Модуль обмена данными с измерительным устройством ОВЕН МВ110-224.2АС для программно-аппаратных комплексов на основе LabVIEW

О. А. Буряковская[1], М. А. Шавелкин[1,2], Н. Е. Балабаев[1] и М. С. Власкин[1]

[1] Объединенный институт высоких температур РАН, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, Москва, Россия

[2] Московский энергетический институт (технический университет), Красноказарменная ул., 14, Москва 111250, Россия

E-mail: osminojishe@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 21 ноября 2025 г.

Аннотация. Разработан программный модуль обмена данными с измерительным устройством модели МВ110-224.2АС (ООО "ОВЕН"). Выполняемые модулем задачи включают в себя запись и чтение конфигурационных параметров измерительных каналов, чтение оперативных параметров измерительных каналов и счетчиков устройства с помощью функций протокола Modbus и отображение оперативных параметров на графике в режиме реального времени. Модуль сочетает в себе функции, реализованные в предлагаемых производителем программных приложениях "Конфигуратор М110" и "График ОВЕН МСД200". На панели управления программного модуля предусмотрены цветовые индикаторы, сигнализирующие о включенном или отключенном состоянии и критических или некритических ошибках измерительных входов, что упрощает удаленный мониторинг работы устройства. Также в модуле реализованы автоматическая проверка корректности записи настроек и показ текстовых уведомлений об ошибках связи с устройством, ошибках измерительных входов и некорректной записи настроек. Проверка работы программного модуля проведена для измерительного устройства, входы которого соединены с полюсами аккумулятора, разряжаемого постоянным током, и с потенциальными зажимами токового шунта.

1. ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация промышленных и лабораторных установок предполагает создание программно-аппаратных комплексов, которые часто включают в себя измерительные устройства. Задачи этих устройств заключаются в приеме, обработке и преобразовании аналоговых сигналов с датчиков, подключенных к их измерительным каналам, в цифровой код и передачу данных управляющей системе (например, устройству сбора данных, контроллеру, компьютеру) для последующей обработки и/или архивирования. К таким измерительным устройствам относятся двух- и восьмиканальный модули аналогового ввода моделей МВ110-224.2АС и МВ110-24/220.8АС (ООО "ОВЕН"), широко используемые не только в стране изготовления, но и за ее пределами, например, в Казахстане, Узбекистане, Беларуси. К преимуществам таких устройств относятся обеспечение связи по стандартному протоколу Modbus ASCII/RTU, совместимость с другим оборудованием того же производителя, конкурентоспособная цена и возможность высокоскоростного опроса показаний: до 5 или 10 мс для одного входа (в зависимости от числового типа данных) [1, 2].

Устройство скоростного ввода аналоговых сигналов МВ110-24/220.8АС вместе с модулем сбора данных МСД200 и светодиодным индикатором СМИ-2 (ООО "ОВЕН"), а также блоком питания (Siemens LLC) и источником бесперебойного питания (CyberPower Systems Inc.) вошло в состав аппаратно-программного комплекса регистрации технологических параметров оборудования буровой установки [3]. В работе [4] описан программно-аппаратный комплекс для управления многоточечной системой определения координат очага возгорания. Для его создания использовали модули аналогового ввода МВ110-224.2АС с подключенными к ним оптико-электронными датчиками, логическим контроллером ПЛК-100 и графической панелью оператора ИП-320 (ООО "ОВЕН"); операторский интерфейс был реализован в среде CodeSys 2.3, обмен данными осуществлялся по разработанному производителем протоколу "ОВЕН". Энергоэффективная система охлаждения изделий экструзионного цеха, предложенная в статье [5], включала в себя датчики температуры, давления и уровня, устройства ввода аналоговых и дискретных сигналов, МВ110-224.2АС и МВ110-32ДН, панельный программируемый логический контроллер СПК207-220.03.00-CS-WEB (ООО "ОВЕН") и программное обеспечение, разработанное в среде CODESYS V3.5 SP7. Для создания автоматизированной системы управления криостатированием приемных устройств РТ-32 "Холод" [6] были использованы модули аналогового ввода МВ110-224.8А и МВ110-24/220.8АС с датчиками температуры и давления, электроизмерительные модули МЭ110-220.3М и МЭ110-224.1М, модуль вывода аналогового сигнала управления регуляторами расхода и давления МУ110-224.6У, сенсорная панель СП310 и программируемый логический контроллер ПЛК110–60.Р.М (ООО "ОВЕН"); программное обеспечение диспетчеризации разработано в среде Simple-SCADA.

В приведенных примерах для управления работой комплексов были задействованы контроллеры и модули ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов одного и того же производителя, поддерживающие общие протоколы обмена данными: DCON, Modbus версий RTU и ASCII, а также протокол "ОВЕН". Существует, однако, немало моделей оборудования (например, раритетные высокоточные цифровые милливольтметры Hewlett Packard и высокопроизводительные мультиметры линейки PXI компании National Instruments), которые могут оказаться

полезны для создания программно-аппаратных комплексов, однако стандартных современных протоколов не поддерживают. Для реализации программ управления программно-аппаратными комплексами, которые объединяют устройства разных производителей, коммуницирующие посредством разных протоколов, удобно использовать среду разработки LabVIEW. К ее достоинствам относятся большое количество общедоступных библиотек для работы с различным оборудованием, возможность обработки и отображения поступающих данных в режиме реального времени, простота создания пользовательского интерфейса, автоматическое распараллеливание обработки данных на отдельных ядрах процессора и широкий спектр инструментов для синхронизации параллельных процессов [7].

