

Государственное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических измерений»
(ГП «ВНИИФТРИ»)
ГОССТАНДАРТА РОССИИ



ТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ,
зам. Генерального директора
ГП «ВНИИФТРИ»

Д.Р. Васильев

08 2003 г.

**Меры напряжения и тока
E3610A, E3611A, E3612A, E3614A, E3615A, E3616A,
E3617A, E3620A, E3630A**

Методика поверки

E3600-KR0150 МП

Менделеево, Московской обл.
2003 г.

Настоящая методика поверки распространяется на меры напряжения и тока E3610A, E3611A, E3612A, E3614A, E3615A, E3616A, E3617A, E3620A, E3630A производства фирмы "Agilent Technologies, Inc" (США) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Межповерочный интервал – 1 год.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 1

Наименование операций	Номер пункта методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	7.1.	Да	Да
Опробование	7.2.	Да	Да
Определение метрологических характеристик	7.3.	Да	Да
Определение нестабильности выходного напряжения от изменения нагрузки	7.3.1	Да	Да
Определение нестабильности выходного напряжения от изменения напряжения питания	7.3.2	Да	Нет
Определение времени переходного процесса при изменении нагрузки	7.3.3	Да	Нет
Определение погрешности измерения выходного тока	7.3.4	Да	Да
Определение нестабильности выходного тока от изменения нагрузки	7.3.5	Да	Да
Определение нестабильности выходного тока от изменения напряжения питания	7.3.6	Да	Нет
Определение погрешности измерения выходного напряжения	7.3.7	Да	Да

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Номер пункта методики	Наименование рабочего эталона или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству; разряд по государственной поверочной схеме и/или метрологические и основные технические характеристики
7.3.3	Осциллограф цифровой 192В фирмы Fluke, полоса частот 60МГц, порог чувствительности - 1 мВ
7.3.1, 7.3.2, 7.3.3- 7.3.7	Мультиметр 34401А фирмы Agilent, диапазон измерения напряжений – 100 мВ... 1000 В, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения: постоянного напряжения $\pm 0.004\%$, переменного напряжения $\pm 0,09\%$ на частоте 1 кГц. – 2 экз.
7.3.2, 7.3.6	Источник переменного тока регулируемый (автотрансформатор), диапазон выходного напряжения – 90... 240 В, максимальная выходная мощность – 1 кВ·А.
7.3.1- 7.3.7	Комплект нагрузочных сопротивлений, рассеиваемая мощность – не менее 50 Вт, предел допускаемой основной относительной погрешности сопротивления $\pm 1\%$
7.3.4- 7.3.6	Шунт токовый измерительный, сопротивление – 0.01 Ом, максимальный ток – 50 А, предел допускаемой основной относительной погрешности сопротивления $\pm 0.005\%$

2.2. Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке.

2.3. При проведении поверки допускается использование иных средств измерений, соответствующих по своим метрологическим и техническим характеристикам указанным в таблице 2.1.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений и квалификацию поверителя.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть соблюдены нормальные условия, установленные ГОСТ 8.395-80.

6. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1. Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации (РЭ) поверяемого прибора, а также технические описания и руководства по эксплуатации (ТО и РЭ) используемых средств поверки.

6.2. Поверяемый прибор и используемые средства поверки должны быть заземлены и прогреты во включенном состоянии в течение времени, указанного в РЭ и ИЭ.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ ДЛЯ НАСТОЯЩЕЙ МЕТОДИКИ

1) подробности перевода испытываемого прибора и/или средств поверки в тот или иной режим (последовательность нажатия кнопок и т.п.) в тексте опускаются, подразумевая, что поверитель в достаточной степени знаком с приемами работы со всеми используемыми приборами.

2) при проведении испытаний используются соединительные кабели, которые по своей конструкции и характеристикам (сопротивление, затухание, потери и т.п.) должны соответствовать соединяемым узлам приборов и передаваемым сигналам, поэтому подробные указания по типу и характеристикам кабелей следует получать из руководства пользователя; в тексте данные подробности опущены. То же самое относится и к кабелям питания.

3) для удобства работы и исключения разночтений единицы измерения в тексте могут приводиться в том виде, в котором их индицируют приборы, например: «1 Vrms» – переменное напряжение 1 В эфф.

4) перечень сигнальных соединений, приводимый для каждого испытания предполагает, что ВСЕ ПРЕДЫДУЩИЕ сигнальные соединения испытываемого прибора разорваны и питание прибора соответствует номинальным режимам.

