



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

А.Д. Меньшиков

М.Д.Б.

«20» февраля 2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА
FT6400

Методика поверки

РТ-МП-152-551-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на нагрузки электронные программируемые постоянного тока FT6400 (далее – нагрузки) и устанавливает порядок проведения первичной и периодической поверок.

1.2 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единиц величин и обеспечивается прослеживаемость к:

- государственному первичному эталону единицы электрического напряжения, ГЭТ 13-2023 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвигущей силы, утвержденной приказом Росстандарта 28.07.2023 № 1520;

- государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока, ГЭТ 4-91 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091;

- государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления, ГЭТ 14-2014 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3456.

1.3 В настоящей методике поверки используется метод прямых и косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки проводят операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность проведения при поверке		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средств измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средств измерений)	Да	Да	8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9
Определение абсолютной погрешности установки и измерений напряжения постоянного тока	Да	Да	9.1
Определение абсолютной погрешности установки и измерений силы постоянного тока	Да	Да	9.2
Определение абсолютной погрешности установки электрического сопротивления постоянного тока	Да	Да	9.3
Определение абсолютной погрешности установки электрической мощности постоянного тока	Да	Да	9.4

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °C..... 25 ± 10
- относительная влажность, %.....от 30 до 80

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К поверке нагрузок допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, опыт поверки средств измерений, изучившие эксплуатационные документы на поверяемые средства измерений, основные средства измерений и настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства поверки (основные и вспомогательные), перечисленные в таблице 2.

Таблица 2 – Основные средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробованию средств измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от $+15$ °C до $+25$ °C с абсолютной погрешностью ± 1 °C; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с погрешностью ± 2 %;	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13
п.10.1 Определение абсолютной погрешности и установки и измерений напряжения постоянного тока	Эталоны единицы постоянного электрического напряжения и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвигущей силы утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 №1520, в диапазоне значений от 0 до 1000 В	Источник питания постоянного тока регулируемый GPR-100H05D, рег. № 30165-05 Мультиметр цифровой 34470A, рег. № 63371-16

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 10.2 Определение абсолютной погрешности установки и измерений силы постоянного тока	<p>Эталоны единицы силы постоянного электрического тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГПС для средств измерений силы постоянного электрического тока, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 №2091, в диапазоне от 0 до 100 А.</p> <p>Эталоны единицы электрического сопротивления постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГПС для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 №3456, в диапазоне от 100 до 1000 А.</p>	<p>Источник питания постоянного тока программируемый Genesys™ мощностью 10/15 кВт, рег. № 46686-11</p> <p>Источник питания постоянного тока регулируемый GPR-100H05D, рег. № 30165-05</p> <p>Шунт измерительный стационарный взаимозаменяемый 75.ШИСВ.1, рег. № 78710-20</p> <p>Мультиметр цифровой 34470A, рег. № 63371-16</p>
п. 10.3 Определение абсолютной погрешности установки электрического сопротивления постоянного тока	<p>Эталоны единицы постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 №1520 в диапазоне значений от 0 до 1000 В</p> <p>Эталоны единицы силы постоянного электрического тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для средств измерений силы постоянного электрического тока утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 №2091 в диапазоне от 0 до 100 А.</p>	<p>Источник питания постоянного тока программируемый Genesys™ мощностью 10/15 кВт, рег. № 46686-11</p> <p>Источник питания постоянного тока регулируемый GPR-100H05D, рег. № 30165-05</p> <p>Шунт измерительный стационарный взаимозаменяемый 75.ШИСВ.1, рег. № 78710-20</p>
п. 10.4 Определение абсолютной погрешности установки электрической мощности постоянного тока	<p>Эталоны единицы силы постоянного электрического тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГПС для средств измерений силы постоянного электрического тока утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 №2091 в диапазоне от 0 до 100 А.</p> <p>Эталоны единицы электрического сопротивления постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГПС для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока и средства измерений утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 №3456 в диапазоне от 100 до 1000 А.</p>	<p>токе), рег. № 61767-15</p> <p>Мультиметр цифровой 34470A, рег. № 63371-16</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.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Помещение для проведения поверки должно соответствовать правилам техники безопасности и производственной санитарии.

