

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
ФБУ «Пензенский ЦСМ»



Ю.Г. Тюрина

10 июля 2024 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ
ПКВ/М15М**

Методика поверки

СКБ 158.00.00.000 МП

г. Пенза
2024

Общие положения

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства проведения первичной и периодической поверки приборов контроля высоковольтных выключателей ПКВ/М15М (далее – приборы), предназначенных для измерений линейных и угловых перемещений, силы постоянного электрического тока и интервалов времени.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений линейных перемещений, мм ¹⁾	от 1 до 500 от 1 до 600 от 1 до 900
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных перемещений, мм	± 1
Диапазон измерений угловых перемещений ²⁾	от $0,09^\circ$ до 360°
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений угловых перемещений	$\pm 0,56^\circ$
Диапазон измерений силы постоянного электрического тока, А	от -20 до $+20$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного электрического тока, %	$\pm (0,1+0,005 \cdot I_x)$ ³⁾
Диапазон измерений интервалов времени, мс	от 0,1 до 10 000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений интервалов времени, с	$\pm 10^{-4} \cdot (1+t_x)$ ⁴⁾

Примечания:

¹⁾ при наличии датчика линейных перемещений ДП12 в комплектности и в зависимости от длины измерительного стержня

²⁾ при наличии датчика угловых перемещений ДП21 в комплектности

³⁾ $|I_x|$ – модуль измеренного значения силы постоянного электрического тока, А

⁴⁾ t_x – измеренное значение интервала времени, с

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечиваются:

– передача единицы силы постоянного электрического тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 1 октября 2018 г. № 2091, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ4-91;

– передача единицы длины – метра в соответствии с локальной поверочной схемой, приведенной в приложении А, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ2-2021;

– передача единицы плоского угла в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ22-2014;

– передача единицы времени в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ1-2022.

При определении метрологических характеристик поверяемого прибора используются метод прямых измерений и метод косвенных измерений поверяемым прибором значений измеряемых величин, воспроизводимых средствами поверки.

Проверка прибора в сокращенном объёме невозможна.

Возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов прибора присутствует.

1 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	5
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	–	–	6
Контроль условий поверки	да	да	6.1
Подготовка к поверке	да	да	6.2
Опробование	да	да	6.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	7
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	–	–	8
Определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений	да	да	8.1
Определение абсолютной погрешности измерений угловых перемещений	да	да	8.2
Определение абсолютной погрешности измерений интервалов времени	да	да	8.3
Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока	да	да	8.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	8.5
Оформление результатов поверки	да	да	9

2 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки для прибора должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 10 до 35;
- относительная влажность воздуха, % до 95;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 84 до 106 (от 630 до 795).

Для средств поверки должны обеспечиваться нормальные условия, указанные в их описаниях типа.

3 Метрологические и технические требованиям к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Основные средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 8	Рабочие эталоны единицы силы постоянного электрического тока 2-го разряда в диапазоне измерений от 0 до 20 А по ГПС, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2018 г. № 2091	Катушка электрического сопротивления измерительная Р310 0,001 Ом, КТ 0,02 (рег. № 1162-58 в ФИФ ОЕИ) Мультиметр цифровой 34401А (рег. № 54848-13 в ФИФ ОЕИ)
	Средство измерений в диапазоне измерений от 0 до 1000 мм по локальной поверочной схеме, утвержденной ФБУ «Пензенский ЦСМ» 10 июля 2024 г. (приложение А)	Штангенрейсмас ШР 1000-0,1 (рег. № 9560-07 в ФИФ ОЕИ)
	Рабочие эталоны единицы плоского угла 4-го разряда в диапазоне измерений от 0 до 360° по ГПС, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2018 г. № 2482	Теодолит ЗТ2КП (рег. № 45283-15 в ФИФ ОЕИ)
	Рабочие эталоны единицы времени 5-го разряда в диапазоне измерений от 10^{-4} до 10 с по ГПС, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360.	Частотомер универсальный СНТ-91 (рег. № 41567-09 в ФИФ ОЕИ)

