

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие
РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц
RA.RU.311769

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232
E-mail: nio30@olit.vniief.ru

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ЦИ СИ,
главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –
начальник НИО



В.К. Дарымов

«06» 04 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

КОНТРОЛЛЕРЫ А6ХХ

Методика поверки

МП А3009.0486-2023

г. Саров
2023 г.

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки.....	4
3	Требования к условиям проведения поверки	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	5
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	5
6	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр	6
8	Подготовка к поверке и опробование.....	6
9	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	6
10	Оформление результатов поверки	16
	Приложение А (справочное) Конструктивные особенности контроллеров.....	17
	Приложение Б (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте методики поверки.....	18
	Приложение В (справочное) Перечень принятых сокращений	19

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на контроллеры А6ХХ.

Контроллеры А6ХХ (далее по тексту – контроллер) предназначены для измерений сигналов напряжения, заряда и тока при использовании совместно с первичными измерительными преобразователями.

Принцип действия контроллеров основан на линейном преобразовании сигнала, поступающего от первичного преобразователя или измерительного канала, в пропорциональный низкоимпедансный сигнал напряжения.

Поверяемые средства измерений прослеживаются к государственным первичным эталонам: ГЭТ 13-2023, в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3457; ГЭТ 4-91, утверждённой приказом Росстандарта от 01 октября 2018 г. № 2091 и ГЭТ 89-2008, в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 03 сентября 2021 г. № 1942.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок контроллеров методом прямых измерений в соответствии с ГПС, утверждёнными приказами Росстандарта: № 3457 от 30 декабря 2019 г., № 2091 от 01 октября 2018 г. и № 1942 от 03 сентября 2021 г.

Первичной поверке контроллеры подвергаются при выпуске из производства. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

При проведении периодической поверки допускается проводить поверку в сокращённом объёме (отдельных измерительных каналов; в требуемых частотных и амплитудных диапазонах) в соответствии с потребностями владельца СИ, с обязательным указанием информации об объёме проведённой поверки.

Конструктивные особенности контроллеров приведены в приложении А.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении Б.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении В.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки, должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 11.2.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10	Да	Да
Проверка диапазона измерений напряжения постоянного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений	10.1	Да	Да
Проверка диапазонов измерений напряжения переменного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц	10.2	Да	Да
Проверка диапазона измерений силы постоянного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений	10.3	Да	Да
Проверка диапазонов измерений заряда и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц	10.4	Да	Да
Проверка основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности преобразования измеренного значения напряжения переменного тока в выходной сигнал постоянного тока (напряжения)	10.5	Да	Да
Проверка основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности преобразования измеренного значения заряда в выходной сигнал постоянного тока (напряжения)	10.6	Да	Да
Проверка рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики	10.7	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 °С до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети от 207 до 253 В;
- частота питающей сети от 49,5 до 50,5 Гц.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, изучивший ЭД на контроллер, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поверяемому СИ.

5.3 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и/или зарегистрированы в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во	Пункт МП
	Диапазон измерений	Погрешность измерений			
Калибратор универсальный	от 1 до 10000 мВ, от 1 до 10000 Гц	$\pm 0,2 \%$	Н4-16 (рег. № 46627-11)	1	8, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7
Мультиметр цифровой	от 0,1 до 100 мА	$\pm 0,2 \%$	34410А (рег. № 47717-11)	1	10.3, 10.5, 10.6
Мера электрического сопротивления	от 1 до 10 кОм	$\pm 0,05 \%$	P4831-M1 (рег. № 48930-12)	1	10.3
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст.	± 1 мм рт.ст.	M-67 (рег. № 3744-73)	1	8.1.2
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	$\pm 1 \%$, $\pm 0,1$ Гц	34410А (рег. № 47717-11)	1	8.1.2

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на контроллер, средства поверки и испытательное оборудование.

Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- наличие и целостность пломбы-этикетки на корпусе контроллера предотвращающей несанкционированный доступ к элементам регулировки;
- отсутствие механических повреждений корпуса, органов управления, соединительных жгутов и разъёмов.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов поверку не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, контроллер бракуют.

