

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО



Государственная система обеспечения единства измерений

**КОМПЛЕКТ ШУНТОВ ТОКОВЫХ ЭТАЛОННЫХ
БЕЗРЕАКТИВНЫХ ШЭ**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП – 2201 – 0049 – 2023

Заместитель руководителя лаборатории
государственных эталонов в области
измерений режимов электрических цепей

 Ю.А. Громова

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки средства измерений.....	3
3	Требования к условиям проведения поверки.....	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки...	5
7	Внешний осмотр средства измерений	5
8	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9	Определение метрологических характеристик средства измерений.....	6
10	Подтверждение соответствия метрологическим требованиям.....	10
11	Оформление результатов поверки.....	11
	Приложение А	12

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплект шунтов токовых эталонных безреактивных ШЭ (далее – шунты), изготовленные “ООО “НПП МАРС-ЭНЕРГО”.

1.2 Настоящая методика обеспечивает прослеживаемость шунтов к государственному первичному специальному эталону единицы силы электрического тока в диапазоне частот $20 - 1 \cdot 10^6$ Гц (ГЭТ 88-2014) в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений силы переменного электрического тока от $1 \cdot 10^{-8}$ до 100 А в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 17 марта 2022 г. № 668.

Передачу единицы переменного электрического тока от государственного первичного специального эталона, применяемого при реализации методики поверки, выполняют методом непосредственного сличения шунтов с эталонными шунтами из состава государственного первичного специального эталона

Методикой поверки предусмотрено проведение поверки шунтов по отдельности и в ограниченном диапазоне частот в соответствии с заявлением владельца, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операция поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к проверке и опробование	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик	Да	Да	9
Определение коэффициента К в диапазоне силы токов от 10 мА до 2 А включ.	Да	Да	9.1
Определение коэффициента К в диапазоне силы токов св. 2 А и до 10 А включ.	Да	Да	9.2
Определение коэффициента К в диапазоне силы токов св. 10 А и до 50 А	Да	Да	9.3
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10

2.2 Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается и выдается извещение о непригодности.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 2 ;
- относительная влажность воздуха, не более % 80;
- атмосферное давление, кПа $101,3 \pm 4,0$.

3.2 Шунты и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Персонал, участвующий в подготовке и проведении поверки шунтов, должен пройти специальный инструктаж, иметь допуск к работе с электроустановками напряжением до 1000 В и к работе на государственном первичном специальном эталоне единицы силы электрического тока в диапазоне частот $20 - 1 \cdot 10^6$ Гц (ГЭТ 88-2014).

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Поверку шунтов рекомендуется проводить с помощью средств измерений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15°C до 30°C с абсолютной погрешностью не более $0,5^{\circ}\text{C}$. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %. Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более 0,7 кПа.	Измеритель параметров воздуха 50503, рег. номер 32811-06
п. 9 Определение метрологических характеристик шунтов	Диапазон силы тока $1 \cdot 10^{-3} - 100$ А Диапазон частот 20 Гц – 1 МГц; НСП: $3 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$ СКО: $1 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-5}$	Государственный первичный специальный эталон единицы силы электрического тока в диапазоне частот $20 - 1 \cdot 10^6$ Гц (ГЭТ 88-2014)

5.2. Допускается применение средств поверки, не указанных в таблице 2, но обеспечивающих определение метрологических характеристик, поверяемых шунтов с требуемой точностью. Соотношение доверительных границ суммарной погрешности средств поверки и погрешностей шунтов должно быть не более 1/3.