6.2 При проведении поверки нагрузок необходимо соблюдать правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и требования безопасности, определенные в эксплуатационных документах на оборудование, применяемое при поверке.

6.3 К работе на оборудовании допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и имеющие удостоверение о проверке знаний. Специалист, осуществляющий поверку нагрузок, должен иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей.

7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемых нагрузок требованиям:

- комплектность нагрузок в соответствии описанием типа;
- отсутствие механических повреждений корпуса и соединительных элементов, нарушающих работу нагрузок или затрудняющих поверку;
- все надписи на панелях должны быть четкими и ясными;
- место нанесения знака утверждения типа в соответствии с описанием типа;
- разъемы не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

Нагрузки, не соответствующие перечисленным требованиям, дальнейшей поверке не подвергаются и бракуются.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Перед проведением операций поверки выполнить контроль условий окружающей среды.

8.1.2 Контроль осуществлять измерением влияющих факторов, указанных в п. 3, с помощью прибора контроля условий поверки (или иных средств измерений указанных параметров). Измерения влияющих факторов проводить в комнате, где проводятся операции поверки.

8.1.3 Результаты измерений температуры и относительной влажности должны находиться в пределах, указанных в п. 3. В противном случае поверку не проводят до приведения условий поверки в соответствии с п. 3.

8.2 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

8.2.1 Провести технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.27.0-75.

8.2.2 Проверить наличие действия срока поверки основных средств поверки.

8.2.3 Средства поверки и поверяемые нагрузки должны быть подготовлены к работе согласно их эксплуатационным документам.

8.3 Опробование

Включение и опробование нагрузок производится в следующем порядке:

- включить питание при помощи соответствующей клавиши;
- проверить работоспособность дисплея, функциональных клавиш;
- проверить на соответствие руководству по эксплуатации режимы, отображаемые на ЖКИ, при переключении режимов работы и нажатии соответствующих клавиш.

Результат считается положительным, если корректно отображается информация на дисплее нагрузки. В противном случае нагрузка признается непригодной к применению и дальнейшей поверке не подлежит.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

10.1 Порядок проверки версии ПО определяется в соответствии с РЭ.

Результаты проверки считать положительными, если номер версии ПО V1.01 и выше.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение абсолютной погрешности установки и измерений напряжения постоянного тока

Определение абсолютной погрешности установки и измерений напряжения постоянного тока в режиме стабилизации напряжения проводят в следующей последовательности:

- собрать схему, согласно рисунку 1.

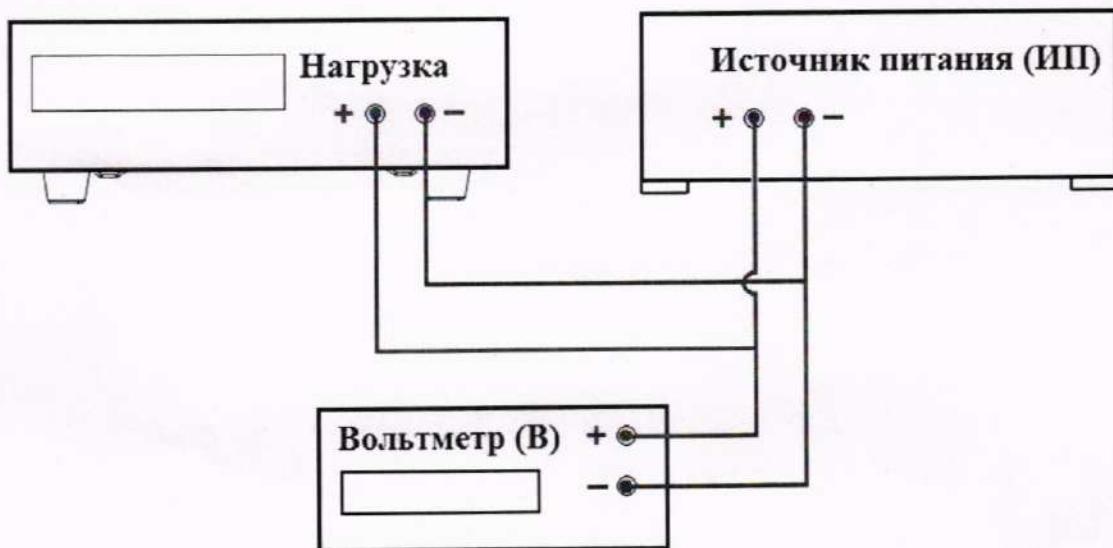


Рисунок 1 – Структурная схема соединения приборов.

