

Семейство ПЛК Ai-Talar 241
Методика поверки аналоговых модулей
ввода/вывода

Версия документа: 1.0
Дата создания: 08.06.2026



Содержание

1 Область применения.....	3
1.1 Назначение методики	3
1.2 Переченьверяемых модулей	3
1.3 Виды поверки	3
2 Нормативные ссылки	4
2.1 Нормативные документы	4
2.2 Эксплуатационная документация.....	4
3 Термины, определения и сокращения	5
3.1 Термины и определения	5
3.2 Сокращения	6
4 Метрологические характеристики	8
4.1 Метрологические характеристики модулей АІ.....	8
4.2 Метрологические характеристики модулей АО	8
5 Операции поверки	10
5.1 Перечень операций поверки	10
5.2 Обязательность операций при первичной поверке	10
5.3 Обязательность операций при периодической поверке	11
5.4 Обязательность операций при внеочередной поверке	11
6 Средства поверки.....	12
6.1 Основные средства поверки.....	12
6.2 Вспомогательное оборудование	13
7 Требования к квалификации поверителей	14
7.1 Требования к персоналу	14
7.2 Требования к знанию эксплуатационной документации	14
8 Условия поверки	15
8.1 Условия окружающей среды.....	15
8.2 Требования к питанию модулей	15
9 Подготовка к поверке	16
9.1 Требования к операционной системе.....	16
9.2 Установка программного обеспечения	16
9.3 Сборка конфигурации для поверки АІ.....	16
9.4 Сборка конфигурации для поверки АО	18
10 Проведение общей поверки.....	20
10.1 Внешний осмотр	20



10.2 Опробование.....	20
11 Проведение поверки модуля АІ.....	22
11.1 Поверка каналов в режиме тока.....	22
11.2 Поверка каналов в режиме напряжения.....	23
12 Проведение поверки модуля АО	24
12.1 Поверка каналов в режиме тока	24
12.2 Поверка каналов в режиме напряжения	25
13 Обработка результатов поверки	26
13.1 Приведение цифрового представления к физической величине	26
13.2 Расчёт абсолютной погрешности	26
13.3 Расчёт приведённой погрешности.....	27
13.4 Критерий годности	27
14 Оформление результатов поверки.....	29
14.1 Краткий алгоритм расчёта	29
14.2 Заполнение протокола поверки	29
Список литературы.....	31
Приложение А.....	32
Приложение Б	37



1 Область применения

1.1 Назначение методики

Настоящая методика устанавливает порядок проведения поверки модулей аналогового ввода и аналогового вывода, применяемых в составе семейства программируемых логических контроллеров Ai-Talar 241. Методика предназначена для подтверждения соответствия метрологических характеристик модулей установленным требованиям, проверки их работоспособности, определения погрешности преобразования аналоговых сигналов и принятия решения о пригодности модулей к дальнейшему применению.

Методика определяет последовательность выполнения операций поверки, требования к средствам поверки и вспомогательному оборудованию, условия проведения поверки, порядок подготовки модулей к поверке, правила поверки каналов в режимах тока и напряжения, а также порядок обработки и оформления результатов поверки.

1.2 Переченьверяемых модулей

Поверке по настоящей методике подлежат модули аналогового ввода и аналогового вывода, предназначенные для работы в составе семейства программируемых логических контроллеров Ai-Talar 241, а именно:

- модуль аналогового ввода АТ241АІ;
- модуль аналогового вывода АТ241АО.

Модуль АТ241АІ предназначен для приёма аналоговых сигналов тока и напряжения от первичных преобразователей, датчиков и других источников аналоговых сигналов с последующим преобразованием полученных значений в цифровую форму для обработки программируемым логическим контроллером.

Модуль АТ241АО предназначен для формирования аналоговых сигналов тока и напряжения по заданию программируемого логического контроллера с последующей передачей этих сигналов на исполнительные устройства, преобразователи, регуляторы или другие внешние устройства автоматизированной системы управления.

1.3 Виды поверки

Настоящей методикой устанавливаются следующие виды поверки:

- первичная поверка;
- периодическая поверка;
- внеочередная поверка.

Первичная поверка проводится при выпуске модулей из производства, после ремонта, а также перед вводом модулей в эксплуатацию, если необходимость такой поверки установлена эксплуатационной или нормативной документацией.

Периодическая поверка проводится в процессе эксплуатации модулей через установленные межповерочные интервалы с целью подтверждения сохранения метрологических характеристик в допустимых пределах.

Внеочередная поверка проводится при необходимости подтверждения пригодности модулей к применению вне установленного межповерочного интервала, в том числе после воздействия факторов, способных повлиять на метрологические характеристики модулей, после длительного хранения, нарушения условий эксплуатации, замены компонентов, восстановления программного обеспечения или при возникновении сомнений в достоверности результатов измерений и формирования аналоговых сигналов.

Поверка модулей выполняется поканально в режимах, предусмотренных эксплуатационной документацией и используемых при эксплуатации конкретного модуля.



2 Нормативные ссылки

2.1 Нормативные документы

При разработке настоящей методики использованы положения следующих нормативных документов Республики Казахстан:

- Закон Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений»;
- Правила проведения поверки средств измерений, утверждённые приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 27 декабря 2018 года № 934;
- Правила утверждения типа, испытаний для целей утверждения типа, метрологической аттестации средств измерений, формы сертификата об утверждении типа средств измерений и установления формы знака утверждения типа, утверждённые приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 27 декабря 2018 года № 931;
- СТ РК 2.21 «Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений»;
- СТ РК 2.30 «Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Порядок проведения метрологической аттестации средств измерений»;
- СТ РК 2.46 «Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Программное обеспечение. Порядок аттестации. Общие положения»;
- При пользовании настоящей методикой целесообразно проверять действие указанных нормативных документов по официальным информационным ресурсам Республики Казахстан. В случае замены или изменения нормативного документа следует руководствоваться действующей редакцией соответствующего документа.

2.2 Эксплуатационная документация

При проведении поверки модулей аналогового ввода и аналогового вывода используются следующие эксплуатационные документы:

- паспорт на модуль аналогового ввода АТ241АІ [1];
- паспорт на модуль аналогового вывода АТ241АО [2];
- руководство программиста Ai-Talar 241 [3];
- руководство по установке ПО [4].

Эксплуатационная документация используется для определения назначения модулей, схем подключения, допустимых режимов работы, диапазонов входных и выходных сигналов, формата цифрового представления сигналов, требований к питанию, условий эксплуатации и пределов допускаемой погрешности.



3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящей методике применяются следующие термины и определения.

Поверка – совокупность операций, выполняемых с целью подтверждения соответствия средства измерений установленным метрологическим требованиям и принятия решения о его пригодности к применению.

Первичная поверка – поверка, выполняемая при выпуске модуля из производства, после ремонта, а также перед вводом модуля в эксплуатацию в случаях, установленных нормативной или эксплуатационной документацией.

Периодическая поверка – поверка, выполняемая в процессе эксплуатации модуля через установленные межповерочные интервалы с целью подтверждения сохранения его метрологических характеристик в допустимых пределах.

Внеочередная поверка – поверка, выполняемая вне установленного межповерочного интервала при возникновении необходимости подтверждения пригодности модуля к применению, в том числе после ремонта, длительного хранения, нарушения условий эксплуатации, восстановления программного обеспечения или при наличии сомнений в достоверности работы модуля.

Поверяемый модуль – модуль аналогового ввода или аналогового вывода, подвергаемый поверке в соответствии с настоящей методикой.

Модуль аналогового ввода – модуль, предназначенный для приёма аналоговых сигналов тока или напряжения от внешних устройств и преобразования этих сигналов в цифровую форму для последующей обработки программируемым логическим контроллером.

Модуль аналогового вывода – модуль, предназначенный для формирования аналоговых сигналов тока или напряжения по цифровому заданию программируемого логического контроллера.

Аналоговый канал – отдельный входной или выходной канал модуля, предназначенный для приёма или формирования одного аналогового сигнала тока или напряжения.

Входной аналоговый сигнал – электрический сигнал тока или напряжения, подаваемый на вход модуля аналогового ввода при эксплуатации или поверке.

Выходной аналоговый сигнал – электрический сигнал тока или напряжения, формируемый модулем аналогового вывода по заданию программируемого логического контроллера.

Режим тока – режим работы аналогового канала, при котором входной или выходной сигнал представлен электрическим током в установленном диапазоне, например от 0 до 20 мА или от 4 до 20 мА.

Режим напряжения – режим работы аналогового канала, при котором входной или выходной сигнал представлен электрическим напряжением в установленном диапазоне, например от 0 до 10 В.

Диапазон преобразования – область значений аналогового сигнала, в пределах которой модуль выполняет приём или формирование сигнала с нормированными метрологическими характеристиками.

Верхняя граница диапазона – наибольшее значение аналогового сигнала, соответствующее установленному диапазону преобразования.

Нижняя граница диапазона – наименьшее значение аналогового сигнала, соответствующее установленному диапазону преобразования.

Эталонный сигнал – сигнал тока или напряжения, задаваемый средством поверки с известными метрологическими характеристиками и используемый в качестве исходного значения при поверке модуля аналогового ввода.



Заданное значение – значение тока, напряжения или цифрового кода, установленное в программном обеспечении или контроллере при поверке модуля аналогового вывода.