Таблица 4 – Вспомогательные средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Пункт 6.1	Диапазон измерений атмосферного давления от 70 до 110 кПа (от 700 до 1100 гПа), пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 0,25$ кПа ($\pm 2,5$ гПа). Диапазон измерений температуры от 0 до +60 °C, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3$ °C. Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90 %, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 2 %.	Термогигрометр ИВА-6Н-Д (рег. № 46434-11 в ФИФ ОЕИ)

Раздел 8	Диапазон воспроизведения длительности импульса положительной полярности от 10^{-4} до 10 с.	Генератор сигналов произвольной формы 33220А (рег. № 62209-15 в ФИФ ОЕИ)
	Диапазон воспроизведений силы постоянного электрического тока от 0 до 20 А при выходном напряжении от 6,5 до 7 В	Источник питания постоянного тока программируемый серии Genesys™ (рег. № 46742-11 в ФИФ ОЕИ)
	Диапазон измерений длины от 0 до 10 мм, цена деления 0,01 мм	Индикатор часового типа ИЧ-10 (рег. № 49310-12 в ФИФ ОЕИ)
	—	Стойка
	—	Площадка для крепления датчика
	—	Зажимное устройство
	—	Держатель зеркала ОЗОМ312
	—	Прижим с магнитом
	—	Резистор C1-4-0,125 51 Ом $\pm 5\%$
	—	Резистор C1-4-0,125 24 Ом $\pm 5\%$
	—	Резистор C1-4-0,125 1 кОм $\pm 5\%$
	Проводимость n-p-n, время переключения не более 1 мкс, ток коллектора не менее 600 мА, напряжение коллектор-эмиттер не менее 30 В Максимальный ток не менее 1 А, обратное напряжение не менее 100 В	Транзистор IRF3205 Диод MBRS1100T3G (3 шт.) Персональный компьютер IBM PC: наличие интерфейсов Ethernet и USB, операционная система Windows с установленной управляющей программой «util-cal»

3.2 Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемым приборам.

3.3 Средства поверки должны соответствовать требованиям пунктов 14-16 Приказа Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510.

4 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, установленные действующими «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», требования разделов «Указания мер безопасности», приведённых в эксплуатационной документации применяемых средств поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, имеющие II квалификационную группу по электробезопасности в электроустановках до 1000 В.

4.3 Лица, выполняющие измерения, должны быть ознакомлены со всеми действующими инструкциями и правилами по безопасному выполнению работ и требованиями, указанными в эксплуатационных документах приборов и средств поверки.

4.4 Средства поверки, имеющие заземляющую клемму, должны быть заземлены в соответствии с требованиями действующих «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

4.5 Клеммы защитного заземления средств поверки необходимо присоединять заземляющим проводником к контуру защитного заземления раньше других присоединений и отсоединять в последнюю очередь.

5 Внешний осмотр средства измерений

5.1 При внешнем осмотре должны быть установлены:

- соответствие внешнего вида прибора, приведённому в описании типа;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на метрологические характеристики прибора и на его функционирование в целом;
- наличие неповрежденных оттисков клейм и пломб;
- соответствие комплектности прибора эксплуатационной документации и описанию типа.

5.2 Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если при проверке подтверждается их соответствие требованиям п. 5.1.

5.3 При отрицательных результатах внешнего осмотра дальнейшие операции поверки не проводятся.

6 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

6.1 Контроль условий поверки

6.1.1 Контроль условий поверки проводить средствами поверки, приведенными в таблице 4.

6.1.2 Результаты контроля условий поверки считаются положительными, если подтверждается их соответствие требованиям раздела 2.

6.1.3 При отрицательных результатах контроля условий поверки дальнейшие операции поверки не проводятся до достижения условиями поверки требуемых значений.

6.2 Подготовка к поверке

Должны быть выполнены следующие действия:

- подготовить к работе средства поверки согласно их эксплуатационной документации;
- подготовить к работе прибор в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

6.3 Опробование средства измерений

6.3.1 При опробовании должна быть установлена возможность функционирования прибора согласно руководству по эксплуатации на него.

6.3.2 Результаты опробования считаются положительными, если прибор после включения функционирует согласно руководству по эксплуатации на него.