Для обмена данными с модулем MB110-224.2AC (и с другими моделями предыдущего поколения: MB110-24/220.8AC, MB110-224.2A и MB110-224.8A) производитель предоставляет программы "Конфигуратор M110" [8] и "График ОВЕН МСД200" [9, 10]. "Конфигуратор M110" позволяет задавать конфигурационные параметры, такие как сетевые параметры прибора и настройки аналоговых входов прибора и отображать оперативные параметры, такие как текущие показания измерительных входов в числовом формате. Отображения показаний в виде графиков в этом программном приложении не предусмотрено. Новая программа для конфигурирования и отображения показаний в числовом и графическом виде — "Owen Configurator" [11, 12] — предназначена для обмена данными с более современными моделями MB210-101, MB210-102 и обновленной модификацией H/W v2.0 MB110-8A и работает с последними версиями операционной системы: Windows 10 и Windows 11. Эти новые модели оснащены восемью каналами, которые не имеют поканальной (индивидуальной) гальванической развязки. Если предполагается измерение сигналов с разным потенциалом "земли", то несколько двухканальных модулей окажутся предпочтительней одного восьмиканального. "График ОВЕН МСД200" позволяет отображать показания, принимаемые от модуля сбора данных МСД200 с подключенными к нему измерительными устройствами, на графике в режиме реального времени, а также строить графики по данным из архивов. Однако для работы этой программы необходим модуль сбора данных, количество отображаемых параметров ограничено шестью, и для всех каналов показания отображаются на единой координатной плоскости. Если показания будут сильно различаться, наблюдать их на одном графике может быть неудобно.

Целью данной работы является создание в среде LabVIEW программного модуля для обмена данными с устройством модели MB110-224.2AC, сочетающего основные функции упомянутых программ: запись и чтение конфигурационных параметров измерительных входов, чтение оперативных параметров аналоговых входов и отображение выбранных оперативных параметров на графике в режиме реального времени. Структуру модуля предлагается организовать таким образом, чтобы в дальнейшем была возможность добавлять в него новые функции и адаптировать для устройств других моделей.

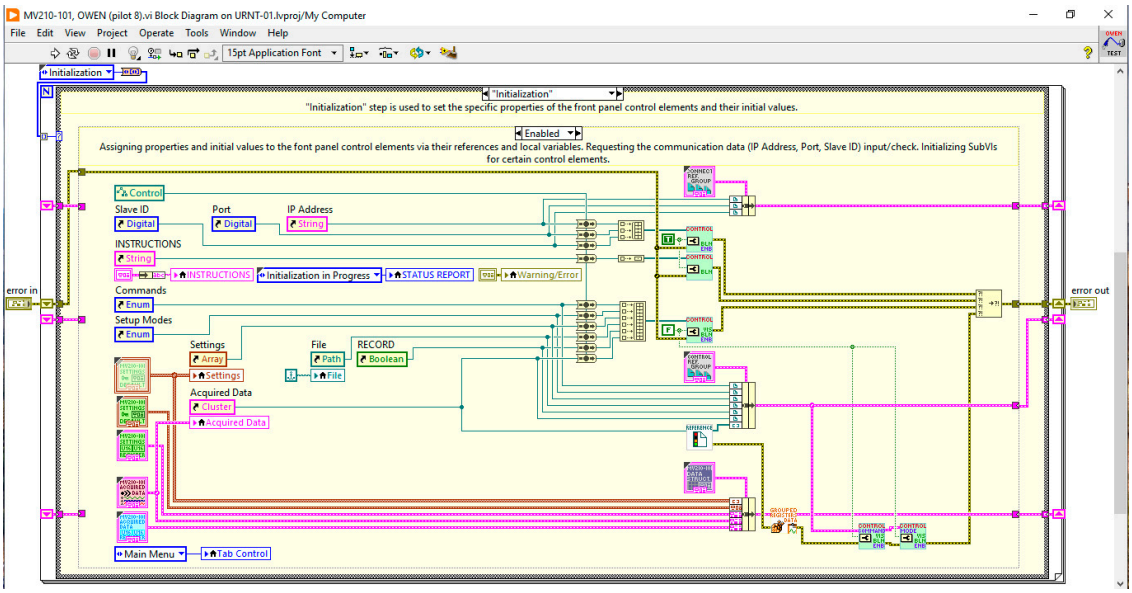
2. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

Программный код модуля, называемого VI ("Virtual Instrument" —"виртуальный инструмент"), организован в виде трех последовательно исполняемых блоков с использованием шаблона проектирования "State Machine" ("машина состояний"). Основные структурные компоненты шаблона представлены нумерованным списком ("Enum"), функцией преобразования списка в массив одноэлементных списков, циклом "For Loop" (с известным числом повторений) и вложенной в цикл структурой "Case Structure" ("структура выбора случая"). Упомянутые блоки изображены на рисунке 1.