Измеренное значение – значение аналогового сигнала, полученное при измерении выходного сигнала модуля аналогового вывода средством поверки, либо значение, считанное из программируемого логического контроллера при поверке модуля аналогового ввода.

Цифровое представление сигнала – числовое значение, используемое программируемым логическим контроллером для отображения, обработки или задания аналогового сигнала. В рамках настоящей методики цифровое представление может задаваться пользователем в установленном диапазоне, например от 0 до 20000 для сигнала от 0 до 20 мА.

Цена единицы цифрового представления – значение физической величины, соответствующее изменению цифрового представления сигнала на одну единицу.

Погрешность – отклонение значения, полученного при поверке, от заданного или эталонного значения.

Абсолютная погрешность – разность между измеренным значением и эталонным или заданным значением аналогового сигнала, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

Относительная погрешность – отношение абсолютной погрешности к эталонному или заданному значению, выраженное в процентах.

Основная погрешность – погрешность модуля, определяемая при нормальных условиях поверки.

Предел допускаемой погрешности – наибольшее значение погрешности, при котором модуль считается соответствующим установленным метрологическим требованиям.

Калибратор – средство измерений, предназначенное для задания или измерения электрических сигналов тока и напряжения с нормированными метрологическими характеристиками.

Средство поверки – средство измерений или оборудование, применяемое при проведении поверки для задания, измерения или контроля параметров поверяемого модуля.

Вспомогательное оборудование – оборудование, не являющееся основным средством поверки, но необходимое для подключения, питания, настройки или функционирования поверяемого модуля при проведении поверки.

Нагрузочный резистор – резистор с установленным номинальным сопротивлением, применяемый при поверке токовых выходов модуля аналогового вывода для создания требуемой нагрузки.

Опробование – операция поверки, выполняемая для проверки общей работоспособности модуля, наличия связи с контроллером или программным обеспечением, а также реакции модуля на изменение входного или выходного сигнала.

Критерий годности – условие, по которому принимается решение о пригодности или непригодности поверяемого модуля к применению.

Протокол поверки – документ, в котором фиксируются условия поверки, применяемые средства поверки, результаты измерений, рассчитанные значения погрешности и заключение о пригодности поверяемого модуля.

3.2 Сокращения

В настоящей методике применяются следующие сокращения:

ПЛК – программируемый логический контроллер;

AI – Analog Input, аналоговый ввод;

АО – Analog Output, аналоговый вывод;

AT241AI – модуль аналогового ввода семейства программируемых логических контроллеров Ai-Talap 241;



AT241AO – модуль аналогового вывода семейства программируемых логических контроллеров Ai-Talap 241;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ПО – программное обеспечение;

ОС – операционная система;

СИ – средство измерений;

В – вольт;

мА – миллиампер;

Ом – ом;

DC – Direct Current, постоянный ток;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

Ethernet – технология проводной передачи данных в локальных вычислительных сетях.



4 Метрологические характеристики

4.1 Метрологические характеристики модулей АІ

Основные метрологические и технические характеристики модулей аналогового ввода АТ241АІ приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Основные метрологические и технические характеристики модуля АТ241АІ

Разрядность, бит	16
Максимальная частота дискретизации	10 Гц
Метод преобразования	Дельта-сигма АЦП
Импеданс входов	0-10В – 0,3 МОм; 0-20мА и 4-20мА -- 100 Ом; термопара -- 100 МОм
Точность измерения в режимах 0-10В, 4-20мА при н.у.	0,1%
Точность измерения температуры холодного спая	1°С
Допускаемая погрешность	0,35%
Темп. коэффициент в режиме «напряжение»	0,006%/°С
Темп. коэффициент в режиме «ток»	0,005%/°С
Нелинейность	0,001%, не более

В рамках настоящей методики поверке подлежат метрологические характеристики модуля АТ241АІ, связанные с точностью измерения аналоговых сигналов тока и напряжения при нормальных условиях. В качестве контролируемой характеристики для модуля АТ241АІ принимается точность измерения в режимах 0–10 В и 4–20 мА при нормальных условиях, указанная в таблице 4.1.

Иные метрологические и технические характеристики модуля АТ241АІ, в том числе разрядность аналого-цифрового преобразователя, частота дискретизации, метод преобразования, входной импеданс, точность измерения температуры холодного спая, температурные коэффициенты, нелинейность, гальваническая развязка, защита входов и климатические характеристики в рамках настоящей методики отдельно не поверяются и принимаются в соответствии с паспортом и эксплуатационной документацией на модуль.

Поверка точности измерения модуля АТ241АІ проводится поканально в режимах тока и напряжения, предусмотренных эксплуатационной документацией и выбранных в конфигурации модуля. Результаты поверки оцениваются путём сравнения значения, считанного из программируемого логического контроллера, со значением эталонного сигнала, поданного на вход поверяемого канала.

4.2 Метрологические характеристики модулей АО

Основные метрологические и технические характеристики модулей аналогового вывода АТ241АО приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные метрологические и технические характеристики модуля АТ241АО

Разрядность, бит	14
Время установления с точностью 0,1%	7 мс
Допускаемая погрешность	0,5%
Темп. коэффициент в режиме «напряжение»	0,005%/°С
Темп. коэффициент в режиме «ток»	0,0045%/°С
Нелинейность	0,009%, не более

В рамках настоящей методики поверке подлежат метрологические характеристики модуля АТ241АО, связанные с формированием аналоговых сигналов тока и напряжения при нормальных условиях. В качестве контролируемой характеристики для модуля АТ241АО принимается предел допускаемой погрешности формирования выходного аналогового сигнала, указанный в таблице 4.2.



Иные метрологические и технические характеристики модуля АТ241АО, в том числе разрядность цифро-аналогового преобразователя, диапазоны выходных сигналов, допустимая нагрузка, особенности программного конфигурирования, гальваническая развязка, защита выходов и климатические характеристики, в рамках настоящей методики отдельно не проверяются и принимаются в соответствии с паспортом и эксплуатационной документацией на модуль.

Поверка допускаемой погрешности модуля АТ241АО проводится поканально в режимах тока и напряжения, предусмотренных эксплуатационной документацией и выбранных в конфигурации модуля. Результаты поверки оцениваются путём сравнения значения аналогового сигнала, измеренного на выходе поверяемого канала, со значением, заданным в программируемом логическом контроллере.



5 Операции поверки

5.1 Перечень операций поверки

При проведении поверки модулей аналогового ввода АТ241АІ и аналогового вывода АТ241АО выполняются операции, направленные на подтверждение работоспособности модулей и соответствие их метрологических характеристик требованиям, установленным в паспортах и эксплуатационной документации.

Операции поверки подразделяются на общие операции, выполняемые для модулей АТ241АІ и АТ241АО, операции поверки модуля аналогового ввода АТ241АІ, операции поверки модуля аналогового вывода АТ241АО, а также заключительные операции поверки.

Перечень операций поверки приведён в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Операции поверки модулей АТ241АІ и АТ241АО

№	Наименование операции	Номер пункта методики	Первичная поверка	Периодическая поверка
1	Общие операции поверки			
1.1	Подготовка к поверке	9	Да	Да
1.2	Внешний осмотр	10.1	Да	Да
1.3	Опробование	10.2	Да	Да
2а	Операции поверки модуля АТ241АІ			
2а.1	Поверка каналов АТ241АІ в режиме тока	11.1	Да	Да
2а.2	Поверка каналов АТ241АІ в режиме напряжения	11.2	Да	Да
2б	Операции поверки модуля АТ241АО			
2б.1	Поверка каналов АТ241АО в режиме тока	12.1	Да	Да
2б.2	Поверка каналов АТ241АО в режиме напряжения	12.2	Да	Да
3	Заключительные операции поверки			
3.1	Обработка результатов поверки	13	Да	Да
3.2	Заполнение протокола поверки	14.1	Да	Да

Операции поверки модуля АТ241АІ выполняются при поверке модуля аналогового ввода. Операции поверки модуля АТ241АО выполняются при поверке модуля аналогового вывода. При поверке одного типа модуля операции, относящиеся к другому типу модуля, не выполняются.

Операции поверки выполняются для тех режимов работы модуля, которые предусмотрены эксплуатационной документацией и заявлены к применению. Если отдельный режим работы модуля не используется и не заявлен к поверке, его поверка в рамках настоящей методики может не выполняться при условии внесения соответствующей записи в протокол поверки.

5.2 Обязательность операций при первичной поверке

При первичной поверке выполняются операции, указанные в таблице 5.1, в зависимости от типа поверяемого модуля. Для модуля аналогового ввода АТ241АІ выполняются общие операции поверки, операции поверки модуля АТ241АІ и заключительные операции поверки. Для модуля аналогового вывода АТ241АО выполняются общие операции поверки, операции поверки модуля АТ241АО и заключительные операции поверки.

Первичная поверка проводится перед вводом модулей в эксплуатацию, после выпуска из производства, после ремонта, а также в иных случаях, установленных нормативной или эксплуатационной документацией.

Первичной поверке подлежат все каналы поверяемого модуля в режимах тока и напряжения, предусмотренных эксплуатационной документацией и заявленных к применению. Для модуля АТ241АІ поверяется точность измерения входных аналоговых

сигналов, а для модуля АТ241АО поверяется допустимая погрешность формирования выходных аналоговых сигналов.

