

СОГЛАСОВАНО  
Главный метролог  
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений  
Контроллеры программируемые логические CilkX

## ***МЕТОДИКА ПОВЕРКИ***

**МП-334-2024**

2024 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на контроллеры программируемые логические CilkX (далее по тексту – контроллеры) и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

1.2 Настоящая методика поверки разработана в соответствии с требованиями Приказа № 2907 от 28.08.2020 г. «Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требования к методикам поверки средств измерений».

1.3 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Метрологические характеристики контроллеров исполнения Cilk

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой погрешности хранения формируемой шкалы времени в автономном режиме за сутки, с	$\pm 2$
Плата расширения для ввода аналоговых сигналов на 4 канала Cilk-EX-4AI-A	
Диапазон измерений силы постоянного электрического тока, мА	от 0 до 20
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений силы постоянного электрического тока, %	$\pm 0,2$
Плата расширения на 18 каналов типа сухой контакт и 16 счетных каналов Cilk-EX-16DI	
Диапазон измерений количества импульсов, имп.	от 1 до $2^{32}$
Максимальная частота следования импульсов для каналов DI1-DI14, Гц	100
Минимальная длительность импульса для каналов DI1 – DI14, мс	5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для каналов DI1-DI14, имп.	$\pm 15$
Максимальная частота следования импульсов для каналов DI15-DI16, кГц	5
Минимальная длительность импульса для каналов DI15-DI16, мкс	100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для каналов DI15, DI16, имп.	$\pm 15$
Примечания:	
1. Нормируемым значением для приведенной погрешности является разность между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений.	
2. Напряжение уровня логической единицы для каналов DI1 – DI16 составляет 10 В	

Таблица 2 – Метрологические характеристики контроллеров исполнения CilkPAC

Наименование характеристики	Значение
1	2
Процессорный модуль CilkPAC CPU	
Пределы допускаемой погрешности хранения формируемой шкалы времени в автономном режиме за сутки, с	$\pm 2$
Плата расширения для ввода аналоговых сигналов на 4 канала CilkPAC AI-DC-4	
Диапазон измерений силы постоянного электрического тока, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений силы постоянного электрического тока, %	$\pm 0,2$
Плата расширения для вывода аналоговых сигналов на 2 канала CilkPAC AO-DC-2	
Диапазон воспроизведений силы постоянного электрического тока, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону воспроизведений) погрешности воспроизведений силы постоянного электрического тока, %	$\pm 1$

## Продолжение таблицы 2

1	2
<b>Плата расширения для ввода дискретных сигналов на 8 каналов CilkPAC DI-DC-8</b>	
Диапазон измерений количества импульсов, имп.	от 1 до $2^{32}$
Максимальная частота следования импульсов для каналов 1-4, кГц	200
Минимальная длительность импульса для каналов 1-4, мкс	2,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для каналов 1-4, имп.	$\pm 10$
Максимальная частота следования импульсов для каналов 5-8, кГц	5
Минимальная длительность импульса для каналов 5-8, мкс	100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для каналов 5-8, имп.	$\pm 10$
<b>Модуль расширения для ввода дискретных сигналов на 32 канала CilkPAC M-DI-32</b>	
Диапазон измерений количества импульсов, имп.	от 1 до $2^{32}$
Максимальная частота следования импульсов для каналов 1-32, Гц	100
Минимальная длительность импульса для каналов 1-32, мс	5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для каналов 1-32, имп	$\pm 10$
<b>Модуль расширения для ввода аналоговых сигналов и сигналов термосопротивлений на 8 каналов CilkPAC M-AIT-8</b>	
Диапазон измерений силы постоянного электрического тока, мА	от 0 до 20
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений силы постоянного электрического тока, %	$\pm 0,2$
Диапазоны измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте от термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-2009, °C	
- Pt100 ( $\alpha=0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )	от -200 до +850
- 50П ( $\alpha=0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )	от -200 до +850
- 100П ( $\alpha=0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )	от -200 до +850
- 50М ( $\alpha=0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )	от -180 до +200
- 100М ( $\alpha=0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )	от -180 до +200
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте от термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-2009, %	$\pm 0,2$
<b>Примечания:</b>	
1. Нормируемым значением для приведенной погрешности является разность между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений.	
2. Напряжение уровня логической единицы для каналов 1-8 CilkPAC DI-DC-8 составляет 10 В.	
3. Напряжение уровня логической единицы для каналов 1-32 CilkPAC M-DI-32 составляет 10 В.	