Примечание здесь и далее: в качестве вольтметра используется мультиметр цифровой 34470А.

- на источнике питания установить значение напряжения на выходе, равное верхнему значению предела напряжения на нагрузке. Для получения необходимого значения напряжения на выходе источника питания допускается брать несколько источников питания, соединяя их последовательно (для увеличения выходного напряжения) в соответствии с их руководством по эксплуатации;
- на поверяемой нагрузке установить режим стабилизации напряжения (CV), согласно руководству по эксплуатации;
- установить значения напряжения, соответствующие 10 %, 50 %, 90 % от номинального значения воспроизводимой величины;
- включить нагрузку в соответствии с руководством по эксплуатации;
- при помощи вольтметра зафиксировать напряжение на зажимах нагрузки;
- абсолютную погрешность установки напряжения постоянного тока на нагрузке ΔU_{yct} , В определить по формуле

$$\Delta U_{yct} = U_{yct} - U_m, \quad (1)$$

где U_{yct} – значение напряжения постоянного тока, установленное на нагрузке, В;
 U_m – значение напряжения постоянного тока, измеренное вольтметром, В;

– абсолютную погрешность измерений установленного напряжения постоянного тока на нагрузке ΔU_{uzm} , В определить по формуле

$$\Delta U_{uzm} = U_{uzm} - U_m, \quad (2)$$

где U_{uzm} – значение напряжения постоянного тока, измеренное нагрузкой, В;

U_m – значение напряжения, измеренное вольтметром, В;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности не превышают указанных в таблицах А1 и А3 Приложения А к настоящей методике поверки.

10.2 Определение абсолютной погрешности установки и измерений силы постоянного тока

Определение абсолютной погрешности установки и измерений силы постоянного тока при работе в режиме стабилизации силы постоянного тока проводят в следующей последовательности:

- собрать схему согласно рисунку 2.

