

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

М.П.

«01» октября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Контроллеры программируемые логические REGUL

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-358-2024

с изменением № 1

г. Чехов, 2024 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на контроллеры программируемые логические REGUL (далее по тексту – контроллеры) и устанавливает методы их первичной поверки до ввода в эксплуатацию, после ремонта и периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.2 При определении метрологических характеристик контроллеров в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единиц:

– электрического сопротивления в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 3456 от 30 декабря 2019 года, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления ГЭТ 14-2014;

– времени, частоты и национальной шкалы времени в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2360 от 26 сентября 2022 года, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022;

– силы постоянного электрического тока в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от 1·10⁻¹⁶ до 100 А, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2091 от 1 октября 2018 года, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока ГЭТ 4-91;

– электрического напряжения в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 1520 от 28 июля 2023 года, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения ГЭТ 13-2023.

1.2 (измененная редакция, Изм. № 1)

1.3 При определении метрологических характеристик контроллера используется прямой метод измерений.

1.4 Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении Б.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Проведение операции при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Контроль условий поверки	Да	Да	7.1
Опробование	Да	Да	7.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8

Наименование операции	Проведение операции при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9
– определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов силы постоянного тока в цифровой сигнал	Да	Да	9.1
– определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал силы постоянного тока	Да	Да	9.2
– Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов напряжения постоянного тока в цифровой сигнал	Да	Да	9.3
– определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал напряжения постоянного тока	Да	Да	9.4
– определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов электрического сопротивления в цифровой сигнал	Да	Да	9.5
– определение относительной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных частотных сигналов в цифровой сигнал	Да	Да	9.6

Наименование операции	Проведение операции при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	Первичной поверке	Периодической поверке	
– определение абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных импульсных сигналов в цифровой сигнал	Да	Да	9.7
– определение абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопреобразователей сопротивления в цифровой сигнал	Да	Да	9.8
– определение абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопар в цифровой сигнал	Да	Да	9.9

3 Требования к условиям проведения поверки средства измерений

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C от +15 до +25
- относительная влажность воздуха, % от 5 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7

Напряжение питания контроллера при поверке должно устанавливаться равным номинальному значению и составлять, в зависимости от варианта исполнения источника питания контроллера:

- напряжение переменного тока, В 220 ± 10
- напряжение постоянного тока, В 24 ± 1

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки контроллеров применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
6 – 9	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от 15 до 25 °C, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ °C	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д, рег. № 71394-18 (далее – ИВТМ-7)
6 – 9	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 5 до 80 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ± 5 %	

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
6 – 9	Средство измерений атмосферного давления: диапазон измерений от 84 до 107 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,5$ кПа	
9	Рабочий эталон 2-ого разряда и выше согласно Приказа № 2091 в диапазонах силы постоянного тока от 0 до 20 мА, от 4 до 20 мА	Калибратор многофункциональный АОП модификации Calys 150R, рег. № 48000-11 (далее – калибратор Calys)
9	Рабочий эталон 1-ого разряда и выше согласно Приказа № 2091 в диапазонах силы постоянного тока от 0 до 20 мА, от 4 до 20 мА (используется только при проведении поверки модулей AI XX 04Y, AI XX 14Y, AI XX 24Y, AI XX 34Y)	Калибратор процессов прецизионный Fluke 7526A, рег. № 54934-13 (далее – калибратор Fluke)
9	Рабочий эталон 3-го разряда и выше согласно Приказа № 1520 в диапазонах напряжения постоянного тока от -5 до +5 В, от 0 до +5 В, от -10 до +10 В, от 0 до 10 В, от -400 до +400 мВ	Калибратор Calys
9	Рабочий эталон 5-го разряда и выше согласно Приказа № 2360 в диапазонах частот от 1 до 2500 Гц, от 1 до 500000 Гц	Генератор сигналов произвольной формы DG1032Z, рег. № 56013-13 (далее – генератор частоты)
9	Средство воспроизведений количества импульсов в диапазоне от 1 до 9999 имп., пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений ± 1 имп.	Калибратор Calys
9	Рабочий эталон 4-го разряда и выше согласно Приказа № 3456 в диапазоне сопротивления постоянному току от 1 до 1000 Ом	Магазин сопротивления P4831, рег. № 6332-77 (далее – магазин сопротивления)
9	Рабочий эталон 4-го разряда и выше согласно Приказа № 3456 в диапазоне сопротивления постоянному току термопреобразователей сопротивления в температурном эквиваленте: от -180 °С до +200 °С (50М) от -180 °С до +200 °С (100М) от -50 °С до +200 °С (50М) от -50 °С до +200 °С (100М) от -200 °С до +850 °С (50П) от -200 °С до +850 °С (100П) от -200 °С до +850 °С (Pt50) от -200 °С до +850 °С (Pt100) от -60 °С до +180 °С (50Н) от -60 °С до +180 °С (100Н) от -200 °С до +650 °С (46П) от -50 °С до +180 °С (53М)	Магазин сопротивления

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9	Рабочий эталон 3-го разряда и выше согласно Приказа № 1520 в диапазонах напряжения постоянного тока (ТЭДС) термоэлектрических преобразователей в температурном эквиваленте: от -50 °С до +1760 °С (R) от -50 °С до +1760 °С (S) от 250 °С до +1820 °С (B) от -210 °С до +1200 °С (J) от -200 °С до +400 °С (T) от -200 °С до +1000 °С (E) от -200 °С до +1370 °С (K) от -200 °С до +1300 °С (N) от 0 °С до + 2500 °С (A-1) от 0 °С до +1800 °С (A-2) от 0 °С до + 1800 °С (A-3) от -200 °С до +800 °С (L)	Калибратор Calys
7 – 9	Средство измерений напряжения переменного тока от 190 до 250 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 5 В	Осциллограф-мультиметр цифровой портативный Fluke 123 (рег. № 46572-11)
7 – 9	Средство измерений напряжения постоянного тока от 23 до 25 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ В	
7 – 9	Средство воспроизведений напряжения постоянного тока от 23 до 25 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ В	Источник питания постоянного тока GPR-730H10D (рег. 55898-13)
7 – 9	—	Персональный компьютер с программным обеспечением «Epsilon LD/Astra.IDE»
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

Таблица 2 (Измененная редакция, Изм. № 1)

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки средства измерений

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и контроллеров, приведенных в эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда, действующих на объекте.

5.2 К проведению поверки допускаются лица, аккредитованные в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений юридические лица и индивидуальные

предприниматели, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационные документы контроллеров и средств поверки и прошедшие инструктаж по охране труда.

5.3 Работы по соединению устройств должны выполняться до подключения к сети питания.

5.4 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ.