Таблица 3 – Метрологические характеристики контроллеров исполнения CilkBIC

Наименование характеристики	Значение
1	2
<b>Процессорный модуль CilkBIC CPU- D1</b>	
Пределы допускаемой погрешности хранения формируемой шкалы времени в автономном режиме за сутки, с	$\pm 2$
<b>Модуль аналогово ввода на 7 каналов CilkBIC AI-7</b>	
Диапазон измерений силы постоянного электрического тока, мА	от 0 до 20
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений силы постоянного электрического тока, %	$\pm 0,3$

## Продолжение таблицы 3

1	2
Модуль аналогово вывода на 4 канала CilkBIC AO-4	
Диапазон воспроизведений силы постоянного электрического тока, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону воспроизведений) погрешности воспроизведений силы постоянного электрического тока, %	±1
Модуль дискретного ввода на 16 каналов, 4 канала с функцией счётчиков CilkBIC DI-16-CNT-4	
Диапазон измерений количества импульсов, имп.	от 1 до $2^{32}$
Максимальная частота следования импульсов для каналов 13-16, кГц	5
Минимальная длительность импульса для каналов 13-16, мкс	100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для каналов 13-16, имп.	±10
Примечания:	
1. Нормируемым значением для приведенной погрешности является разность между максимальным и минимальным значениями диапазона измерений.	
2. Напряжение уровня логической единицы для каналов 13-16 CilkBIC DI-16-CNT-4 составляет 10 В.	

1.4 При определении метрологических характеристик контроллеров в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость к Государственному первичному эталону:

ГЭТ 4-91 в соответствии с приказом Росстандарта от 1 октября 2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А»;

ГЭТ 14-2014 в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;

ГЭТ 1-2022 в соответствии с приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».

1.5 Предусмотрено проведение поверки отдельных измерительных каналов, модулей из состава контроллеров, указанного в паспорте на контроллеры. Проведение поверки отдельных диапазонов измерений не предусмотрено.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 4 – Перечень операций поверки.

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °C от +15 до +25
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7

3.2 При проведении поверки должны отсутствовать вибрации, тряски, удары, влияющие на работу контроллеров.

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, и изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений и средства поверки и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке.

### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 5.

Таблица 5 – Сведения о средствах поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °C до 25 °C с абсолютной погрешностью не более 1 °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с погрешностью не более 2 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Измеритель температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 М 5-Д, рег. № 71394-18;
п. 10.1 - 10.2 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Эталоны единицы постоянного электрического тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \times 10^{-16}$ до 100 А, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 в диапазоне значений силы постоянного электрического тока от 0 до 20 мА с абсолютной погрешностью не более 4 мкА	Калибратор многофункциональный Fluke 5522A, рег. № 70345-18, Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03

## Продолжение таблицы 5

<p>п. 10.3 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям</p>	<p>Эталоны единицы электрического сопротивления и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 в диапазоне значений электрического сопротивления от 0,002 мкОм до 400 Ом с относительной погрешностью не более 0,0021 %</p>	<p>Магазин сопротивления Р4831, рег.№ 6332-77</p>
<p>п. 10.4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям</p>	<p>Эталоны единиц времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 в диапазоне значений частоты от <math>1 \cdot 10^{-3}</math> до <math>8 \cdot 10^7</math> с относительной погрешностью не более <math>1 \cdot 10^{-6}</math></p>	<p>Генератор сигналов специальной формы АКИП-3422/1, рег.№ 71343-18</p>
<p>п. 10.5 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям</p>	<p>Эталоны единиц времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 с абсолютной погрешностью синхронизации шкалы времени <math>\pm 1,0</math> мс</p>	<p>Источник первичный точного времени УКУС-ПИ 02ДМ, рег.№ 60738-15; Индикатор времени ИВ-1, дискретность отображения дробной части секунды 0.0001 с при подключении сигнала 1PPS</p>
<p>Примечание – допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

## 6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Все операции поверки, предусмотренные настоящей методикой поверки, экологически безопасны. При их выполнении, проведение специальных защитных мероприятий по охране окружающей среды не требуется.