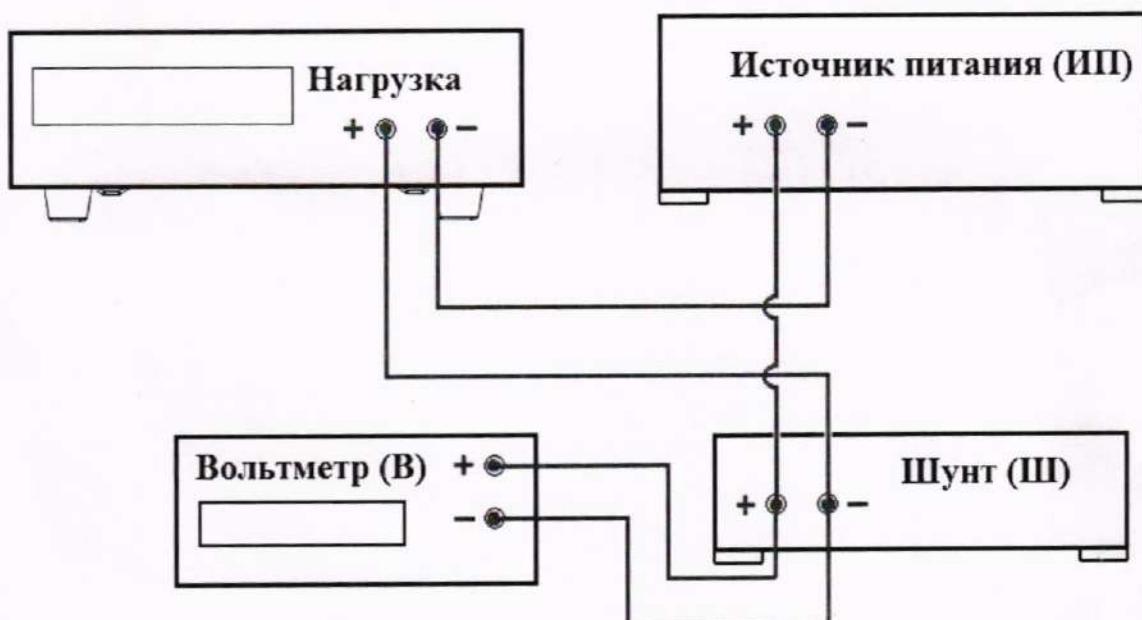


Рисунок 2 – Структурная схема соединения приборов

– в зависимости от модификации нагрузки выбрать шунт (сопротивление шунта R) таким образом, чтобы протекающий ток через нагрузку не превышал максимального тока шунта;

– на источнике питания постоянного тока установить значение силы постоянного тока на выходе, равное верхнему значению предела тока в нагрузке. Для получения необходимого значения силы постоянного тока на выходе источника питания допускается брать несколько источников питания, соединяя их параллельно (для увеличения выходной силы постоянного тока) в соответствии с их руководством по эксплуатации;

– на поверяемой нагрузке установить режим стабилизации тока (СС), согласно руководству по эксплуатации;

– установить значения силы постоянного тока, соответствующие 10 %, 50 %, 90 % от номинального значения воспроизводимой величины;

– включить нагрузку в соответствии с руководством по эксплуатации;

– при помощи вольтметра измерить падение напряжения на шунте $U_{ш}$, В;

– силу тока, протекающего через шунт $I_{ш}$, А, вычислить по формуле

$$I_{ш} = \frac{U_{ш}}{R_{ш}}, \quad (3)$$

где $U_{ш}$ – значение падения напряжения на шунте, измеренное вольтметром, В;

$R_{ш}$ – действительное сопротивление токового шунта, Ом

– абсолютную погрешность установки силы постоянного тока на нагрузке ΔI_{ycm} , А определить по формуле

$$\Delta I_{ycm} = I_{ycm} - I_{ш}, \quad (4)$$

где I_{ycm} – значение силы тока, установленное на нагрузке, А;

$I_{ш}$ – значение силы тока, протекающего через нагрузку, вычисленное по формуле (2), А.

– абсолютную погрешность измерений силы постоянного тока на нагрузке $\Delta I_{изм}$, А определить по формуле

$$\Delta I_{изм} = I_{изм} - I_{ш}, \quad (5)$$

где $I_{изм}$ – значение силы тока, измеренное нагрузкой, А;

$I_{ш}$ – значение силы тока протекающего через нагрузку, вычисленное по формуле (3), А.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности не превышают указанных в таблицах А1 и А3 Приложения А к настоящей методике поверки.

10.3 Определение абсолютной погрешности установки электрического сопротивления постоянного тока

Определение абсолютной погрешности установки электрического сопротивления постоянного тока при работе в режиме стабилизации сопротивления проводят в следующей последовательности:

– собрать схему согласно рисунку 3.

