



УДК 681.518.5
doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-7



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Обзор современных решений для автоматизации технологических процессов в нефтегазовой отрасли

Александр Владимирович Ширганов

ООО «Союз Технолоджи», г. Пенза, ул. Строителей, 1 ч
kipra@pnzgu.ru

Егор Андреевич Асеев

АО «НПП Рубин», Пенза, ул. Байдукова, 2
egoraseev829@gmail.com

Дмитрий Сергеевич Бояркин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
sergey.boyardkin@inbox.ru

Александр Евгеньевич Яркин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
Jarkinat@mail.ru

Алексей Владимирович Лысенко

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
lisenko_av@bk.ru

Аннотация. Рассматривается использование программируемых логических контроллеров в системе автоматизации нефтегазовой отрасли. Описывается структура системы автоматизации с программируемым логическим контроллером в роли центрального элемента, подключение к нему датчиков и исполнительных элементов с помощью интерфейсов и протоколов. Уделяется внимание контролю и управлению системой посредством панелей оператора и компьютеров, а также приводится обоснование взрыво- и пожарозащиты. Приведен пример автоматизированной системы – системы осушки газа.

Ключевые слова: модули ввода/вывода, взрывозащита, панель оператора, автоматизация технологических процессов, программируемый логический контроллер, управление

Для цитирования: Ширганов А. В., Асеев Е. А., Бояркин Д. С., Яркин А. Е., Лысенко А. В. Обзор современных решений для автоматизации технологических процессов в нефтегазовой отрасли // Инжиниринг и технологии. 2024. Т. 9 (1). С. 1–7. doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-7

Overview of modern solutions for automation of technological processes in the oil and gas industry

Alexander V. Shirganov

Soyuz Technology LLC, Penza, Stroiteley str., 1 h
kipra@pnzgu.ru

Egor A. Aseev

JSC NPP Rubin, Penza, Baidukova str., 2
egoraseev829@gmail.com

Dmitry S. Boyarkin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
sergey.boyardkin@inbox.ru

Alexander E. Yarkin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
Jarkinat@mail.ru

Alexey V. Lysenko

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
lisenko_av@bk.ru



Abstract. The article discusses the use of programmable logic controllers in the automation system of the oil and gas industry. The structure of an automation system with a PLC as a central element, connecting sensors and actuators to it using interfaces and protocols is described. Attention is paid to the control and management of the system through operator panels and computers, and the rationale for explosion and fire protection is also provided. An example of an automated system is given – a gas drying system.

Keywords: input/output modules, explosion protection, operator panel, process automation, programmable logic controller, control

For citation: Shirganov A.V., Aseev E.A., Boyarkin D.S., Yarkin A.E., Lysenko A.V. Overview of modern solutions for automation of technological processes in the oil and gas industry. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2024;9(1):1–7. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-1-7

Введение

Нефтегазовая отрасль – одна из наиболее важных отраслей мировой экономики. Работа в этой отрасли связана с риском, так как она включает в себя работу с горючими и взрывоопасными материалами, а также с высокими температурами и давлениями. Для повышения безопасности и эффективности работы в этой отрасли целесообразно использовать автоматизацию технологических процессов (ТП).

Автоматизация ТП позволяет сократить количество ошибок, связанных с человеческим фактором и повысить безопасность. Она также позволяет оптимизировать работу оборудования, снизить затраты на обслуживание и повысить эффективность производства [1–5].

Структура системы автоматизации

Центральным элементом системы автоматизации ТП является программируемый логический контроллер (ПЛК). Программируемый логический контроллер – это электронное устройство, которое используется для управления технологическими процессами на производстве. Он работает по заранее заложенной программе и выполняет различные операции, такие как контроль, регулирование и управление. Программируемый логический контроллер оснащен специальными входами для подключения датчиков и выходами для подключения исполнительных элементов [6–8].

В зависимости от измеряемой величины используют различные датчики: аналоговые для измерения непрерывных величин (термометр-манометр, гигрометр и т.п.) или дискретные для определения наличия-отсутствия события (концевой выключатель, фотозлемент, термостат и т.п.).

Для выполнения команд, полученных от ПЛК, используют исполнительные элементы (ИЭ). К ним относятся насосы, компрессоры, клапаны, вентиляторы, переключатели, реле и т.п. Насос используется для перемещения жидкостей, компрессор для сжатия газов, клапан для регулирования потока жидкостей или газов, вентилятор для охлаждения системы, переключатель для управления потоком электроэнергии, реле для управления электрическими цепями при смене входных значений тока или другого параметра.