6.2 При проведении поверки соблюдаются требования безопасности, определяемые:

- правилами безопасности труда и пожарной безопасности, действующими на предприятиях;
- правилами безопасности при эксплуатации используемых эталонных средств измерений, испытательного оборудования и поверяемого преобразователя, приведенными в эксплуатационной документации.

6.3 Монтаж электрических соединений проводится в соответствии с ГОСТ 12.3.032-84 и «Правилами устройства электроустановок» (раздел VII).

## 7 Внешний осмотр

7.1 Внешний осмотр проводят визуально.

7.2 При внешнем осмотре устанавливают соответствие преобразователя следующим требованиям:

- комплектность преобразователя соответствует требованиям эксплуатационной документации;

- отсутствуют механические повреждения и дефекты, влияющие на правильность функционирования и метрологические характеристики, а также препятствующие проведению поверки;

- информация на маркировочной табличке соответствует требованиям эксплуатационной документации;

7.3 Результат внешнего осмотра считают положительным, если при проведении внешнего осмотра выполняются требования, изложенные выше.

## 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Средства поверки и контроллер подготавливают к работе в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

8.2 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- Перед проведением поверки средства измерений и эталоны должны быть выдержаны не менее двух часов в помещении, где проводится поверка.

8.3 Подключить питание контроллера.

8.4 Опробование контроллера проводить в следующей последовательности:

8.4.1 Для контроллера исполнения Cilk проверяется загрузка контроллера согласно п.3.1 руководства по эксплуатации НТДМ.421457.008 РЭ.

8.4.2 Результаты опробования контроллера исполнения Cilk считаются положительными, если не обнаружено ошибок и установлена связь с контроллером.

8.4.3 Для контроллера исполнения CilkPAC проверяется загрузка контроллера согласно п.3.3 руководства по эксплуатации АШПЛ.425200.002-02 РЭ.

8.4.2 Результаты опробования контроллера исполнения CilkPAC считаются положительными, если не обнаружено ошибок и установлена связь с контроллером.

8.4.3 Для контроллера исполнения CilkBIC проверяется загрузка контроллера согласно п.3.2-3.3 руководства по эксплуатации НТДМ.421457.010.000-01 РЭ.

8.4.2 Результаты опробования контроллера исполнения CilkBIC считаются положительными, если не обнаружено ошибок и установлена связь с контроллером.

## 9 Проверка программного обеспечения

9.1 При проверке программного обеспечения контроллера исполнения Cilk проверяются идентификационные данные ПО контроллеров (далее – ПО), указанные в описании типа на контроллеры и приведенные в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификационные данные ПО контроллеров исполнения Cilk

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	CILK-Beremiz
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	5.0.4
Цифровой идентификатор ПО	00744AA4
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	CRC32

9.1.1 Для отображения идентификационных данных ПО контроллера исполнения Cilk необходимо подключить контроллер при помощи преобразователя USB – RS232 или USB – RS485 к ПК с установленным программным обеспечением PuTTY в соответствии с РЭ.

9.1.2 В терминальной программе PuTTY выбрать Connection type – Serial, Speed – 115200, Open.

9.1.3 В открывшемся окне программе PuTTY, при перезагрузке контроллера, появятся идентификационные данные ПО.

9.2 Результаты проверки программного обеспечения исполнения Cilk считать положительными, если идентификационные данные ПО контроллера соответствуют идентификационным ПО указанным в описании типа.