5.5 Конструкция соединительных элементов контроллера и средств поверки должна обеспечивать надежность крепления контроллера и фиксацию его положения в течение всего цикла поверки.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 При проведении внешнего осмотра контроллера устанавливают:

- соответствие внешнего вида контроллера описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- соответствие обозначения модуля контроллера и его заводского номера маркировке на корпусе и в паспорте;
- соответствие комплектности контроллера паспорту и описанию типа;
- отсутствие внешних повреждений, а также узлов и деталей с ослабленным или неисправным креплением;
- наличие маркировки и надписей, относящиеся к местам присоединения и управления;
- исправность устройств для присоединения внешних электрических цепей;

6.2 Результаты поверки по 6.1 считают положительными, если:

- внешний вид контроллера соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- обозначение модуля и заводской номер контроллера на корпусе соответствуют указанным в паспорте;
- комплектность контроллера соответствует паспорту и описанию типа;
- отсутствуют внешние повреждения, а также узлы и детали с ослабленным или неисправным креплением;
- имеются маркировка и надписи, относящиеся к местам присоединения и управления.

6.3 При получении отрицательных результатов по 6.1 поверку контроллера прекращают.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Контроль условий поверки

- контроллер и средства поверки выдерживают при условиях, указанных в разделе 3, не менее двух часов, если они находились в условиях, отличных от указанных в разделе 3;
- подготавливают к работе средства поверки в соответствии с их эксплуатационными документами.

7.2 Опробование

- контроллер включают в сеть в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации;
- через десять минут после включения убеждаются, что горят индикаторы «PWR» и «RUN» на модулях источника питания и центрального процессора, а также индикаторы «RUN» на всех модулях ввода/вывода.

7.3 Результаты поверки по 7 считают положительными, если через десять минут после включения контроллера горят индикаторы «PWR» и «RUN» на модулях источника питания и центрального процессора, а также индикаторы «RUN» на всех модулях ввода/вывода.

7.4 При получении отрицательных результатов по 7 поверку контроллера прекращают.

Примечание – Допускается проводить проверку работоспособности контроллера одновременно с определением метрологических характеристик по 9 данной методики поверки.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Проверку программного обеспечения (далее – ПО) контроллеров проводят сравнением идентификационных данных программного обеспечения контроллера с идентификационными данными, зафиксированными при испытаниях в целях утверждения типа и отраженными в описании типа контроллеров.

8.2 Запускают на персональном компьютере среду разработки «Epsilon LD/Astra.IDE».

8.3 Открывают редактор модуля ввода/вывода, для которого необходимо узнать версию ПО, и в поле «FW version content» («Текущая версия прошивки») смотрят текущую версию ПО.

8.4 Для проверки версии ПО модуля центрального процессора:

- открывают редактор контроллера;
- переходят на вкладку «Сервис ПЛК»;
- нажимают кнопку «Обновить»;
- в подразделе «Общая информация» наблюдают наименование и версию среды исполнения, которые соответствуют наименованию и версии ПО модуля центрального процессора.

8.5 Результаты поверки по 8 считают положительными, если метрологически значимая часть идентификационных данных ПО контроллера соответствует идентификационным данным, отраженных в описании типа.

8.6 При получении отрицательных результатов по 8 поверку контроллера прекращают.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов силы постоянного тока в цифровой сигнал

9.1.1 Контроллер подключают к калибратору Calys или к калибратору Fluke, установленные в режим воспроизведения аналоговых сигналов силы постоянного тока, в соответствии с рисунком 1.

9.1.2 С помощью калибратора Calys или калибратора Fluke задают электрический сигнал силы постоянного тока. В качестве контрольных точек принимают точки, соответствующие 0; 50; 100 % диапазона измерений силы постоянного тока.

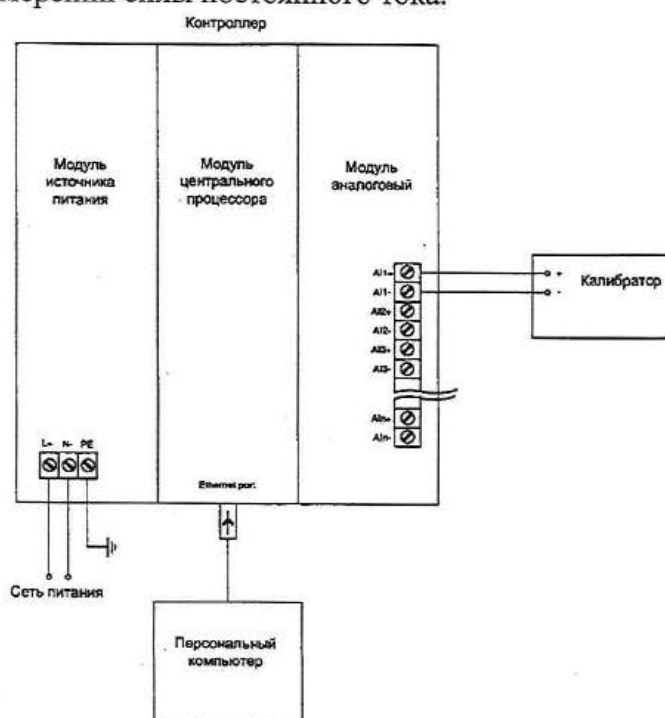


Рисунок 1 – Схема определения основной погрешности измерений аналоговых сигналов

9.1.3 С персонального компьютера, подключенного к контроллеру при помощи ПО, считывают значения входного сигнала силы постоянного тока и в каждой контрольной точке вычисляют основную приведенную к диапазону измерений погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов силы постоянного тока в цифровой сигнал $\gamma_{\text{ю}}$, %, по формуле

$$\gamma_{\text{ю}} = \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{эт}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \cdot 100, \quad (1)$$

- где $I_{\text{изм}}$ – значение силы постоянного тока в контрольной точке по показаниям контроллера, мА;
 $I_{\text{эт}}$ – показание калибратора Calys или калибратора Fluke в контрольной точке, мА;
 $I_{\text{max}}, I_{\text{min}}$ – максимальное и минимальное значения диапазона аналогового сигнала силы постоянного тока, мА.

9.1.4 Результаты поверки по 9.1 считают положительными, если основная приведенная к диапазону измерений погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов силы постоянного тока в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (1), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.1.5 При получении отрицательных результатов по 9.1 поверку контроллера прекращают.

9.2 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал силы постоянного тока

9.2.1 Контроллер подключают к калибратору Calys, установленный в режим измерения аналоговых сигналов силы постоянного тока, в соответствии с рисунком 2.

9.2.2 С персонального компьютера при помощи ПО задают электрический сигнал силы постоянного тока. В качестве контрольных точек принимают точки, соответствующие 0; 50; 100 % диапазона воспроизведения силы постоянного тока.