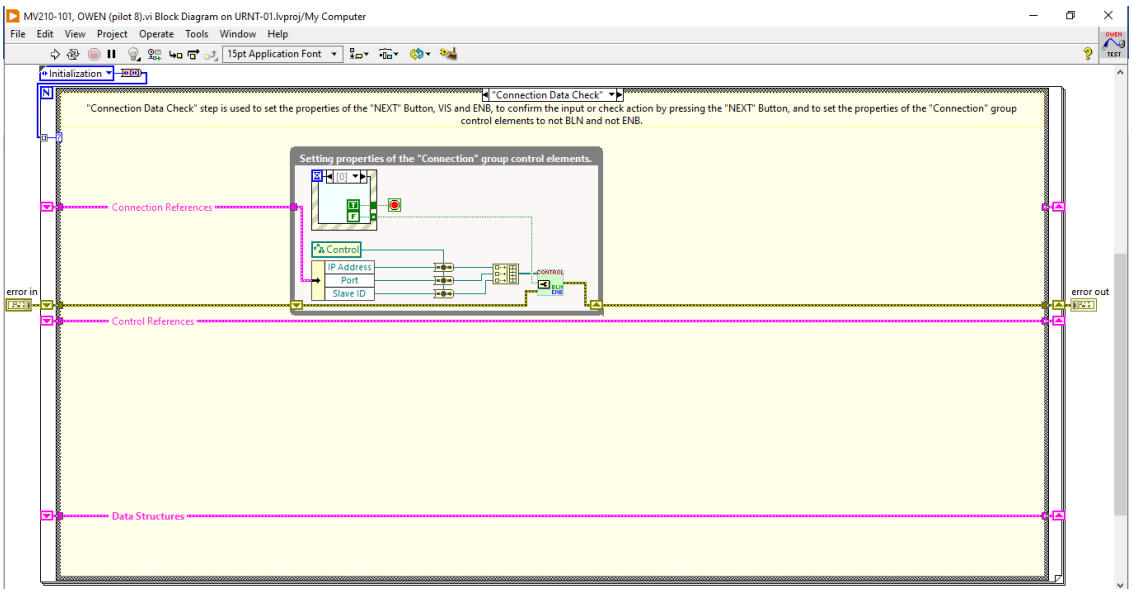
В первом блоке, "Initialization" ("инициализация"), локальным переменным присваиваются начальные значения, ссылки на элементы панели управления и структуры данных для подключаемого устройства группируются в кластеры для передачи к последующим блокам. Начальные свойства объектов задаются с помощью подпрограмм ("Sub VI"), содержащих "Property Nodes" ("узлы свойств"). Изменяемые в программном модуле свойства объектов включают в себя "Blinking" ("мигающий"), "Disabled" ("неактивный"), "Visible" ("видимый") и "Columns" ("столбцы").

В следующем блоке, "Connection Data Check" ("проверка данных соединения"), с помощью текстового сообщения в поле "Instructions" ("инструкции") пользователю предлагается ввести данные для установления связи прибора с компьютером и подтвердить ввод нажатием кнопки "NEXT" ("далее"). Для обработки поступающих команд был выбран шаблон проектирования "Event-Driven Architecture" ("событийно-ориентированная архитектура"), включающий в себя структуру "Event Structure" ("структура обработчика событий"), помещенную в цикл "While Loop" (цикл с постпроверкой условия). Обработка события, связанного с нажатием кнопки "NEXT", запускает выход из цикла и переход к третьему блоку.

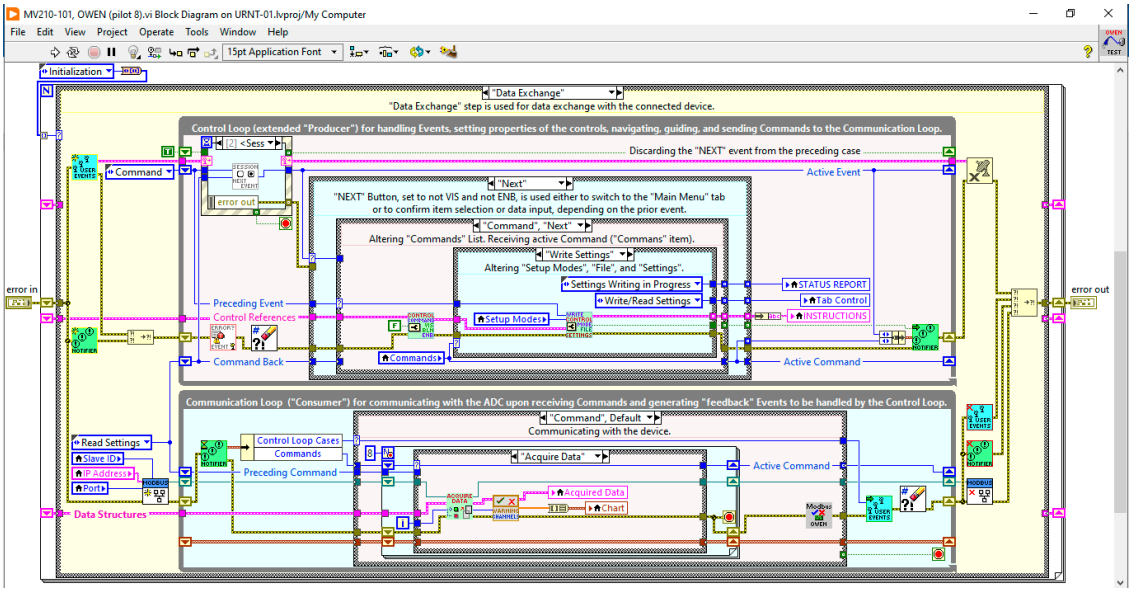
В заключительном блоке, "Data Exchange" ("обмен данными"), применен шаблон проектирования "Producer-Consumer" ("поставщик-потребитель"). Этот шаблон включает в себя в себя цикл "Producer" и один или несколько циклов "Consumer", причем "Producer" содержит в себе структуру "Event Structure" для обработки событий. Этот блок обеспечивает взаимодействие пользователя с программой для осуществления обмена данными с подключенным устройством. В цикле "Producer" структура "Event Structure" обрабатывает события, которые определяют, какие данные будут переданы помещенной в том же цикле структуре "Case Structure". В текущей версии программного модуля предусмотрена обработка пяти событий: "Command" ("команда"), "NEXT" ("далее"), "Session" ("сессия"), "Stop" ("стоп") и "End" ("конец"). "Command" запускает переход на вкладку "Main Menu" ("главное меню") панели управления, активацию списка "Commands" ("команды") и передачу в поле "Instructions" ("инструкции") текста, предлагающего пользователю выбрать команду (элемент списка) и подтвердить выбор нажатием кнопки "NEXT". Это действие генерирует одноименное событие "NEXT", которое запускает переход на вкладку для команды "Acquire Data" ("опрос показаний")