9.3 При проверке программного обеспечения контроллеров исполнения CilkPAC на соответствие идентификационных данных ПО, указанных в описании типа на контроллеры, и приведенных в таблице 7, проверяются:

- номер версии (идентификационный номер ПО) процессорного модуля CilkPAC CPU;
- номер версии (идентификационный номер ПО) и цифровой идентификатор ПО плат расширения CilkPAC DI-DC-8, CilkPAC AI-DC-4, CilkPAC AO-DC-2 (при наличии плат расширения в составе контроллера);
- номер версии (идентификационный номер ПО) и цифровой идентификатор ПО модулей расширения CilkPAC DI-DC-8, CilkPAC AI-DC-4, CilkPAC AO-DC-2 (при наличии модулей расширения в составе контроллера).

9.3.1 Для отображения идентификационных данных ПО контроллера исполнения CilkPAC необходимо подключить контроллер при помощи Ethernet-кабеля к ПК с установленным ПО CilkPACConfigurator (или любым ПО, которое позволяют вести обмен данными по протоколу Modbus RTU).

Таблица 7 – Идентификационные данные ПО контроллеров исполнения CilkPAC

Идентификационные данные (признаки)	Значение					
	CilkPAC CPU	CilkPAC AO-DC-2	CilkPAC AI- DC-4	CilkPAC DI-DC-8	CilkPAC M-DI-32	CilkPAC M-AIT-8
Идентификационное наименование ПО	bzRunTime	CilkPAC-AO- DC-2	CilkPAC-AI- DC-4	CilkPAC- DI-DC-8	CilkPAC- M-DI-32	CilkPAC- M-AIT-8
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	2.2.4	5.3.24	5.3.24	5.3.24	16.2.24	13.3.24
Цифровой идентификатор ПО	-	B77ACAA2	7AA7BDBA	D7845D08	9E24DD64	24BCBF28
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	-	CRC32				

9.3.2 Для подключения по TCP контроллер и ПК должны находиться в одной подсети.

Настройки для TCP: IP-адрес 192.168.1.50; Порт 502; RTM адрес 33; Modbus адрес 33.

При наличии файла конфигурации контроллера plcCilkConfigv2.xml настройки подключения могут быть считаны из данного файла: «файл» - «открыть»... «открыть соединение».

9.3.3 В CilkPACConfigurator в разделе «Загрузка» выставить настройки TCP порта и RTM адрес контроллера, и выбрать TCP в окне «Соединение», открыть соединение. При успешном подключении в Логе обмена будут видны входящие и исходящие сообщения.

9.3.4 Для отображения номера версии процессорного модуля CilkPAC CPU перейти в раздел «Откладка», «Системные переменные» и считать номер версии программы BzRunTime из 28 регистра.

9.3.5 Для отображения номера версии и цифрового идентификатора ПО плат расширения CilkPAC DI-DC-8, CilkPAC AI-DC-4, CilkPAC AO-DC-2 перейти в раздел «Платы ввода-вывода» и считать номера версии из 1 регистра и цифровые идентификаторы ПО из 29, 18 и 10 регистра (для плат расширения CilkPAC DI-DC-8, CilkPAC AI-DC-4, CilkPAC AO-DC-2 соответственно).

9.3.6 Для отображения номера версии и цифрового идентификатора ПО модулей расширения перейти в раздел «Внешние модули».

9.4 Результаты проверки программного обеспечения исполнения CilkPAC считать положительными, если идентификационные данные ПО, перечисленные в п.9.3 соответствуют идентификационным данным ПО указанным в описании типа.

9.5 При проверке программного обеспечения контроллеров исполнения CilkBIC на соответствие идентификационных данных ПО, указанных в описании типа на контроллеры, и приведенных в таблице 8, проверяются:

- номер версии (идентификационный номер ПО) процессорного модуля CilkBIC CPU-D1;
- цифровой идентификатор ПО модулей CilkBIC AI-7, CilkBIC DI-16-CNT-4, CilkBIC AO-4 (при наличии модулей в составе контроллера).