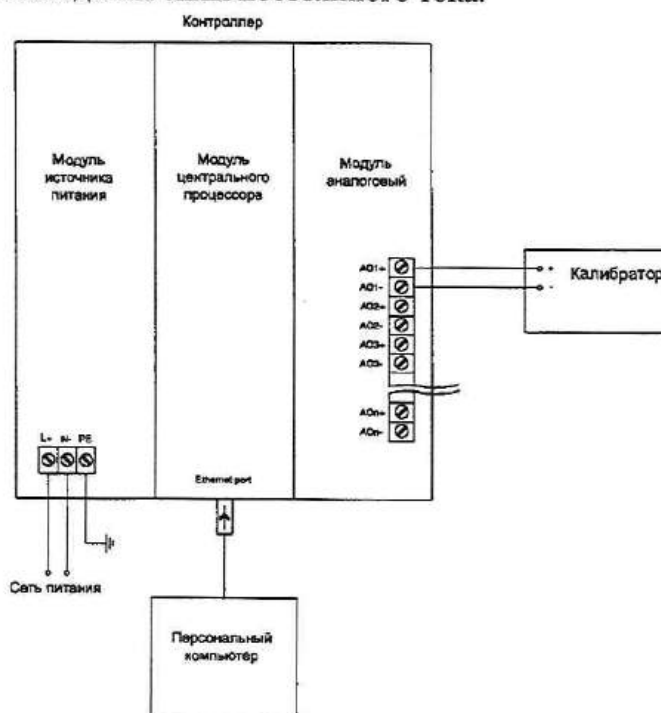


Рисунок 2 – Схема определения основной погрешности воспроизведения аналоговых сигналов

9.2.3 С дисплея калибратора Calys считывают значения выходного сигнала силы постоянного тока и в каждой контрольной точке вычисляют основную приведенную к диапазону

измерений погрешность контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал силы постоянного тока $\gamma_{I_{\text{выхо}}}$, %, по формуле

$$\gamma_{I_{\text{выхо}}} = \frac{I_{\text{зад}} - I_{\text{эт}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $I_{\text{зад}}$ – значение силы постоянного тока, задаваемого контроллером, мА.

9.2.4 Результаты поверки по 9.2 считают положительными, если основная приведенная к диапазону измерений погрешность контроллера при измерении и преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал силы постоянного тока, рассчитанная по формуле (2), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.2.5 При получении отрицательных результатов по 9.2 поверку контроллера прекращают.

9.3 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов напряжения постоянного тока в цифровой сигнал

9.3.1 Контроллер подключают к калибратору Calys, установленный в режим воспроизведения аналоговых сигналов напряжения постоянного тока, в соответствии с рисунком 1.

9.3.2 С помощью калибратора Calys задают электрический сигнал напряжения постоянного тока. В качестве контрольных точек принимают точки, соответствующие 0; 50; 100 % диапазона измерений напряжения постоянного тока.

9.3.3 С персонального компьютера, подключенного к контроллеру при помощи ПО, считывают значения входного сигнала напряжения постоянного тока и в каждой контрольной точке вычисляют основную приведенную к диапазону измерений погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов напряжения постоянного тока в цифровой сигнал γ_{U_0} , %, по формуле

$$\gamma_{U_0} = \frac{U_{\text{изм}} - U_{\text{эт}}}{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $U_{\text{изм}}$ – значение напряжения постоянного тока в контрольной точке по показаниям контроллера, В;

$U_{\text{эт}}$ – показание калибратора Calys в контрольной точке, В;

$U_{\text{max}}, U_{\text{min}}$ – максимальное и минимальное значения диапазона аналогового сигнала напряжения постоянного тока, В.

9.3.4 Результаты поверки по 9.3 считают положительными, если основная приведенная к диапазону измерений погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных аналоговых сигналов напряжения постоянного тока в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (3), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.3.5 При получении отрицательных результатов по 9.3 поверку контроллера прекращают.

9.4 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал напряжения постоянного тока

9.4.1 Контроллер подключают к калибратору Calys, установленный в режим измерения аналоговых сигналов напряжения постоянного тока, в соответствии с рисунком 2.

9.4.2 С персонального компьютера при помощи ПО задают электрический сигнал напряжения постоянного тока. В качестве контрольных точек принимают точки, соответствующие 0; 50; 100 % диапазона воспроизведения напряжения постоянного тока.

9.4.3 С экрана калибратора Calys считывают значения выходного сигнала напряжения постоянного тока и в каждой контрольной точке вычисляют основную приведенную к диапазону измерений погрешность контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной

аналоговый сигнал напряжения постоянного тока $\gamma_{U_{\text{ВЫХО}}}$, %, по формуле

$$\gamma_{U_{\text{ВЫХО}}} = \frac{U_{\text{зад}} - U_{\text{эт}}}{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $U_{\text{зад}}$ – значение напряжения постоянного тока, задаваемого контроллером, В.

9.4.4 Результаты поверки по 9.4 считают положительными, если основная приведенная к диапазону измерений погрешность контроллера при преобразовании цифрового сигнала в выходной аналоговый сигнал напряжения постоянного тока, рассчитанная по формуле (4), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.4.5 При получении отрицательных результатов по 9.4 поверку контроллера прекращают.

9.5 Определение основной приведенной к диапазону измерений погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов электрического сопротивления в цифровой сигнал

9.5.1 Контроллер подключают к магазину сопротивления в соответствии с рисунком 3. Схема подключений – четырехпроводная.

9.5.2 С помощью магазина сопротивления воспроизводят сигнал электрического сопротивления. В качестве контрольных точек принимают точки, соответствующие 0; 50; 100 % диапазона измерений сигналов электрического сопротивления.

9.5.3 С персонального компьютера, подключенного к контроллеру при помощи ПО, считывают значения входного сигнала электрического сопротивления и в каждой контрольной точке вычисляют основную приведенную погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов электрического сопротивления в цифровой сигнал γ_{R_0} , %, по формуле

$$\gamma_{R_0} = \frac{R_{\text{изм}} - R_{\text{эт}}}{R_{\text{max}} - R_{\text{min}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где $R_{\text{изм}}$ – значение электрического сопротивления в контрольной точке по показаниям контроллера, Ом;

$R_{\text{эт}}$ – значение электрического сопротивления в контрольной точке, воспроизведенное с помощью магазина сопротивления, Ом;

$R_{\text{max}}, R_{\text{min}}$ – максимальное и минимальное значения диапазона сигнала электрического сопротивления, Ом.