(*а*)



(*б*)



(*в*)

Рисунок 1. Блоки программного кода модуля: (*а*) — “инициализация”, (*б*) — “проверка данных соединения”, (*в*) — “обмен данными”.

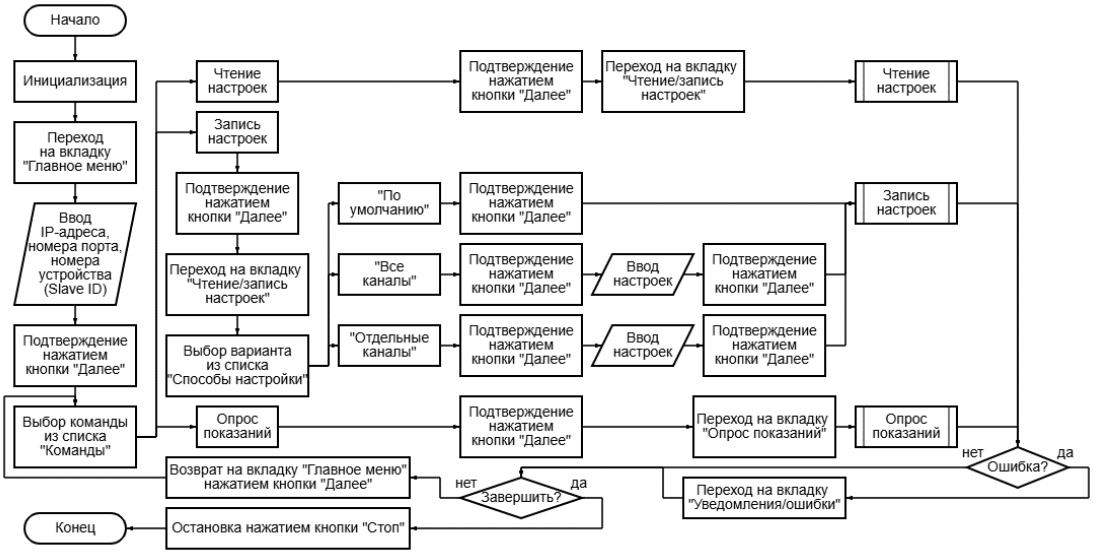


Рисунок 2. Схема алгоритма работы программного модуля.

для одноименной команды и на вкладку “Write/Read Settings” (“запись/чтение настроек”) для команд “Read Settings” (“чтение настроек”) и “Write Settings” (“запись настроек”). В случае выбора команды “Write Settings” пользователю предлагается выбрать элемент из списка “Setup Mode” (“способы настройки”) и подтвердить выбор нажатием кнопки “NEXT”. Элемент “Default” (“по умолчанию”) соответствует автоматическому заданию настроек. После выбора элемента “All Channels” (“все каналы”) или “Individual Channels” (“отдельные каналы”) на вкладке появляется массив из одного или двух элементов – одинаковых по структуре кластеров со списками для выбора типа датчика, типа входного фильтра и типа выходного фильтра, а также строками для ввода числовых значений настроек. Ввод данных предлагается подтвердить нажатием кнопки “NEXT”.

С помощью набора функций “Notifier Operations” (“операции с уведомлениями”) для всех команд запускается передача уведомления к циклу обмена данными (“Consumer”). Во вложенном цикле с двумя (по числу каналов) итерациями выполняются подпрограммы, соответствующие случаям “опрос показаний”, “чтение настроек” и “запись настроек”. Результаты отображаются на соответствующих вкладках на панели управления: массива “Settings” (“настройки”) или кластера “Acquired Data” (“полученные показания”) и кривых на координатной плоскости объекта “Chart” (“график”).