Таблица 8 – Идентификационные данные ПО контроллеров исполнения CilkBIC

Идентификационные данные (признаки)	Значение			
	CilkBIC CPU-D1	CilkBIC AI-7	CilkBIC DI-16-CNT-4	CilkBIC AO-4
Идентификационное наименование ПО	iTlosFw	CilkBIC AI-7	CilkBIC DI-16-CNT-4	CilkBIC AO-4
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	1.1.16		-	
Цифровой идентификатор ПО	-	64A6	F2A0	2C55
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	-		CRC-16-ANSI	

9.5.1 Для отображения идентификационных данных ПО контроллера исполнения CilkBIC необходимо подключить контроллер при помощи Ethernet-кабеля к ПК с установленным ПО CilkBICConfigurator.

9.5.2 Ввести IP-адрес контроллера (по умолчанию 192.168.80.57) и установить связь с контроллером, нажав кнопку «Установить соединение».

9.5.3 Перейти на вкладку «CPU-D1» для отображения номера версии ПО процессорного модуля.

9.5.3 Перейти на вкладку модуля «AI-7», «DI-16-CNT-4» или «AO-4» для отображения цифрового идентификатора, соответствующего модулю.

9.6 Результаты проверки программного обеспечения исполнения CilkBIC считать положительными, если идентификационные данные ПО, перечисленные в п.9.5 соответствуют идентификационным данным ПО, указанным в описании типа.

9.7 Результаты проверки программного обеспечения контроллера считать отрицательными, если выявлено несоответствие идентификационных данных ПО контроллера значениям указанным в описании типа.

## 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 10.1 Определение приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений силы постоянного электрического тока

10.1.1 Определение приведенной погрешности измерений силы постоянного электрического тока применяется калибратор многофункциональный Fluke 5522A (далее по тексту - калибратор) в режиме генерации силы постоянного электрического тока.

10.1.2 Собрать схему, приведенную на рисунке 1 в соответствии с руководствами по эксплуатации.

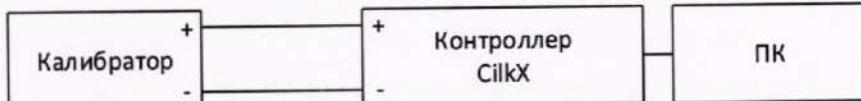


Рисунок 1 – Схема подключения для определения погрешности.

10.1.3 Определение приведенной погрешности измерений силы постоянного электрического тока проводится для каждого измерительного канала (далее по тексту – ИК) контроллера и проводится при пяти значениях измеряемой величины ( $i=1,2,3,4,5$ ), в следующих контрольных точках: 0,5, 5, 10, 15, 20 мА для диапазона измерений от 0 до 20 мА и 4, 8, 12, 16, 20 мА для диапазона измерений от 4 до 20 мА. Данные заносятся в таблицу 9.

10.1.4 Для каждой поверяемой точки выполняют следующие операции:

- устанавливают значение силы постоянного электрического тока на калибраторе и делают не менее 4-х отсчетов по показаниям контроллера  $Y_{ij}$  ( $j = 1, 2, 3, 4 \dots$ );
- за оценку абсолютной погрешности измерений силы постоянного электрического тока  $\Delta_{ai}$  в  $i$ -й поверяемой точке ИК принимают значение, вычисляемое по формуле 1:

$$\Delta_{ai} = \max\{|Y_{ij} - X_i|\}, \quad (1)$$

где  $Y_{ij}$  – показание контроллера;

$X_i$  – показание калибратора.

- приведенную погрешность измерений силы постоянного электрического тока рассчитывают по формуле 2:

$$\gamma Y_i = \frac{\Delta_{ai}}{Y_h} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $Y_h$  – нормируемое значение приведенной погрешности.

10.1.5 Для каждого ИК контроллера заполняют таблицу 9.

Таблица 9 – Определение приведенной погрешности измерений силы постоянного электрического тока измерительного канала контроллера.