Результаты выполнения каждой операции первичной поверки фиксируются в протоколе поверки. Модуль признаётся прошедшим первичную поверку только при положительных результатах внешнего осмотра, опробования и проверки метрологических характеристик во всех заявленных режимах.

5.3 Обязательность операций при периодической поверке

При периодической поверке выполняются операции, указанные в таблице 5.1, в зависимости от типа поверяемого модуля. Для модуля аналогового ввода АТ241АИ выполняются общие операции поверки, операции поверки модуля АТ241АИ и заключительные операции поверки. Для модуля аналогового вывода АТ241АО выполняются общие операции поверки, операции поверки модуля АТ241АО и заключительные операции поверки.

Периодическая поверка проводится в процессе эксплуатации через установленный межповерочный интервал с целью подтверждения сохранения метрологических характеристик модулей АТ241АИ и АТ241АО в допустимых пределах.

При периодической поверке проверяются каналы и режимы работы, используемые при эксплуатации модуля. Поверку неиспользуемых режимов допускается не проводить, если такие режимы не заявлены к применению и данное ограничение отражено в протоколе поверки.

Модуль признаётся прошедшим периодическую поверку, если по результатам внешнего осмотра, опробования и проверки метрологических характеристик установлено соответствие требованиям настоящей методики.

5.4 Обязательность операций при внеочередной поверке

Внеочередная поверка модулей АТ241АИ и АТ241АО проводится при необходимости подтверждения их пригодности к применению вне установленного межповерочного интервала.

Внеочередная поверка может выполняться после ремонта, длительного хранения, нарушения условий эксплуатации, замены компонентов, восстановления или изменения программного обеспечения, изменения конфигурации ПЛК, выявления нестабильной работы модуля, возникновения сомнений в достоверности измерений или формирования выходных сигналов, а также в иных случаях, установленных нормативной или эксплуатационной документацией.

При внеочередной поверке выполняются общие операции поверки, включающие подготовку к поверке, внешний осмотр и опробование. Далее выполняются операции поверки тех каналов и режимов работы, которые заявлены к применению или могли быть затронуты причиной проведения внеочередной поверки.

Если причина внеочередной поверки связана с ремонтом модуля, заменой компонентов, длительным хранением, нарушением условий эксплуатации или отсутствием достоверной информации о состоянии модуля, поверка проводится в объёме первичной поверки.

Если причина внеочередной поверки связана с конкретным каналом, режимом работы или изменением конфигурации, допускается проведение поверки только соответствующих каналов и режимов при условии внесения соответствующей записи в протокол поверки.

Результаты внеочередной поверки фиксируются в протоколе поверки. Модуль признаётся прошедшим внеочередную поверку, если все каналы и режимы, заявленные к внеочередной поверке, соответствуют требованиям настоящей методики.



6 Средства поверки

6.1 Основные средства поверки

При проведении поверки модулей аналогового ввода АТ241АІ и аналогового вывода АТ241АО должны применяться средства поверки, обеспечивающие задание и измерение аналоговых сигналов тока и напряжения с погрешностью, достаточной для достоверной оценки метрологических характеристик поверяемых модулей.

В качестве основного средства поверки рекомендуется применять многофункциональный технологический калибратор, обеспечивающий выполнение следующих функций:

- задание сигналов постоянного тока в диапазонах, необходимых для поверки каналов АТ241АІ, в том числе 0–20 мА и 4–20 мА;
- задание сигналов постоянного напряжения в диапазонах, необходимых для поверки каналов АТ241АІ, в том числе 0–10 В;
- измерение сигналов постоянного тока, формируемых каналами АТ241АО;
- измерение сигналов постоянного напряжения, формируемых каналами АТ241АО;
- работу с токовой петлёй без применения дополнительных преобразователей;
- возможность задания поверочных точек вручную или с использованием ступенчатого изменения сигнала;
- наличие действующего документа о поверке или калибровке.

Для поверки модуля АТ241АІ калибратор используется в режиме источника эталонного сигнала. При поверке каналов в режиме тока выход калибратора подключается непосредственно к клеммам аналогового входа поверяемого канала в соответствии со схемой подключения, приведённой в эксплуатационной документации. При поверке каналов в режиме напряжения выход калибратора подключается непосредственно к клеммам входа напряжения поверяемого канала.

Для поверки модуля АТ241АО калибратор или высокоточный измеритель используется в режиме измерения. При поверке каналов в режиме тока средство поверки подключается к выходным клеммам поверяемого канала в соответствии со схемой подключения, установленной эксплуатационной документацией. При поверке каналов в режиме напряжения средство поверки подключается к выходу напряжения поверяемого канала.

В качестве основного средства поверки допускается применять один многофункциональный калибратор, совмещающий функции источника и измерителя сигналов тока и напряжения, при условии соответствия его метрологических характеристик требованиям настоящей методики.

В качестве примеров таких средств поверки могут применяться многофункциональные технологические калибраторы типа Fluke 725, Fluke 726, Fluke 754, Druck DPI 880 или аналогичные средства поверки, обеспечивающие задание и измерение сигналов постоянного тока и напряжения в требуемых диапазонах.

Применяемое средство поверки должно иметь действующее свидетельство о поверке или сертификат калибровки. Метрологические характеристики средства поверки должны обеспечивать возможность поверки модулей АТ241АІ и АТ241АО с пределами допускаемой погрешности, установленными в паспортах и эксплуатационной документации.

При выборе средства поверки рекомендуется, чтобы его погрешность была по крайней мере в три раза меньше предела допускаемой погрешности поверяемого модуля. При невозможности выполнения данного соотношения допускается применение средства поверки с иным соотношением погрешностей при условии приведения обоснования пригодности такого средства в документации на поверку.



6.2 Вспомогательное оборудование

При проведении поверки, помимо основных средств поверки, применяется вспомогательное оборудование, необходимое для питания, подключения, конфигурирования и считывания значений поверяемых модулей.

К вспомогательному оборудованию относятся:

- процессорный модуль AT241CPU или модуль AT241BC, обеспечивающий работу поверяемых модулей AT241AI и AT241AO в составе семейства программируемых логических контроллеров Ai-Talap 241;
- источник питания постоянного тока, обеспечивающий питание процессорного модуля, модулей ввода-вывода и вспомогательных цепей в соответствии с эксплуатационной документацией;
- персональный компьютер или ноутбук с установленной операционной системой, соответствующей требованиям программного обеспечения Ai-Talap 241;
- программное обеспечение для конфигурирования контроллера, задания выходных значений, считывания входных значений и контроля состояния модулей;
- интерфейсный кабель или сетевое соединение для связи персонального компьютера с процессорным модулем;
- клеммные соединители, измерительные провода, щупы и зажимы, обеспечивающие надёжное подключение средств поверки к клеммам поверяемых каналов;
- нагрузочные элементы, если их применение предусмотрено эксплуатационной документацией на модуль AT241AO или требуется для обеспечения нормального режима работы выходного канала;
- DIN-рейка или испытательный стенд для установки процессорного модуля и поверяемых модулей;
- средства контроля условий окружающей среды, применяемые для фиксации температуры и влажности при проведении поверки.

Вспомогательное оборудование должно быть исправным, соответствовать требованиям эксплуатационной документации и обеспечивать устойчивую работу поверяемых модулей во время проведения поверки. Подключение оборудования должно выполняться в соответствии со схемами, приведёнными в настоящей методике и эксплуатационной документации на модули AT241AI, AT241AO и контроллер Ai-Talap 241.

7 Требования к квалификации поверителей

7.1 Требования к персоналу

К проведению поверки модулей аналогового ввода АТ241АІ и аналогового вывода АТ241АО допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию для выполнения работ по поверке средств измерений электрических величин, ознакомленные с настоящей методикой и допущенные к выполнению работ в установленном порядке.

Специалист, выполняющий поверку, должен обладать практическими навыками работы со средствами поверки, применяемыми для задания и измерения сигналов постоянного тока и напряжения, а также уметь выполнять подключение поверяемых модулей к средствам поверки, источникам питания и программируемому логическому контроллеру в соответствии с эксплуатационной документацией.

Для выполнения поверки не требуется наличие специальной подготовки по разработке программного обеспечения, изменению внутренней логики контроллера или обслуживанию аппаратной части модулей. Достаточным является умение выполнить типовые операции конфигурирования, задать требуемый режим работы модуля, считать измеренное значение с канала аналогового ввода и задать выходное значение для канала аналогового вывода в соответствии с руководством программиста Ai-Talar 241.

Поверитель должен соблюдать требования безопасности при работе с электрическими цепями, источниками питания, средствами поверки и поверяемыми модулями, а также выполнять операции поверки в последовательности, установленной настоящей методикой.

7.2 Требования к знанию эксплуатационной документации

Перед проведением поверки специалист, выполняющий поверку, должен ознакомиться с настоящей методикой, паспортом на поверяемый модуль, руководством программиста Ai-Talar 241 и эксплуатационной документацией на применяемые средства поверки.

Специалист должен знать назначение поверяемого модуля, порядок его подключения, требования к питанию, допустимые режимы работы, способы задания конфигурации каналов, порядок считывания цифрового значения аналогового входа и порядок задания цифрового значения аналогового выхода.