Вместе с ПЛК используются модули аналогового и дискретного ввода, а также модули вывода. Их применяют в следующих случаях: расширение количества цепей (если в системе требуется больше вводов/выводов, чем представляет базовый модуль ПЛК), улучшение производительности (некоторые модули ввода/вывода могут иметь более высокую скорость обработки данных, чем встроенные разъемы ПЛК), разделение сигналов (в некоторых случаях может быть полезно разделить сигналы между различными модулями ввода/вывода, чтобы обеспечить более простую диагностику или упростить подключение оборудования к ПЛК) [7].

Протоколы и интерфейсы в системах автоматизации с программируемым логическим контроллером

Связь ПЛК с элементами автоматизации обеспечивается с помощью интерфейсов и протоколов. Протокол Modbus используется для подключения модулей ввода/вывода к ПЛК и обмена информацией между ними. Modbus использует стандарт RS-485 в качестве физического уровня для связи между устройствами. RS-485 использует дифференциальный сигнал для передачи данных



и работает он в режиме полудуплекса, т.е. данные либо принимаются, либо передаются, но не могут делать и то, и другое одновременно. Благодаря дифференциальному способу передачи, достигается высокая помехоустойчивость к электромагнитным помехам. Максимальная скорость зависит от дальности: при дальности 120 м максимальная скорость – 10 Мбит/с, при длине 1200 м – 100 кбит/с. Количество устройств, подключаемых к одной линии интерфейса, зависит от типа примененных в устройстве передатчиков. Один передатчик рассчитан на управление 32 стандартными приемниками. Выпускаются приемники со входным сопротивлением 1/2, 1/4, 1/8 от стандартного. При использовании таких приемников общее число устройств может быть увеличено соответственно: 64, 128 или 256. Протокол Modbus предполагает, что одно ведущее устройство и 247 ведомых модулей могут быть объединены в промышленную сеть. Обмен данными инициируется ведущим. Ведомые устройства не начинают передачу информации без запроса, они также не могут обмениваться данными друг с другом. Адреса с 1 по 247 являются адресами устройств в сети, а с 248 по 255 зарезервированы. У ведущего нет адреса и в сети нет двух устройств с одинаковыми адресами. Ведущий посылает запросы или всем устройствам одновременно, или только одному [7, 8].

Интерфейс USB позволяет пользователю программировать ПЛК, настраивать его, диагностировать, обновлять программное обеспечение, а также производить обмен данными между ПЛК и компьютером [8].

Подключение аналоговых датчиков к ПЛК или модулям аналогового ввода обеспечивается с помощью интерфейса «токовая петля». В основе интерфейса лежит токовая петля, передатчик и приемник, связанные двухпроводной линией связи, образуют контур передачи. Передатчик – это не источник напряжения, а источник тока и информация передается значением тока в контуре. Для источника тока ток в последовательном контуре не зависит от сопротивления цепи, поэтому ток на входе приемника будет иметь то же значение, как и на выходе передатчика независимо от сопротивления линии связи, сопротивления приемника, ЭДС индуктивной помехи, напряжения питания, любого падения напряжения в контуре. На приемном конце ток петли преобразуется в напряжение с помощью калиброванного сопротивления. При токе 20 мА для получения стандартного напряжения 2,5, 5 или 10 В используют резистор сопротивлением 125, 250 или 500 Ом соответственно. Использование в качестве передатчика источника тока приводит к основному недостатку – невысокой скорости передачи данных. Это связано с длиной кабеля и зарядом емкости кабеля от источника тока при переключении сигнала. При линии длиной до 500 м скорость составляет 9600 бод. Вторым недостатком «токовой петли», ограничивающим ее практическое применение, является отсутствие стандарта на конструктивное исполнение разъемов и электрические параметры, хотя фактически стали общепринятыми диапазоны токовых сигналов 0–20 мА и 4–20 мА [7, 8].

В варианте «4–20 мА» в качестве начала отсчета принят ток 4 мА. Это позволяет производить диагностику целостности кабеля. Изменение значения тока до значения менее 3,8 мА свидетельствует об обрыве кабеля, а выше 20,5 мА – о коротком замыкании. В варианте «0–20 мА» величина «0 мА» может означать не только обрыв кабеля, но и нулевую величину сигнала. Вторым преимуществом уровня отсчета 4 мА является возможность подачи энергии датчику для его питания [7, 8].