5) во всех испытаниях, если это не оговорено особо, меры должны находиться в режиме работы с внешней обратной связью (remote sense). Подключение нагрузки при этом выполняется по схемам, приведенным ниже на рисунке.

6) измерение выходного тока каждого канала меры производится косвенным методом, путем измерения падения напряжения на токовом шунте калиброванного сопротивления. Измерение падения напряжения должно производиться непосредственно на шунте, поскольку только в этом случае на результат измерения не влияет сопротивление соединительных проводов.

7) так как меры в серии E3600 имеют многочисленный ряд напряжений и токов, то, если это не оговорено особо, в качестве испытательного ряда напряжений и токов принимается равномерный ряд из 6 значений, равных 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% от максимального значения напряжения и/или тока для данного канала. По той же причине, минимальное сопротивление и максимальная выделяемая мощность нагрузки, используемой при испытании, подлежит расчету, исходя из максимальной выходной мощности испытываемого канала.

ПРИМЕР. Мера напряжения и тока E3617A. Максимальное напряжение – 60 В, максимальный ток – 1 А. Ряд напряжений: 0В, 12В, 24В, 36В, 48В, 60В. Ряд токов: 0А, 0.2А, 0.4А, 0.6А, 0.8А, 1.0 А.

8) все испытания, если это не оговорено особо, должны проводиться для всех каналов и всех диапазонов каждого канала. При этом следует учитывать разницу в параметрах каналов/диапазонов, которая приводится в соответствующей таблице.

Для мер/каналов с биполярным выходом испытания (кроме определения времени переходного процесса) следует проводить либо с удвоенным количеством средств поверки одновременно для выходов обеих полярностей, либо подключать указанные средства поверки попеременно в каждый выход биполярного канала. В любом случае, рекомендуется стремиться к максимально симметричной нагрузке канала с биполярным выходом.

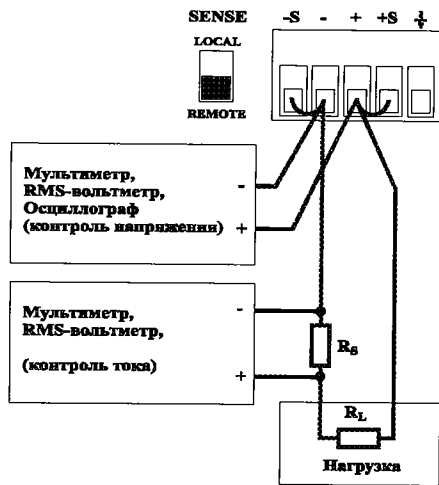


Схема А. Измерение выходного напряжения и тока

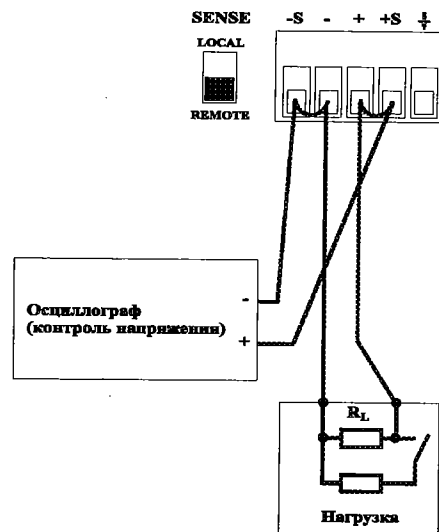


Схема В. Измерение времени переходного процесса

7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1. При проведении внешнего осмотра проверяются:

- сохранность пломб;
- чистота и механическая исправность разъемов и гнезд;
- наличие предохранителей;
- отсутствие механических повреждений корпуса и ослабления крепления элементов конструкции (определяется на слух при наклонах прибора);
- сохранность органов управления, четкость фиксации их положения;
- комплектность прибора согласно РЭ.

Приборы, имеющие дефекты, бракуют.

7.2. Опробование поверяемого прибора производят после 30 минут прогрева прибора установкой режима самоконтроля (тестирования), если он предусмотрен в поверяемой мере. Если режим тестирования не предусмотрен, то в ручном режиме проверяется адекватность реакции прибора на изменение положения органов управления.

Результаты опробования считаются положительными, если выполняются все тесты, предусмотренные РЭ поверяемого прибора (для режима тестирования) или если в ручном режиме прибор обрабатывает команды оператора.