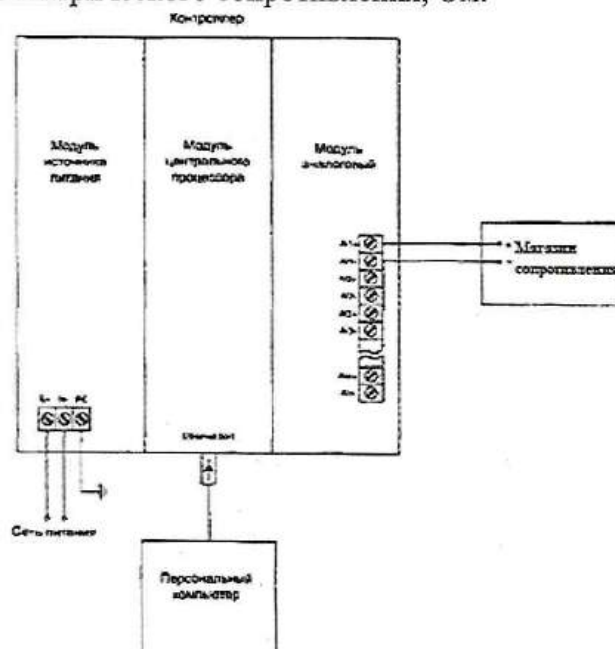


Рисунок 3 – Схема определения погрешности измерений сигналов электрического

сопротивления

9.5.4 Результаты поверки по 9.5 считают положительными, если основная приведенная к диапазону измерений погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов электрического сопротивления в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (5), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.5.5 При получении отрицательных результатов по 9.5 поверку контроллера прекращают.

9.6 Определение относительной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных частотных сигналов в цифровой сигнал

9.6.1 Контроллер подключают к генератору частоты в соответствии с рисунком 4.

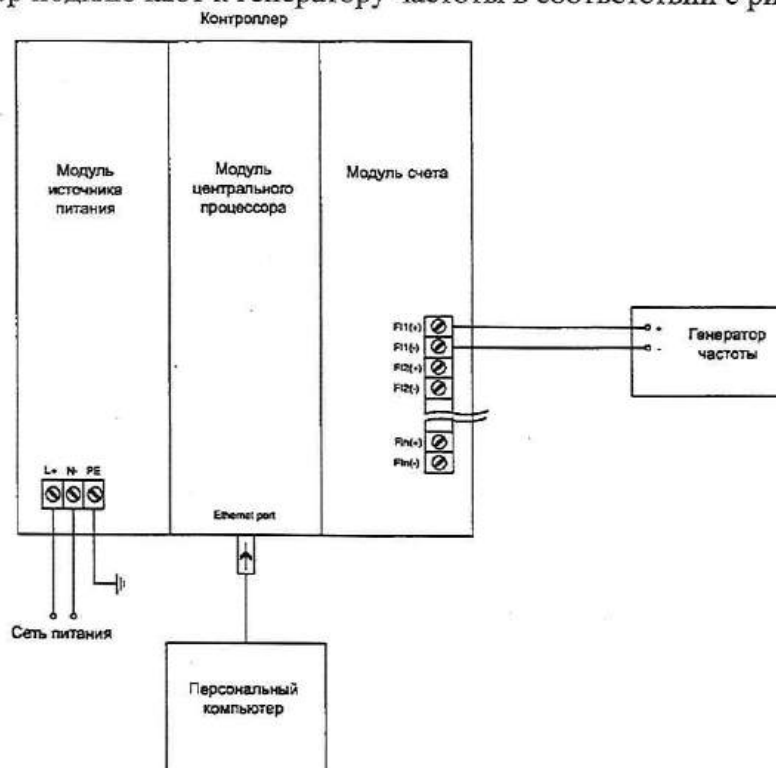


Рисунок 4 – Схема определения погрешности измерений частотных сигналов

9.6.2 С помощью генератора частоты задают электрический сигнал частоты. В качестве контрольных точек принимают 0; 50; 100 % диапазона измерений частотного сигнала.

9.6.3 С персонального компьютера, подключенного к контроллеру при помощи ПО, считывают значения входного частотного сигнала и в каждой контрольной точке вычисляют относительную погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных частотных сигналов в цифровой сигнал δ_v , %, по формуле

$$\delta_v = \frac{v_{\text{изм}} - v_{\text{эт}}}{v_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (6)$$

где $v_{\text{изм}}$ – значение частоты по показаниям контроллера, Гц;

$v_{\text{эт}}$ – показание генератора частоты в контрольной точке, Гц.

9.6.4 Результаты поверки по 9.6 считают положительными, если относительная погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных частотных сигналов в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (6), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.6.5 При получении отрицательных результатов по 9.6 поверку контроллера прекращают.

9.7 Определение абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных импульсных сигналов в цифровой сигнал

9.7.1 Контроллер подключают к калибратору Calys, установленный в режим воспроизведения импульсов, в соответствии с рисунком 5.

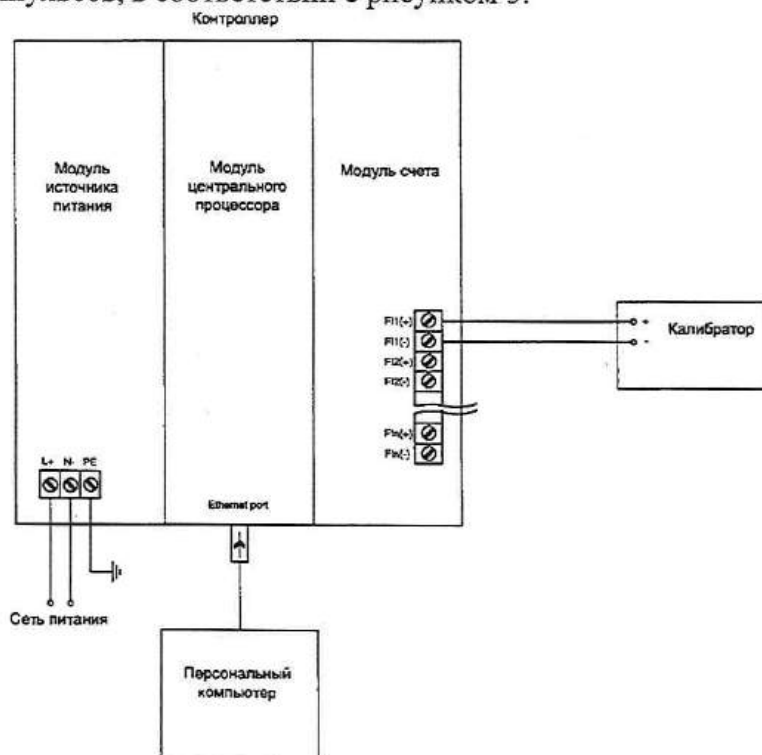


Рисунок 5 – Схема определения погрешности измерений импульсных сигналов

9.7.2 Устанавливают амплитуду импульсов калибратора Calys, равную 5 В.

9.7.3 С помощью калибратора Calys фиксированное количество раз (не менее трех) задают импульсный сигнал (9999 импульсов), предусмотрев синхронизацию начала счета. Частота подаваемого сигнала 1000 Гц.