Поверяемая точка $i$	Значение, мА	$X_i$ , мА	$\Delta_{ai}$ , мА	$\gamma Y_i$ , %
1	0,5 (4)			
2	5 (8)			
3	10 (12)			
4	15(16)			
5	20			

10.1.6 Результаты считаются положительными, если для каждого ИК контроллера приведенные погрешности измерений силы постоянного электрического тока, не превышают значений, указанных в таблицах 1-3. При получении отрицательных результатов поверку прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

## 10.2 Определение приведенной (к диапазону воспроизведения) погрешности воспроизведения силы постоянного электрического тока

10.2.1 Определение приведенной погрешности воспроизведения силы постоянного электрического тока применяется мультиметр 3458А (далее по тексту - калибратор) в режиме измерений силы постоянного электрического тока.

10.2.2 Собрать схему, приведенную на рисунке 2 в соответствии с руководствами по эксплуатации.



Рисунок 2 – Схема подключения для определения погрешности.

10.2.3 Определение приведенной погрешности воспроизведения силы постоянного электрического тока проводится для каждого измерительного канала (далее по тексту – ИК) контроллера и проводится при пяти значениях воспроизводимой величины ( $i=1,2,3,4,5$ ), в следующих контрольных точках: 4, 8, 12, 16, 20 мА. Данные заносятся в таблицу 10.

10.2.4 Для каждой поверяемой точки выполняют следующие операции:

– устанавливают значение силы постоянного электрического тока на контроллере и делают отсчет по показаниям мультиметра  $X_i$ ;

– за оценку абсолютной погрешности воспроизведений силы постоянного электрического тока  $\Delta_{ai}$  в  $i$ -й поверяемой точке ИК принимают значение, вычисляемое по формуле 3:

$$\Delta_{ai} = Y_i - X_i, \quad (3)$$

где  $Y_i$  – показание контроллера;

$X_i$  – показание мультиметра.

– приведенную погрешность воспроизведений силы постоянного электрического тока рассчитывают по формуле 4:

$$\gamma Y_i = \frac{\Delta_{ai}}{Y_h} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $Y_h$  – нормируемое значение приведенной погрешности.

10.2.5 Для каждого ИК модуля контроллера заполняют таблицу 10.

Таблица 10 – Определение приведенной погрешности воспроизведений силы постоянного электрического тока измерительного канала контроллера.

Поверяемая точка $i$	Значение, мА	$X_i$ , мА	$\Delta_{ai}$ , мА	$\gamma Y_i$ , %
1	4			
2	8			
3	12			
4	16			
5	20			

10.2.6 Результаты считаются положительными, если для каждого ИК контроллера приведенные погрешности воспроизведения силы постоянного электрического тока не превышают значений, указанных в таблицах 2-3. При получении отрицательных результатов поверку прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

### 10.3 Определение приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте от термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-2009

10.3.1 Определение приведенной погрешности измерений электрического сопротивления постоянного тока и преобразований в значения температуры при помощи термопреобразователей сопротивления типа Pt100 ( $\alpha=0,00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), 50П ( $\alpha =0,00391 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), 100П ( $\alpha =0,00391 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), 50М ( $\alpha =0,00428 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), 100М ( $\alpha =0,00428 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) по ГОСТ 6651-2009 проводится при помощи магазина сопротивления Р4831 (далее по тексту – магазин сопротивления).

10.3.2 Собрать схему, приведенную на рисунке 3 в соответствии с руководствами по эксплуатации.

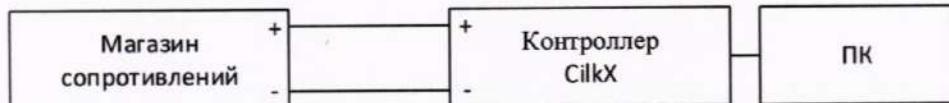


Рисунок 3 – Схема подключения для определения погрешности.

10.3.3 Определение приведенной погрешности измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте проводится для каждого измерительного канала (далее по тексту – ИК) контроллера и проводится при пяти значениях воспроизводимой величины ( $i=1,2,3,4,5$ ), в контрольных точках, равномерно распределенных по диапазону измеряемой величины (температуры), и записывают значения в  $^{\circ}\text{C}$ . Данные заносятся в таблицу 11.

