маломощный источник питания, как, например, солнечные батареи, дизель-агрегат или аккумуляторные батареи, а также источник воды и биомассы.

На рис. 1 показан биореактор для больших ферм, где использованы различные типы датчиков и блоки систем автоматизации.

давление. В случае, когда давление ниже “нормального” и выше “низкого”, происходит опорожнение некоторого количества биомассы из реактора. Одновременно происходит подготовка сырья в бункере 11, которое передается в биореактор 1. В случае, когда давление в биореакторе “высокое”, сигнал от микроконтроллера ДД1 отключает нагреватель биомассы 27, который остается отключенным до тех пор, пока давление не нормализуется. Когда давление в реакторе доходит до заранее установленной величины на датчике давления 13, сигнал от датчика поступает на микроконтроллер ДД1, подающий сигнал на блок 1 (15) и блок 2 (14), которые включают компрессор 17 и открывают автоматический клапан 16. При открытом клапане 16 газ подается в газовую турбину 28, которая вырабатывает электроэнергию для компрессора 17. В этом режиме компрессор прокачивает газ к барботеру 5.

Таймер 32 и датчик давления 13 подают сигнал на вход микроконтроллера ДД1, выходной сигнал которого подается на блок 2 (14). При этом таймер обеспечивает открывание и закрывание клапанов 3 с интервалом 10 мин.

Датчик температуры 20 установлен с целью поддержания необходимого уровня температуры в реакторе. При падении температуры ниже требуемого значения (давление в реакторе находится в нормальных пределах) датчик температуры подает сигнал на вход микроконтроллера ДД1, который включает нагреватель 27. При повышенной температуре в реакторе микроконтроллер ДД1 выключает нагреватель 27.

В реакторе установлен датчик уровня 22, выполняющий командные и защитные функции, которые заключаются в наблюдении и поддержании необходимого уровня биомассы в реакторе. Когда количество биомассы в реакторе снижается ниже предусмотренной величины, при котором давление в реакторе находится в пределах нормы, то датчик уровня 22 подает сигнал на вход ДД1, при котором блок 1 (15) включает ШН 18 и открывает клапан 6, после чего из бункера предварительной подготовки сырья 11 биомасса заполняется в биореактор. Когда уровень сырья в реакторе достигает допустимой нормы, а давление в реакторе ниже нормы, то датчик уровня 22 снова передает сигнал на вход микроконтроллера ДД1, который подает сигнал на блок 1 (15), включающий ШН 18 и клапан 6. Когда уровень сырья увеличивается больше допустимой нормы, то датчик уровня передает сигнал на вход микроконтроллера ДД1, подающий сигнал на блок 1 (15), который включает клапан 12. Клапан 12 не закрывается до тех пор, пока количество сырья не достигнет предусмотренной величины.

В бункере предварительной подготовки сырья установлены весы 19, где используется система измерения с тензодатчиком, который определяет необходимое количество воды в бункере 11. В начале пуска реактора для обеспечения необходимой консистенции биомассы используется подогретая вода, которая осуществляется нагревателем 21. Когда значение веса сырья ниже установленного значения, подается сигнал на вход микроконтроллера ДД1, передающий сигнал на блок 1 (15), который включает ШН 18 и клапан 6. В

случае, когда значение веса сырья в бункере достигает до установленной величины и при этом уровень сырья или давление биогаза в реакторе ниже предусмотренной величины, то датчик уровня 22 или датчик давления 13 передают сигнал на вход микроконтроллера ДД1, посылающего сигнал на блок 1 (15), который включает клапан воды 29. Когда значение датчика веса 19 достигает до заранее установленной величины, то передается сигнал на вход микроконтроллера ДД1, посылающего сигнал на блок 1 (15), который выключает клапан воды 29, включает ШН 18, открывает клапан 30, и сырье перемешивается с водой в бункере 11.

В бункере 11 для определения готовности раствора биомассы установлены датчики влажности 25, 26. Когда значения датчиков влажности 25, 26 приблизительно равны друг другу, передается сигнал на вход микроконтроллера ДД1, посылающего сигнал на блок 1 (15), который включает клапан 6 и выключает клапан 30 [1].

Автоматизированная система БГУ. На основе технологического процесса в соответствии с полной системой БГУ (рис. 1) разработана блок-схема БГУ, позволяющая обеспечить автоматизацию всего технологического процесса получения биогаза, кроме загрузки сырья в бункер.