8 Подготовка к поверке и опробование

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более 10 °С необходимо выдержать полученный со склада контроллер не менее двух часов в нормальных условиях.

8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки применяемых СИ, включённые в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.2 Опробование

8.2.1 На контроллере устанавливают режим измерений СКЗ напряжения переменного тока, диапазон измерений от 0,001 до 0,1 В (для модификации А621 – режим измерений СКЗ заряда, диапазон измерений от 1 до 100 пКл).

8.2.2 На вход канала измерений напряжения переменного тока (заряда) подключают выход калибратора. (Для модификации А621 – калибратор подключают через адаптер Е1000 (С=1000 пФ ±0,25%)).

8.2.3 На частоте 1000 Гц задают калибратором СКЗ входного напряжения 500 мВ.

8.2.4 Считывают показания контроллера $U_{изм}$, мВ ($q_{изм}$, пКл - для модификации А621).

8.2.5 Контроллер считают выдержавшим испытания, если регистрация входного сигнала прошла успешно.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Проверку ПО проводят в соответствии с 2.3.2 ГТБВ.400201.007РЭ «Контроллеры А6ХХ. Руководство по эксплуатации». Цифровой идентификатор ПО рассчитывается автоматически при каждом запуске ПО «А6ХХ Viewer». Для вызова окна с информацией о версии ПО и результатов расчёта цифрового идентификатора необходимо в меню выбрать пункт «О программе». Пример всплывающего окна приведён на рисунке 1.



Рисунок 1 – Пример окна с информацией о ПО

9.2 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) соответствует указанной в паспорте.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона измерений напряжения постоянного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений

10.1.1 Проверку диапазона измерений напряжения постоянного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений проводят для модификаций А631, А632, А633, А634, А635, А636, А637, А638, А639. У модификации А639 проверку проводят для двух измерительных каналов.

10.1.2 В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, к каналу измерений напряжения постоянного тока подключают калибратор.

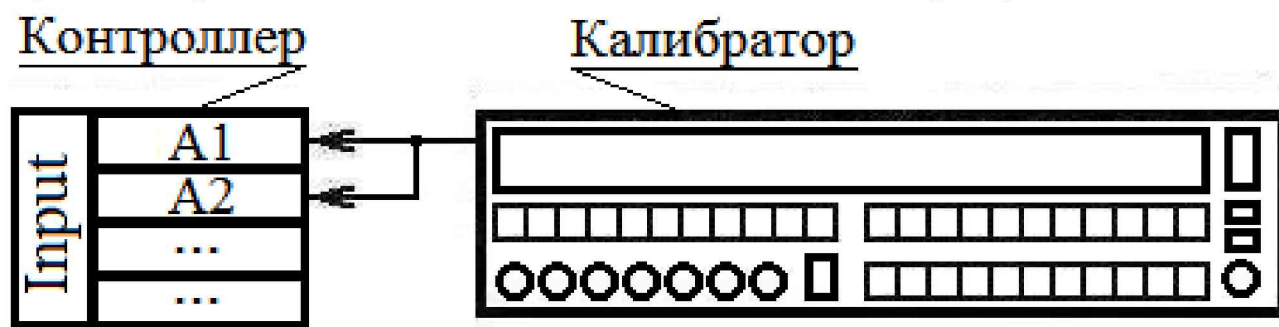


Рисунок 1 – Схема подключения

Примечание – Наименования разъемов А1 и А2 в зависимости от поверяемой модификации контроллера приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Обозначение разъёмов

Модификация	Измерение постоянного (переменного) напряжения		Измерение заряда			Измерение силы постоянного тока	
	A1 (сигнал)	A2	A1 (сигнал)	A2	Переключатель между разъёмами	A1 (сигнал)	A2
A621	-	-	IN+	GND	IN-; GND	-	-
A631	+UI	GND	-	-	-	+UI	GND
A632	IN	GND	-	-	-	IN	GND
A633	SIG	GND	-	-	-	-	-
A634	SIG	GND	IN+	GND	IN-; GND	-	-
A635	SIG	GND	IN+	GND	IN-; GND	-	-
A636	SIG	GND	-	-	-	-	-
A637	SIG	GND	-	-	-	-	-
A638	SIG	GND	-	-	-	-	-
A639	SIG	GND	-	-	-	-	-