7.3. Определение метрологических характеристик.

7.3.1. Определение нестабильности выходного напряжения от изменения нагрузки производится с помощью мультиметра 34401А и нагрузочного резистора.

Собрать схему измерения «А».

Сопrotивление нагрузки выбрать равным значению: $R_L = U_{\max}/I_{\max}$

Перевести мультиметр в режим измерения постоянного напряжения с временем накопления 1 с и автоматическим выбором предела измерения.

Включить питание прибора и повернуть ручку регулировки тока **CURRENT** до конца по часовой стрелке.

Установить выходное напряжение на максимальное для каждой модели/канала/диапазона значение (например, 8 В для Е3614А, 20 В для Е3615А, 35 В для Е3616А, 60 В для Е3617А) по показаниям цифрового мультиметра.

Считать показания мультиметра как величину U_1 .

Разорвать цепь нагрузки. Считать изменившиеся показания мультиметра как величину U_2 , рассчитать отклонение - $(U_1 - U_2)$.

Рассчитанное значение отклонения должно находиться в пределах, указанных в табл. 7.3.1.

Таблица 7.3.1.

Модель	Е3610А	Е3611А	Е3612А	Е3614А	Е3615А	Е3616А	Е3617А	Е3620А	Е3630А
Допускаемые предельные отклонения	$\pm (0,0001 U_1 + 2 \text{ мВ})$								

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если рассчитанное значение отклонения выходного напряжения от первоначального ниже предельных значений.

7.3.2. Определение нестабильности выходного напряжения от изменения напряжения питания производится с помощью мультиметра 34401А (2 шт.), автотрансформатора и нагрузочного резистора.

Собрать схему измерения «А», для измерения выходного напряжения меры использовать один из мультиметров (мультиметр 1).

Подключить входы второго мультиметра (мультиметра 2) и кабель питания поверяемого прибора к выходным клеммам автотрансформатора. Перевести мультиметр 2 в режим измерения переменного напряжения с временем накопления 1 с и автоматическим выбором предела измерения.

Установить напряжение на выходе автотрансформатора равным номинальному напряжению питания поверяемого прибора.

Сопротивление нагрузки выбрать равным значению: $R_L = U_{\max}/I_{\max}$.

Включить питание поверяемого прибора и повернуть ручку регулировки тока **CURRENT** до конца по часовой стрелке.

Перевести мультиметр 1 в режим измерения постоянного напряжения с временем накопления 1 с и автоматическим выбором предела измерения.

При помощи автотрансформатора, контролируя показания мультиметра 2, уменьшить напряжение питания поверяемого прибора до нижней допустимой границы (- 10%).

Вращать ручку регулировки напряжения **VOLTAGE**, пока дисплей лицевой панели не отразит максимальное выходное напряжение.

Считать показания мультиметра 1 как величину U_1 .

При помощи автотрансформатора, контролируя показания мультиметра 2, увеличить напряжение питания поверяемого прибора до верхней допустимой границы (+ 10%).

Считать изменившиеся показания мультиметра 1 как величину U_2 , рассчитать отклонение ($U_1 - U_2$).

Рассчитанное значение отклонения должно находиться в пределах, указанных в табл. 7.3.2.

Таблица 7.3.2.

Модель	Е3610А	Е3611А	Е3612А	Е3614А	Е3615А	Е3616А	Е3617А	Е3620А	Е3630А
Допускаемые предельные отклонения	$\pm (0,0001 U_1 + 2 \text{ мВ})$								

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если рассчитанное значение отклонения выходного напряжения ниже предельных значений.

7.3.3. Определение времени переходного процесса при изменения нагрузки производится с помощью осциллографа Fluke 192В и нагрузочного резистора (2 шт.). Суть поверочной операции – исследование изменения во времени выходного напряжения при изменении нагрузки с полной на половинную или с половинной на полную.

Собрать схему измерения «В». Подключить оба нагрузочных резистора.

Сопротивление обоих нагрузочных резисторов выбрать равным значению:

$$R_L = U_{\max} / I_{\max}.$$

Включить питание поверяемого прибора и повернуть ручку регулировки тока **CURRENT** до конца по часовой стрелке.

Установить максимальное значение выходного напряжения меры.

Перевести осциллограф в режим однократного запуска с синхронизацией входным сигналом, с масштабом амплитуды 20 мВ/дел., масштабом времени 20 мкс/дел. Вход – закрытый (AC-coupled). Установить уровень запуска равным 0В.