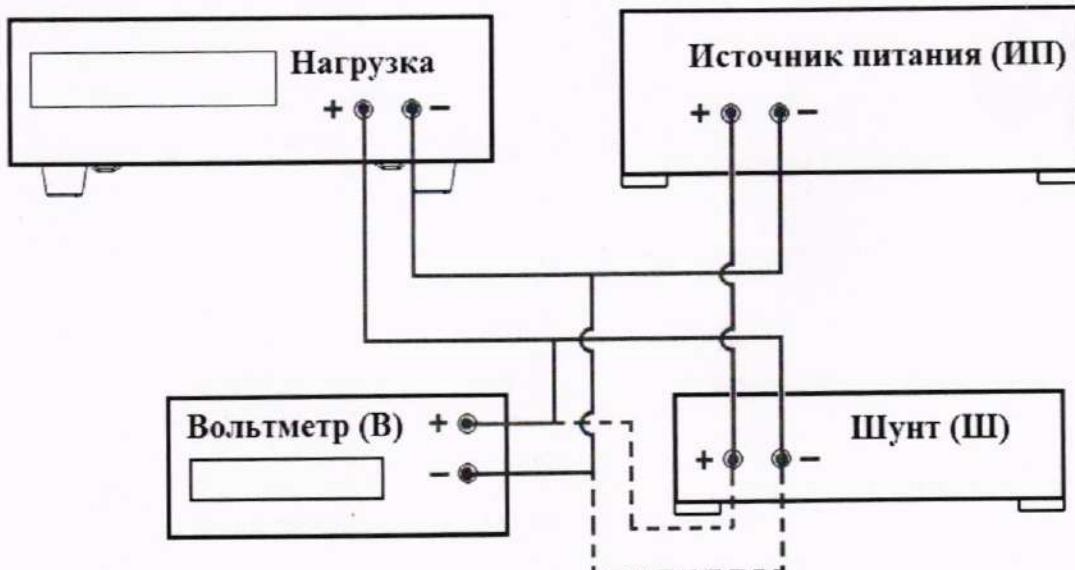


Рисунок 3 – Структурная схема соединения приборов

– в зависимости от модификации нагрузки выбрать шунт (сопротивление шунта R) таким образом, чтобы протекающий ток через нагрузку не превышал максимального тока шунта;

– на источнике питания установить значение напряжения и силы тока, равные верхним значениям пределов напряжения и силы тока нагрузки (допускается параллельное объединение источников для достижения заданной мощности в соответствии с руководством по эксплуатации источников);

- на поверяемой нагрузке установить режим стабилизации сопротивления (CR), согласно руководству по эксплуатации;
- установить значения сопротивления, соответствующие 10 %, 50 %, 90 % от номинального значения воспроизводимой величины;
- включить нагрузку в соответствии с руководством по эксплуатации;
- при помощи вольтметра зафиксировать напряжение на зажимах нагрузки;
- при помощи вольтметра измерить падение напряжения на шунте $U_{ш}$, В;
- силу тока, протекающего через шунт $I_{ш}$, А, вычислить по формуле (3)
- вычислить значение сопротивления, установленного на нагрузке, по формуле

$$R_{изм} = \frac{U_{изм}}{I_{ш}} \quad (6)$$

где $R_{изм}$ – значение сопротивления, установленного на нагрузке, Ом;

$U_{изм}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренное с помощью вольтметра на клеммах нагрузки, В;

$I_{ш}$ – значение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, вычисленное по формуле (3), А

- допускаемую абсолютную погрешность установки электрического сопротивления постоянного тока ΔR_{yctm} , А определить по формуле

$$\Delta R_{yctm} = R_{yctm} - R_{изм}, \quad (7)$$

где R_{yct} – установленное значение электрического сопротивления постоянного тока на нагрузке, Ом;

$R_{изм}$ – значение электрического сопротивления постоянного тока, рассчитанное по формуле (6), Ом;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности не превышают указанных в таблице А2 Приложения А к настоящей методике поверки.

10.4 Определение абсолютной погрешности установки электрической мощности постоянного тока

Определение абсолютной погрешности установки электрической мощности постоянного тока при работе в режиме стабилизации мощности проводят в следующей последовательности:

- собрать схему согласно рисунку 3;
- в зависимости от модификации нагрузки выбрать шунт (сопротивление шунта R) таким образом, чтобы протекающий ток через нагрузку не превышал максимального тока шунта;
- на источнике питания установить значение напряжения и силы тока, равные верхним значениям пределов напряжения и силы тока нагрузки (допускается параллельное объединение источников для достижения заданной мощности в соответствии с руководством по эксплуатации источников);
- на поверяемой нагрузке установить режим стабилизации мощности (CP), согласно руководству по эксплуатации;
- установить значения мощности, соответствующие 10 %, 50 %, 90 % от номинального значения воспроизводимой величины;
- включить нагрузку в соответствии с руководством по эксплуатации;
- при помощи вольтметра зафиксировать напряжение на зажимах нагрузки;
- при помощи вольтметра измерить падение напряжения на шунте $U_{ш}$, В;
- силу тока, протекающего через шунт $I_{ш}$, А, вычислить по формуле (3)
- вычислить значение мощности, протекающей через нагрузку, по формуле

$$P_{изм} = U_{изм} \cdot I_{ш}, \quad (8)$$

где $P_{изм}$ – значение мощности, протекающей через нагрузку, Вт;