9.7.4 С персонального компьютера, подключенного к контроллеру при помощи ПО, считывают измеренное количество импульсов и вычисляют абсолютную погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных импульсных сигналов в цифровой сигнал Δ импульсы, по формуле

$$\Delta = n_{\text{изм}} - n_{\text{эт}}, \quad (7)$$

где $n_{\text{изм}}$ – количество импульсов, подсчитанное контроллером, импульсы;

$n_{\text{эт}}$ – количество импульсов, заданное калибратором Calys, импульсы.

9.7.5 Результаты поверки по 9.7 считают положительными, если абсолютная погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных импульсных сигналов в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (7), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.7.6 При получении отрицательных результатов по 9.7 поверку контроллера прекращают.

9.8 Определение абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопреобразователей сопротивления в цифровой сигнал

9.8.1 Контроллер подключают к магазину сопротивления в соответствии с рисунком 3. Схема подключений – четырехпроводная.

9.8.2 С персонального компьютера, подключенного к контроллеру при помощи ПО, устанавливают соответствующий тип термопреобразователя сопротивления согласно таблице 3.

9.8.3 С помощью магазина сопротивления воспроизводят значения сопротивления постоянному току, эквивалентные значениям температуры. В качестве контрольных точек принимают точки согласно таблице 3.

Таблица 3 – Испытательные сигналы для определения абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопреобразователей сопротивления

Тип термопреобразователя сопротивления	Значение сопротивления постоянному току термопреобразователя сопротивления в температурном эквиваленте, °C	Значение сопротивления постоянному току, эквивалентное значению температуры, Ом
46П (гр. 21) ($\alpha=0,00391$)	-200	7,950
	+650	153,300
100М ($\alpha=0,00428$)	-180	20,528
	+200	185,600
100П ($\alpha=0,00391$)	-200	17,244
	+850	395,164

9.8.4 В каждой контрольной точке вычисляют абсолютную погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопреобразователей сопротивления в цифровой сигнал Δ_{ICb} , °C, по формуле

$$\Delta_{\text{ICb}} = t_{\text{изм}} - t_{\text{эт}}, \quad (8)$$

где $t_{\text{изм}}$ – значение температуры по показаниям контроллера, °C;

$t_{\text{эт}}$ – значение температуры, воспроизведенное магазином сопротивления в температурном эквиваленте по ГОСТ 6651-2009 или в соответствии с таблицей А.1 для НСХ 46П (гр. 21) ($\alpha=0,00391$), °C.

9.8.5 Результаты поверки по 9.8 считают положительными, если абсолютная погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопреобразователей сопротивления в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (8), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.8.6 При получении отрицательных результатов по 9.8 поверку контроллера прекращают.

9.9 Определение абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопар в цифровой сигнал

9.9.1 Контроллер подключают к калибратору Calys, установленный в режим воспроизведения напряжения постоянного тока, в соответствии с рисунком 1.

9.9.2 С персонального компьютера при помощи ПО в контроллере устанавливают соответствующий тип термопары согласно таблицы 4.

9.9.3 С помощью калибратора Calys воспроизводят значения напряжения постоянного тока, эквивалентные значениям температуры. В качестве контрольных точек принимают точки согласно таблице 4. Для измерений температуры холодного спая использовать заранее предустановленную температуру, равную 0 °C для соответствующей номинальной статической характеристики (НСХ).

Таблица 4 – Испытательные сигналы для определения абсолютной погрешности контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопар

Тип термопары	Значение ТЭДС термоэлектрического преобразователя в температурном эквиваленте, °C	Значение напряжения постоянного тока, эквивалентное значению температуры, мВ
Е	-200	-8,825
	+1000	76,373
Т	-200	-5,603
	+400	20,872

В	+250	0,291
	+1820	13,820
А-1	0	0,000
	+2500	33,640

9.9.4. В каждой контрольной точке вычисляют абсолютную погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопар в цифровой сигнал $\Delta_{\text{Пб}}$, °С, по формуле

$$\Delta_{\text{Пб}} = t_{\text{изм}} - t_{\text{эт}} \quad (9)$$

где $t_{\text{изм}}$ – значение температуры по показаниям контроллера, °С;

$t_{\text{эт}}$ – значение температуры, воспроизведенное калибратором Calys в температурном эквиваленте по ГОСТ Р 8.585-2001, °С.

9.9.5 Результаты поверки по 9.9 считают положительными, если абсолютная погрешность контроллера при измерении и преобразовании входных сигналов термопар в цифровой сигнал, рассчитанная по формуле (9), в каждой контрольной точке не выходит за пределы, указанные в приложении Б.

9.9.6 При получении отрицательных результатов по 9.1 поверку контроллера прекращают.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляют в виде протокола произвольной формы с указанием даты проведения поверки, условий проведения поверки, применяемых средств поверки, заключения по результатам поверки.

10.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с порядком, утвержденным законодательством Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

10.3 При проведении поверки в сокращенном объеме (в соответствии с заявлением владельца) в части отдельных измерительных каналов, в сведениях о поверке в ФИФОЕИ указывают информацию об объеме проведенной поверки.

10.4 По заявлению владельца контроллера или лица, представившего его на поверку, при положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке, при отрицательных результатах поверки – извещение о непригодности к применению.

Руководитель лаборатории  Гатиятуллин И.Р.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Номинальные статические характеристики

Таблица А.1 – НСХ 46П (гр. 21) ($\alpha=0,00391$)

