

УДК 519.686

**УПРАВЛЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОМ РАСХОДА ГАЗА ПО ПРОТОКОЛУ  
«MODBUS RTU» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВКИ MPC ONE**

Полина Андреевна Ежова

*Студент 4 курса,  
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»  
Московский государственный технический университет**Научный руководитель: С.В. Сидорова,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в  
машиностроении»*

Установка плазменной обработки MPC One может применяться для очистки и активации поверхностей, стерилизации медицинского оборудования, травления фоторезиста [1]. Управление оборудованием осуществляется с помощью одноплатного компьютера Raspberry Pi [2]. Для напуска рабочих газов на установке MPC One используются регуляторы расхода газа (РРГ-12) от «Элточприбор».

Данные регуляторы имеют аналоговый и цифровой режимы управления. Цифровая обработка сигналов по сравнению с аналоговой является более точной, а также имеет более широкий функционал. Для управления расходом газа в цифровом режиме на установке MPC One используется интерфейс RS-485 (протокол обмена «Modbus RTU»), который широко применяется при автоматизации промышленного оборудования.

Ведомым устройством является РРГ-12, а ведущим – Raspberry Pi. Протокол «Modbus RTU» имеет следующий формат передаваемых кадров: адрес, номер команды, данные и контрольная сумма – CRC16. Кадры разделяются между собой интервалами молчания. Контрольная сумма необходима для проверки целостности данных.

Перед внедрением кода для цифрового управления РРГ-12 в программу, управляющую всем оборудованием на установке MPC One, его необходимо протестировать. Код для тестирования написан на языке Python, он формирует и отправляет запросы, получает ответы и интерпретирует их. Оператор вводит запросы и контролирует ответы с помощью интерфейса, приведенного на рисунке 1.

The image shows a software interface for Modbus RTU communication. It has a dark background with white text and input fields. At the top left, it says 'Введите запрос в 16 системе счисления'. Below this are four input fields: 'ID устройства' with '01', '№ команды' with '0f', 'Адрес регистра' with '0002', and 'Данные' with '00020102'. To the right of these fields is a button labeled 'Отправить'. Further right is a window with a close button (X) containing the following text: 'Запрос: 01 0f 00 02 00 02 01 02 26 96', 'Принятый пакет: 01 0f 00 02 00 02 75 ca', and 'Правильная контрольная сумма'.

Рис. 1. Интерфейс программы для управления РРГ-12 по протоколу «Modbus RTU»

Оператору необходимо ввести адрес устройства, одну из поддерживаемых команд (чтение группы регистров (03), установка регистра (06) и установка группы флагов (0F)) и данные. Контрольная сумма формируется и добавляется в конец запроса

автоматически. После нажатия кнопки «Отправить» данные будут отправлены на РРГ, а запрос и ответ на него будут выведены в текстовую область. Также в этой области появится результат проверки контрольной суммы.

Устройство может ответить кодом ошибки, если полученный запрос не может быть обработан. Например, если в запросе содержится ошибочный номер команды. В то же время на некоторые ошибки, например, несоответствие полученной и рассчитанной контрольной суммы, ответ не будет сформирован. Одной из причин несоответствия контрольной суммы является плохое качество преобразователя RS485-USB.

На управление РРГ влияет не только квалификация оператора и код, но и качество соединения. На рисунке 2 представлено соединение регуляторов расхода газа и Raspberry Pi.

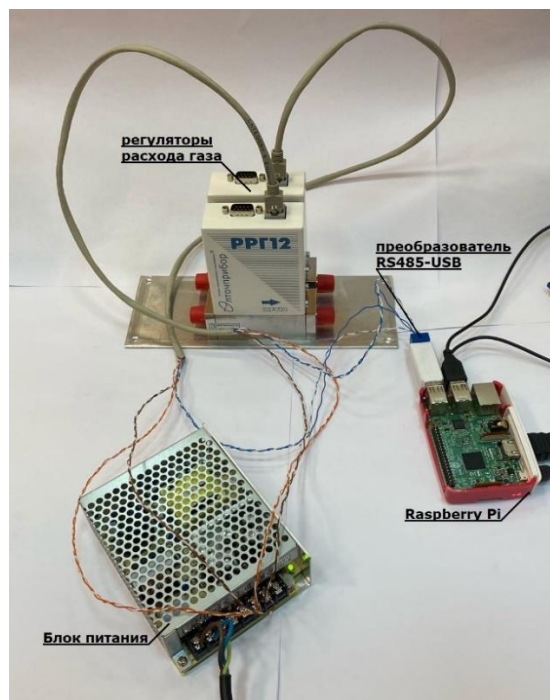


Рис. 2. Соединение РРГ с Raspberry Pi

В результате написан и протестирован код для управления РРГ-12 по протоколу «Modbus RTU», который позволяет использовать весь функционал данного оборудования. В дальнейшем планируется применить, написанный код для автоматизации напуска рабочего газа на установке плазменной обработки MPC One.

## Литература

1. Рыбальченко Я.Г., Павленко А.Д., Васильев Д.Д., Мусеев К.М. Установка обработки плазмой низкого давления MPC One // «Вакуумная наука и техника» Материалы XXV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов под редакцией доктора технических наук, профессора С.Б. Нестерова. М.: НОБЕЛЛА, 2018. С. 132–137.
2. Ежова П.А., Васильев Д.Д. Стенд отладки для установки плазменной очистки Multi Plasma Cleaner One // Тринадцатая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России» (Москва, 22–25 сентября 2020 г.). М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. С. 206-209.