5.3 Применяемые для поверки СИ или эталоны, должны быть утвержденного типа. СИ должны иметь актуальные данные о поверке в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Эталоны должны быть аттестованы согласно порядку, установленному приказом Минпромторга РФ от 11. 02. 2020 г. № 456.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При поверке должны выполняться меры безопасности, указанные в руководствах (инструкциях) по эксплуатации поверяемых шунтов и средств поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 Внешний осмотр шунтов предусматривает проверку:

- комплектности;
- отсутствия механических повреждений корпуса и разъемов подключения измерительных цепей, клемм заземления и экранирования;
- состояния лакокрасочных покрытий;
- состояния маркировки;
- наличие и сохранность пломб.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если отсутствуют механические повреждения, трещины, сколы, дефекты и другие видимые причины, препятствующие применению шунтов, надписи и обозначения на шунтах четкие и соответствуют эксплуатационным документам. При отрицательном результате внешнего осмотра выполнение дальнейших операций по поверке прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 При подготовке к поверке, опробовании и проведении поверки необходимо контролировать условия поверки в соответствии с п. 3.1.

8.2 После транспортирования шунты должны быть выдержаны в нормальных условиях не менее суток.

8.3 Перед проведением поверки следует проверить наличие эксплуатационной документации на шунты и срок действия свидетельства о поверке шунтов.

Подготовить к работе шунты в соответствии с его эксплуатационной документацией.

8.4 Опробование проводят после ознакомления с руководством по эксплуатации на шунты.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

Проверка шунтов проводится

- в диапазоне силы токов от 10 мА до 100 мА включ. на частотах 20 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 70 кГц и 100 кГц;

- в диапазоне силы токов св. 100 мА до 50 А на частотах 40 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 20 кГц.

На шунте ШЭ-0.02 проводят измерение силы переменного тока 10 мА и 20 мА при частоте от 20 Гц до 100 кГц.

На шунте ШЭ-0.1 проводят измерение силы переменного тока 50 мА и 100 мА при частоте от 20 Гц до 100 кГц.

На шунте ШЭ-0.5 проводят измерение силы переменного тока 200 мА и 500 мА при частоте от 20 Гц до 100 кГц.

На шунте ШЭ-1.0 проводят измерение силы переменного тока 1 А при частоте от 40 Гц до 20 кГц.

На шунте ШЭ-2.5 проводят измерение силы переменного тока 2 А при частоте от 40 Гц до 20 кГц.

На шунте ШЭ-5.0 проводят измерение силы переменного тока 5 А при частоте от 40 Гц до 20 кГц.

На шунте ШЭ-10.0 проводят измерение силы переменного тока 1 А при частоте от 40 Гц до 20 кГц.

На шунте ШЭ-50.0 проводят измерение силы переменного тока 20 А и 50 А при частоте от 40 Гц до 20 кГц.

Передачу единицы переменного напряжения от государственного первичного специального эталона, применяемого при поверке, выполняют методом непосредственного сличения поверяемых шунтов с эталонными шунтами из состава государственного первичного специального эталона (далее по тексту – эталонные шунты).

9.1 Определение коэффициента К в диапазоне силы токов от 10 мА до 2 А включ.