Температура рабочего конца, °С	Сопротивление для температуры в °С, Ом									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	7,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-190	9,96	9,76	9,56	9,36	9,16	8,96	8,75	8,55	8,35	8,15
-180	11,95	11,75	11,55	11,36	11,16	10,96	10,76	10,56	10,36	10,16
-170	13,93	13,73	13,54	13,34	13,14	12,94	12,75	12,55	12,35	12,15
-160	15,90	15,70	15,50	15,31	15,11	14,92	14,72	14,52	14,33	14,13
-150	17,85	17,65	17,46	17,26	17,07	16,87	16,68	16,48	16,29	16,09
-140	19,79	19,59	19,40	19,21	19,01	18,82	18,63	18,43	18,24	18,04
-130	21,72	21,52	21,33	21,14	20,95	20,75	20,56	20,37	20,17	19,98
-120	23,63	23,44	23,25	23,06	22,87	22,68	22,48	22,29	22,10	21,91
-110	25,54	25,35	25,16	24,97	24,78	24,59	24,40	24,21	24,02	23,82
-100	27,44	27,25	27,06	26,87	26,68	26,49	26,30	26,11	25,92	25,73
-90	29,33	29,14	28,95	28,76	28,57	28,38	28,19	28,00	27,82	27,63
-80	31,21	31,02	30,83	30,64	30,45	30,27	30,08	29,89	29,70	29,51
-70	33,08	32,89	32,70	32,52	32,33	32,14	31,96	31,77	31,58	31,39
-60	34,94	34,76	34,57	34,38	34,20	34,01	33,83	33,64	33,45	33,27
-50	36,80	36,62	36,43	36,24	36,06	35,87	35,69	35,50	35,32	35,13
-40	38,65	38,47	38,28	38,10	37,91	37,73	37,54	37,36	37,17	36,99
-30	40,50	40,31	40,13	39,95	39,76	39,58	39,39	39,21	39,02	38,84
-20	42,34	42,15	41,97	41,79	41,60	41,42	41,24	41,05	40,87	40,68
-10	44,17	43,99	43,81	43,62	43,44	43,26	43,07	42,89	42,71	42,52
0	46,00	45,82	45,63	45,45	45,27	45,09	44,90	44,72	44,54	44,35
0	46,00	46,18	46,37	46,55	46,75	46,91	47,09	47,28	47,46	47,64
+10	47,82	48,01	48,19	48,37	48,55	48,73	48,91	49,09	49,28	49,46
+20	49,64	49,82	50,00	50,18	50,37	50,55	50,73	50,91	51,09	51,27
+30	51,45	51,63	51,81	51,99	52,18	52,36	52,54	52,72	52,90	53,08
+40	53,26	53,44	53,62	53,80	53,98	54,16	54,34	54,52	54,70	54,88
+50	55,06	55,24	55,42	55,60	55,78	55,96	56,14	56,32	56,50	56,68
+60	56,86	57,04	57,22	57,39	57,57	57,75	57,93	58,11	58,29	58,47
+70	58,65	58,83	59,00	59,18	59,36	59,54	59,72	59,90	60,07	60,25
+80	60,43	60,61	60,79	60,97	61,14	61,32	61,50	61,68	61,86	62,04
+90	62,21	62,39	62,57	62,74	62,92	63,10	63,28	63,45	63,63	63,81
+100	63,99	64,16	64,34	64,52	64,70	64,87	65,05	65,22	65,40	65,58
+110	65,76	65,93	66,11	66,28	66,46	66,64	66,81	66,99	67,16	67,34
+120	67,52	67,69	67,87	68,05	68,22	68,40	68,51	68,75	68,93	69,10
+130	69,28	69,45	69,63	69,80	69,98	70,15	70,33	70,50	70,68	70,85
+140	71,03	71,20	71,38	71,55	71,73	71,90	72,08	72,25	72,43	72,60
+150	72,78	72,95	73,12	73,30	73,47	73,65	73,82	74,00	74,17	74,34
+160	74,52	74,69	74,87	75,04	75,21	75,39	75,56	75,73	75,91	76,08
+170	76,26	76,43	76,60	76,77	76,95	77,12	77,29	77,47	77,64	77,81
+180	77,99	78,16	78,33	78,50	78,68	78,85	79,02	79,19	79,37	79,54
+190	79,71	79,88	80,05	80,23	80,40	80,57	80,75	80,92	81,09	81,26
+200	81,43	81,60	81,78	81,95	82,12	82,29	82,46	82,63	82,81	82,98
+210	83,15	83,32	83,49	83,66	83,83	84,00	84,18	84,35	84,52	84,69
+220	84,86	85,03	85,20	85,37	85,54	85,71	85,88	86,05	86,22	86,39
+230	86,56	86,73	86,90	87,07	87,24	87,41	87,58	87,75	87,92	88,09
+240	88,26	88,43	88,60	88,77	88,94	89,11	89,28	89,45	89,62	89,79
+250	89,96	90,12	90,29	90,46	90,63	90,80	90,97	91,14	91,31	91,48
+260	91,64	91,81	91,98	92,15	92,32	92,49	92,66	92,82	92,99	93,16

Температура рабочего конца, °C	Сопротивление для температуры в °C, Ом									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
+270	93,33	93,50	93,66	93,83	94,00	94,17	94,33	94,50	94,67	94,84
+280	95,00	95,17	95,34	95,51	95,67	95,84	96,01	96,18	96,34	96,51
+290	96,68	96,84	97,01	97,18	97,34	97,51	97,68	97,84	98,01	98,18
+300	98,34	98,51	98,68	98,84	99,01	99,18	99,34	99,51	99,67	99,84
+310	100,01	100,17	100,34	100,50	100,67	100,83	101,00	101,17	101,33	101,50
+320	101,66	101,83	101,99	102,16	102,32	102,49	102,65	102,82	102,98	103,15
+330	103,31	103,48	103,64	103,81	103,97	104,14	104,30	104,46	104,63	104,79
+340	104,96	105,12	105,29	105,45	105,61	105,78	105,94	106,11	106,27	106,43
+350	106,60	106,76	106,92	107,09	107,25	107,42	107,58	107,74	107,90	108,07
+360	108,23	108,39	108,56	108,72	108,88	109,05	109,21	109,37	109,54	109,70
+370	109,86	110,02	110,19	110,35	110,51	110,67	110,84	111,00	111,16	111,32
+380	111,48	111,65	111,81	111,97	112,13	112,29	112,46	112,62	112,78	112,94
+390	113,10	113,26	113,43	113,59	113,75	113,91	114,07	114,23	114,39	114,56
+400	114,72	114,88	115,04	115,20	115,36	115,52	115,68	115,84	116,00	116,16
+410	116,32	116,48	116,64	116,80	116,97	117,13	117,29	117,45	117,61	117,77
+420	117,93	118,09	118,25	118,41	117,57	118,73	118,89	119,04	119,20	119,36
+430	119,52	119,68	119,84	120,00	120,16	120,32	120,48	120,64	120,80	120,96
+440	121,11	121,27	121,43	121,59	121,75	121,91	122,07	122,23	122,38	122,54
+450	122,70	122,86	123,02	123,18	123,33	123,49	123,65	123,81	123,96	124,12
+460	124,28	124,44	124,60	124,76	124,91	125,07	125,23	135,39	125,54	125,70
+470	125,86	126,02	126,17	126,33	126,49	126,64	126,80	126,96	127,11	127,27
+480	127,43	127,58	127,74	127,90	128,05	128,21	128,37	128,52	128,68	128,84
+490	128,99	129,14	129,30	129,46	129,61	129,77	129,92	130,08	130,23	130,39
+500	130,55	130,70	130,86	131,02	131,17	131,33	131,48	131,63	131,79	131,95
+510	132,10	132,26	132,41	132,57	132,72	132,88	133,03	133,19	133,34	133,50
+520	133,65	133,81	133,96	134,12	134,27	134,43	134,58	134,73	134,89	135,04
+530	135,20	135,35	135,50	135,66	135,81	135,97	136,12	136,27	136,43	136,58
+540	136,73	136,89	137,04	137,19	137,35	137,50	137,65	137,81	137,96	138,11
+550	138,27	138,42	138,57	138,73	138,88	139,03	139,18	139,33	139,48	139,64
+560	139,79	139,94	140,10	140,25	140,40	140,55	140,70	140,86	141,01	141,16
+570	141,32	141,47	141,62	141,77	141,92	142,07	142,22	142,37	142,53	142,68
+580	142,83	142,98	143,13	143,28	143,44	143,59	143,74	143,89	144,04	144,19
+590	144,34	144,49	144,64	144,79	144,94	145,09	145,24	145,40	145,55	145,70
+600	145,85	146,00	146,15	146,30	146,45	146,60	146,75	146,90	147,05	147,20
+610	147,35	147,50	147,65	147,80	147,95	148,10	148,24	148,39	148,54	148,69
+620	148,84	148,99	149,14	149,29	149,44	149,59	149,74	149,89	150,03	150,18
+630	150,33	150,48	150,63	150,78	150,93	151,07	151,22	151,37	151,52	151,67
+640	151,81	151,96	152,11	152,26	152,41	152,55	152,70	152,85	153,00	153,15
+650	153,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Метрологические характеристики