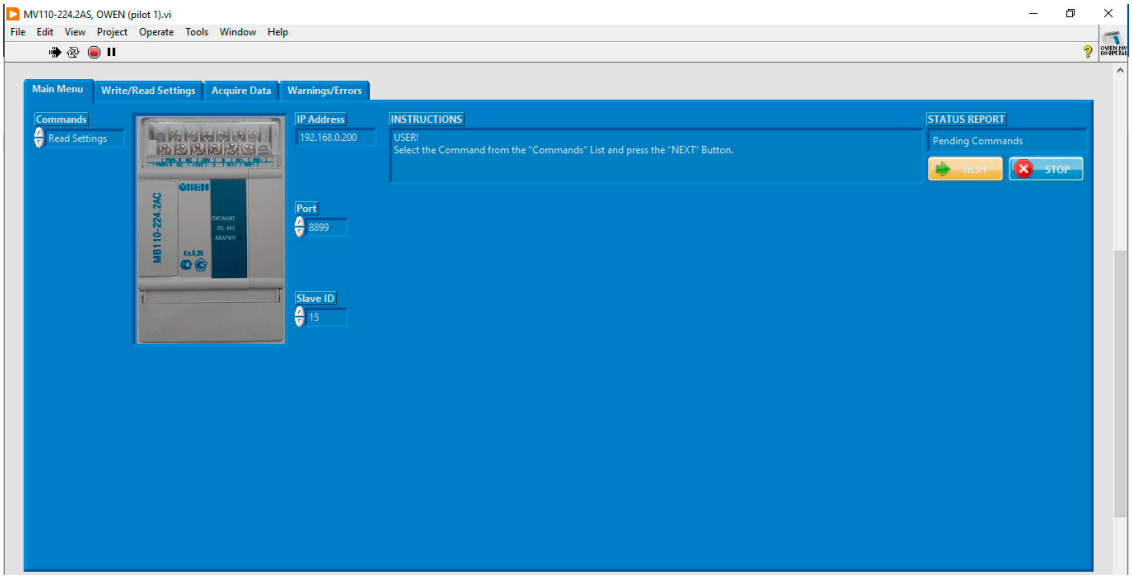
После выполнения всех (в случае ошибки — части) итераций посредством набора функций “Events” (“события”) программой генерируется событие “Session”, обеспечивающее передачу кластера данных “Error Cluster” (“кластер ошибок”) к циклу “Producer”. В случае ошибки выполняется переход на вкладку “Warnings/Errors” (“уведомления/ошибки”) панели управления для отображения информации об ошибке связи по протоколу Modbus и об ошибке измерительных каналов для устройства MB110-224.2AC.

Подпрограммы для команд “Read Settings” и “Write Settings” в цикле “Consumer” выполняются однократно, а для команды “Data Acquisition” при отсутствии ошибок — многократно, до прерывания пользователем. Для более быстрого взаимодействия с устройством в блоке “Initialization” предварительно выполняется группировка данных для вычисления адресов регистров в массивы по типам данных соответствующих элементов структур данных — U16, I16 и SGL для “Acquired Data” и U16 и SGL для “Settings”. В подпрограммах функции Modbus для записи данных в регистры или чтения данных из регистров размещены соответственно в трех и двух параллельных циклах, каждый из которых обрабатывает данные одного типа. Для перехода со вкладки “Acquire Data”, “Write/Read Settings” или “Warnings/Errors” на вкладку “Main Menu” и выбора следующей команды пользователю предлагается нажать на кнопку “NEXT”.

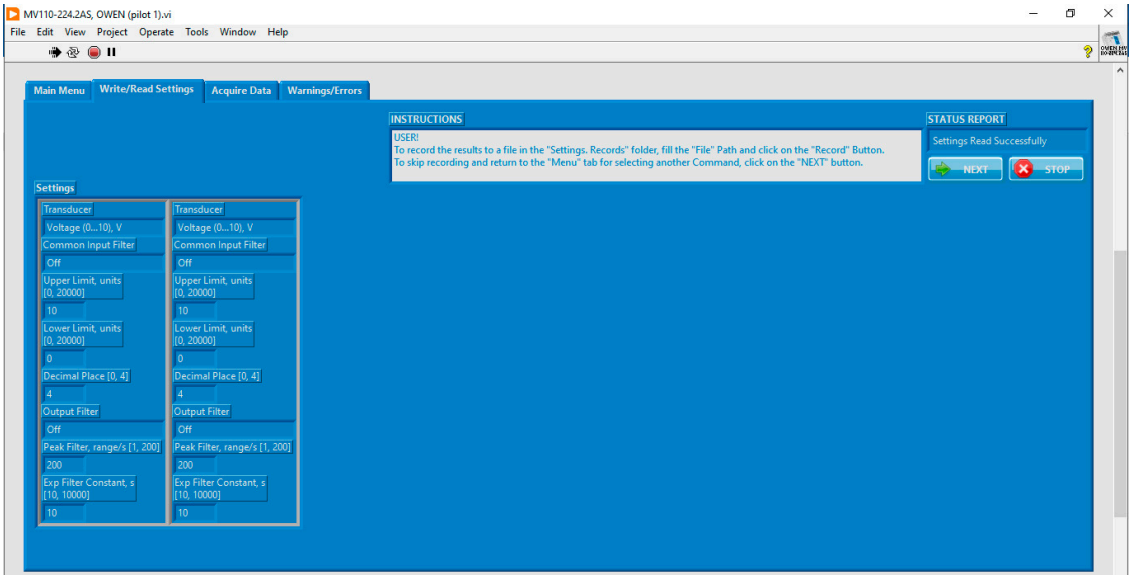
Для прекращения работы программы предусмотрена кнопка “STOP”. Событие, связанное с нажатием на эту кнопку, запускает отправку из цикла “Producer” в цикл “Consumer” уведомления, которое обеспечивает прерывание цикла “Consumer” и генерацию события “End”, которое, в свою очередь, запускает прерывание цикла “Producer”.