7 Проверка программного обеспечения средства измерений

7.1 Проверить идентификационные данные метрологически значимого программного обеспечения (далее – ПО) следующим образом:

- включить прибор;
- открыть в меню прибора окно «О приборе»;
- сличить номер версии ПО, считанный в окне «О приборе», с номером версии ПО, указанным в описании типа;
- на персональном компьютере запустить программу «util-cal»;
- в левом верхнем углу запустившегося окна программы отобразиться номер версии данного ПО.

7.2 Результаты проверки считаются положительными, если идентификационные данные метрологически значимого ПО соответствуют сведениям, приведённым в описании типа.

8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

8.1 Определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений

Определение абсолютной погрешности измерений линейных перемещений проводить при наличии в комплектности датчика ДП12 в 5 точках приблизительно равномерно распределенных по диапазону измерений в следующей последовательности:

Собрать схему, представленную на рисунке 1, установив штангенрейсмас ШР-1000 на ровную твёрдую поверхность.

Присоединить к прибору датчик ДП12 при помощи кабеля датчика.

Прикрепить к датчику ДП12 площадку для крепления датчика.

Надеть датчик ДП12 на измерительный стержень и закрепить его при помощи площадки для крепления датчика к измерительной ножке ШР-1000.

Переместить каретку ШР-1000 с датчиком ДП12 в верхнее положение и зафиксировать стопорным винтом микрометрической подачи.

Включить прибор, войти в режим «Измерение» тем самым обнулив показания.

Винтом микрометрической подачи опустить каретку с датчиком ДП12 до переключения показаний прибора. Показания ШР-1000 записать. Показания прибора обнулить.

Ослабить стопорный винт микрометрической подачи, опустить каретку с датчиком ДП12 до следующей выбранной точки поверки и вновь её зафиксировать. Винтом микрометрической подачи продолжить опускание каретки до первого переключения показаний прибора.

Снять показания прибора (по модулю) и ШР-1000.

Повторить операции для остальных точек поверки.

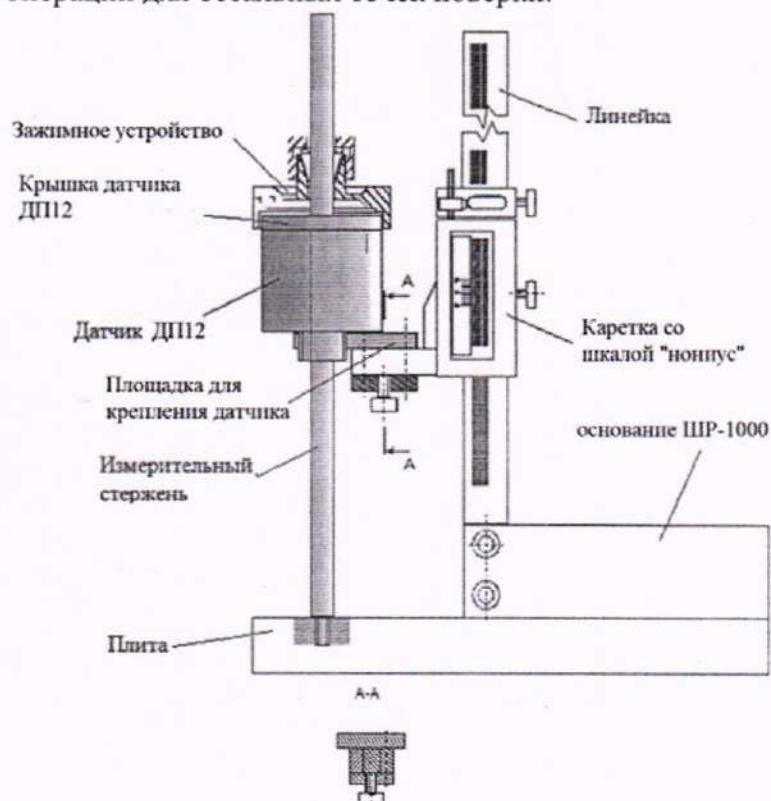


Рисунок 1 – Установка для проверки погрешности измерений линейных перемещений

Рассчитать действительное перемещение датчика ДП12 между переключениями по формуле:

$$L_0 = S_0 - S_i, \quad (1)$$

где S_0 – показание ШР-1000 в начале перемещения, мм;

S_i – показание ШР-1000 в i -й точке проверки, мм.