Специалист должен уметь определить тип поверяемого модуля, выбрать требуемый режим поверки, выполнить подключение каналов в режиме тока или напряжения, задать поверочные точки, зафиксировать результаты измерений и заполнить протокол поверки.

Знание внутренней схемотехники модуля, алгоритмов работы встроенного программного обеспечения и особенностей разработки пользовательских программ для контроллера не требуется, если данные сведения не используются непосредственно при проведении поверки по настоящей методике.

8 Условия поверки

8.1 Условия окружающей среды

Поверку модулей аналогового ввода АТ241АІ и аналогового вывода АТ241АО проводят при нормальных условиях окружающей среды, обеспечивающих достоверность результатов измерений и соответствие требованиям настоящей методики.

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия окружающей среды:

- температура окружающего воздуха – от плюс 15 до плюс 25 °С;
- относительная влажность воздуха – от 30 до 80 % без конденсации влаги;
- атмосферное давление – от 84 до 106,7 кПа;
- отсутствие воздействия прямых солнечных лучей, конденсата, пыли, агрессивных газов и паров;
- отсутствие механических воздействий, вибрации и ударов, способных повлиять на результаты поверки;
- отсутствие внешних электромагнитных помех, способных вызвать нестабильность показаний поверяемого модуля или средств поверки.

Перед началом поверки поверяемый модуль, процессорный модуль, средства поверки и вспомогательное оборудование должны быть выдержаны в помещении, где проводится поверка, в течение времени, достаточного для выравнивания их температуры с температурой окружающей среды.

Поверку допускается начинать после включения оборудования и его предварительного прогрева в течение времени, установленного эксплуатационной документацией. При отсутствии специальных указаний время предварительного прогрева принимается не менее 15 минут.

8.2 Требования к питанию модулей

Питание модулей АТ241АІ и АТ241АО осуществляется от процессорного модуля АТ241CPU или модуля АТ241BC через внутреннюю шину модульного УСО. Отдельное внешнее питание непосредственно на модули АТ241АІ и АТ241АО не подаётся, если иное не предусмотрено эксплуатационной документацией.

Для проведения поверки должно быть обеспечено стабильное питание процессорного модуля постоянным напряжением 24 В. Источник питания должен соответствовать требованиям эксплуатационной документации на семейство программируемых логических контроллеров Ai-Talar 241 и обеспечивать нормальную работу процессорного модуля, поверяемого модуля и подключённых вспомогательных цепей.

Напряжение питания процессорного модуля должно находиться в пределах, установленных эксплуатационной документацией. При отсутствии специальных требований допускается использовать источник питания постоянного тока 24 В с допустимым отклонением не более $\pm 10\%$.

Источник питания должен обеспечивать необходимый ток нагрузки с запасом по мощности, исключать просадки напряжения при работе модулей и не создавать пульсаций, способных повлиять на результаты поверки аналоговых каналов.

Перед началом поверки необходимо проверить наличие питания процессорного модуля, корректное включение контроллера, отсутствие аварийных индикаций и устойчивую связь с программным обеспечением, используемым для проведения поверки.



9 Подготовка к поверке

9.1 Требования к операционной системе

Для установки и использования программного обеспечения, применяемого при проведении поверки модулей АТ241АІ и АТ241АО, должен использоваться персональный компьютер или ноутбук с операционной системой Debian версии 11 или выше.

Операционная система должна быть установлена и настроена в объёме, достаточном для запуска программного обеспечения Ai-Talar 241, установки необходимых зависимостей, подключения к процессорному модулю АТ241CPU или АТ241BC и выполнения операций конфигурирования, считывания входных значений и задания выходных значений.

Перед началом поверки необходимо убедиться в корректной работе операционной системы, наличии сетевого или интерфейсного подключения к контроллеру, а также в возможности запуска программного обеспечения, используемого для настройки и контроля модулей.

Для получения более подробной информации о требованиях к операционной системе, порядке подготовки рабочей среды и настройке необходимых компонентов рекомендуется обратиться к руководству по установке программного обеспечения Ai-Talar 241 [4].

9.2 Установка программного обеспечения

Установка программного обеспечения, необходимого для проведения поверки модулей АТ241АІ и АТ241АО, выполняется в соответствии с руководством по установке программного обеспечения Ai-Talar 241.

Перед проведением поверки необходимо установить программное обеспечение, обеспечивающее подключение к процессорному модулю АТ241CPU или АТ241BC, загрузку конфигурации, настройку режимов работы каналов, считывание цифровых значений аналоговых входов и задание цифровых значений аналоговых выходов.

Установка программного обеспечения может быть выполнена по руководству по установке программного обеспечения Ai-Talar 241 [4] либо из репозитория программного обеспечения, размещённого по ссылке [5].

После установки программного обеспечения необходимо проверить его запуск, наличие доступа к контроллеру, возможность загрузки конфигурации и корректное отображение состояния подключённых модулей.

9.3 Сборка конфигурации для поверки АІ

Для проведения поверки модуля аналогового ввода необходимо собрать базовую конфигурацию, включающую процессорный модуль АТ241CPU или АТ241BC и поверяемый модуль аналогового ввода АТ241АІ4.

Монтаж процессорного модуля и модуля АТ241АІ4 должен выполняться в соответствии с паспортом на модуль АТ241АІ [1], эксплуатационной документацией на семейство программируемых логических контроллеров Ai-Talar 241 и требованиями руководства по монтажу. При сборке конфигурации необходимо обеспечить надёжную установку модулей на DIN-рейке, правильное соединение модулей по внутренней шине, подключение питания процессорного модуля и подключение персонального компьютера к контроллеру.

После сборки аппаратной конфигурации необходимо выполнить настройку программной конфигурации ПЛК в соответствии с руководством программиста Ai-Talar 241 [3]. В конфигурации должны быть заданы тип используемого процессорного модуля, наличие модуля АТ241АІ4, режимы работы поверяемых аналоговых входов, диапазоны измеряемых сигналов и цифровое представление измеренных значений.

Для поверки каналов модуля АТ241АІ4 в режиме тока конфигурация должна обеспечивать считывание значений входных каналов, соответствующих подаваемому



эталонному току. Для поверки каналов в режиме напряжения конфигурация должна обеспечивать считывание значений входных каналов, соответствующих подаваемому эталонному напряжению.

Перед началом поверки необходимо загрузить конфигурацию в контроллер, убедиться в отсутствии ошибок связи и аварийных сообщений, проверить наличие модуля AT241AI4 в составе конфигурации и убедиться, что значения аналоговых входов изменяются при подаче тестового сигнала.

Текст конфигурации для поверки модуля AT241AI4 в режиме тока приводится ниже:

```
plc1:
  clock:
    TZ: KZT
    snntp_server: pool.ntp.org
    snntp_smooth: y
    ipaddr: 192.168.2.1/24

  slot-1:
    module: bcbase # AT241CPU
    macaddr: f4:12:fa:dd:c6:17 #Здесь нужно указать MAC-адрес ПЛК (подробнее
    смотреть руководство программиста)

  slot1:
    module: bcai #AT241AI4
    in0..3:
      mode: 4-20mA # Настройка режима канала на ток от 4 до 20 мА
      range: 0.0002 # Настройка зоны нечувствительности в мА
      interval: 0.5s
      period: 1s
      natural: [4000, 20000]
      var: ai0..3
```

Текст конфигурации для поверки модуля AT241AI4 в режиме напряжения приводится ниже:

```
plc1:
  clock:
    TZ: KZT
    snntp_server: pool.ntp.org
    snntp_smooth: y
    ipaddr: 192.168.2.1/24

  slot-1:
    module: bcbase # AT241CPU
    macaddr: f4:12:fa:dd:c6:17 #Здесь нужно указать MAC-адрес ПЛК (подробнее
    смотреть руководство программиста)
```



```
slot1:
  module: bcai #AT241AI4
  in0..3:
    mode: 0-10V # Настройка режима канала на напряжение от 0 до 10 В
    range: 0.0001 # Настройка зоны нечувствительности в mV
    interval: 0.5s
    period: 1s
    natural: [0, 10000]
    var: ai0..3
```

9.4 Сборка конфигурации для поверки АО

Для проведения поверки модуля аналогового вывода необходимо собрать базовую конфигурацию, включающую процессорный модуль AT241CPU или AT241BC и поверяемый модуль аналогового вывода AT241AO4.

Монтаж процессорного модуля и модуля AT241AO4 должен выполняться в соответствии с паспортом на модуль AT241AO, эксплуатационной документацией на семейство программируемых логических контроллеров Ai-Talar 241 и требованиями руководства по монтажу. При сборке конфигурации необходимо обеспечить надёжную установку модулей на DIN-рейке, правильное соединение модулей по внутренней шине, подключение питания процессорного модуля и подключение персонального компьютера к контроллеру.

После сборки аппаратной конфигурации необходимо выполнить настройку программной конфигурации ПЛК в соответствии с руководством программиста Ai-Talar 241. В конфигурации должны быть заданы тип используемого процессорного модуля, наличие модуля AT241AO4, режимы работы поверяемых аналоговых выходов, диапазоны формируемых сигналов и цифровое представление задаваемых значений.

Для поверки каналов модуля AT241AO4 в режиме тока конфигурация должна обеспечивать задание выходных значений, соответствующих поверочным точкам токового сигнала. Для поверки каналов в режиме напряжения конфигурация должна обеспечивать задание выходных значений, соответствующих поверочным точкам сигнала напряжения.