9.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

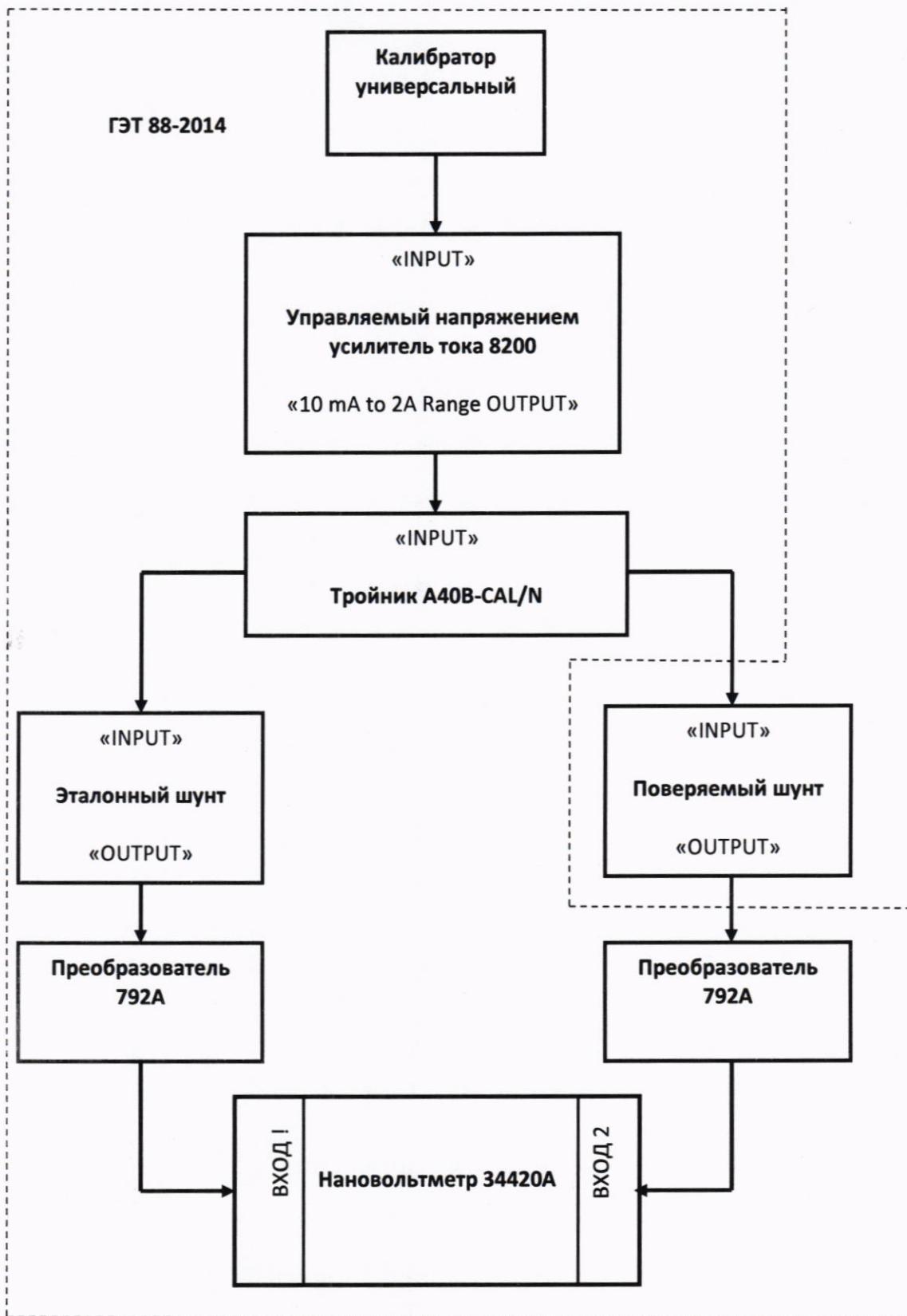


Рисунок 1 - Схема соединения приборов при определении метрологических характеристик шунтов переменного тока в диапазоне силы токов от 10 мА до 2 А включ.

9.1.2 Определение метрологических характеристик шунтов выполняется на номинальном значении силы тока эталонного шунта и поверяемого шунта. В случае если номинальные значения силы тока эталонного шунта и поверяемого разные, на их вход подается сила тока равная меньшему из номинальных значений силы тока шунтов. При этом соотношение номинальных значений силы тока шунтов не менее 1/2.

9.1.3 Подать на вход последовательно соединённых в тройнике A40B-CAL/N эталонного шунта и поверяемого шунта ток, номинальное значение которого определяется в соответствии с п. 9.1.2, и выдержать шунты при поданном на них токе в течение получаса.

9.1.4. Подать на вход тройникового соединителя переменный ток частотой f с номинальным значением равным номинальному значению, установленному в п. 9.1.2. Измерить нановольтметром 34420А напряжение e_{3f} на выходе преобразователя 792А, измеряющего, в свою очередь, напряжение на выходе эталонного шунта (канал 1) и напряжение $e_{k/1}$ на выходе преобразователя 792А, измеряющего, в свою очередь, напряжение на выходе поверяемого шунта (канал 2).