Рассчитать абсолютную погрешность в каждой проверяемой точке по формуле:

$$\Delta_L = L_{H3M} - L_0, \quad (2)$$

где $L_{изм}$ – показание прибора, мм

8.2 Определение абсолютной погрешности измерений угловых перемещений

Определение абсолютной погрешности измерений угловых перемещений проводить при наличии в комплектности датчика ДП21 в следующей последовательности:

Собрать схему, представленную на рисунке 2.

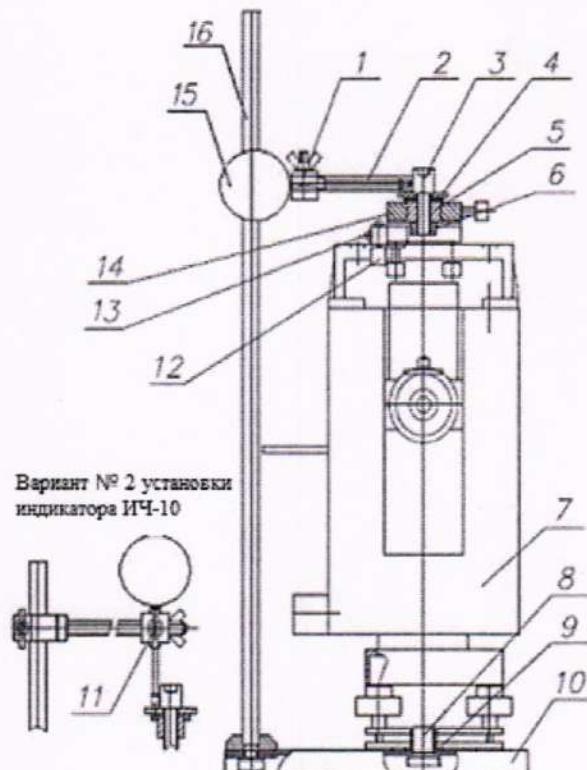
Закрепить ось (3) в держателе зеркала 03ОМ312 с помощью шайбы (4), втулки (5) и гайки (6).

Установить держатель зеркала 03ОМ312 (14) на раме теодолита (7) крепежными деталями (12, 13).

Закрепить стойку (16) и теодолит 3Т2КП на чугунной плите (10).

Привести плоскость лимба в горизонтальное положение, используя подъёмные винты. Закрепительными винтами зафиксировать лимб с основанием теодолита.

Далее необходимо с помощью индикатора часового типа ИЧ-10 (далее – ИЧ-10) устранить вертикальные и горизонтальные биения держателя зеркала 03ОМ312 при его вращении.



1,2 – зажимы; 3 – ось; 4 – шайба; 5 – втулка; 6 – гайка; 7 – рама теодолита; 8, 9 – крепежные детали; 10 – плита; 11, 12, 13 – крепежные летали; 14 – держатель зеркала 03ОМ312;

15 – ИЧ-10; 16-стойка

Рисунок 2 – Эскиз установки датчика ДП21 на теодолит

Для этого сначала закрепить зажимами (1, 2) на стойке по варианту № 2 установки ИЧ-10 (рисунок 2) таким образом, чтобы конец измерительного стержня ИЧ-10 упирался в шайбу (4) на расстоянии 3-4 мм от внешнего края.

Поворачивая теодолит в пределах 360° и отслеживая показания ИЧ-10 с помощью подъёмных винтов держателя зеркала 03ОМ312 добиться изменений показаний ИЧ-10 не более 0,03 мм при повороте теодолита в диапазоне от 0 от 360° .

После этого, ИЧ-10 закрепить зажимами на стойке таким образом, чтобы конец измерительного стержня индикатора ИЧ-10 упирался в ось (3) на 7-9 мм ниже его торца.