Включить готовность осциллографа.

Разорвать цепь нагрузочного резистора 2, проанализировать записанную осциллограмму. Она должна примерно соответствовать рисунку 7.3.3.

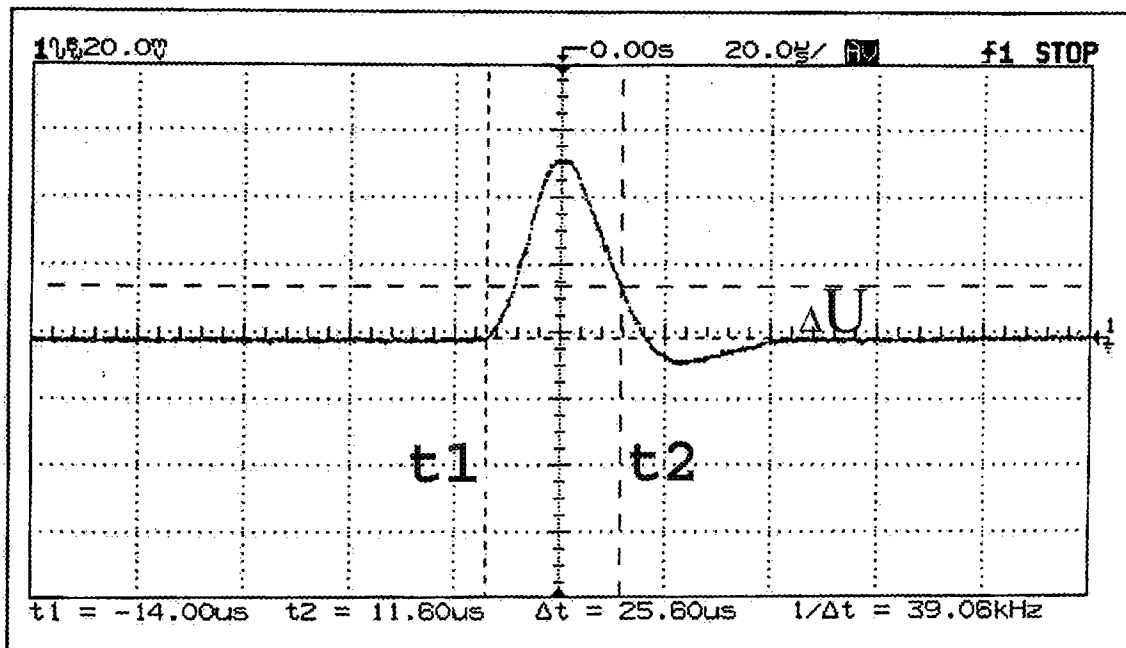


Рис. 7.3.3. Изменение выходного напряжения меры во времени при изменении нагрузки

Контролю подлежит участок $\Delta t = t_1 - t_2$, соответствующий времени, в течение которого выходное напряжение возвращается в зону ΔU , соответствующую допустимому отклонению от установившегося значения.

Для измерения времени необходимо воспользоваться функцией осциллографа «курсорные измерения». Для этого:

- активизировать курсор шкалы напряжения №1 (далее «КН1»)
- установить его на линию установившегося напряжения после переходного процесса (см. правую часть рис. 7.3.3.)
- активизировать курсор шкалы напряжения №2 (далее «КН2»), совместить КН2 с КН1.
- отвести КН2 от КН1 в направлении пика напряжения переходного процесса (для осциллограммы на рис. 7.3.3 – вверх) на расстояние, соответствующее разности напряжений между КН1 и КН2, равной ΔU . (Разность напряжений рассчитывается самим осциллографом и отображается на дисплее)
- активизировать курсор шкалы времени №1 (далее «КВ1»)
- установить КВ1 на точку, соответствующую началу переходного процесса
- активизировать курсор шкалы времени №2 (далее «КВ2»),
- установить КВ2 в точку пересечения КН2 со спадающим участком осциллограммы.

- считать рассчитанный самим осциллографом интервал времени между KB1 и KB2 как величину Δt .

Если на полученной осциллограмме невозможно определить указанные параметры скачка напряжения, следует изменить настройки схемы запуска осциллографа (уровень, фронт/срез и т.д.), а, при необходимости, и масштабы развертки по осям.

Для повторения записи следует подключить резистор 2, включить готовность осциллографа и вновь разорвать цепь резистора 2.