Размещение элементов автоматизации в системе

Получение информации о технологическом процессе и настройка режимов работы осуществляется с помощью панели оператора или компьютера. Панели оператора обычно используются для местного контроля и мониторинга процесса, подключаясь к системе по Modbus. Панели располагаются в шкафах автоматизации, так как они предназначены для отображения и контроля процессов оператором. Шкафы автоматизации, исполнительные элементы и датчики располагаются вблизи оборудования или процессов, которые они контролируют, для обеспечения эффективного и безопасного управления. Компьютеры размещаются в операторской и используются для удаленного управления и сбора данных, подключаясь к системе по Ethernet. Операторская находится недалеко от контролируемого объекта, но на достаточном расстоянии, чтобы обеспечить безопасность и комфорт оператора [9].

Расположение ИЭ определяется требованиями конкретного технологического процесса и может быть различным в зависимости от конкретной системы или установки. Программируемый логический контроллер, модули ввода/вывода и реле группируют и размещают внутри шкафов автоматизации для удобного доступа к обслуживанию и настройки, а также для обеспечения защиты от пыли, влаги, механических воздействий и других внешних факторов. Внутри также размещаются блоки питания [9].



Пример автоматизированной системы

Работа в нефтегазовой отрасли связана с высокими рисками взрывов и пожаров, вследствие чего датчики и исполнительные элементы используются во взрыво- и пожарозащищенных исполнениях. Программируемый логический контроллер, модули ввода/вывода и реле располагаются в шкафах автоматизации, обеспечивающих необходимую защиту от взрывов и пожаров [10]. В качестве примера использования этих элементов в нефтегазовой отрасли представлена станция осушки газа (рис. 1), используемая для удаления водяных паров из природного газа. На лицевой стороне расположен шкаф автоматизации. Станция осушки содержит оборудование, необходимое для автоматизации процесса осушки, такое как датчики, исполнительные элементы, а также системы очистки и регенерации адсорбентов.

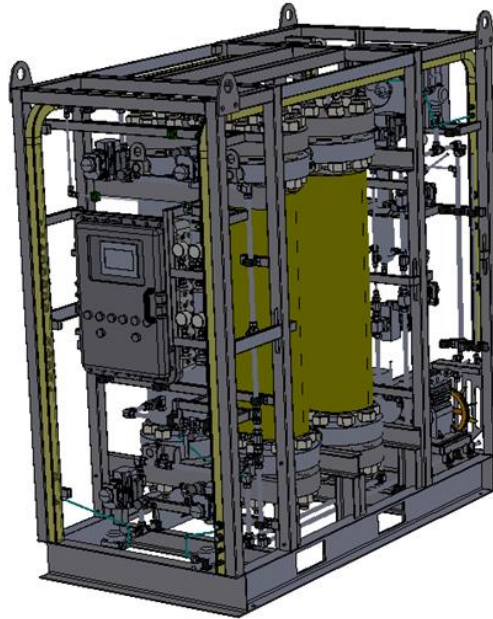


Рис. 1. Станция осушки газа

На рис. 2 представлен шкаф автоматизации во взрывозащищенном исполнении. На лицевой стороне расположена панель оператора и кнопки управления. Панель представляет собой устройство, на которое выводится информация о работе системы. Аппаратные кнопки управления предназначены для управления процессами в системе. Они используются для включения и выключения оборудования, изменения параметров процессов и смены режимов работы. На боковых сторонах расположены вводы для подведения кабелей.

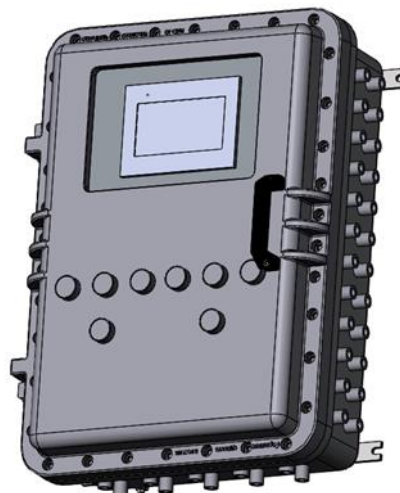


Рис. 2. Шкаф автоматизации



На рис. 3, представлено расположение элементов внутри шкафа автоматизации. На планках размещены модули ввода/вывода, управляющие реле, предохранители, пульсаторы и блоки питания, также имеются специальные коробки для проведения кабелей.