С помощью горизонтальных регулировочных винтов выставить положение оси держателя зеркала 03ОМ312 соосно оси вращения теодолита, поворачивая теодолит в пределах 360° и отслеживая показания индикатора ИЧ-10. Изменение показаний ИЧ-10 не должно превышать 0,03 мм при повороте теодолита в диапазоне от 0 от 360° .

Снять индикатор ИЧ-10. Установить датчик ДП21 на ось (3) и зафиксировать его положение винтом. Закрепить и зафиксировать на датчике прижим, магнит прижима установить на стойке. Подключить датчик ДП21 к прибору.

Включить прибор, войти в режим «Измерение». Установить теодолит на отметку лимба максимально близкую к нулевой. Показания прибора обнулить. Повернуть верхнюю часть теодолита по часовой стрелке на угол 15° . Показания прибора (по модулю) и теодолита записать.

Повторить операцию для углов близких к следующим значениям: $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 240^\circ, 300^\circ, 360^\circ$.

Для каждой точки поверки перевести показания теодолита из углов и минут в десятые и сотые доли градуса.

Рассчитать абсолютную погрешность в каждой проверяемой точке по формуле:

$$\Delta\phi = \phi_{изм} - \phi_0 + \phi_{нач}, \quad (3)$$

где $\phi_{изм}$ – показание прибора, град

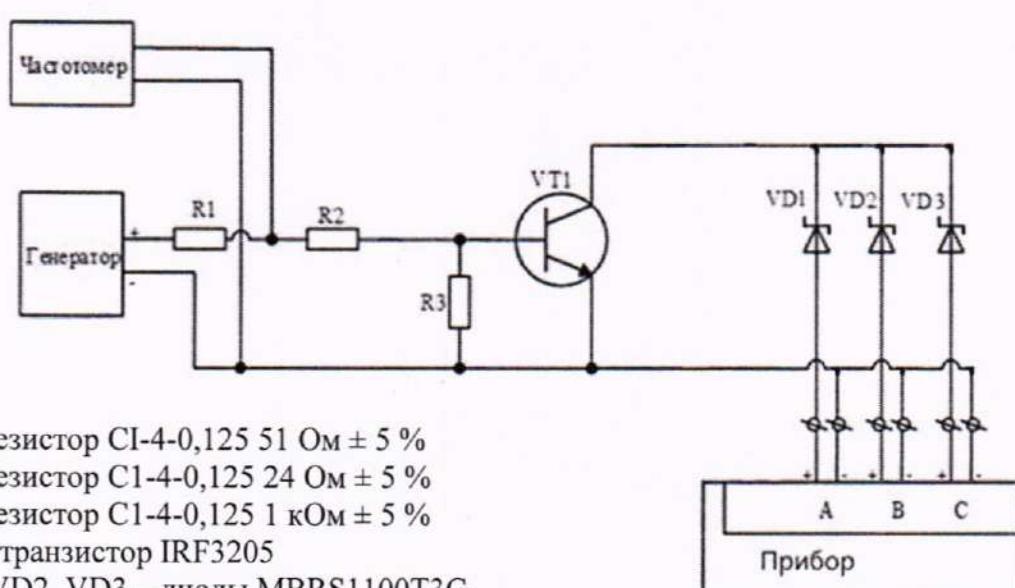
ϕ_0 – показание теодолита, град

$\phi_{нач}$ – начальное показание теодолита близкое к нулевой отметке лимба, град

8.3 Определение абсолютной погрешности измерений интервалов времени

Определение абсолютной погрешности измерений интервалов времени проводить в следующей последовательности:

Собрать схему, изображенную на рисунке 3.



R1 – резистор С1-4-0,125 51 Ом $\pm 5\%$

R2 – резистор С1-4-0,125 24 Ом $\pm 5\%$

R3 – резистор С1-4-0,125 1 кОм $\pm 5\%$

VT1 – транзистор IRF3205

VD1, VD2, VD3 – диоды MBRS1100T3G

Рисунок 3 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений интервалов времени

Присоединить к прибору разветвитель кабелей полюсов (058.04.00.000).

На приборе установить тип запуска по состоянию каналов полюсов.