Перед началом поверки необходимо загрузить конфигурацию в контроллер, убедиться в отсутствии ошибок связи и аварийных сообщений, проверить наличие модуля AT241AO4 в составе конфигурации и убедиться, что выходные значения изменяются при задании тестового сигнала из программного обеспечения.

Текст конфигурации для поверки модуля AT241AO4 в режиме тока приводится ниже:

```
plc1:
  clock:
    TZ: KZT
    snntp_server: pool.ntp.org
    snntp_smooth: y
    ipaddr: 192.168.2.1/24

  slot-1:
    module: bcbase # AT241CPU
```



```
macaddr: f4:12:fa:dd:c6:17 #Здесь нужно указать MAC-адрес ПЛК (подробнее  
смотреть руководство программиста)
```

```
slot1:
```

```
module: bcao #AT241AO4
```

```
chan0..3:
```

```
mode: 4-20mA # Настройка режима канала на ток от 4 до 20 мА
```

```
natural: [4000, 20000]
```

```
var_out: ao0..3
```

Текст конфигурации для проверки модуля AT241AO4 в режиме напряжения приводится
ниже:

```
plc1:
```

```
clock:
```

```
TZ: KZT
```

```
sntp_server: pool.ntp.org
```

```
sntp_smooth: y
```

```
ipaddr: 192.168.2.1/24
```

```
slot-1:
```

```
module: bcbase # AT241CPU
```

```
macaddr: f4:12:fa:dd:c6:17 #Здесь нужно указать MAC-адрес ПЛК (подробнее  
смотреть руководство программиста)
```

```
slot1:
```

```
module: bcao #AT241AO4
```

```
chan0..3:
```

```
mode: 0-10V # Настройка режима канала на напряжение от 0 до 10 В
```

```
natural: [0, 10000]
```

```
var_out: ao0..3
```



10 Проведение общей поверки

10.1 Внешний осмотр

Перед проведением поверки модулей AT241AI и AT241AO выполняют внешний осмотр поверяемого модуля, процессорного модуля AT241CPU или AT241BC, соединительных элементов, клеммных блоков и применяемого вспомогательного оборудования.

При внешнем осмотре проверяют:

- отсутствие механических повреждений корпуса модуля, клемм, разъёмов и элементов крепления;
- отсутствие следов перегрева, повреждения изоляции, коррозии, загрязнений и иных признаков, способных повлиять на безопасность и достоверность результатов поверки;
- наличие и читаемость маркировки модуля;
- соответствие типа поверяемого модуля данным, указанным в паспорте и протоколе поверки;
- надёжность установки модуля на DIN-рейке или испытательном стенде;
- правильность соединения поверяемого модуля с процессорным модулем по внутренней шине модульного УСО;
- надёжность подключения проводников питания, интерфейсных кабелей и измерительных цепей;
- отсутствие повреждений калибратора, измерителя, соединительных проводов, щупов и зажимов, применяемых при поверке.

Модуль считается успешно прошедшим внешний осмотр, если не обнаружены дефекты, повреждения или несоответствия, препятствующие его безопасному включению, конфигурированию и проведению поверки.

При наличии механических повреждений, нарушений маркировки, повреждения клемм, признаков перегрева, нарушения соединений или иных дефектов, способных повлиять на работоспособность модуля или безопасность проведения поверки, дальнейшая поверка не проводится до устранения выявленных замечаний.

10.2 Опробование

Опробование выполняют после внешнего осмотра, сборки конфигурации, подачи питания на процессорный модуль AT241CPU или AT241BC и загрузки конфигурации в программируемый логический контроллер.

При опробовании проверяют общее функционирование поверяемого модуля, наличие питания, состояние внутренней шины ПЛК, корректность получения конфигурации от процессорного модуля, состояние светодиодной индикации и реакцию каналов на задание или изменение аналогового сигнала.

После подачи питания необходимо убедиться, что светодиод STAT, индицирующий наличие питания и состояние модуля, переходит в режим нормальной работы. При нормальной работе модуля светодиод STAT должен гореть постоянно. После включения модуля до получения конфигурации от базового модуля допускается мигание светодиода STAT с периодом 0,5 с / 0,5 с.

Светодиод BUS, индицирующий состояние шины ПЛК, при нормальной работе шины должен гореть постоянно. При обнаружении ошибки шины светодиод BUS может переходить в режим мигания 0,1 с / 0,1 с на 3 секунды. Постоянное мигание светодиода BUS с периодом 0,1 с / 0,1 с указывает на наличие постоянной ошибки шины, в том числе на разрыв шины или переход интерфейса в состояние Bus Off. При наличии постоянной ошибки шины дальнейшая поверка не проводится до устранения причины неисправности.

Для модуля AT241AI дополнительно проверяют состояние светодиодов CH0 ... CH3, являющихся индикаторами состояния аналоговых входов. При нормальной работе канала,



описанного в конфигурации, и нахождении результата измерения в пределах допустимых значений соответствующий светодиод канала должен гореть постоянно. Если вход не используется и не описан в конфигурации, светодиод соответствующего канала не горит. При обнаружении ошибки входа, в том числе обрыва, короткого замыкания или перенапряжения, вход переходит в состояние защиты на 1 секунду, при этом светодиод канала мигает с периодом 0,1 с / 0,1 с. Постоянное мигание светодиода канала с периодом 0,1 с / 0,1 с указывает на повторное срабатывание защиты при попытках выхода из состояния защиты.

Для модуля AT241AO дополнительно проверяют состояние светодиодов СН0 ... СН3, являющихся индикаторами состояния аналоговых выходов. При нормальной работе канала, описанного в конфигурации, и отсутствии перегрузки выхода соответствующий светодиод канала должен гореть постоянно. Если выход не используется и не описан в конфигурации, светодиод соответствующего канала не горит. При обнаружении ошибки соответствующий светодиод канала переходит в режим мигания 0,1 с / 0,1 с на 3 секунды.

При опробовании модуля AT241AI на один из поверяемых каналов допускается подать тестовое значение тока или напряжения от средства поверки и убедиться, что значение, отображаемое в программном обеспечении, изменяется в соответствии с изменением входного сигнала.

При опробовании модуля AT241AO допускается задать тестовое значение выходного сигнала из программного обеспечения и убедиться, что на выходе соответствующего канала формируется аналоговый сигнал тока или напряжения, а состояние канала соответствует нормальной работе.

Модуль считается успешно прошедшим опробование, если после получения конфигурации светодиоды STAT и BUS находятся в состоянии нормальной работы, используемые каналы имеют нормальную индикацию, программное обеспечение корректно определяет модуль, отсутствуют аварийные сообщения, а значения аналоговых входов или выходов изменяются в соответствии с подаваемым или задаваемым тестовым сигналом.

При наличии постоянной ошибки шины, постоянного срабатывания защиты канала, отсутствия связи с модулем, некорректного определения модуля в программном обеспечении или отсутствия реакции на изменение тестового сигнала дальнейшая поверка не проводится до устранения выявленных неисправностей.



11 Проведение поверки модуля AI

11.1 Поверка каналов в режиме тока

Поверка каналов модуля аналогового ввода AT241AI в режиме тока выполняется поканально путём подачи на вход поверяемого канала эталонных значений тока от калибратора и последующего считывания цифрового значения, полученного модулем AT241AI.

Перед проведением поверки необходимо убедиться, что модуль AT241AI установлен в составе базовой конфигурации, включающей процессорный модуль AT241CPU или AT241BC, конфигурация загружена в ПЛК, связь с модулем установлена, светодиодная индикация соответствует нормальной работе, а поверяемые каналы описаны в конфигурации.

Поверяемый канал должен быть сконфигурирован для работы в режиме измерения тока. Калибратор подключают к клеммам поверяемого канала в соответствии со схемой подключения, приведённой в паспорте и эксплуатационной документации на модуль AT241AI.

Для режима 4–20 мА поверочные точки принимаются равными 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона, что соответствует значениям 4, 8, 12, 16 и 20 мА. Поверка выполняется посредством прямого и обратного прохода. При прямом проходе эталонный сигнал последовательно задаётся в точках 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона. При обратном проходе эталонный сигнал задаётся в точках 75, 50, 25 и 0 % диапазона. Общее количество поверочных точек для одного канала составляет 9 точек.

В каждой точке поверки устанавливаются соответствующее значение тока на калибраторе, выдерживают время до стабилизации показаний, считывают значение канала из ПЛК и заносят результат в таблицу протокола поверки. Считывание результата выполняется командой, представленной ниже, где ai0 – нулевой канал, а для других аналогично. Подробнее об этой команде и принципы считывания можно узнать в руководстве программиста [3].

```
$ atcmd plc1 ai0 #Нулевой канал
$ atcmd plc1 ai1 #Первый канал
$ atcmd plc1 ai2 #Второй канал
$ atcmd plc1 ai3 #Четвертый канал
```

Полученное цифровое значение пересчитывается в значение тока в соответствии с установленным цифровым представлением сигнала.

Последовательность задания поверочных точек приведена в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Поверочные точки при поверке каналов AT241AI в режиме тока 4–20 мА

№	Точка, %	Точка, мА	Результат, у.е	Тип прохода
1	0	4,000		Прямой
2	25	8,000		Прямой
3	50	12,000		Прямой
4	75	16,000		Прямой
5	100	20,000		Прямой
6	75	16,000		Обратный
7	50	12,000		Обратный
8	25	8,000		Обратный
9	0	4,000		Обратный

Поверку выполняют для каждого канала AT241AI, заявленного к применению в режиме тока.