Также на панели управления размещено текстовое поле “Status Report” (“отчет о состоянии”), в котором обновляется информация о ходе выполнения выбранной команды (“Settings Writing in Progress” —“выполнение записи настроек”, “Settings Reading in Progress” — “выполнение чтения настроек” или “Data Acquisition in Progress” —“Выполнение цикла чтения показаний”), результате выполнения (“Settings Written Successfully” — “успешное завершение записи настроек”, “Settings Read Successfully” —“успешное завершение чтения настроек”, “Data Acquired Successfully” —“успешное завершение цикла чтения показаний” или “Error/Warning” — “ошибка/уведомление”) и режиме ожидания дальнейших команд (“Pending Commands” —“ожидание команд”).

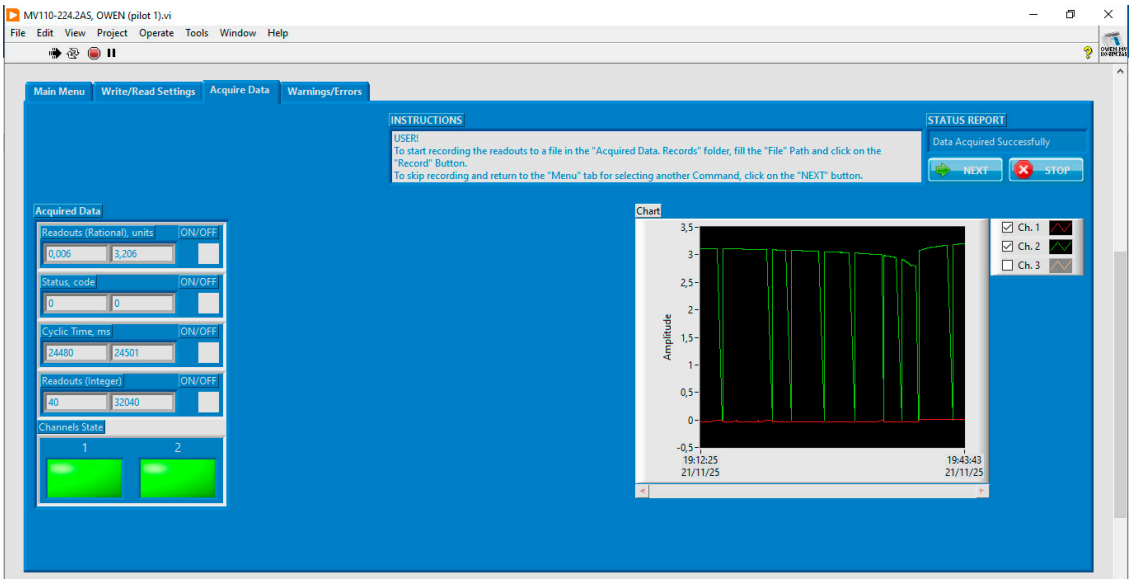
Алгоритм работы программного модуля представлен на рисунке 2.


MV110-224.2AS, OWEN (pilot 1).vi
File Edit View Project Operate Tools Window Help
Main Menu
Write/Read Settings
Acquire Data
Warnings/Errors
Commands
Read Settings
IP Address
192.168.0.200
Port
8899
Slave ID
15
INSTRUCTIONS
USER!
Select the Command from the "Commands" List and press the "NEXT" Button.
STATUS REPORT
Pending Commands
NEXT
STOP

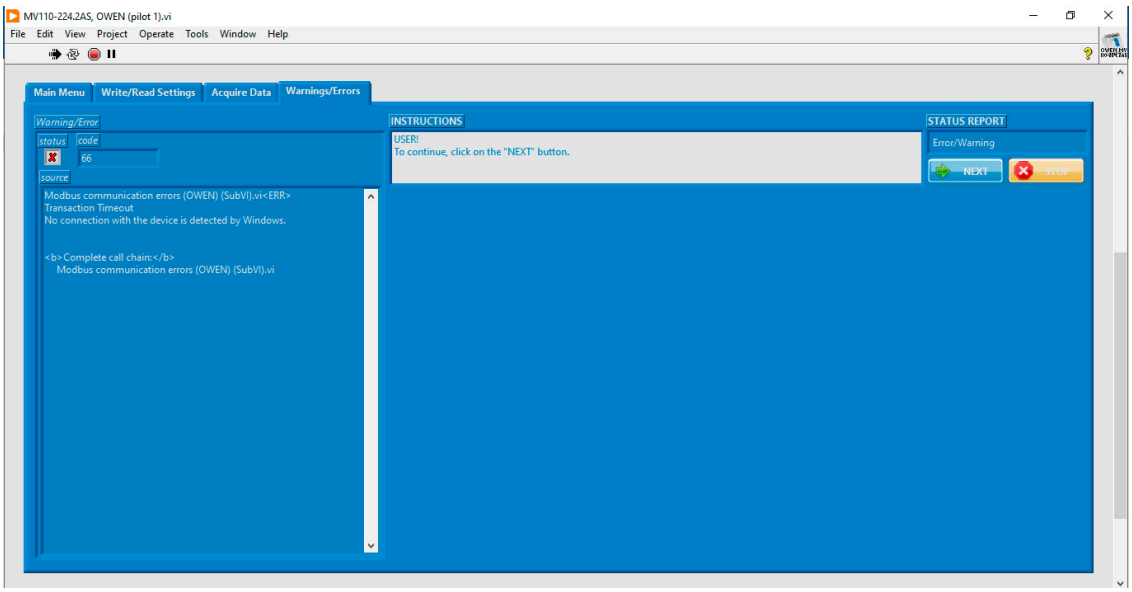
(*а*)