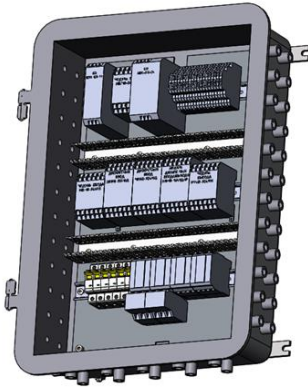


Рис. 3. Размещение элементов внутри шкафа автоматизации

На рис. 4 представлены пневмораспределители, необходимые для управления потоком газа в системе. Они включают в себя клапаны, которые открываются и закрываются в зависимости от того, какой сигнал на них поступает.

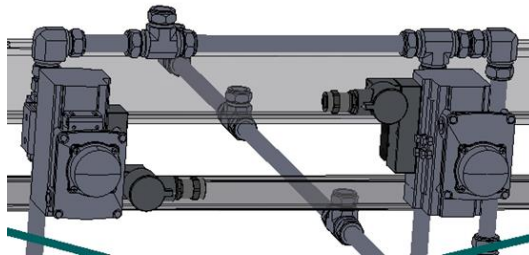


Рис. 4. Установка пневмораспределителей

На рис. 5 представлены датчики и термпореобразователь, использующиеся для измерения параметров системы и позволяющие контролировать процессы и обеспечивать их стабильность.

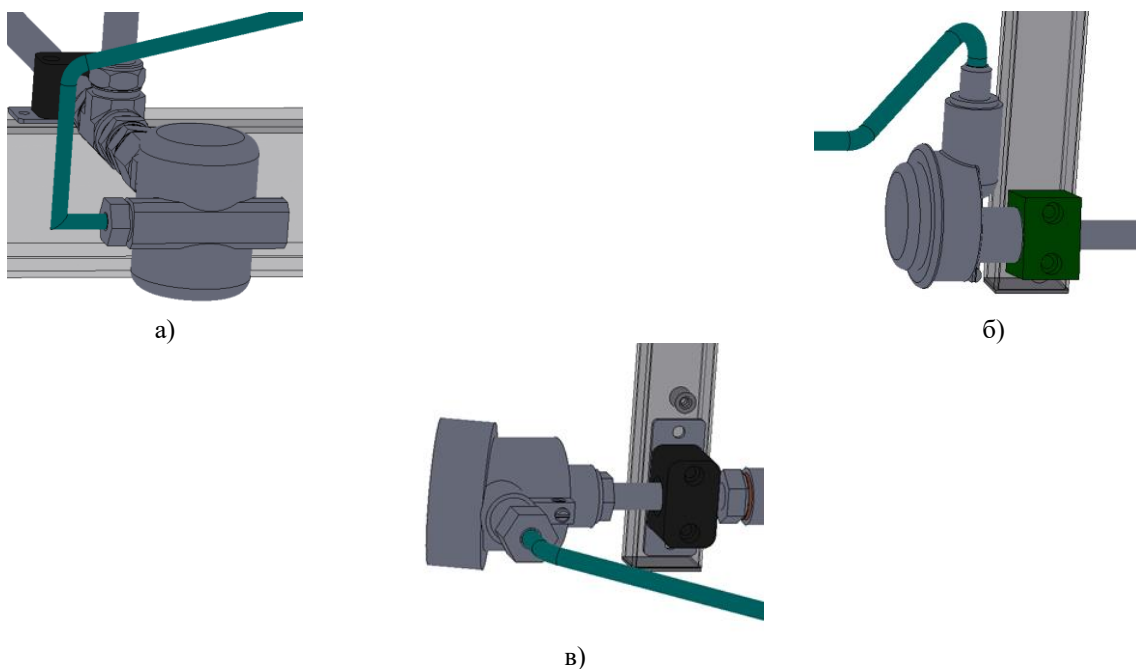


Рис. 5. Примеры датчиков



Использование датчиков и исполнительных элементов во взрывозащищенном исполнении, а также расположение элементов во взрывозащищенных ящиках, обеспечивают надежную и безопасную работу системы в опасных условиях эксплуатации.

Заключение

Использование программируемых логических контроллеров играет значительную роль в системах автоматизации нефтегазовой отрасли. Данные контроллеры обеспечивают сбор и обработку данных с датчиков, выдачу управляющих сигналов на исполнительные механизмы и оптимизацию производственных процессов. Это позволяет обеспечить контроль и управление технологическими процессами с высокой степенью эффективности, а также снизить затраты на эксплуатацию оборудования. Кроме того, обеспечение взрыво- и пожаробезопасности в системах с ПЛК является важным аспектом, который позволяет гарантировать безопасность персонала и защиту окружающей среды.