$U_{изм}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренное с помощью вольтметра на клеммах нагрузки, В;

$I_{ш}$ – значение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, вычисленное по формуле (3), А

– допускаемую абсолютную погрешность установки электрической мощности постоянного тока $\Delta P_{уст}$, Вт определить по формуле

$$\Delta P_{уст} = P_{уст} - P_{изм}, \quad (9)$$

где $P_{уст}$ – значение электрической мощности постоянного тока, установленное на нагрузке, Вт;

$P_{изм}$ – значение электрической мощности постоянного тока, рассчитанное по формуле (8), Вт

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученные значения погрешности не превышают указанных в таблице А2 Приложения А к настоящей методике поверки.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки заносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений ФГИС «АРШИН».

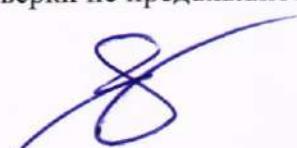
11.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки выдается свидетельство о поверке средства измерений, оформленное в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

11.3 В случае отрицательных результатов поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений с указанием причин.

11.4 Требования к оформлению протокола поверки не предъявляются.

Начальник лаборатории № 551
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

Ведущий инженер по метрологии
лаборатории № 551




Ю.Н. Ткаченко

М.В. Орехов

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 - Метрологические характеристики

Модификация нагрузки	Диапазон установки напряжения постоянного тока, В	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки напряжения постоянного тока, В	Диапазон установки силы постоянного тока, А	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки силы постоянного тока, А
FT6412A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,03)$	от 0 до 12 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,018)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,15)$	св. 12 до 120	$\pm(0,001 \cdot I + 0,18)$
FT6413A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,12)$	от 0 до 3 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,0045)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,6)$	св. 3 до 30	$\pm(0,001 \cdot I + 0,045)$
FT6420A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,03)$	от 0 до 16 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,024)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,15)$	св. 16 до 160	$\pm(0,001 \cdot I + 0,24)$
FT6421A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,12)$	от 0 до 6 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,009)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,6)$	св. 6 до 60	$\pm(0,001 \cdot I + 0,09)$
FT6430A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,03)$	от 0 до 24 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,036)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,15)$	св. 24 до 240	$\pm(0,001 \cdot I + 0,36)$
FT6431A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,12)$	от 0 до 9 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,0135)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,6)$	св. 9 до 90	$\pm(0,001 \cdot I + 0,135)$
FT6450A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,03)$	от 0 до 40 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,06)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,15)$	св. 40 до 400	$\pm(0,001 \cdot I + 0,6)$
FT6451A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,12)$	от 0 до 15 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,0225)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,6)$	св. 15 до 150	$\pm(0,001 \cdot I + 0,225)$
FT6452A	от 0 до 200 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,2)$	от 0 до 5 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,0075)$
	св. 200 до 1000	$\pm(0,0005 \cdot U + 1)$	св. 5 до 50	$\pm(0,001 \cdot I + 0,075)$
FT6460A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,03)$	от 0 до 48 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,072)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,15)$	св. 48 до 480	$\pm(0,001 \cdot I + 0,72)$
FT6461A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,12)$	от 0 до 18 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,027)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,6)$	св. 18 до 180	$\pm(0,001 \cdot I + 0,27)$
FT6462A	от 0 до 200 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,2)$	от 0 до 6 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,009)$
	св. 200 до 1000	$\pm(0,0005 \cdot U + 1)$	св. 6 до 60	$\pm(0,001 \cdot I + 0,09)$
FT6412N	от 0 до 8 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,002)$	от 0 до 20 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,01)$
	св. 8 до 40	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	св. 20 до 200	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,1)$
FT6420N	от 0 до 8 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,002)$	от 0 до 40 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,02)$
	св. 8 до 40	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	св. 40 до 400	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,2)$
FT6430N	от 0 до 8 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,002)$	от 0 до 60 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,03)$
	св. 8 до 40	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	св. 60 до 600	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,3)$
FT6412N+	от 0 до 4 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	от 0 до 35 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,0175)$
	св. 4 до 20	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,05)$	св. 35 до 350	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,175)$
FT6420N+	от 0 до 4 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	от 0 до 70 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,035)$
	св. 4 до 20	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,05)$	св. 70 до 700	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,35)$
FT6430N+	от 0 до 4 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	от 0 до 105 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,0525)$
	св. 4 до 20	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,05)$	св. 105 до 1000	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,525)$
FT6412NZ	от 0 до 10	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,005)$	от 0 до 12 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,006)$
			св. 12 до 120	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,06)$