11.2 Поверка каналов в режиме напряжения

Поверка каналов модуля аналогового ввода АТ241АІ в режиме напряжения выполняется поканально путём подачи на вход поверяемого канала эталонных значений напряжения от калибратора и последующего считывания цифрового значения, полученного модулем АТ241АІ.

Перед проведением поверки необходимо убедиться, что модуль АТ241АІ установлен в составе базовой конфигурации, включающей процессорный модуль АТ241CPU или АТ241BC, конфигурация загружена в ПЛК, связь с модулем установлена, светодиодная индикация соответствует нормальной работе, а поверяемые каналы описаны в конфигурации.

Поверяемый канал должен быть сконфигурирован для работы в режиме измерения напряжения. Калибратор подключают к клеммам поверяемого канала в соответствии со схемой подключения, приведённой в паспорте и эксплуатационной документации на модуль АТ241АІ.

Для режима 0–10 В поверочные точки принимаются равными 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона, что соответствует значениям 0; 2,5; 5; 7,5 и 10 В. Поверка выполняется посредством прямого и обратного прохода. При прямом проходе эталонное напряжение последовательно задаётся в точках 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона. При обратном проходе эталонное напряжение задаётся в точках 75, 50, 25 и 0 % диапазона. Общее количество поверочных точек для одного канала составляет 9 точек.

В каждой точке поверки устанавливают соответствующее значение тока на калибраторе, выдерживают время до стабилизации показаний, считывают значение канала из ПЛК и заносят результат в таблицу протокола поверки. Считывание результата выполняется командой, представленной ниже, где ai0 – нулевой канал, а для других – аналогично. Подробнее об этой команде и принципах считывания можно узнать в руководстве программиста [3].

```
$ atcmd plc1 ai0 #Нулевой канал
$ atcmd plc1 ai1 #Первый канал
$ atcmd plc1 ai2 #Второй канал
$ atcmd plc1 ai3 #Четвертый канал
```

Полученное цифровое значение пересчитывается в значение напряжения в соответствии с установленным цифровым представлением сигнала.

Последовательность задания поверочных точек приведена в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Поверочные точки при поверке каналов АТ241АІ в режиме напряжения 0–10 В

№	Точка, %	Точка, В	Результат, у.е	Тип прохода
1	0	0,000		Прямой
2	25	2,500		Прямой
3	50	5,000		Прямой
4	75	7,500		Прямой
5	100	10,000		Прямой
6	75	7,500		Обратный
7	50	5,000		Обратный
8	25	2,500		Обратный
9	0	0,000		Обратный

Поверку выполняют для каждого канала АТ241АІ, заявленного к применению в режиме напряжения.



12 Проведение поверки модуля АО

12.1 Поверка каналов в режиме тока

Поверка каналов модуля аналогового вывода АТ241АО в режиме тока выполняется поканально путём задания выходного значения в ПЛК и последующего измерения фактически сформированного токового сигнала на выходе поверяемого канала.

Перед проведением поверки необходимо убедиться, что модуль АТ241АО установлен в составе базовой конфигурации, включающей процессорный модуль АТ241CPU или АТ241ВС, конфигурация загружена в ПЛК, связь с модулем установлена, светодиодная индикация соответствует нормальной работе, а поверяемые каналы описаны в конфигурации.

Поверяемый канал должен быть сконфигурирован для работы в режиме формирования токового сигнала. Средство поверки, используемое в режиме измерения тока, подключают к клеммам поверяемого канала в соответствии со схемой подключения, приведённой в паспорте и эксплуатационной документации на модуль АТ241АО.

Для задания нужного выходного значения используется команда, представленная ниже, где ао0 – нулевой канал, а для других – аналогично. Подробнее об этой команде и принципы считывания можно узнать в руководстве программиста [3].

```
$ atcmd plc1 ao0=4000 #Нулевой канал
$ atcmd plc1 ao1=4000 #Первый канал
$ atcmd plc1 ao2=4000 #Второй канал
$ atcmd plc1 ao3=4000 #Четвертый канал
```

Для режима 4–20 мА поверочные точки принимаются равными 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона, что соответствует значениям 4, 8, 12, 16 и 20 мА. Поверка выполняется посредством прямого и обратного прохода. При прямом проходе выходной сигнал последовательно задаётся в точках 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона. При обратном проходе выходной сигнал задаётся в точках 75, 50, 25 и 0 % диапазона. Общее количество поверочных точек для одного канала составляет 9 точек.

В каждой точке поверки в ПЛК задают соответствующее цифровое значение выходного сигнала, выдерживают время до стабилизации выходного сигнала, измеряют фактическое значение тока на выходе поверяемого канала и заносят результат в таблицу протокола поверки.

Для режима 4–20 мА при отображении реального значения тока поверочным точкам соответствуют значения 4000, 8000, 12000, 16000 и 20000 у.е.

Последовательность задания поверочных точек приведена в таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Поверочные точки при поверке каналов АТ241АО в режиме тока 4–20 мА

№	Точка, %	Точка, мА	Точка, у.е.	Результат, мА	Тип прохода
1	0	4,000	4000		Прямой
2	25	8,000	8000		Прямой
3	50	12,000	12000		Прямой
4	75	16,000	16000		Прямой
5	100	20,000	20000		Прямой
6	75	16,000	16000		Обратный
7	50	12,000	12000		Обратный
8	25	8,000	8000		Обратный
9	0	4,000	4000		Обратный

Поверку выполняют для каждого канала АТ241АО, заявленного к применению в режиме тока.



12.2 Поверка каналов в режиме напряжения

Поверка каналов модуля аналогового вывода АТ241АО в режиме напряжения выполняется поканально путём задания выходного значения в ПЛК и последующего измерения фактически сформированного напряжения на выходе поверяемого канала.

Перед проведением поверки необходимо убедиться, что модуль АТ241АО установлен в составе базовой конфигурации, включающей процессорный модуль АТ241CPU или АТ241BC, конфигурация загружена в ПЛК, связь с модулем установлена, светодиодная индикация соответствует нормальной работе, а поверяемые каналы описаны в конфигурации.

Поверяемый канал должен быть сконфигурирован для работы в режиме формирования сигнала напряжения. Средство поверки, используемое в режиме измерения напряжения, подключают к клеммам поверяемого канала в соответствии со схемой подключения, приведённой в паспорте и эксплуатационной документации на модуль АТ241АО.

Для задания нужного выходного значения используется команда, представленная ниже, где ао0 – нулевой канал, а для других – аналогично. Подробнее об этой команде и принципы считывания можно узнать в руководстве программиста [3].

```
$ atcmd plc1 ao0=0 #Нулевой канал
$ atcmd plc1 ao1=0 #Первый канал
$ atcmd plc1 ao2=0 #Второй канал
$ atcmd plc1 ao3=0 #Четвертый канал
```

Для режима 0–10 В поверочные точки принимаются равными 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона, что соответствует значениям 0; 2,5; 5; 7,5 и 10 В. Поверка выполняется посредством прямого и обратного прохода. При прямом проходе выходное напряжение последовательно задаётся в точках 0, 25, 50, 75 и 100 % диапазона. При обратном проходе выходное напряжение задаётся в точках 75, 50, 25 и 0 % диапазона. Общее количество поверочных точек для одного канала составляет 9 точек.

В каждой точке поверки в ПЛК задают соответствующее цифровое значение выходного сигнала, выдерживают время до стабилизации выходного напряжения, измеряют фактическое значение напряжения на выходе поверяемого канала и заносят результат в таблицу протокола поверки.

Для режима 0–10 В при отображении реального значения тока поверочным точкам соответствуют значения 0, 2500, 5000, 7500 и 10000 у.е.

Последовательность задания поверочных точек приведена в таблице 12.2.

Таблица 12.2 – Поверочные точки при поверке каналов АТ241АО в режиме напряжения 0–10 В

№	Точка, %	Точка, В	Точка, у.е.	Результат, мА	Тип прохода
1	0	0,000	0		Прямой
2	25	2,500	2500		Прямой
3	50	5,000	5000		Прямой
4	75	7,500	7500		Прямой
5	100	10,000	10000		Прямой
6	75	7,500	7500		Обратный
7	50	5,000	5000		Обратный
8	25	2,500	2500		Обратный
9	0	0,000	0		Обратный

Поверку выполняют для каждого канала АТ241АО, заявленного к применению в режиме напряжения.



13 Обработка результатов поверки

13.1 Приведение цифрового представления к физической величине

Так как в программируемом логическом контроллере Ai-Talar 241 аналоговые сигналы могут представляться в виде цифровых значений заданного масштаба, перед расчётом погрешности результаты поверки должны быть приведены к соответствующей физической величине: для режима тока – к миллиамперам, для режима напряжения – к вольтам.