MV110-224.2AS, OWEN (pilot 1).vi
File Edit View Project Operate Tools Window Help
Main Menu
Write/Read Settings
Acquire Data
Warnings/Errors
INSTRUCTIONS
USER!
To record the results to a file in the "Settings. Records" folder, fill the "File" Path and click on the "Record" Button.
To skip recording and return to the "Menu" tab for selecting another Command, click on the "NEXT" button.
STATUS REPORT
Settings Read Successfully
NEXT
STOP
Settings
Transducer
Voltage (0...10), V
Common Input Filter
Off
Upper Limit, units [0, 20000]
10
Lower Limit, units [0, 20000]
0
Decimal Place [0, 4]
4
Output Filter
Off
Peak Filter, range/s [1, 200]
200
Exp Filter Constant, s [10, 10000]
10

(*б*)


MV110-224.2AS, OWEN (pilot 1).vi
File Edit View Project Operate Tools Window Help
Main Menu
Write/Read Settings
Acquire Data
Warnings/Errors
INSTRUCTIONS
USER!
To start recording the readouts to a file in the "Acquired Data. Records" folder, fill the "File" Path and click on the "Record" Button.
To skip recording and return to the "Menu" tab for selecting another Command, click on the "NEXT" button.
STATUS REPORT
Data Acquired Successfully
NEXT
STOP
Acquired Data
Readouts (Rational), units
ON/OFF
0,006
3,206
Status, code
0
0
Cyclic Time, ms
24480
24501
Readouts (Integer)
40
32040
Channels State
1
2
Chart
Amplitude
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
19:12:25
21/11/25
19:43:43
21/11/25
Ch. 1
Ch. 2
Ch. 3

(*в*)



(*г*)

Рисунок 3. Изображения передней панели работающего программного модуля: (*а*) — вкладка “Main Menu”; (*б*) — вкладка “Write/Read Settings”; (*в*) — вкладка “Acquire Data”; (*г*) — вкладка “Warnings/Errors”.

3. ПРОВЕРКА РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

Так как в программном модуле предусмотрен обмен данными по протоколу Modbus более современной версии (TCP/IP), устройство MB110-224.2AC было подключено к прибору модели USR-DR404 (Jinan USR IOT Technology Ltd.) для преобразования интерфейсов RS485/Ethernet/Wi-Fi и сопряжения версий RTU/ASCII и TCP/IP протокола Modbus. Этот прибор был подключен к компьютеру посредством кабеля Ethernet; для него были заданы IP-адрес и номер порта, а для MB110-224.2AC — номер устройства (Slave ID). Соответствующая вкладка панели управления показана ни рисунке 3(*а*). К первому измерительному каналу были подключены полюса аккумулятора LiitoKala (3.2 В, 20 А ч), разряжаемых постоянным током силой 30 А с помощью анализатора аккумуляторов АСК150.24.1750.1 (ООО “Яростанмаш”) до напряжения 2.8 В, а ко второму – потенциальные зажимы шунта измерительного стационарный модели 75ШИП1-60-0.5 (номинальное напряжение — 75 мВ, допустимый ток — 60 А, ТУ 4229-001-94077612-06, ООО “ЭНМАКСО”) для определения силы тока заряда по падению напряжения между его потенциальными зажимами.

Для первого и второго каналов в качестве типа сигнала было выставлено напряжение постоянного тока от 0 до 10 В. Изображения передней панели со считанными настройками приведены на рисунке 3(*б*).

На рисунке 3(*в*) показана вкладка с показаниями измерительных каналов устройства. На графике показаны зависимости показаний напряжения от времени для разряжаемого аккумулятора и токового шунта. Для аккумулятора наблюдается большой участок понижения напряжения в процессе разряда и небольшой участок роста напряжения после смены режима разряда режимом заряда, для шунта — значения, пропорциональные силе протекающего через шунт тока, причем вначале значение было отрицательным, а после смены направления протекания тока — положительным. Оба индикатора были окрашены в ярко-зеленый цвет, указывающий на успешное измерение (соответствующие коды состояния равны нулю). На кривой изменения напряжения аккумулятора видны участки падения показаний до нуля, не имеющие физического смысла. Предполагаемой причиной этих явлений является периодическая потеря связи с измерительным устройством при продолжении сбора данных программным модулем. Вероятно, для устройства следует попробовать задать более низкую скорость обмена данными. Отладка работы устройства, однако, не входила в задачи настоящей работы.