9.1.5 Подать на вход тройникового соединителя постоянный ток положительной полярности с номинальным значением равным номинальному значению, установленному в п. 9.1.2 и регулировкой уровня выходного тока установить значение напряжения на выходе эталонного шунта (канал 1) равное e_{3f} . Измерить нановольтметром 34420А напряжение e_{k+} на выходе преобразователя 792А, измеряющего, в свою очередь, напряжение на выходе поверяемого шунта (канал 2).

9.1.6 Подать на вход тройникового соединителя постоянный ток отрицательной полярности с номинальным значением равным номинальному значению, установленному в п. 9.1.2 и регулировкой уровня выходного тока установить значение напряжения на выходе эталонного шунта (канал 1) равное e_{3f} . Измерить нановольтметром 34420А напряжение e_{k-} на выходе преобразователя 792А, измеряющего, в свою очередь, напряжение на выходе поверяемого шунта (канал 2).

9.1.7 Подать на вход тройникового соединителя переменный ток частотой f с номинальным значением равным номинальному значению, установленному в п. 9.1.2 и регулировкой уровня выходного тока установить значение напряжения на выходе эталонного шунта (канал 1) равное e_{3f} . Измерить нановольтметром 34420А напряжение $e_{k/2}$ на выходе преобразователя 792А, измеряющего, в свою очередь, напряжение на выходе поверяемого шунта (канал 2).

9.1.8 Рассчитать значение частотной погрешности поверяемого шунта на частоте f по формуле:

$$\gamma_k = \frac{\Delta e_k}{e_{k\ cp}}$$

$$e_{k\ cp} = \frac{e_{k+} + e_{k-}}{2}$$

$$\Delta e_k = \frac{e_{kf1} + e_{kf2}}{2} - \frac{e_{k+} + e_{k-}}{2}$$

9.1.9 Повторить операции по пп. 9.1.4 – 9.1.7 в цикле ($I_{\sim}, I_+, I_-, I_{\sim}$) « n » раз (но не менее трех), рассчитывая значение частотной погрешности γ_k поверяемого шунта на частоте f . За результат измерения принимается среднее значение частотной погрешности γ_k поверяемого шунта.

9.1.10 Рассчитать значение коэффициента K поверяемого шунта по формуле

$$K = \gamma_{\text{эш}} - \gamma_k + \gamma_{\text{эм792A}} - \gamma_{\text{пов792A}},$$

где $\gamma_{\text{эш}}$ – значение основной погрешности компарирования силы переменного тока эталонного шунта из состава ГЭТ 88-2014;

$\gamma_{\text{эм792A}}$ – значение основной погрешности компарирования переменного напряжения на частоте f преобразователя 792А, измеряющего падение напряжения на выходе эталонного шунта из состава ГЭТ 88-2014;

$\gamma_{\text{пов792A}}$ – значение основной погрешности компарирования переменного напряжения на частоте f преобразователя 792А, измеряющего падение напряжения на выходе поверяемого шунта.

9.1.11 Повторить операции по пп. 9.1.4 – 9.1.10 для всех требующихся частот.

Определение метрологических характеристик в соответствии со схемой соединения приборов, приведённой на рисунке 1, проводится

- в диапазоне силы токов от 10 мА до 100 мА включ. на частотах 20 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 70 кГц и 100 кГц;
- в диапазоне силы токов св. 100 мА до 2 А включ. на частотах 40 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 20 кГц.

9.2 Определение коэффициента K в диапазоне силы токов св. 2 А и до 10 А включ.