Приведение цифрового значения к физической величине выполняется по формуле:

$$X_{\text{ПЛК}} = X_{\min} + \frac{X_{\max} - X_{\min}}{D_{\max} - D_{\min}} \cdot (D_{\text{тек}} - D_{\min}) \quad (13.1)$$

где $X_{\text{ПЛК}}$ – значение физической величины, полученное после пересчёта цифрового значения ПЛК, мА или В;

$X_{\min}$ – нижняя граница диапазона физической величины, мА или В;

$X_{\max}$ – верхняя граница диапазона физической величины, мА или В;

$D_{\min}$ – нижняя граница цифрового масштаба;

$D_{\max}$ – верхняя граница цифрового масштаба;

$D_{\text{тек}}$ – текущее цифровое значение, считанное из ПЛК или заданное в ПЛК, у.е.

Для режима тока 4–20 мА при цифровом представлении 4000–20000 у.е. формула (13.1) принимает вид:

$$I_{\text{ПЛК}} = 4 + \frac{16}{16000} \cdot (D_{\text{тек}} - 4000) = \frac{D_{\text{тек}}}{1000} \quad (13.2)$$

где $I_{\text{ПЛК}}$ – значение тока после пересчёта цифрового значения ПЛК, мА.

Для режима напряжения 0–10 В при цифровом представлении 0–10000 у.е. формула (13.1) принимает вид:

$$U_{\text{ПЛК}} = 0 + \frac{10}{10000} \cdot (D_{\text{тек}}) = \frac{D_{\text{тек}}}{1000} \quad (13.3)$$

где $U_{\text{ПЛК}}$ – значение напряжения после пересчёта цифрового значения ПЛК, В.

При поверке модуля АТ241АІ пересчёт применяется к цифровому значению, считанному из ПЛК. При поверке модуля АТ241АО данные формулы не применяются, так как обратная им интерпретации выполнения в таблицах 12.1 и 12.2 в столбце «Точка, у.е.».

13.2 Расчёт абсолютной погрешности

Абсолютная погрешность определяется как разность между значением, полученным при поверке, и эталонным или заданным значением физической величины.

Для модуля аналогового ввода АТ241АІ абсолютная погрешность рассчитывается по формуле:

$$\Delta X_{AI} = X_{\text{ПЛК}} - X_{\text{эт}} \quad (13.4)$$

где ΔX_{AI} – абсолютная погрешность канала аналогового ввода, мА или В;

$X_{\text{ПЛК}}$ – значение, считанное из ПЛК и приведённое к физической величине, мА или В;

$X_{\text{эт}}$ – эталонное значение тока или напряжения, заданное калибратором, мА или В.



Для модуля аналогового вывода АТ241АО абсолютная погрешность рассчитывается по формуле:

$$\Delta X_{AO} = X_{изм} - X_{задан} \quad (13.5)$$

где ΔX_{AO} – абсолютная погрешность канала аналогового вывода, мА или В;
 $X_{изм}$ – значение тока или напряжения, измеренное средством поверки на выходе канала, мА или В;
 $X_{задан}$ – значение тока или напряжения, соответствующее цифровому заданию ПЛК, мА или В.

Абсолютная погрешность рассчитывается для каждой поверочной точки прямого и обратного прохода каждого поверяемого канала.

13.3 Расчёт приведённой погрешности

Приведённая погрешность определяется как отношение абсолютной погрешности к диапазону преобразования и выражается в процентах.

Расчёт приведённой погрешности выполняется по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_{max} - X_{min}} \cdot 100\% \quad (13.6)$$

где γ – приведённая погрешность, %;
 ΔX – абсолютная погрешность, мА или В;
 X_{min} – нижняя граница диапазона физической величины, мА или В;
 X_{max} – верхняя граница диапазона физической величины, мА или В;

Для режима тока 4–20 мА диапазон преобразования составляет 16 мА. В этом случае приведённая погрешность (13.6) рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta I}{16 \text{ мА}} \cdot 100\% \quad (13.7)$$

где γ – приведённая погрешность в режиме тока, %;
 ΔI – абсолютная погрешность в режиме тока, мА.

Для режима напряжения 0–10 В диапазон преобразования составляет 10 В. В этом случае приведённая погрешность (13.6) рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta U}{10 \text{ В}} \cdot 100\% \quad (13.8)$$

где γ – приведённая погрешность в режиме напряжения, %;
 ΔU – абсолютная погрешность в режиме напряжения, В.

Приведённая погрешность рассчитывается для каждой поверочной точки прямого и обратного прохода каждого поверяемого канала.

13.4 Критерий годности

Оценка результатов поверки выполняется последовательно для каждой поверочной точки, каждого канала, каждого режима работы и модуля в целом.



Поверочная точка считается прошедшей поверку, если абсолютное значение приведённой погрешности в данной точке не превышает установленного предела допускаемой погрешности:

$$|\gamma| \leq \gamma_{\text{доп}} \quad (13.9)$$

где $|\gamma|$ – абсолютное значение приведённой погрешности в поверочной точке, %;
 $\gamma_{\text{доп}}$ – предел допускаемой приведённой погрешности, установленный для поверяемого режима, %.

Канал считается прошедшим поверку в соответствующем режиме, если во всех поверочных точках прямого и обратного прохода значение приведённой погрешности не превышает установленного предела допускаемой погрешности.

Режим работы модуля считается прошедшим поверку, если все каналы, заявленные к поверке в данном режиме, признаны прошедшими поверку.

Модуль считается прошедшим поверку, если все заявленные к поверке каналы и режимы работы признаны прошедшими поверку.

Если хотя бы в одной поверочной точке хотя бы одного заявленного канала значение приведённой погрешности превышает установленный предел допускаемой погрешности, соответствующий канал признаётся не прошедшим поверку. При наличии хотя бы одного заявленного канала или режима, не прошедшего поверку, модуль в целом признаётся не прошедшим поверку.



14 Оформление результатов поверки

14.1 Краткий алгоритм расчёта

Обработка результатов поверки модулей АТ241АІ и АТ241АО выполняется после завершения поверки каналов в режимах тока и напряжения. Расчёт выполняется отдельно для каждой поверочной точки, каждого канала и каждого заявленного режима работы.

Для модуля АТ241АІ в качестве исходных данных используются эталонные значения тока или напряжения, заданные калибратором, и цифровые значения, считанные из ПЛК. Для модуля АТ241АО в качестве исходных данных используются цифровые значения, заданные в ПЛК, и фактические значения тока или напряжения, измеренные средством поверки на выходе канала.

Расчёт результатов поверки выполняется в следующей последовательности.

Сначала цифровое значение, считанное из ПЛК или заданное в ПЛК, приводят к физической величине по формуле (13.1). Для режима тока 4–20 мА применяют формулы (13.2). Для режима напряжения 0–10 В применяют формулы (13.3).

После приведения цифрового значения к физической величине рассчитывают абсолютную погрешность. Для модуля АТ241АІ абсолютную погрешность рассчитывают по формуле (13.4). Для модуля АТ241АО абсолютную погрешность рассчитывают по формуле (13.5).

Затем для каждой поверочной точки рассчитывают приведённую погрешность по формуле (13.6). Для режима тока 4–20 мА допускается использовать формулу (13.7). Для режима напряжения 0–10 В допускается использовать формулу (13.8).

После расчёта приведённой погрешности выполняют сравнение полученного значения с установленным пределом допускаемой погрешности по формуле (13.9). При оценке результата используется абсолютное значение приведённой погрешности.

Поверочная точка считается прошедшей поверку, если приведённая погрешность в данной точке не превышает установленного предела допускаемой погрешности. Канал считается прошедшим поверку, если все поверочные точки прямого и обратного прохода по данному каналу соответствуют критерию годности. Модуль считается прошедшим поверку, если все заявленные к поверке каналы и режимы работы признаны годными.

14.2 Заполнение протокола поверки

Результаты поверки модулей АТ241АІ и АТ241АО оформляются протоколом поверки. Протокол заполняется после выполнения операций поверки, проведения измерений, обработки результатов и оценки соответствия полученных значений установленным критериям годности.

В протокол поверки вносятся сведения о поверяемом модуле, его заводском номере, дате проведения поверки, применяемых средствах поверки, условиях окружающей среды, используемой конфигурации ПЛК, поверяемых каналах, режимах работы, поверочных точках, результатах измерений, рассчитанных значениях абсолютной и приведённой погрешности, а также заключение о годности канала и модуля в целом.

При заполнении протокола для модуля АТ241АІ в таблицы заносят значения эталонного сигнала, поданного на вход канала, цифровое значение, считанное из ПЛК, значение, приведённое к физической величине, абсолютную погрешность, приведённую погрешность и заключение по каждой поверочной точке.

При заполнении протокола для модуля АТ241АО в таблицы заносят цифровое значение, заданное в ПЛК, соответствующее ему значение тока или напряжения, фактическое значение, измеренное на выходе канала средством поверки, абсолютную погрешность, приведённую погрешность и заключение по каждой поверочной точке.



Заключение по каналу указывается на основании результатов всех поверочных точек прямого и обратного прохода. Заключение по модулю указывается на основании результатов всех каналов и режимов, заявленных к поверке.

Если результаты поверки соответствуют требованиям настоящей методики, в протоколе указывается, что модуль признан годным к применению. Если хотя бы один заявленный канал или режим работы не соответствует критерию годности, в протоколе указывается, что модуль не прошёл поверку, с указанием канала, режима и поверочной точки, в которой выявлено несоответствие.

Образец протокола поверки модуля аналогового ввода AT241AI приведён в приложении А. Образец протокола поверки модуля аналогового вывода AT241AO приведён в приложении Б.