Подают рекомендуемые значения напряжения постоянного тока $U_{рек.i}$, мВ, из таблицы 4. Считывают показания $U_{изм.кз}$, мВ, с экрана контроллера. Результаты измерений заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение диапазона и основной погрешности измерений

$U_{рек.i}$, мВ	1000	2500	5000	7500	10000
$U_{зад.i}$, мВ					
$U_{изм.i}$, мВ					
δ_{U_i} , %					

10.1.3 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность измерений напряжения δ_{U_i} , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_{U_i} = \frac{(U_{изм.i} - U_{зад.i})}{U_{диап.}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $U_{изм.i}$ – измеренное контроллером значение напряжения, мВ;

$U_{зад.i}$ – i -е заданное значение напряжения, мВ;

$U_{диап.}$ – верхнее значение диапазона измерений, мВ.

10.1.4 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная приведённая к верхнему значению диапазона погрешность измерений напряжения постоянного тока находится в пределах ± 2 %.

10.2 Проверка диапазонов измерений напряжения переменного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц

10.2.1 Проверку диапазонов измерений напряжения переменного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц проводят для модификаций А631, А632,

A633, A634, A635, A636, A637, A638, A639. У модификации A639 проверку проводят для двух измерительных каналов.

10.2.2 В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, на вход канала измерений напряжения переменного тока подключают выход калибратора.

10.2.3 На контроллере устанавливают диапазон измерений СКЗ напряжения переменного тока от 0,001 до 0,1 В.

10.2.4 Подают рекомендуемые СКЗ напряжения переменного тока $U_{рек.i}$, мВ, из таблицы 5 на частоте 160 Гц. Считывают показания $U_{изм.i}$, мВ, с экрана контроллера. Результаты измерений заносят в таблицу 5.

Таблица 5 – Определение диапазона и основной погрешности измерений

Диапазон измерений от 0,001 до 0,1 В					
$U_{рек.i}$, мВ	1	25	50	75	100
$U_{зад.i}$, мВ					
$U_{изм.i}$, мВ					
δU_i , %					

10.2.5 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность измерений напряжения переменного тока δU_i , %, рассчитывают по формуле 1.

10.2.6 Повторяют измерения по 10.2.3 – 10.2.5 для диапазонов измерений СКЗ напряжения переменного тока: от 0,002 до 0,2 В; от 0,005 до 0,5 В; от 0,01 до 1 В. В каждом диапазоне выбирают не менее пяти равномерно расположенных по диапазону точек с обязательным указанием крайних.

10.2.7 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная приведённая к верхнему значению диапазона погрешности измерений находится в пределах ± 2 %.

10.3 Проверка диапазона измерений силы постоянного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений

10.3.1 Проверку диапазона измерений силы постоянного тока и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений проводят для модификаций A631 и A632.

10.3.2 В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2, на вход канала измерений силы постоянного тока подключают последовательно магазин сопротивлений и амперметр (34410А, включённый в режим измерения тока).

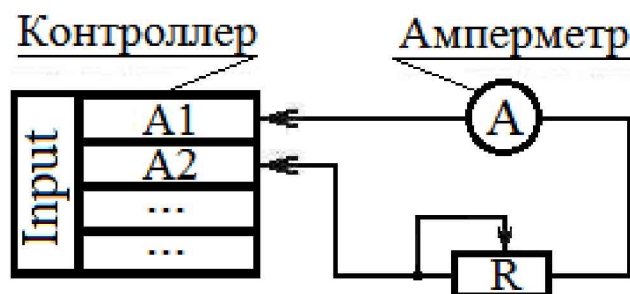


Рисунок 2 – Схема подключения

Примечание – Наименования разъёмов A1 и A2 в зависимости от поверяемой модификации контроллера приведены в таблице 3.