9.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

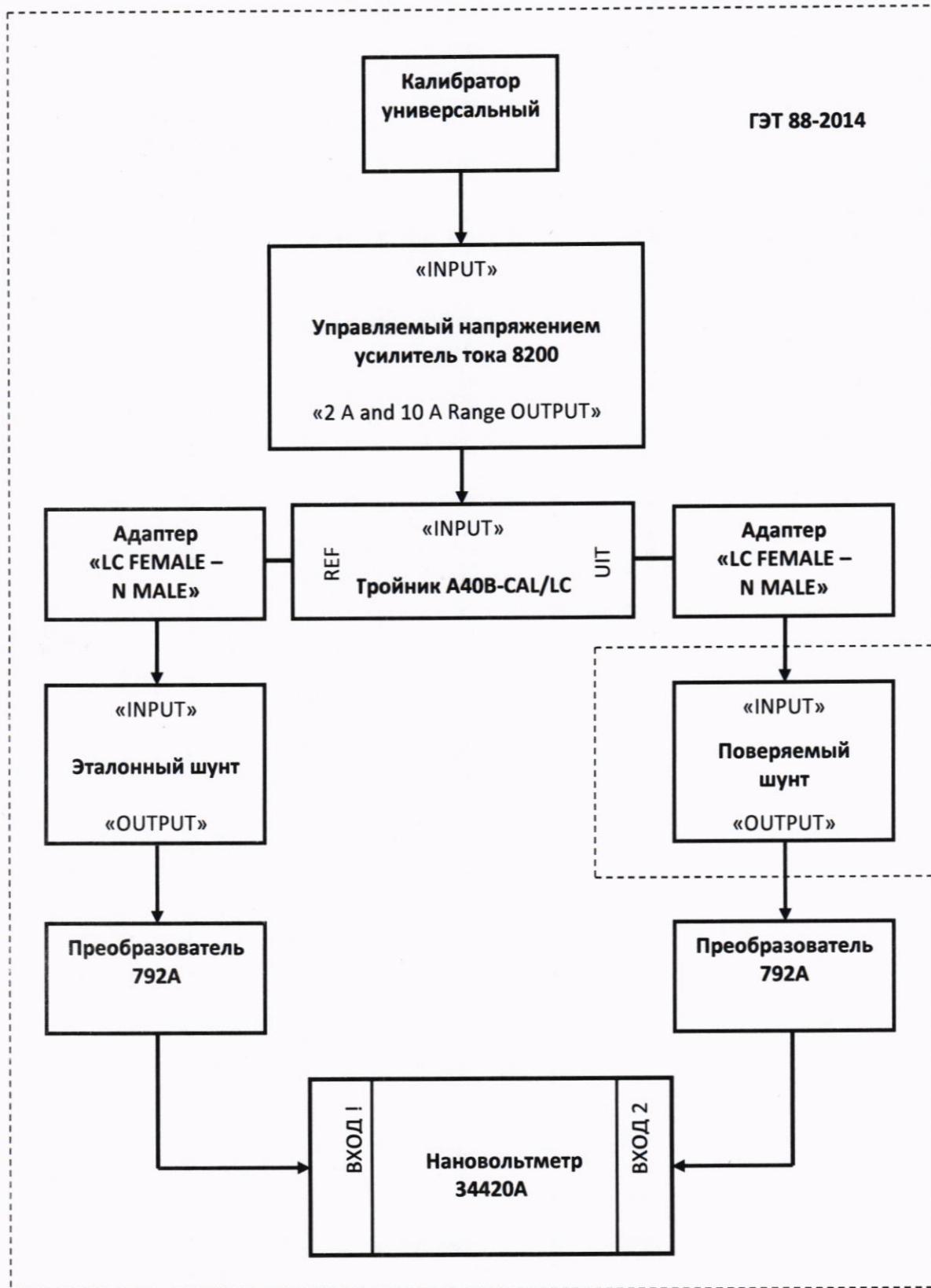


Рисунок 2 Схема соединения приборов при определении метрологических характеристик шунтов переменного тока в диапазоне силы токов св. 2 А и до 10 А включ.

9.2.2 Повторить операции по пп. 9.1.3 – 9.1.11 на всех требующихся частотах.

Определение метрологических характеристик в соответствии со схемой соединения приборов, приведённой на рисунке 2, проводится

- в диапазоне силы токов св. 2 А до и 10 А включ. на частотах 40 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 20 кГц.

9.3 Определение коэффициента К в диапазоне силы токов св. 10 А и до 50 А

9.3.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 3, включить аппаратуру и прогреть ее в соответствии с требованиями, изложенными в технической документации.