На рис. 2 представлена разработанная блок-схема БГУ с микроконтроллером ДД1 (АТmega8).

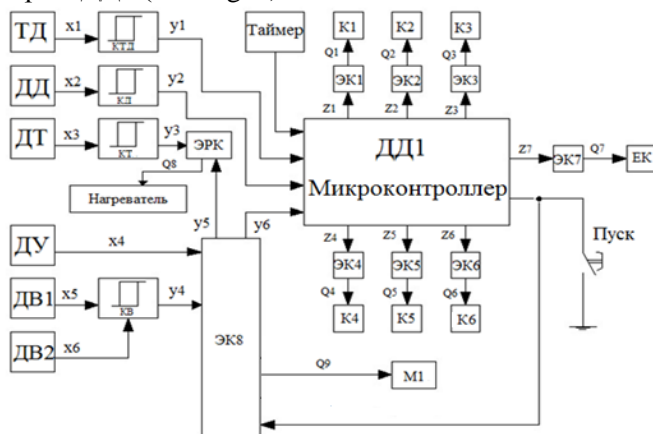


Рис. 2. Блок-схема биогазовой установки с ДД1 микроконтроллером:

ТД – тензодатчик, ДД - датчик давления; ДТ - датчик температуры; ДУ - датчик уровня; ДВ1 - датчик влажности 1; ДВ2 - датчик влажности 2; КТД, КТ, КД, КВ – компараторы; ЭРК - электрорелейный ключ; ЭК1-ЭК8 - полупроводниковые ключи; К1-К7 - газовые клапаны; ЕК – компрессор; М1 – электродвигатель шнекового насоса, ДД1 – микроконтроллер, таймер, нагреватель

В таблице представлены входы и выходы микроконтроллера АТmega8 в соответствии с элементами БГУ рис. 1.

На основе блок-схемы рис. 2 разработана принципиальная схема БГУ (рис. 3) [5-7]. Схема основана на применении транзисторных электрорелейных ключей, обеспечивает отсутствие дребезга при пуске системы и питании компрессора ЕК, нагревателя ЕН, шнекового насоса ШН, а также имеет стабилизированное напряжение 5 В.

Таблица

Входы и выходы микроконтроллера ATmega8 в соответствии с элементами БГУ

Порт	Номер ножки ДД1	Название элемента (рис. 1)	Номер элемента (рис. 1)
PC0	23	весы (тензодатчик)	19
PC1	24	датчик влажности 1	25
PC2	25	датчик влажности 2	26
PC3	26	датчик уровня	22
PC4	27	датчик температуры	20
PC5	28	датчик давления	13
PD0	2	компрессор	17
PD1	3	нагреватель	27
PD2	4	клапан для загрузки биомассы	6
PD3	5	клапан для выгрузки биомассы	12
PD4	6	клапан обратной связи бункера	30
PD5	11	шнековый насос	18
PD6	12	клапан воды	29
PD7	13	клапан для подачи биогаза в турбину	16
PB0-PB4	14-18	клапаны обратной связи ферментатора	3
PB5	19	пуск	

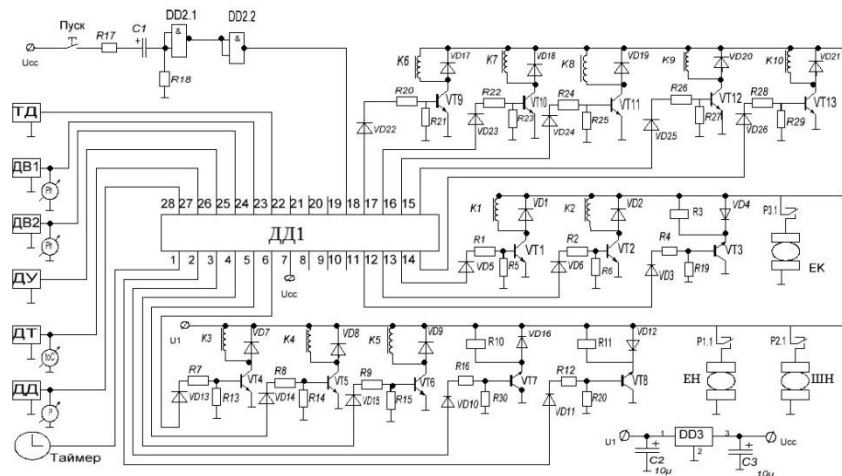


Рис. 3. Принципиальная схема биогазовой установки

Программное обеспечение всей биогазовой системы для микроконтроллера ATmega8 (AVR-архитектура RISC) составлено с использованием языка программирования С.