10.3.3 На контроллере устанавливают режим измерений силы постоянного тока.

10.3.4 Регулируя значение магазина сопротивления (около 6 кОм) добиваются показания на амперметре, $I_{зад.i}$, $(4 \pm 0,1)$ мА. Считывают показания $I_{изм.i}$, мА, с экрана контроллера и заносят их в таблицу 6. Повторяют измерения для рекомендуемых значений силы постоянного тока $I_{рек.i}$, мА, из таблицы 6.

Таблица 6 – Определение диапазона и основной погрешности измерений

$I_{рек.i}$, мА	4	7	10	15	20
$I_{зад.i}$, мА					
$I_{изм.i}$, мА					
δ_{li} , %					

10.3.5 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность измерений силы постоянного тока δ_{li} , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_{li} = \frac{(I_{изм.i} - I_{зад.i})}{I_{диап}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $I_{изм.i}$ – измеренное контроллером значение силы постоянного тока, мА;

$I_{зад.i}$ – i -е заданное значение силы постоянного тока, мА.

$I_{диап}$ – верхнее значение диапазона измерений, мА.

10.3.6 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная приведённая к верхнему значению диапазона погрешность измерений постоянного тока находится в пределах ± 2 %.

10.4 Проверка диапазонов измерений заряда и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц

10.4.1 Проверку диапазонов измерений заряда и пределов основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности измерений на базовой частоте 160 Гц проводят для модификаций А621, А634 и А635.

10.4.2 В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 3 на вход канала измерений заряда через адаптер Е1000 ($C=1000$ пФ $\pm 0,25\%$) подключают выход калибратора. Между разъёмами «IN-» и «GND» необходимо установить короткозамкнутую перемычку.

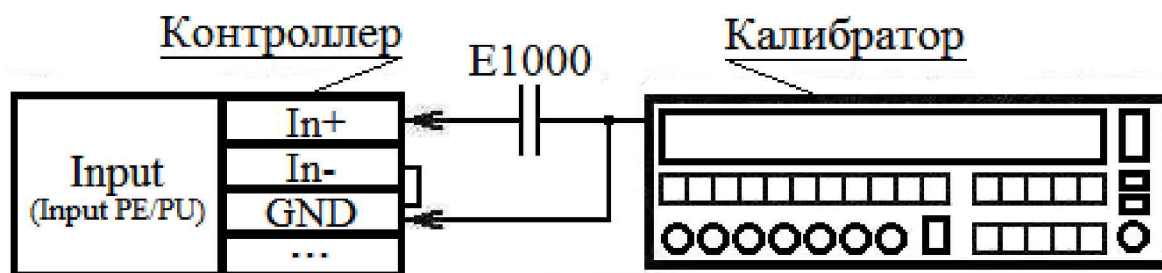


Рисунок 3 – Схема подключения

Примечание – Наименования разъемов А1 и А2 в зависимости от поверяемой модификации контроллера приведены в таблице 3.

10.4.3 На контроллере устанавливают диапазон измерений заряда (СКЗ) от 1 до 100 пКл.

10.4.4 Подают рекомендуемые СКЗ напряжения переменного тока $U_{рек.i}$, мВ, из таблицы 7 на частоте 160 Гц. Считывают показания $q_{изм.i}$, пКл, с экрана контроллера. Результаты измерений заносят в таблицу 7.

Таблица 7 – Определение диапазона и основной погрешности измерений

Диапазон измерений от 1 до 100 пКл					
$U_{рек.i}$, мВ	1	25	50	75	100
$U_{зад.i}$, мВ					
$q_{изм.i}$, пКл					
δ_{qi} , %					

10.4.5 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность измерений заряда δ_{qi} , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_{qi} = \frac{q_{изм.i} - (U_{зад.i} \cdot C)}{q_{диап}} \cdot 100, \quad (3)$$

где $q_{изм.i}$ – измеренное контроллером значение заряда, пКл;

$U_{зад.i}$ – i -е заданное значение напряжения, мВ;

C – ёмкость адаптера E1000, пФ;

$q_{диап}$ – верхнее значение диапазона измерений, пКл.