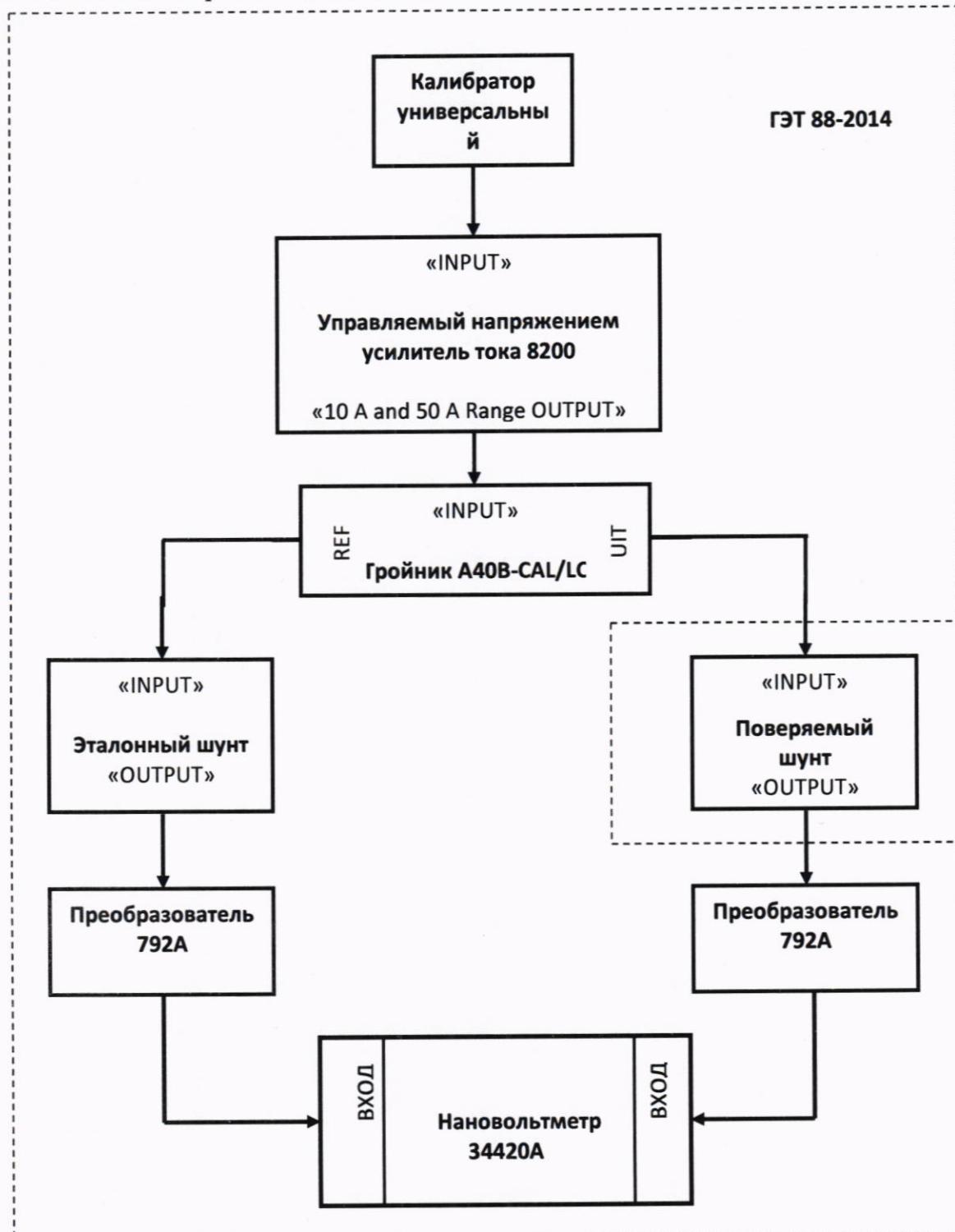


Рисунок 3 - Схема соединения приборов при определении метрологических характеристик шунтов переменного тока в диапазоне силы токов св. 10 А и до 50 А

9.3.2 Повторить операции по пп. 9.1.3 – 9.1.11 на всех требующихся частотах.