При отключении опроса всех оперативных параметров, кроме измеряемых показаний, и задания интервала опроса для всех активных каналов 50 мс фактически измеренное время опроса составляет около 170–180 мс. При проверке скорости опроса программный модуль запускали в среде LabVIEW (версия 2025 Q1) на ноутбуке модели Acer Aspire ES1-311-P5DF (процессор Intel Pentium N3540) 2012 г. выпуска с операционной системой версии Windows 10. Для прибора были установлены стандартные сетевые настройки (скорость обмена — 9600 бит/с, длина слова данных — 8 бит, четность — отсутствует, количество стоп-бит — 1). Таким образом, зарегистрированный интервал опроса существенно превысил значение 5–10 мс, заявленное в руководстве в качестве времени обновления показаний на канале, что в значительной мере обусловлено использованием устройства для преобразования версий протоколов Modbus и относительно невысокой скоростью обмена пакетами.

На рисунке 3(*г*) показана вкладка для уведомления об ошибках. В качестве примера представлена ошибка связи по протоколу Modbus, возникшая в ответ на отключение кабеля Ethernet в процессе опроса показаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программный модуль обмена данными с устройством MB110-224.2AC реализует запись и чтение конфигурационных параметров и чтение оперативных параметров измерительных каналов и счетчиков устройства. В модуле предусмотрена цветовая индикация состояния каналов, отображение показаний каналов на графике в режиме реального времени, показ уведомлений об ошибках связи по протоколу Modbus и ошибках измерительных каналов. Выбор английского языка для панели блок-диаграммы, передней панели, названий папок и файлов основан на том, что в LabVIEW возможны проблемы с кодировкой при поиске файлов из-за особенностей работы с кодировками в разных платформах. Ожидается, что использование универсального языка снизит вероятность проявления подобных проблем.

Программный код модуля организован таким образом, что структуры данных “Settings” и “Acquired Data” и данные для вычисления адресов регистров элементов этих структур размещены в первом блоке кода и передаются к следующим блокам в виде единого кластера. Это призвано уменьшить трудозатраты в случае внесения изменений или адаптации модуля для устройства аналогового ввода другой модели. Ссылки на объекты панели управления также помещены в первом блоке и сгруппированы в кластеры для передачи ко второму и третьему блокам. В третьем блоке программный код структурирован таким образом, что в цикле обмена данными реализованы все действия с числовыми данными (конфигурационные и оперативные параметры и соответственные адреса регистров), которые могут различаться для устройств разных моделей, а в управляющем цикле осуществляются все операции со ссылками на объекты панели управления (изменение свойств и применение методов). Такое разделение призвано упростить внесение изменений и дополнений в код. Подтверждение выбора элементов списков, ввода числовых значений и переключение между вкладками панели управления выполняется путем нажатия одной и той же кнопки “NEXT” в соответствии с указаниями в текстовом поле “Instructions”. Такая организация управления облегчает взаимодействие пользователя с программой и экономит место на передней панели. Программа, однако, не обеспечивает опроса каналов с максимальными скоростями, заявленными в руководстве к устройству.

Доступ к исходным файлам для описанной версии программного модуля можно получить по ссылке на репозиторий в GitHub: Analog-Input-Devices. Для программного модуля планируется расширение функционала: добавление инструкций для пользователя с предложениями по устранению ошибок, функций для работы с файлами, журнала событий и инструментов для изменения сетевых настроек прибора. Также планируется создание отдельной версии программного модуля для реализации скоростного опроса показаний измерительного устройства и записи принимаемых показаний в двоичном формате в файл с расширением TDMS (Test Data Management Stream).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Государственное задание № 075-00270-26-00).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО “ОВЕН” Москва 2020 *MB110-224.2AC. Модуль аналогового ввода. Руководство по эксплуатации (версия 1.18).*
2. ООО “ОВЕН” Москва 2022 *MB110-24/220.8AC. Модуль аналогового ввода. Руководство по эксплуатации (версия 1.19).*
3. Сошина Т О, Глазырин М В и Бритов Д В 2022 *Справочник. Инженерный журнал.* **5** 44–50
4. Кураев А В, Лисаков С А, Павлов А Н и Сыпин Е В 2014 *Ползуновский вестник* **2** 179–183
5. Половинкин Н С, Едиханов Э Р и Жабаева В А 2022 *Шаг в науку* **2** 161–165
6. Исаенко А В, Рахимов И А и Поздняков И А 2018 *Труды Института прикладной астрономии РАН* **47** 23–30
7. Qizhen R 2012 *Me and LabVIEW: Ten Years of Programming Experience from an NI Engineer* 2nd ed (Beijing: Beihang University Press)
8. ООО “ОВЕН” Москва 2025 *Программа “Конфигуратор M110”. Руководство пользователя (версия 1.1).*
9. ООО “ОВЕН” 2025 *Подключение МСД200 к КМУ1. Руководство пользователя (версия 1.1).*
10. ООО “ОВЕН” 2024 *МСД-200. Преобразователь измерительный регистрирующий. Руководство по эксплуатации. КУВФ.421451.004 РЭ (версия 1.7).*
11. ООО “ОВЕН” Москва 2025 *Owen Configurator 1.29. Руководство пользователя (версия 1.44)*
12. ООО “ОВЕН” 2025 *Owen Configurator 1.29. Release notes (версия 1.8)*