10.4.6 Повторяют измерения по 10.4.4 – 10.4.5 для диапазонов измерений заряда: от 2 до 200 пКл; от 5 до 500 пКл; от 10 до 1000 пКл. В каждом диапазоне выбирают не менее пяти равномерно расположенных по диапазону точек с обязательным указанием крайних.

10.4.7 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная приведённая к верхнему значению диапазона погрешность измерений заряда находится в пределах ± 2 %.

10.5 Проверка основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности преобразования измеренного значения напряжения переменного тока в выходной сигнал постоянного тока (напряжения)

10.5.1 Проверку основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности преобразования измеренного значения напряжения переменного тока в выходной сигнал постоянного тока (напряжения) проводят для модификаций А631, А632, А633, А634, А635, А636, А637, А638, А639. У модификации А639 проверку проводят для двух измерительных каналов.

10.5.2 В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, на вход канала измерений напряжения переменного тока подключают выход калибратора. К выходу преобразования входного сигнала в сигнал постоянного тока контроллера подключают мультиметр в режиме измерений силы постоянного тока, к выходу преобразования входного сигнала в сигнал напряжения постоянного тока контроллера подключают мультиметр в режиме измерений напряжения постоянного тока. Обозначения выходных разъёмов каналов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Обозначение разъёмов

Модификация	Выход преобразования входного сигнала в сигнал напряжения постоянного тока		Выход преобразования входного сигнала в сигнал постоянного тока	
	0...5 В	0...10 В	0...20 мА	4...20 мА
	обозначение разъема			
A621	0-5V («+»; «-»)	–	–	4-20mA («+»; «-»)
A631	–	Output («V»; «GND»)	–	Output («I»; «GND»)
A632	–	–	–	4-20mA («I+»; «I-»)
A633	–	0-10V («+»; «-»)	0\4-20mA («+»; «-»)	
A634	–	–	0\4-20mA («+»; «-»)	
A635	–	–	0\4-20mA («+»; «-»)	
A636	–	–	0\4-20mA («+»; «-»)	
A637	–	–	0\4-20mA («+»; «-»)	
A638	–	–	0\4-20mA («+»; «-»)	
A639	–	–	0\4-20mA («+»; «-»)	

10.5.3 Устанавливают параметры регистрации:

- диапазон измерений СКЗ напряжения переменного тока от 0,01 до 1,0 В;
- выход канала преобразования 0...10 В;
- выход канала преобразования 4...20 мА.

10.5.4 Подают рекомендуемые СКЗ напряжения переменного тока $U_{рек.i}$, мВ, из таблицы 8 на частоте 160 Гц. Считывают показания $U_{изм.i}$, мВ, с экрана контроллера, $U_{изм.i пост.}$, мВ, и $I_{изм.i пост.}$, мА, с экрана мультиметра. Результаты измерений заносят в таблицу 9.

Таблица 9 – Определение диапазона погрешности преобразования

$U_{рек.i}$, мВ	10	20	50	100	500	750	1000
$U_{зад.i}$, мВ							
$U_{изм.i}$, мВ							
$I_{изм.i пост.}$, мА							
U_{Ii} , мВ							
δ_I , %							
$U_{изм.i пост.}$, мВ							
U_{Ui} , мВ							
δ_U , %							

10.5.5 Измеренное значение подаваемого с калибратора напряжения по токовому выходу U_{Ii} , мВ, рассчитывают по формуле

$$U_{Ii} = \left(\frac{I_{изм.i пост.} - I_{мин.}}{I_{макс} - I_{мин.}} \right) \cdot U_{макс}, \quad (4)$$

где $I_{изм.i пост.}$ – i -е значение измеренного выходного тока контроллера, мА;
 $I_{мин}$ – минимальное значение измеряемого тока, мА;
 $I_{макс}$ – максимальное значение измеряемого тока, мА;
 $U_{макс}$ – максимальное значение диапазона измерений по цифровому индикатору, мВ.