На генераторе сигналов (далее – генератор) установить одиночный импульс положительной полярности с длительностью 0,1 мс и амплитудой 10 В.

Частотомер универсальный (далее – частотомер) настроить на измерение длительности импульса по нарастающему фронту.

Запустить прибор на измерение.

Обнулить частотомер. Подать сигнал с генератора.

Считать показания прибора по каналам А, В, С и частотометра.

Повторить проверку в точках 100; 5 000 и 10 000 мс.

Рассчитать абсолютную погрешность в каждой проверяемой точке по формуле:

$$\Delta t = t_{изм} - t_0 , \quad (4)$$

где $t_{изм}$ – показание прибора, мс

t_0 – показание частотомера, мс

8.4 Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока

Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока проводить в следующей последовательности:

Подключить к прибору кабель управления 058.05.00.000 (чёрная точка на одном из выводов является плюсом) и с помощью USB-кабеля подключить прибор к персональному компьютеру (далее – ПК).

Подключить наконечники кабеля канала «В» прибора к источнику питания постоянного тока серии GenesysTM (далее – источник) последовательно с катушкой Р310. К потенциальным выводам катушки подключить мультиметр цифровой 34401А.

Модификацию источника следует выбирать с максимальным выходным током от 22 до 120 А.

На вход «Ext Trig» мультиметра подключить наконечники кабеля канала «О» прибора. Перевести мультиметр в режим измерений постоянного напряжения на поддиапазоне «100 мВ» с индикацией «4,5 разряда». При этом, мультиметр должен быть переведён в триггерный режим с запуском от внешнего сигнала.

Установить на мультиметре «TRIG DELAY» и задержку 50 мс. Перевести мультиметр в режим ожидания события, нажатием на кнопку «Single Trig».

Установить выходное напряжение постоянного тока источника GenesysTM от 6,5 до 7 В.

Запустить на ПК управляющую программу «util-cal». В открывшемся окне «Выбор устройства» нужно выбрать строку «Устройство с последовательным интерфейсом USB». Нажать кнопку «OK».

В левой верхней строке основного окна программы выбрать «PKV/M15». Далее проверить настройки СОМ-портов на ПК, на котором установлена управляющая программа «util-cal».

В центральном окне программы выбрать точку «5 A CLOSE».

Подать на источнике выходной ток на соответствующие разъёмы.

В программе «util-cal» нажать кнопку «Старт».

Считать измеренное значение в соответствующем поле программы «util-cal» и показания мультиметра.

Повторить проверку для точек «10 A CLOSE» и «20 A CLOSE».

Далее изменить полярность измеряемого тока, поменяв входные клеммы прибора местами.

Провести проверку прибора аналогичным образом для точек «-5 A CLOSE», «-10 A CLOSE» и «-20 A CLOSE».

После этого каналы «В» и «О» прибора поменять местами. Повторить проверку прибора для канала «О».

При этом в программе «util-cal» выбираются точки с пометкой «OPEN».

Рассчитать абсолютную погрешность в каждой проверяемой точке по формуле:

$$\Delta = I_{изм} - U_0/0,001 , \quad (5)$$

где $I_{изм}$ – показание прибора, А

U_0 – показание мультиметра, мВ

8.5 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Результаты поверки считаются положительными, если:

- абсолютная погрешность измерений линейных перемещений не превышает ± 1 мм;
- абсолютная погрешность измерений угловых перемещений не превышает $\pm 0,56^\circ$;

- абсолютная погрешность измерений временных интервалов не превышает $\pm 10^{-4} \cdot (1+t_{изм})$ с;
- абсолютная погрешность измерений силы постоянного тока не превышает $\pm (0,1+0,005 \cdot |I_{изм}|)$ А.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Сведения о результатах поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

9.2 Результаты поверки оформляют в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510.

9.3 По заявлению владельца прибора или лица, представившего прибор на поверку, оформляют протокол поверки по форме, принятой в организации, проводившей поверку.

Приложение А
(обязательное)

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФБУ «Нензенский ЦСМ»

Ю.Г. Тюрина
10 июля 2024 г.

Локальная поверочная схема для средств измерений длины