Повторить измерения не менее 5 раз, рассчитать среднее значение времени переходного процесса.

Рассчитанное среднее значение времени не должно превышать пределов, указанных в табл. 7.3.3.

Таблица 7.3.3.

Модель	Е3610А	Е3611А	Е3612А	Е3614А...Е3630А
Допускаемое предельное значение времени Δt	50 мкс			50 мкс
отклонение напряжения ΔU	10 мВ			15 мВ

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если рассчитанное среднее значение времени не превышает указанных предельных значений.

7.3.4. Определение погрешности измерения выходного тока производится с помощью мультиметра 34401А, нагрузочного резистора и токового шунта.

Собрать схему измерения «А».

Сопротивление нагрузки выбрать равным значению: $R_L = U_{\max} / I_{\max}$

Включить питание поверяемого прибора и повернуть ручку регулировки тока **CURRENT** до конца по часовой стрелке.

Установить максимальное значение выходного напряжения меры.

Перевести мультиметр, подключенный к шунту, в режим измерения постоянного напряжения с временем накопления 1 с и пределом измерения 100 мВ.

Считать показания мультиметра.

Последовательно устанавливать выходное напряжение от 100 до 0% ступенями по 20 % и фиксировать показания мультиметра как величину U_{SI} и показания встроенного в меру амперметра A_I для каждого значения выходного напряжения.

Зная сопротивление шунта, рассчитать ток в цепи нагрузки по формуле: $I_{\text{НАГР}} = U_S / R_S$. Рассчитать абсолютную погрешность измерения выходного тока, которая должна находиться в пределах, указанных в табл. 7.3.4.

Погрешность рассчитывать по формуле $\Delta I = U_{SI} / R_S - A_I$

Таблица 7.3.4.

Модель	Е3610А	Е3611А	Е3612А	Е3614А	Е3615А	Е3616А	Е3617А	Е3620А	Е3630А
Допускаемые предельные отклонения	$\pm (0,005 \cdot I + 0,002 \cdot A)$								

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если относительная погрешность измерения выходного тока не превышает указанных предельных значений.

7.3.5. Определение нестабильности выходного тока от изменения нагрузки производится с помощью мультиметра 34401А, нагрузочного резистора – 2 шт. и токового шунта.

Собрать схему измерения «А».

Сопротивление обоих нагрузочных резисторов выбрать соответствующим значению: $R_L = 0,95 \cdot U_{\max} / I_{\max}$. Подключить в качестве нагрузки только один из нагрузочных резисторов.

Включить питание поверяемого прибора и повернуть ручку регулировки напряжения **VOLTAGE** до конца по часовой стрелке.

Перевести меру в режим стабилизации тока, установить выходной ток на максимальную величину. Убедиться, что дисплей поверяемого прибора показывает максимальное значение тока, а индикатор (светодиод) «СС» («Constant current») горит. Если индикатор «СС» не горит, уменьшить установленное значение выходного тока ручкой **CURRENT**.

Перевести мультиметр, подключенный к шунту, в режим измерения постоянного напряжения с временем накопления 1 с и пределом измерения 100 мВ.

Считать показания мультиметра как величину U_1 .

Подключить второй нагрузочный резистор параллельно первому, считать изменившиеся показания мультиметра как величину U_2 .

Зная сопротивление шунта, рассчитать отклонение тока в цепи нагрузки по формуле: $\Delta I_{\text{НАГР}} = (U_1 - U_2)/R_s$.

Рассчитанное значение отклонения должно находиться в пределах $\pm (0,0001 \cdot U_1/R_s + 250 \text{ мкА})$.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если рассчитанное значение отклонения выходного тока не превышает указанных предельных значений.

7.3.6. Определение нестабильности выходного тока от изменения напряжения питания производится с помощью мультиметра 34401А (2 шт.), источника переменного напряжения, нагрузочного резистора, токового шунта.

Собрать схему измерения «А», один из мультиметров для измерения тока (мультиметр 1).

Подключить входы мультиметра 2 и кабель питания поверяемого прибора к выходным клеммам автотрансформатора. Перевести мультиметр 2 в режим измерения переменного напряжения с временем накопления 1 с и автоматическим выбором предела измерения.

Установить напряжение на выходе автотрансформатора равным номинальному напряжению питания поверяемого прибора.

Сопротивление нагрузочного резистора выбрать соответствующим значению: $R_L = 0,95 \cdot U_{\text{max}}/I_{\text{max}}$.