10.5.6 Измеренное значение подаваемого с калибратора напряжения по выходу напряжения постоянного тока U_{Ui} , мВ, рассчитывают по формуле

$$U_{Ui} = \left(\frac{U_{\text{макс}}}{U_{\text{макс.пост.}}} \right) \cdot U_{\text{изм.}i \text{ пост.}}, \quad (5)$$

где $U_{\text{изм.}i \text{ пост.}}$ – i -е значение измеренного выходного напряжения постоянного тока контроллера, мВ;

$U_{\text{макс}}$ – максимальное значение диапазона измерений по цифровому индикатору, мВ;

$U_{\text{макс.пост.}}$ – максимальное значение напряжения постоянного тока на выходе контроллера, мВ.

10.5.7 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность преобразования измеренной величины в выходной сигнал постоянного тока δ_I , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_I = \left(\frac{U_{Ii} - U_{\text{изм. контр.}}}{U_{\text{диап.}}} \right) \cdot 100, \quad (6)$$

где U_{Ii} – измеренное значение напряжения по токовому выходу, мВ;

$U_{\text{изм. контр.}}$ – измеренное значение напряжения по цифровому индикатору, мВ;

$U_{\text{диап.}}$ – верхнее значение диапазона измерений, мВ.

10.5.8 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность преобразования измеренной величины в выходной сигнал напряжения постоянного тока δ_U , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_U = \left(\frac{U_{Ui} - U_{\text{изм. контр.}}}{U_{\text{диап.}}} \right) \cdot 100, \quad (7)$$

где U_{Ui} – измеренное значение напряжения по выходу напряжения постоянного тока, мВ;

$U_{\text{изм. контр.}}$ – измеренное значение напряжения по цифровому индикатору, мВ;

$U_{\text{диап.}}$ – верхнее значение диапазона измерений, мВ.

10.5.9 Для модификаций А633, А634, А635, А636, А637, А638 и А639 в параметрах регистрации устанавливают выход канала преобразования по току 0...20 мА. Повторяют измерения по 10.5.4, 10.5.5, 10.5.7.

10.5.10 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная приведённая к верхнему значению диапазона погрешность преобразования измеренной величины в выходной сигнал постоянного тока (напряжения) находится в пределах ± 2 %.

10.6 Проверка основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности преобразования измеренного значения заряда в выходной сигнал постоянного тока (напряжения)

10.6.1 Проверку основной приведённой к верхнему значению диапазона погрешности преобразования измеренного значения заряда в выходной сигнал постоянного тока (напряжения) проводят для модификаций А621, А634 и А635.

10.6.2 В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2, на вход канала измерений заряда через адаптер Е1000 ($C=1000$ пФ $\pm 0,25\%$) подключают выход калибратора. К выходу преобразования входного сигнала в сигнал постоянного тока контроллера подключают мультиметр в режиме измерений силы постоянного тока, к выходу преобразования входного сигнала в сигнал напряжения постоянного тока контроллера подключают мультиметр в режиме измерений напряжения постоянного тока. Обозначения выходных разъёмов каналов приведены в таблице 8.

10.6.3 Устанавливают параметры регистрации:

- диапазон измерений заряда (СКЗ) от 10 до 1000 пКл;
- выход канала преобразования 0...10 В (0...5 В для А621);
- выход канала преобразования 4...20 мА.

10.6.4 Подают рекомендуемые значения напряжения переменного тока $U_{рек.i}$, мВ, из таблицы 9 на частоте 160 Гц. Считывают показания $q_{изм.i}$, пКл, с экрана контроллера, $U_{изм.i пост.}$, мВ, и $I_{изм.i пост.}$, мА, с экрана мультиметра. Результаты измерений заносят в таблицу 10.