Таблица А2 - Метрологические характеристики

Модификация нагрузки	Диапазон установки электрической мощности постоянного постоянного тока, Вт	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки электрической мощности постоянного тока, Вт	Диапазон установки электрического сопротивления постоянному току, Ом	Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки электрического сопротивления постоянному току, Ом		
FT6412A	от 0 до 1200	$\pm(0,005 \cdot P + 12)$	от 0,1 до 75 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,75)$		
			св. 75 до 375	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,75)$		
FT6413A	от 0 до 1200	$\pm(0,005 \cdot P + 12)$	от 1,5 до 1200 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,6)$		
			св. 1200 до 6000	$\pm(0,0035 \cdot R + 2,4)$		
FT6420A	от 0 до 2000	$\pm(0,005 \cdot P + 20)$	от 0,08 до 50 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 4)$		
			св. 50 до 250 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 5)$		
FT6421A	от 0 до 2000	$\pm(0,005 \cdot P + 20)$	от 0,8 до 600	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,6)$		
			св. 600 до 3000	$\pm(0,0035 \cdot R + 2,4)$		
FT6430A	от 0 до 3000	$\pm(0,005 \cdot P + 30)$	от 0,5 до 35 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,5)$		
			св. 35 до 180	$\pm(0,0035 \cdot R + 5,4)$		
FT6431A	от 0 до 3000	$\pm(0,005 \cdot P + 30)$	от 0,55 до 400 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,6)$		
			св. 400 до 2000	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,2)$		
FT6450A	от 0 до 5000	$\pm(0,005 \cdot P + 50)$	от 0,3 до 22 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,3)$		
FT6451A			св. 22 до 110	$\pm(0,0035 \cdot R + 5,5)$		
FT6452A			от 0,3 до 240 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 2,4)$		
			св. 240 до 1200	$\pm(0,0035 \cdot R + 2,4)$		
FT6460A			от 1,5 до 1200 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3,6)$		
			св. 1200 до 6000	$\pm(0,0035 \cdot R + 2,4)$		
			от 0,025 до 20 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3)$		
			св. 20 до 100	$\pm(0,0035 \cdot R + 5)$		
			от 0,25 до 300 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3)$		
FT6461A	от 0 до 6000	$\pm(0,005 \cdot P + 60)$	св. 300 до 1500	$\pm(0,0035 \cdot R + 3)$		
			от 1,5 до 1000 включ.	$\pm(0,0035 \cdot R + 3)$		
			св. 1000 до 5000	$\pm(0,0035 \cdot R + 2)$		
			от 0,016 до 12 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		
			св. 12 до 60	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		
FT6420N	от 0 до 2000	$\pm(0,005 \cdot P + 20)$	от 0,008 до 6 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		
			св. 6 до 30	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		
FT6430N	от 0 до 3000	$\pm(0,005 \cdot P + 30)$	от 0,006 до 4 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		
			св. 4 до 20	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		
FT6412N+	от 0 до 1200	$\pm(0,005 \cdot P + 12)$	от 0,008 до 14 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 2,8)$		
			св. 14 до 68	$\pm(0,001 \cdot R + 2,72)$		
FT6420N+	от 0 до 2000	$\pm(0,005 \cdot P + 20)$	от 0,004 до 6,8 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 0,544)$		
			св. 6,8 до 34	$\pm(0,001 \cdot R + 2,72)$		
FT6430N+	от 0 до 3000	$\pm(0,005 \cdot P + 30)$	от 0,003 до 4,7 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 2,35)$		
			св. 4,7 до 22,8	$\pm(0,001 \cdot R + 2,28)$		
FT6412 NZ	от 0 до 800	$\pm(0,005 \cdot P + 20)$	от 0,006 до 5 включ.	$\pm(0,001 \cdot R + 3,1)$		
			св. 5 до 25	$\pm(0,001 \cdot R + 3)$		