Включить питание поверяемого прибора и повернуть ручку регулировки напряжения **VOLTAGE** до конца по часовой стрелке.

Перевести меру в режим стабилизации тока, установить выходной ток на максимальное значение. Убедиться, что дисплей поверяемого прибора показывает максимальное значение тока, а индикатор (светодиод) «СС» («Constant current») горит. Если индикатор «СС» не горит, уменьшить установленное значение выходного тока ручкой **CURRENT**.

Перевести мультиметр 1 в режим измерения постоянного напряжения с временем накопления 1 с и пределом измерения 100 мВ.

При помощи автотрансформатора, контролируя показания мультиметра 2, уменьшить напряжение питания поверяемого прибора до нижней допустимой границы (- 10%).

Считать показания мультиметра 1 как величину U_1 .

При помощи автотрансформатора, контролируя показания мультиметра 2, увеличить напряжение питания поверяемого прибора до верхней допустимой границы (+ 10%).

Считать изменившиеся показания мультиметра 1 как величину U_2 .

Зная сопротивление шунта, рассчитать отклонение тока в цепи нагрузки по формуле: $\Delta I_{\text{НАГР}} = (U_1 - U_2)/R_s$.

Рассчитанное значение отклонения должно находиться в пределах:

$\pm (0,0001 \cdot U_1/R_s + 250 \text{ мкА})$.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если рассчитанное значение отклонения выходного тока не превышает указанных предельных значений.

7.3.7. Определение погрешности измерения выходного напряжения производится с помощью мультиметра 34401А и нагрузочного резистора.

Собрать схему измерения «А», в качестве мультиметра для измерения напряжения использовать 34401А, шунт заменить перемычкой.

Сопротивление нагрузочного резистора выбрать равным значению: $R_L = 0,95 \cdot U_{\max} / I_{\max}$.

Включить питание поверяемого прибора и повернуть ручку регулировки напряжения **VOLTAGE** до конца по часовой стрелке.

Перевести меру в режим стабилизации тока, установить выходной ток на максимальное значение. Убедиться, что дисплей поверяемого прибора показывает максимальное значение тока, а индикатор (светодиод) «СС» («Constant current») горит. Если индикатор «СС» не горит, уменьшить установленное значение выходного тока ручкой **CURRENT**.

Перевести мультиметр в режим измерения постоянного напряжения с временем накопления 1 с и с автоматическим выбором предела измерения.

Последовательно устанавливая выходной ток от 0 до 100% ступенями по 20 % и фиксировать показания мультиметра U_{1i} и показания встроенного вольтметра U_{2i} для каждого значения тока.

Рассчитать абсолютную погрешность измерения выходного напряжения

$$\Delta_i = U_{1i} - U_{2i} \text{ для каждого значения выходного тока.}$$

Абсолютная погрешность показаний встроенного вольтметра относительно измеренного значения выходного напряжения должна находиться в пределах, указанных в табл. 7.3.7.

Таблица 7.3.7.

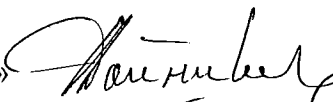
Модель	Е3610А	Е3611А	Е3612А	Е3614А	Е3615А	Е3616А	Е3617А	Е3620А	Е3630А
Допускаемые предельные отклонения	$\pm (0,005 \cdot U + 0,02 \text{ В})$ для напряжения менее 20 В $\pm (0,005 \cdot U + 0,2 \text{ В})$ для напряжения равного или превышающего 20 В								

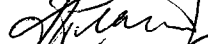
Результаты поверки считаются удовлетворительными, если абсолютная погрешность измерения выходного напряжения не превышает указанных предельных значений.

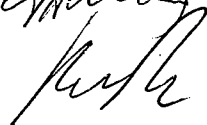
8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1. При выполнении операций поверки оформляются протоколы в произвольной форме.

8.2. Результаты поверки оформляются путем выдачи «Свидетельства о поверке» или «Извещения о непригодности» в соответствии с ПР 50.2.006-94.

Главный метролог ГП «ВНИИФТРИ»  А.С. Дойников

Нач. лаборатории ГП «ВНИИФТРИ»  Ф.А. Платонов

Ведущий электроник ГП «ВНИИФТРИ»  В.А. Бабарыкин

Ст. науч. сотр. ГП «ВНИИФТРИ»  В.В. Кубышкин