Таблица Б.1 – Метрологические характеристики модулей контроллеров моделей REGUL R600

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов	Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
			основной	дополнительной на 1 °С
1	2	3	4	5
Модуль аналогового ввода AI XX 01Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,002 \%$
Модуль аналогового ввода AI XX 02Y	от 1 до 16	от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,002 \%$
Модуль аналогового ввода AI XX 03Y	от 1 до 16	от 1 до 450 Ом от -400 до +400 мВ см. таблицы 7, 8	$\pm 0,1 \%$ см. таблицы 7, 8	$\pm 0,002 \%$
Модуль аналогового ввода AI XX 04Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В	$\pm 0,025 \%$	$\pm 0,002 \%$
Модуль аналогового вывода АО XX 01Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,0025 \%$
Модуль аналогового вывода АО XX 02Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,0025 \%$
Модуль счета импульсов DA XX 01Y, DA XX 02Y	от 1 до 5	от 1 до 500000 Гц	$\pm 0,01 \%$ (относит.)	—
		счет импульсов от 1 до 2^{32}	± 1 имп (абс.)	—

Примечания

1. «XX» – количество каналов, «Y» – номер разработки.
2. При расчете погрешности контроллеров, при рабочих условиях, основная и дополнительная погрешности суммируются алгебраически.

Таблица Б.2 – Метрологические характеристики модулей контроллеров моделей REGUL R500

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов		Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
				основной	дополнительной на 1 °С
1	2	3		4	5
Модуль аналогового ввода AI XX 01Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА		±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 02Y, AI XX 08Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)		±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 03Y, AI XX 13Y	от 1 до 16	от 1 до 450 Ом от -400 до +400 мВ см. таблицы 7, 8		±0,1 % см. таблицы 7, 8	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 04Y AI XX 14Y, AI XX 24Y, AI XX 34Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -5 до +5 В от 0 до +5 В от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,025 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 05Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 06Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -5 до +5 В от 0 до +5 В от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового вывода AO XX 01Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА		±0,1 %	±0,0025 %
Модуль аналогового вывода AO XX 02Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)		±0,1 %	±0,0025 %
Модуль аналогового вывода AO XX 03Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В от -5 до +5 В от 0 до +5 В		±0,1 %	±0,0025 %
Комбинированный аналоговый модуль AS XX 01Y	от 1 до 16	Ввод от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,1 %	±0,002 %

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов		Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
				основной	дополнительной на 1 °C
1	2	3		4	5
		Вывод	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В	±0,1 %	±0,0025 %
Модуль счета импульсов DA XX 01Y, DA XX 02Y	от 1 до 5	от 1 до 500000 Гц		±0,01 % (относит.)	—
		счет импульсов от 1 до 2 ³²		±1 имп (абс.)	—
Примечания					
1. «XX» – количество каналов, «Y» – номер разработки.					
2. При расчете погрешности контроллеров, при рабочих условиях, основная и дополнительная погрешности суммируются алгебраически.					

Таблица Б.3 – Метрологические характеристики модулей контроллеров моделей REGUL R500S

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов		Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
				основной	дополнительной на 1 °C
1	2	3		4	5
Модуль аналогового ввода AI XX 88Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)		±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 84Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА		±0,05 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 85Y	от 1 до 16	от -5 до +5 В от 0 до +5 В от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 86Y	от 1 до 16	от -5 до +5 В от 0 до +5 В от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,05 %	±0,002 %
Модуль аналогового вывода AO XX 83Y	от 1 до 16	от 4 до 20 мА		±0,3 %	±0,0025 %
		от -10 до +10 В от 0 до +10 В		±0,1 %	

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов	Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
			основной	дополнительной на 1 °C
1	2	3	4	5
Примечания 1. «XX» – количество каналов, «Y» – номер разработки. 2. При расчете погрешности контроллеров, при рабочих условиях, основная и дополнительная погрешности суммируются алгебраически.				

Таблица Б.4 – Метрологические характеристики модулей контроллеров моделей REGUL R200

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов	Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
			основной	дополнительной на 1 °C
1	2	3	4	5
Модуль аналогового ввода AI XX 01Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА	±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 08Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)	±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 03Y	от 1 до 16	от 1 до 450 Ом от -400 до +400 мВ см. таблицы 7, 8	±0,1 % см. таблицы 7, 8	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 04Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В	±0,025 %	±0,002 %
Модуль аналогового ввода AI XX 05Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В	±0,1 %	±0,002 %
Модуль аналогового вывода AO XX 01Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА	±0,1 %	±0,0025 %
Модуль аналогового вывода AO XX 03Y	от 1 до 16	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В от -5 до +5 В от 0 до +5 В	±0,1 %	±0,0025 %
Модуль счета импульсов	от 1 до 5	от 1 до 500000 Гц	±0,01 % (относит.)	–

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов	Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
			основной	дополнительной на 1 °С
1	2	3	4	5
DA XX 01Y		счет импульсов от 1 до 2 ³²	±1 имп (абс.)	—
Модуль дискретного ввода DI XX 01Y	от 1 до 16	от 1 до 2500 Гц	±0,01 % (относит.)	—
		счет импульсов от 1 до 2 ³²	±1 имп (абс.)	—
Примечания				
1. «XX» – количество каналов, «Y» – номер разработки.				
2. При расчете погрешности контроллеров, при рабочих условиях, основная и дополнительная погрешности суммируются алгебраически.				