10.3.4 Для каждой поверяемой точки выполняют следующие операции:

– устанавливают значение электрического сопротивления постоянного тока в соответствии с ГОСТ 6651-2009 на магазине сопротивлений и снимают показания контроллера;

– приведенную погрешность измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте рассчитывают по формуле 5:

$$\gamma Y_i = \frac{Y_i - X_i}{Y_h} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где  $Y_i$  – показание контроллера,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$X_i$  – установленное значение электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте по ГОСТ 6651-2009,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Y_h$  – нормируемое значение приведенной погрешности,  $^{\circ}\text{C}$ .

10.3.5 Для каждого ИК модуля контроллера заполняют таблицу 11.

Таблица 11 – Определение приведенной погрешности измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте от термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-2009 измерительного канала контроллера.

Тип ТП по ГОСТ 6651-2009	Поверяемая точка $i$	Значение, $^{\circ}\text{C}$	Задаваемое значение сопротивления $X_i$ , Ом	$Y_i$ , $^{\circ}\text{C}$	$\gamma Y_i$ , %
Pt100 ( $\alpha=0,00385 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1	-200	18,52		
	2	62,5	124,20		
	3	325	220,92		
	4	587,5	309,68		
	5	850	390,48		
50П ( $\alpha=0,00391 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1	-200	8,62		
	2	62,5	62,29		
	3	325	111,41		
	4	587,5	156,51		
	5	850	197,58		
100П ( $\alpha=0,00391 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1	-200	17,24		
	2	62,5	124,58		
	3	325	222,82		
	4	587,5	313,02		
	5	850	395,16		
50М ( $\alpha=0,00428 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1	-180	10,26		
	2	-85	31,58		
	3	10	52,14		
	4	105	72,47		
	5	200	92,80		
100М ( $\alpha=0,00428 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1	-180	20,53		
	2	-85	63,15		
	3	10	104,28		
	4	105	144,94		
	5	200	185,60		

10.3.6 Результаты считаются положительными, если для каждого ИК контроллера полученные значения погрешностей измерений электрического сопротивления постоянного тока в температурном эквиваленте не превышают значений, указанных в таблице 2. При получении отрицательных результатов поверку прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

#### 10.4 Определение абсолютной погрешности измерений количества импульсов

10.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений количества импульсов применяется генератор сигналов специальной формы АКИП-3422/1 (далее по тексту - генератор) в режиме воспроизведения прямоугольных импульсов.

10.4.2 Подключить генератор к импульсным входам контроллера в соответствии со схемой на рисунке 4.

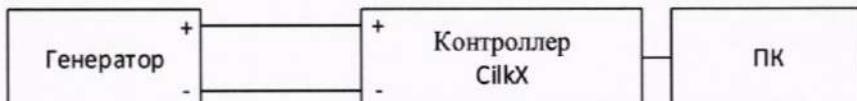


Рисунок 4 – Схема подключения для определения погрешности.

10.4.3 Настроить генератор на режим ручного запуска с параметрами, приведенными в таблице 12:

Таблица 12 – Параметры сигнала генератора сигналов специальной формы при определении абсолютной погрешности измерений количества импульсов измерительного канала контроллера

Наименование характеристики	Значение					
Исполнение контроллера	Cilk		CilkPAC		CilkBIC	
Плата/модуль	Cilk-EX-16DI		DI-DC-8		M-DI-32	DI-16-CNT-4
Каналы	DI1-DI14	DI15-DI16	1-4	5-8	1-32	13-16
Форма сигнала	Прямоугольная					
Частота следования импульсов, кГц	0,1	5	200	5	0,1	5
Длительность импульса, мс	5	0,1	0,0025	0,1	5	0,1
Нижний уровень напряжения	0					
Верхний уровень напряжения	10					
Количество импульсов, имп	10000					

10.4.4 Запустить генератор.