Таблица 10 – Определение диапазона погрешности преобразования

$U_{рек.i}$, мВ	10	20	50	100	500	750	1000
$U_{зад.i}$, мВ							
$q_{изм.i}$, пКл							
$I_{изм.i пост.}$, мА							
q_{Ii} , пКл							
δ_I , %							
$U_{изм.i пост.}$, мВ							
I_{Ui} , мА							
δ_U , %							

10.6.5 Измеренное значение подаваемого на вход контроллера заряда по токовому выходу q_{Ii} , пКл, рассчитывают по формуле

$$q_{Ii} = \left(\frac{I_{изм.i пост.} - I_{мин}}{I_{макс} - I_{мин}} \right) \cdot q_{макс}, \quad (8)$$

где $I_{изм.i пост.}$ – i -е значение измеренного выходного тока контроллера, мА;

$q_{макс}$ – максимальное значение диапазона измерений заряда по цифровому индикатору, пКл;

$I_{мин}$ – минимальное значение измеряемого тока на выходе преобразования контроллера, мА;

$I_{макс}$ – максимальное значение измеряемого тока на выходе преобразования контроллера, мА.

10.6.6 Измеренное значение подаваемого на вход контроллера заряда по выходу напряжения постоянного тока q_{Ui} , пКл, рассчитывают по формуле

$$q_{Ui} = \left(\frac{q_{\max}}{U_{\max. \text{пост.}}} \right) \cdot U_{\text{изм.}i \text{ пост.}}, \quad (9)$$

где $U_{\text{изм.}i \text{ пост.}}$ – i -е значение измеренного выходного напряжения постоянного тока контроллера, мВ;

q_{\max} – максимальное значение диапазона измерений заряда по цифровому индикатору, пКл;

$U_{\max. \text{пост.}}$ – максимальное значение напряжения постоянного тока на выходе контроллера, мВ.

10.6.7 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность преобразования измеренной величины в выходной сигнал постоянного тока δ_I , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_I = \left(\frac{q_{li} - q_{\text{изм. контр.}}}{q_{\text{диап}}} \right) \cdot 100, \quad (10)$$

где q_{li} – измеренное значение заряда по токовому выходу, пКл;

$q_{\text{изм. контр.}}$ – измеренное значение заряда по цифровому индикатору, пКл;

$q_{\text{диап.}}$ – верхнее значение диапазона измерений, пКл.

10.6.8 Основную приведённую к верхнему значению диапазона погрешность преобразования измеренной величины в выходной сигнал напряжения постоянного тока δ_U , %, рассчитывают по формуле

$$\delta_U = \left(\frac{q_{Ui} - q_{\text{изм. контр.}}}{q_{\text{диап}}} \right) \cdot 100, \quad (11)$$

где q_{Ui} – измеренное значение заряда по выходу напряжения постоянного тока, пКл;

$q_{\text{изм. контр.}}$ – измеренное значение заряда по цифровому индикатору, пКл;

$q_{\text{диап.}}$ – верхнее значение диапазона измерений, пКл.

10.6.9 Для модификаций А633, А634, А635, А636, А637, А638 и А639 в параметрах регистрации устанавливают выход канала преобразования по току 0...20 мА. Повторяют измерения по 10.6.4, 10.6.5, 10.6.7.

10.6.10 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если основная приведённая к верхнему значению диапазона погрешность преобразования измеренной величины в выходной сигнал постоянного тока (напряжения) находится в пределах ± 2 %.

10.7 Проверка рабочего диапазона частот и неравномерности частотной характеристики

10.7.1 Для всех модификаций кроме А621 на вход канала измерений напряжения переменного тока контроллера в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 1, подключают выход калибратора. Для модификации А621 в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2, на вход канала измерений заряда через адаптер Е1000 (С=1000 пФ $\pm 0,25\%$) подключают выход калибратора. У модификации А639 проверку проводят для двух измерительных каналов.

10.7.2 На контроллере устанавливают диапазон измерений СКЗ напряжения переменного тока от 0,01 до 1 В (от 10 до 1000 пКл для А621).