Список литературы

1. Семейство ПЛК AI-Talap 241. Руководство по эксплуатации для аналогового модуля ввода AT241AI4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/ITPEngineering/Ai-Talap/blob/main/Datasheet/4_AT241AI_datasheet.pdf
2. Семейство ПЛК AI-Talap 241. Руководство по эксплуатации для аналогового модуля вывода AT241AO4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/ITPEngineering/Ai-Talap/blob/main/Datasheet/4_AT241AI_datasheet.pdf
3. Семейство ПЛК AI-Talap 241. Руководство программиста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/ITPEngineering/Ai-Talap/blob/main/Руководство%20программиста%20AT241.pdf>
4. Семейство ПЛК AI-Talap 241. Руководство по установке ПО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/ITPEngineering/Ai-Talap/blob/main/Руководство%20программиста%20AT241.pdf>
5. AI-Talap PLC host software [Электронный ресурс] / GitHub. – Режим доступа: <https://github.com/ITPEngineering/Ai-Talap>



Приложение А

ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____ от «_____» _____ 20____ г.

Наименование метрологического оборудования _____

Производитель оборудования _____

Средства поверки:

Параметры окружающей среды:

Атмосферное давление (мм. рт.ст., кПа) _____

Температура окружающего воздуха (°C) _____

Относительная влажность воздуха (%) _____

Наименование параметра, подлежащего поверке _____

Результат поверки:

Внешний осмотр _____

Опробование _____

Установление метрологических характеристик _____

Общее заключение о результате правоведения метрологической поверки _____

Примечание: все произведенные расчеты и измерения представлены в таблицах, приведенных в приложении к данному протоколу поверки.



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 1

ПОВЕРКА 0-го канала аналогового модуля ввода АТ241АІ4

Таблица 1.1 – Поверка 0-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Результат, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000						Прямой
2	25	8,000						Прямой
3	50	12,000						Прямой
4	75	16,000						Прямой
5	100	20,000						Прямой
6	75	16,000						Обратный
7	50	12,000						Обратный
8	25	8,000						Обратный
9	0	4,000						Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 1.2 – Поверка 0-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Результат, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000						Прямой
2	25	2,500						Прямой
3	50	5,000						Прямой
4	75	7,500						Прямой
5	100	10,000						Прямой
6	75	7,500						Обратный
7	50	5,000						Обратный
8	25	2,500						Обратный
9	0	0,000						Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 2

ПОВЕРКА 1-го канала аналогового модуля ввода АТ241АІ4

Таблица 2.1 – Поверка 1-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Результат, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000						Прямой
2	25	8,000						Прямой
3	50	12,000						Прямой
4	75	16,000						Прямой
5	100	20,000						Прямой
6	75	16,000						Обратный
7	50	12,000						Обратный
8	25	8,000						Обратный
9	0	4,000						Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 2.2 – Поверка 1-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Результат, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000						Прямой
2	25	2,500						Прямой
3	50	5,000						Прямой
4	75	7,500						Прямой
5	100	10,000						Прямой
6	75	7,500						Обратный
7	50	5,000						Обратный
8	25	2,500						Обратный
9	0	0,000						Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 3

ПОВЕРКА 2-го канала аналогового модуля ввода АТ241АІ4

Таблица 3.1 – Поверка 2-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Результат, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000						Прямой
2	25	8,000						Прямой
3	50	12,000						Прямой
4	75	16,000						Прямой
5	100	20,000						Прямой
6	75	16,000						Обратный
7	50	12,000						Обратный
8	25	8,000						Обратный
9	0	4,000						Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 3.2 – Поверка 2-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Результат, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000						Прямой
2	25	2,500						Прямой
3	50	5,000						Прямой
4	75	7,500						Прямой
5	100	10,000						Прямой
6	75	7,500						Обратный
7	50	5,000						Обратный
8	25	2,500						Обратный
9	0	0,000						Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								

Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 4

ПОВЕРКА 3-го канала аналогового модуля ввода АТ241АІ4

Таблица 4.1 – Поверка 3-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Результат, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000						Прямой
2	25	8,000						Прямой
3	50	12,000						Прямой
4	75	16,000						Прямой
5	100	20,000						Прямой
6	75	16,000						Обратный
7	50	12,000						Обратный
8	25	8,000						Обратный
9	0	4,000						Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 4.2 – Поверка 3-го канала модуля АТ241АІ4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Результат, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000						Прямой
2	25	2,500						Прямой
3	50	5,000						Прямой
4	75	7,500						Прямой
5	100	10,000						Прямой
6	75	7,500						Обратный
7	50	5,000						Обратный
8	25	2,500						Обратный
9	0	0,000						Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								



Приложение Б

ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____ от «_____» _____ 20____ г.

Наименование метрологического оборудования _____

Производитель оборудования _____

Средства поверки:

Параметры окружающей среды:

Атмосферное давление (мм. рт.ст., кПа) _____

Температура окружающего воздуха (°C) _____

Относительная влажность воздуха (%) _____

Наименование параметра, подлежащего поверке _____

Результат поверки:

Внешний осмотр _____

Опробование _____

Установление метрологических характеристик _____

Общее заключение о результате правоведения метрологической поверки _____

Примечание: все произведенные расчеты и измерения представлены в таблицах, приведенных в приложении к данному протоколу поверки.



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 1

ПОВЕРКА 0-го канала аналогового модуля вывода АТ241АО4

Таблица 1.1 – Поверка 0-го канала модуля АТ241АО4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Точка, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000	4000					Прямой
2	25	8,000	8000					Прямой
3	50	12,000	12000					Прямой
4	75	16,000	16000					Прямой
5	100	20,000	20000					Прямой
6	75	16,000	16000					Обратный
7	50	12,000	12000					Обратный
8	25	8,000	8000					Обратный
9	0	4,000	4000					Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 1.2 – Поверка 0-го канала модуля АТ241АО4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Точка, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000	0					Прямой
2	25	2,500	2500					Прямой
3	50	5,000	5000					Прямой
4	75	7,500	7500					Прямой
5	100	10,000	10000					Прямой
6	75	7,500	7500					Обратный
7	50	5,000	5000					Обратный
8	25	2,500	2500					Обратный
9	0	0,000	0					Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 2

ПОВЕРКА 1-го канала аналогового модуля вывода АТ241АО4

Таблица 2.1 – Поверка 1-го канала модуля АТ241АО4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Точка, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000	4000					Прямой
2	25	8,000	8000					Прямой
3	50	12,000	12000					Прямой
4	75	16,000	16000					Прямой
5	100	20,000	20000					Прямой
6	75	16,000	16000					Обратный
7	50	12,000	12000					Обратный
8	25	8,000	8000					Обратный
9	0	4,000	4000					Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 2.2 – Поверка 1-го канала модуля АТ241АО4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Точка, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000	0					Прямой
2	25	2,500	2500					Прямой
3	50	5,000	5000					Прямой
4	75	7,500	7500					Прямой
5	100	10,000	10000					Прямой
6	75	7,500	7500					Обратный
7	50	5,000	5000					Обратный
8	25	2,500	2500					Обратный
9	0	0,000	0					Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 3

ПОВЕРКА 2-го канала аналогового модуля вывода АТ241АО4

Таблица 3.1 – Поверка 2-го канала модуля АТ241АО4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Точка, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000	4000					Прямой
2	25	8,000	8000					Прямой
3	50	12,000	12000					Прямой
4	75	16,000	16000					Прямой
5	100	20,000	20000					Прямой
6	75	16,000	16000					Обратный
7	50	12,000	12000					Обратный
8	25	8,000	8000					Обратный
9	0	4,000	4000					Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 3.2 – Поверка 2-го канала модуля АТ241АО4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Точка, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000	0					Прямой
2	25	2,500	2500					Прямой
3	50	5,000	5000					Прямой
4	75	7,500	7500					Прямой
5	100	10,000	10000					Прямой
6	75	7,500	7500					Обратный
7	50	5,000	5000					Обратный
8	25	2,500	2500					Обратный
9	0	0,000	0					Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								



Приложение к протоколу поверки № ____ от _____, стр 4

ПОВЕРКА 3-го канала аналогового модуля вывода АТ241АО4

Таблица 4.1 – Поверка 3-го канала модуля АТ241АО4 в режиме тока

№	Точка, %	Точка, мА	Точка, у.е	Результат, мА	ΔI , мА	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	4,000	4000					Прямой
2	25	8,000	8000					Прямой
3	50	12,000	12000					Прямой
4	75	16,000	16000					Прямой
5	100	20,000	20000					Прямой
6	75	16,000	16000					Обратный
7	50	12,000	12000					Обратный
8	25	8,000	8000					Обратный
9	0	4,000	4000					Обратный
Результаты поверки в режиме тока								

Таблица 4.2 – Поверка 3-го канала модуля АТ241АО4 в режиме напряжения

№	Точка, %	Точка, В	Точка, у.е	Результат, В	ΔU , В	γ , %	Годность	Тип прохода
1	0	0,000	0					Прямой
2	25	2,500	2500					Прямой
3	50	5,000	5000					Прямой
4	75	7,500	7500					Прямой
5	100	10,000	10000					Прямой
6	75	7,500	7500					Обратный
7	50	5,000	5000					Обратный
8	25	2,500	2500					Обратный
9	0	0,000	0					Обратный
Результаты поверки в режиме напряжения								