Выводы. Разработаны блок–схема, принципиальная схема и программное обеспечение всей системы биогазовой установки, дающие возможность полностью автоматизировать процесс непрерывного производства биогаза. Представленная разработка позволяет ее использовать для различных модификаций биогазовых установок, а также вводить корректировку в технологический процесс работы системы.

Литература

1. **Маилян А.Л., Геворкян Н.В., Рштуни С.Г.** Комплексные биогазовые установки // Вестник НПУА: Сб.научн.ст. Часть 2.- Ереван, 2015.- С. 440-447.
2. **Блинова Л.А.** Биогазовые установки как альтернативный источник энергии в АПК РФ // Проблемы современной экономики: Материалы II Межд. научн. конф. (г. Челябинск, октябрь 2012 г.). — Челябинск, 2012. — С. 41-44.
3. http://www.bio-energetics.ru/4/parametri_i_optimizacija_sbragivaniya.html
4. Патент РФ 2272392, МКИ/ А 01 С 3/02. Биоэнергетическая установка / **А.В. Семенов.**- Б.И. 27.03.2006, Бюл. № 9.
5. **Деменков Н.П.** Системы автоматического управления на основе программируемых логических контроллеров: Техническая коллекция Schneider Electric.- 2006.- Выпуск 16.- 81 с.
6. **Митин Г.П., Хазанова О.В.** Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: Учебное пособие.- М.: ИЦ МГТУ "Станкин", 2005. - 136 с.
7. **Балтруков Н.Н., Кочетков Ю.Д.** Электротехника и электроника.— СПб.: СПбГПУ, 2011. - 79 с.

*Поступила в редакцию 15.10.2015.
Принята к опубликованию 16.12.2015.*

ԿԵՆՍԱԳԱԶԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ

Ա. Լ. Մայիլյան, Ն. Վ. Գևորգյան

Ուսումնասիրվում է կենսազագային տեղակայանքի ամբողջական համալիրի ավտոմատացման հարցը: Ամբողջական համալիրի ավտոմատացման համար օգտագործված է ATmega8 միկրոկոնտրոլեր, որն ապահովել է կենսազագի ստացման ամբողջ տեխնոլոգիական պրոցեսը ողջ ծավալով, ինչն էլ հնարավորություն է տալիս նվազեցնել անհրաժեշտ մարդկային ռեսուրսները: Կենսազագի ստացման համար մշակված ավտոմատացված համակարգը նախատեսված է առաջին հերթին անասնապահական ֆերմաների արգասիքների մշակմամբ կենսազանգվածի օգտագործման համար, ինչն արդիական է Հայաստանի համար: Սրա հետ մեկտեղ ավտոմատացվում են գազի ստացման, կուտակման և հեռացման բոլոր տեխնոլոգիական պրոցեսները, ապահովվում են կենսազագային տեղակայանքի պրոցեսների ավտոմատ կարգավորումը, պաշտպանությունը, տեխնոլոգիական պրոցեսի պարամետրերի ղեկավարումը և էլեկտրաէներգիայի ծախսերի խնայումը: Կենսազագային տեղակայանքի համակարգի տեղեկատվական ռեսուրսն ապահովվում է ճնշման, ջերմաստիճանի, խոնավության, հումքի մակարդակի տվիչներով, ինչպես նաև տենզոտվիչով և ղեկավարվող փականներով:

Առանցքային բառեր. կենսազագային տեղակայանք, կոնտրոլեր, բիոռեակտոր, բարբոտյոր, տվիչ, փական:

AUTOMATION OF BIOGAS INSTALLATION

A.L. Mayilyan, N.V. Gevorgyan

The issue on automation of the whole complex of the biogas installation is studied. For automating the whole system, the microcontroller ATmega8 has been used, ensuring the whole technological process for obtaining biogas, thus allowing to decrease the required human resources. The automated system developed for obtaining biogas is, first of all, aimed at using the biomass obtained by processing the manure on the live-stock farms which is urgent for Armenia. Apart from this, all the technological processes for obtaining, accumulating and removing the gas are also automated, the automated control of the processes of the biogas installation as well as the protection, regulation of the technological process parameters, and the power-saving expenditures are provided. The information resource of the biogas installation system is ensured by the pressure, temperature, dampness, raw-material level transducers as well as sensors and regulated valves.

Keywords: biogas installation, controller, bioreactor, bubbler, transducer, valve.