10.7.3 На частоте 160 Гц подают с калибратора на вход измерительного канала контроллера сигнал $U_{зад.i}$, мВ, с СКЗ 500 мВ. Измерение СКЗ заданного сигнала $U_{изм.i}$, мВ, ($q_{изм.i}$, пКл) проводят по экрану контроллера. Результаты измерений заносят в таблицу 10.

10.7.4 Повторяют измерения по 10.7.3 для всех рекомендуемых частот из таблицы 11.

Таблица 11 – Проверка рабочего диапазона частот

F, Гц	1	2	5	10	20	40	80	160
$U_{зад.i}$, мВ								
$U_{изм.i}$, мВ								
$\delta_{ЧХi}$, %								
F, Гц	320	640	1000	2000	4000	6000	8000	10000
$U_{зад.i}$, мВ								
$U_{изм.i}$, мВ								
$\delta_{ЧХi}$, %								

10.7.5 Рассчитывают неравномерность ЧХ $\delta_{ЧХi}$, %, по формуле

$$\delta_{ЧХi} = \left(\frac{U_{изм.i}}{U_{зад.i}} \cdot \frac{U_{зад.160Гц}}{U_{изм.160Гц}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (12)$$

где $U_{изм.i}$ - измеренное контроллером СКЗ напряжения (заряда) на i -ой частоте, мВ;
 $U_{изм.160 Гц}$ - измеренное контроллером СКЗ напряжения (заряда) на частоте 160 Гц, мВ;

$U_{зад.i}$ – заданное калибратором СКЗ напряжения (заряда) на i -ой частоте;

$U_{зад.160 Гц}$ – заданное калибратором СКЗ напряжения (заряда) на частоте 160 Гц, мВ.

10.7.6 Контроллер считают прошедшим проверку с положительным результатом, если неравномерность частотной характеристики находится в пределах:

- от минус 5 % до минус 45 % в диапазоне частот от 1 до 10000 Гц;
- ± 5 % в диапазоне частот от 2 до 8000 Гц;
- ± 3 % в диапазоне частот от 10 до 5000 Гц.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

10.2 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке.

При необходимости проводят пломбирование контроллера.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

10.4 СИ, не прошедшее поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Главный метролог
ООО «ГТЛаб»



А.А. Симчук

Ведущий инженер-исследователь
ЦИ СИ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»



Д.В. Зверев

Приложение А
(справочное)
Конструктивные особенности контроллеров

Модификация	A621	A631	A632	A633	A634	A635	A636	A637	A638	A639
Измерение напряжения		●	●	●	●	●	●	●	●	●
Измерение заряда	●				●	●				
Измерение тока		●	●							
Тип совместимых ПП*	1	2,3,4	2,3	2,5	1,2, 6,7	1,2,6, 8,7	2,6,7	2,6,7	7,9	2,6,7
Выход: 0...5 В	●									
Выход: 0...10 В		●		●	●					
Выход: 0...20 мА				●	●	●	●	●	●	●
Выход: 4...20 мА	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Управление с клавиатуры	●	●		●	●	●		●		●
Управление по RS-485	●	●	●		●	●	●	●	●	●

* – тип совместимых ПП: 1 – зарядовый симметричный; 2 – IEPЕ; 3 – ИК с выходом по току 4-20 мА; 4 – цифровые RS-485; 5 – с отрицательным питанием -24 В и выходом по напряжению; 6 – с положительным питанием +24 В и выходом по напряжению; 7 – вихретоковые формирователи; 8 – с выходом по напряжению (PU); 9 – вихретоковые формирователи с выходом IEPЕ.

**Приложение Б
(справочное)**

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
Приказ Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3457	Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы
Приказ Росстандарта от 01 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
Приказ Росстандарта от 03 сентября 2021 г. № 1942	Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6)
	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)

Приложение В
(справочное)
Перечень принятых сокращений

ГПС – государственная поверочная схема
МП – методика поверки;
СИ – средство(а) измерений;
ПО – программное обеспечение;
СКЗ – среднее квадратическое значение;
ЧХ – частотная характеристика;
ЭД – эксплуатационная документация.