10.4.5 После окончания измерений количества импульсов считать показания  $N$  с ИК контроллера.

10.4.6 Абсолютная погрешность измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов для всех измерительных каналов определяется по формуле 6:

$$\Delta = N - N_3, \quad (6)$$

где  $N_3$  – количество импульсов установленное на генераторе,

$N$  – количество импульсов по показаниям ИК контроллера.

10.4.7 Выполнить операции по пп. 10.4.3-10.4.6 для всех измерительных каналов контроллера

10.4.8 Результаты считаются положительными, если для каждого ИК абсолютная погрешность измерений количества импульсов на каждые 10000 импульсов, не превышает значений, указанных в таблицах 1-3. При получении отрицательных результатов поверку прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

#### 10.5 Определение погрешности хранения формируемой шкалы времени в автономном режиме за сутки

Значение абсолютной погрешности хода внутренних часов в автономном режиме за сутки определяют по значению разности поправок шкал времени, снимаемых с часов реального времени контроллера и шкалы времени УКУС-ПИ 02ДМ.

10.5.1 Подключить контроллер к ПК и обеспечить автономный режим работы контроллера в соответствии с РЭ.

10.5.2 Вывести текущую дату и время контроллера на экран ПК в соответствии с РЭ.

10.5.3 Подключить и настроить УКУС-ПИ-02ДМ в соответствии с эксплуатационной документацией на синхронизацию собственной шкалы времени со шкалой времени UTC(SU) по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

10.5.4 Подключить индикатор времени ИВ-1 к УКУС-ПИ-02ДМ в соответствии с эксплуатационной документацией для отображения шкалы времени УКУС-ПИ-02ДМ.

10.5.5 Провести одновременную фиксацию шкал времени УКУС-ПИ-02ДМ и контроллера при помощи средств видеофиксации (видеокамера, смартфон), повторить п.10.5.2.

10.5.6 Рассчитать значение поправки  $\tau_1$  по формуле 7:

$$\tau_i = T_{\text{УКУС-ПИ-02ДМ}} - T_K, \quad (7)$$

где  $\tau_i$  – значение поправки в начальный ( $i=1$ ) и конечный ( $i=2$ ) момент времени суточного интервала измерений.

$T_{\text{УКУС-ПИ-02ДМ}}$  – значение шкалы времени УКУС-ПИ-02ДМ, зафиксированное на видеокадре с индикатора времени ИВ-1,

$T_K$  – значение шкалы времени контроллера зафиксированное на видеокадре с экрана ПК.

За начало интервала времени на суточном интервале измерений принять момент времени  $T_{\text{УКУС-ПИ-02ДМ}}$ .

10.5.7 По истечении 24 часа по шкале времени УКУС-ПИ-02ДМ выполнить операции по пп. 10.5.5, 10.5.6 и рассчитать значение поправки  $\tau_2$ .

10.5.8 Значение абсолютной погрешности хранения формируемой шкалы времени в автономном режиме за сутки  $\omega_{\text{сут}}$  определить по формуле 2:

$$\omega_{\text{сут}} = \tau_2 - \tau_1, \quad (8)$$

10.5.9 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность хранения формируемой шкалы времени в автономном режиме за сутки, не превышает значений, указанных в таблицах 1-3. При получении отрицательных результатов поверку прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

## 10.6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.6.1 Результаты поверки считаются положительными и соответствие средства измерений обязательным метрологическим требованиям подтверждается, если при проведении всех операций по таблице 4 настоящей методики поверки получены положительные результаты и метрологические характеристики не превышают значений, указанных в таблицах 1-3.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки контроллеров передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона № 102-ФЗ.

11.2 Результаты поверки рекомендуется оформлять протоколом в свободной форме.

11.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего их на поверку, положительные результаты поверки, оформляют записью в паспорте, удостоверенной подписью поверителя и нанесением знака поверки или выдают свидетельство о поверке по установленной форме, соответствующей действующему законодательству.

11.4 По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку, в случае отрицательных результатов поверки, выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.