Таблица Б.5 – Метрологические характеристики модулей контроллера модели REGUL R050

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов	Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
			основной	дополнительной на 1 °C
1	2	3	4	5
Модуль аналогового ввода AI XX 01Y	от 1 до 8	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА	±0,3 %	±0,01 %
Модуль аналогового ввода AI XX 02Y AI XX 08Y	от 1 до 8	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)	±0,3 %	±0,01 %
Модуль аналогового ввода AI XX 03Y AI XX 13Y	от 1 до 8	от 1 до 1000 Ом от -400 до +400 мВ см. таблицы 9, 10	±0,1 % см. таблицы 9, 10	±0,01 %
Модуль аналогового ввода AI XX 04Y	от 1 до 8	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В	±0,1 %	±0,01 %
Модуль аналогового ввода AI XX 06Y	от 1 до 8	от -5 до +5 В от 0 до +5 В от -10 до +10 В от 0 до +10 В	±0,1 %	±0,01 %

Тип модуля	Количество каналов	Диапазоны преобразований/воспроизведений аналоговых сигналов	Пределы допускаемой приведенной (к диапазону преобразования/воспроизведения) погрешности	
			основной	дополнительной на 1 °C
1	2	3	4	5
Модуль аналогового вывода АО XX 01Y	от 1 до 8	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА	±0,1 %	±0,01 %
Модуль аналогового вывода АО XX 02Y	от 1 до 8	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА (поддержка HART-протокола)	±0,1 %	±0,01%
Модуль аналогового вывода АО XX 03Y	от 1 до 8	от 0 до 20 мА от 4 до 20 мА от -10 до +10 В от 0 до +10 В от -5 до +5 В от 0 до +5 В	±0,1 %	±0,01 %
Модуль счета импульсов DA XX 01Y	от 1 до 5	от 1 до 500000 Гц	±0,01 % (относит)	—
		счет импульсов от 1 до 2 ³²	±1 имп (абс.)	—
Примечания				
1. «XX» – количество каналов, «Y» – номер разработки.				
2. При расчете погрешности контроллеров, при рабочих условиях, основная и дополнительная погрешности суммируются алгебраически.				

Таблица Б.6 – Метрологические характеристики модулей аналогового ввода AI XX 03Y и AI XX 13Y контроллеров моделей REGUL R600, REGUL R500, REGUL R500S, REGUL R200 при использовании с термопреобразователями сопротивления

Тип термопреобразователя сопротивления	Диапазон измерений температуры, °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °C	
		четырёхпроводная схема подключения	трехпроводная схема подключения
50M ($\alpha=0,00428$) ¹⁾	от -180 до +200	±0,5	±0,7
100M ($\alpha=0,00428$) ¹⁾	от -180 до +200	±0,5	±0,7
50M ($\alpha=0,00426$) ¹⁾	от -50 до +200	±0,5	±0,7
100M ($\alpha=0,00426$) ¹⁾	от -50 до +200	±0,5	±0,7
50П ($\alpha=0,00391$) ¹⁾	от -200 до +850	±0,5	±0,7
100П ($\alpha=0,00391$) ¹⁾	от -200 до +850	±0,5	±0,7
Pt50 ($\alpha=0,00385$) ¹⁾	от -200 до +850	±0,5	±0,7
Pt100 ($\alpha=0,00385$) ¹⁾	от -200 до +850	±0,5	±0,7
50H ($\alpha=0,00617$) ¹⁾	от -60 до +180	±0,5	±0,7
100H ($\alpha=0,00617$) ¹⁾	от -60 до +180	±0,5	±0,7
46П (гр. 21) ($\alpha=0,00391$)	от -200 до +650	±0,5	±0,7
53M (гр. 23) ($\alpha=0,00426$)	от -50 до +180	±0,5	±0,7
¹⁾ Обозначение типа термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651-2009.			

Таблица Б.7 – Метрологические характеристики модулей аналогового ввода AI XX 03Y и AI XX 13Y контроллеров моделей REGUL R600, REGUL R500, REGUL R500S, REGUL R200 при использовании с термопарами

Тип термопары по ГОСТ Р 8.585-2001	Диапазон измерений температуры, °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °C
R	от -50 до +1760	±3,0
S	от -50 до +1760	±3,0
B	от 250 до +1820	±2,5
J	от -210 до +1200	±2,5
T	от -200 до +400	±1,5
E	от -200 до +1000	±2,0
K	от -200 до +1370	±2,5
N	от -200 до +1300	±2,5
A-1	от 0 до + 2500	±3,0
A-2	от 0 до +1800	±3,0
A-3	от 0 до + 1800	±3,0
L	от -200 до +800	±2,0

Таблица Б.8 – Метрологические характеристики модулей аналогового ввода AI XX 03Y и AI XX 13Y контроллера модели REGUL R050 при использовании с термопреобразователями сопротивления

Тип термопреобразователя	Диапазон измерений, °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °C	
		четырёхпроводная схема подключения	трехпроводная схема подключения
50M ($\alpha=0,00428$) ¹⁾	от -180 до +200	±2,0	±5,0
100M ($\alpha=0,00428$) ¹⁾	от -180 до +200	±1,0	±3,0
50M ($\alpha=0,00426$) ¹⁾	от -50 до +200	±2,0	±5,0
100M ($\alpha=0,00426$) ¹⁾	от -50 до +200	±1,0	±3,0
50П ($\alpha=0,00391$) ¹⁾	от -200 до +850	±3,0	±6,0
100П ($\alpha=0,00391$) ¹⁾	от -200 до +850	±1,5	±4,0
Pt50 ($\alpha=0,00385$) ¹⁾	от -200 до +850	±3,0	±6,0
Pt100 ($\alpha=0,00385$) ¹⁾	от -200 до +850	±1,5	±4,0
50H ($\alpha=0,00617$) ¹⁾	от -60 до +180	±2,0	±5,0
100H ($\alpha=0,00617$) ¹⁾	от -60 до +180	±1,0	±3,0
46П (гр. 21) ($\alpha=0,00391$)	от -200 до +650	±3,0	±6,0
53М (гр. 23) ($\alpha=0,00426$)	от -50 до +180	±2,0	±5,0
Pt500 ($\alpha=0,00391$) ¹⁾	от -200 до +850	±4,0	±5,0
500П ($\alpha=0,00385$) ¹⁾	от -200 до +850	±4,0	±5,0
Pt1000 ($\alpha=0,00391$) ¹⁾	от -200 до +850	±2,0	±3,0
1000П ($\alpha=0,00385$) ¹⁾	от -200 до +850	±2,0	±3,0

¹⁾ Обозначение типа термопреобразователя сопротивления по ГОСТ 6651-2009.

Таблица Б.9 – Метрологические характеристики модулей аналогового ввода AI XX 03Y и AI XX 13Y контроллера модели REGUL R050 при использовании с термопарами

Тип термопары по ГОСТ Р 8.585-2001	Диапазон измерений, °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °C
R	от -50 до +1760	±6,0
S	от -50 до +1760	±5,0
B	от 250 до +1820	±5,0
J	от -210 до +1200	±2,0

Тип термопары по ГОСТ Р 8.585-2001	Диапазон измерений, °C	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °C
T	от -200 до +400	$\pm 2,0$
E	от -200 до +1000	$\pm 1,0$
K	от -200 до +1370	$\pm 2,0$
N	от -200 до +1300	$\pm 3,0$
A-1	от 0 до + 2500	$\pm 3,0$
A-2	от 0 до +1800	$\pm 2,0$
A-3	от 0 до + 1800	$\pm 2,0$
L	от -200 до +800	$\pm 1,0$