Определение метрологических характеристик в соответствии со схемой соединения приборов, приведённой на рисунке 3, проводится

- в диапазоне силы токов св. 10 А и до 50 А на частотах 40 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 20 кГц.

10 Подтверждение соответствия шунтов метрологическим требованиям

Результаты поверки считаются положительными, если измеренное значение коэффициентов К шунтов не превышает допускаемых значений, приведённых в таблице 3. Таблица 3 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы переменного тока приведены в табл. 3.

Обозначение шунтов	Номинальный ток шунта, I	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, $\pm 10^{-6} \cdot K \cdot I, A$							
		Значения коэффициента K при частоте							
		20 Гц	40 Гц	1 кГц	10 кГц	20 кГц	30 кГц	70 кГц	100 кГц
ШЭ-0.02	10 мА	36	-	36	36	-	36	100	150
	20 мА	36	-	36	36	-	36	100	150
ШЭ-0.1	50 мА	33	-	33	33	-	33	80	120
	100 мА	33	-	33	33	-	33	80	120
ШЭ-0.5	200 мА	-	36	36	36	36	-	-	-
	500 мА	-	37	37	37	37	-	-	-
ШЭ-1.0	1 А	-	37	37	38	38	-	-	-
ШЭ-2.5	2 А	-	37	37	40	40	-	-	-
ШЭ-5.0	5 А	-	41	41	42	46	-	-	-
ШЭ-10.0	10 А	-	47	47	70	75	-	-	-
ШЭ-50.0	20 А	-	53	53	65	75	-	-	-
	50 А	-	65	65	90	95	-	-	-

11 Оформление результатов поверки

По результатам поверки оформляется протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А.

Сведения о результатах поверки с копией протокола передаются в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Порядок оформления результатов поверки и передачи сведений о них в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений установлен приказом Минпромторга от 31.07.2020 г. № 2510.

По заявлению заказчика выдается свидетельство о поверке с протоколом, или выдается извещение о непригодности к применению. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его наличии).

Допускается поверка шунтов по отдельности и в ограниченном диапазоне частот в соответствии с заявлением владельца, с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки. В таком случае, при передаче сведений в ФИФ обязательно указывается информация об объеме проведенной поверки.

Приложение А

Рекомендуемая форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ XXXX от XX. XX. 20XX г.

Наименование средства измерения (эталона), тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской, серийный, инвентарный или номенклатурный номер (если имеется информация)	
Изготовитель (если имеется информация)	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии)	
Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	
Дата начала поверки	
Дата окончания поверки	

Вид поверки:

Методика поверки:

Средства поверки:

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ, СО в Федеральном информационном фонде	Метрологические характеристики

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °C		
Относительная влажность воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр:
2. Опробование:
3. Определение метрологических характеристик:

Таблица 1 – Значение коэффициента К к показаниям шунтов в зависимости от частоты

Обозначение шунтов	Номинальный ток шунта, I	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, $\pm 10^{-6} \cdot K \cdot I, A$							
		Значения коэффициента K при частоте							
		20 Гц	40 Гц	1 кГц	10 кГц	20 кГц	30 кГц	70 кГц	100 кГц
ШЭ-0.02	10 мА	-	-	-	-	-	-	-	-
	20 мА	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-0.1	50 мА	-	-	-	-	-	-	-	-
	100 мА	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-0.5	200 мА	-	-	-	-	-	-	-	-
	500 мА	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-1.0	1 А	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-2.5	2 А	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-5.0	5 А	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-10.0	10 А	-	-	-	-	-	-	-	-
ШЭ-50.0	20 А	-	-	-	-	-	-	-	-
	50 А	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Дополнительная информация (состояние объекта поверки, сведения о ремонте, юстировке) -

Заключение: СИ соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признано годным (непригодным) к применению с метрологическими характеристиками, приведенными в описании типа.

На основании результатов поверки выдано:

свидетельство о поверке №_____

извещение о непригодности №_____ от _____

Причина непригодности _____

Поверку произвел _____
ФИО _____ подпись _____ дата _____