Список литературы

1. Yurkov N. K., Grishko A. K., Lysenko A. V., Danilova E. A., Kuzina E. A. Intellectual method for reliability assessment of radio-electronic means // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2018. 2018. P. 105–112.
2. Надырбеков Г. Ж., Григорьев А. В., Кочегаров И. И., Лысенко А. В., Стрельцов Н. А. Структурное описание размытия изображения круглой метки при возвратно-поступательном вибрационном перемещении исследуемой материальной точки // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. 2017. Т. 2. С. 11–13.
3. Yurkov N. K., Tankov G. V., Lysenko A. V., Trusov V. A. On the problem of experimental research of forced vibrations of plates // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM. 2016. P. 416–418. doi: 10.1109/SCM.2016.7519798
4. Юрков Н. К., Затылкин А. В., Полесский С. Н., Иванов И. А., Лысенко А. В. Методы повышения точности прогнозирования показателей надежности наукоемких сложных электронных систем // Современные информационные технологии. 2014. № 19. С. 183–187.
5. Лысенко А. В., Затылкин А. В., Ястребова Н. А. Конструкция и методика расчета гибридного виброамортизатора с электромагнитной компенсацией // Вестник Пензенского государственного университета. 2013. № 4. С. 73–78.
6. Голушко Д. А., Затылкин А. В., Лысенко А. В. О скорости изменения частоты при проведении испытаний для определения динамических характеристик конструкции // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2015. Т. 1, № 4 (26). С. 147–154.
7. Шишов О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации. М. : ИНФРА-М, 2023. 365 с.
8. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. М. : СОЛОН-Пресс, 2004. 253 с.
9. Прахова М. Ю., Хорошавина Е. А., Краснов А. Н., Емец С. В. Системы автоматизации в нефтяной промышленности : учеб. пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2019. 304 с.
10. Шевченко Н. Ф., Хорунжий М. В. Основы взрывозащищенности электрооборудования. М. : Энергоиздат, 1982. 320 с.

References

1. Yurkov N.K., Grishko A.K., Lysenko A.V., Danilova E.A., Kuzina E.A. Intellectual method for reliability assessment of radio-electronic means. *2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE 2018*. 2018;105–112.
2. Nadyrbekov G.Zh., Grigor'ev A.V., Kochegarov I.I., Lysenko A.V., Strel'cov N.A. Structural description of the blurring of the image of a circular mark during reciprocating vibrational movement of the material point under study. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo = Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality*. 2017;2:11–13. (In Russ.)
3. Yurkov N.K., Tankov G.V., Lysenko A.V., Trusov V.A. On the problem of experimental research of forced vibrations of plates. *Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM*. 2016;416–418. doi: 10.1109/SCM.2016.7519798
4. Jurkov N.K., Zatylnkin A.V., Poleskij S.N., Ivanov I.A., Lysenko A.V. Methods for improving the accuracy of forecasting reliability indicators of high-tech complex electronic systems. *Sovremennye informacionnye tehnologii = Modern information technologies*. 2014;(19):183–187. (In Russ.)
5. Lysenko A.V., Zatylnkin A.V., Jastrebova N.A. Design and calculation method of a hybrid vibration dampener with electromagnetic compensation. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Penza State University*. 2013;(4):73–78. (In Russ.)



6. Golushko D.A., Zatytkin A.V., Lysenko A.V. On the rate of frequency change during tests to determine the dynamic characteristics of the structure. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastojashhego pljus = XXI century: the results of the past and the problems of the present plus*. 2015;1(4):147–154. (In Russ.)
7. Shishov O.V. *Programmiruemye kontrollery v sistemah promyshlennoj avtomatizacii = Programmable controllers in industrial automation systems*. Moscow: INFRA-M, 2023:365. (In Russ.)
8. Petrov I.V. *Programmiruemye kontrollery. Standartnye jazyki i priemy prikladnogo proektirovanija = Programmable controllers. Standard languages and techniques of applied design*. Moscow: SOLON-Press, 2004:253. (In Russ.)
9. Prahova M.Ju., Horoshavina E.A., Krasnov A.N., Emec S.V. *Sistemy avtomatizacii v nefjtanoj promyshlennosti: ucheb. posobie = Automation systems in the oil industry : studies. stipend*. Moscow: Infra-Inzhenerija, 2019:304. (In Russ.)
10. Shevchenko N.F., Horunzhij M.V. *Osnovy vzryvozashhishhennosti jelektooborudovanija = Fundamentals of explosion protection of electrical equipment*. Moscow: Jenergoizdat, 1982:320. (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 11.03.2024

Принята к публикации / Accepted 10.04.2024