Таблица А3 - Метрологические характеристики

Модификация нагрузки	Диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока, В	Диапазон измерений силы постоянного тока, А	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока, А
FT6412A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,015)$	от 0 до 12 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,012)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,075)$	св. 12 до 120	$\pm(0,001 \cdot I + 0,12)$
FT6413A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,06)$	от 0 до 3 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,003)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,3)$	св. 3 до 30	$\pm(0,001 \cdot I + 0,03)$
FT6420A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,015)$	от 0 до 16 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,016)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,075)$	св. 16 до 160	$\pm(0,001 \cdot I + 0,16)$
FT6421A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,06)$	от 0 до 6 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,006)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,3)$	св. 6 до 60	$\pm(0,001 \cdot I + 0,06)$
FT6430A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,015)$	от 0 до 24 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,024)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,075)$	св. 24 до 240	$\pm(0,001 \cdot I + 0,24)$
FT6431A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,06)$	от 0 до 9 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,009)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,3)$	св. 9 до 90	$\pm(0,001 \cdot I + 0,09)$
FT6450A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,015)$	от 0 до 48 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,048)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,075)$	св. 48 до 480	$\pm(0,001 \cdot I + 0,48)$
FT6451A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,06)$	от 0 до 15 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,015)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,3)$	св. 15 до 150	$\pm(0,001 \cdot I + 0,15)$
FT6452A	от 0 до 200 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,1)$	от 0 до 5 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,005)$
	св. 200 до 1000	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,5)$	св. 5 до 50	$\pm(0,001 \cdot I + 0,05)$
FT6460A	от 0 до 30 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,015)$	от 0 до 48 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,048)$
	св. 30 до 150	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,075)$	св. 48 до 480	$\pm(0,001 \cdot I + 0,48)$
FT6461A	от 0 до 120 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,06)$	от 0 до 18 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,018)$
	св. 120 до 600	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,3)$	св. 18 до 180	$\pm(0,001 \cdot I + 0,18)$
FT6462A	от 0 до 200 включ.	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,1)$	от 0 до 6 включ.	$\pm(0,001 \cdot I + 0,006)$
	св. 200 до 1000	$\pm(0,0005 \cdot U + 0,5)$	св. 6 до 60	$\pm(0,001 \cdot I + 0,06)$
FT6412N	от 0 до 8 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,002)$	от 0 до 20 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,01)$
	св. 8 до 40	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	св. 20 до 200	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,1)$
FT6420N	от 0 до 8 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,002)$	от 0 до 40 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,02)$
	св. 8 до 40	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	св. 40 до 400	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,2)$
FT6430N	от 0 до 8 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,002)$	от 0 до 60 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,03)$
	св. 8 до 40	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	св. 60 до 600	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,3)$
FT6412N+	от 0 до 4 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	от 0 до 35 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,0175)$
	св. 4 до 20	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,05)$	св. 35 до 350	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,175)$
FT6420N+	от 0 до 4 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	от 0 до 70 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,035)$
	св. 4 до 20	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,05)$	св. 70 до 700	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,35)$
FT6430N+	от 0 до 4 включ.	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,01)$	от 0 до 105 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,0525)$
	св. 4 до 20	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,05)$	св. 105 до 1000	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,525)$
FT6412NZ	от 0 до 10	$\pm(0,00025 \cdot U + 0,005)$	от 0 до 12 включ.	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,006)$
			св. 12 до 120	$\pm(0,0005 \cdot I + 0,06)$