

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

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ШУНТЫ ТОКОВЫЕ ЭТАЛОННЫЕ
БЕЗРЕАКТИВНЫЕ ШЭ**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП – 2201 – 0055 – 2024

Руководитель лаборатории
государственных эталонов в области
измерений режимов электрических цепей

 В.И. Шевцов

Санкт-Петербург
2024

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 шунты токовые эталонные безреактивные ШЭ (далее – шунты), изготовленные “ООО ”НПП МАРС-ЭНЕРГО”.

1.2 Настоящая методика поверки применяется для поверки шунтов зав. № 056, 058, 024, 062, используемые в качестве рабочих эталонов 1-го разряда в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц в соответствии с Государственной поверочной схемой (ГПС) 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.

1.3 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 ГПС 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 при силе тока 100 мА и 1 А	Да	Да	9.1
Определение коэффициента К при силе тока 10 А	Да	Да	9.2
Определение коэффициента К при силе тока 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 ± 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 - 1·10⁶ 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 применение 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 °С до 30 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С. 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 1·10 ⁻³ – 100 А Диапазон частот 20 Гц – 1 МГц; НСП: 3·10 ⁻⁶ – 1·10 ⁻⁴ СКО: 1·10 ⁻⁶ – 5·10 ⁻⁵	Государственный первичный специальный эталон единицы силы электрического тока в диапазоне частот 20 - 1·10 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

Поверка шунтов проводится на частотах 20 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 70 кГц и 100 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 при силе тока 100 мА и 1 А

9.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

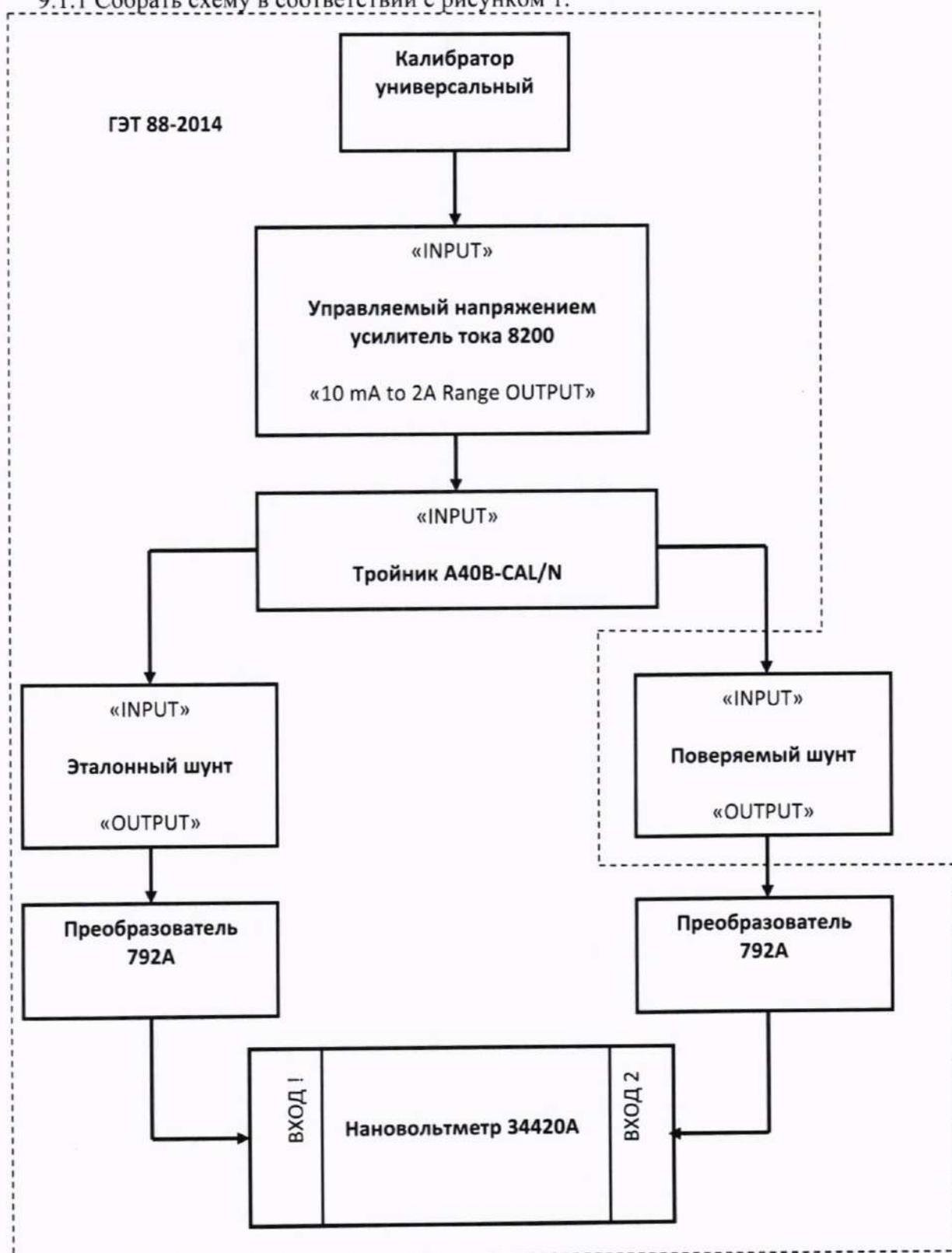


Рисунок 1 - Схема соединения приборов при определении метрологических характеристик шунтов
при силе тока 100 мА и 1 А

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 А40В-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 $e_{эф}$ на выходе преобразователя 792А, измеряющего, в свою очередь, напряжение на выходе эталонного шунта (канал 1) и напряжение $e_{кф1}$ 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 $e_{эф}$. Измерить нановольтметром 34420А напряжение $e_{к+}$ 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 $e_{эф}$. Измерить нановольтметром 34420А напряжение $e_{к-}$ 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 $e_{эф}$. Измерить нановольтметром 34420А напряжение $e_{кф2}$ 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:

$$\gamma_k = \frac{\Delta e_k}{e_{k\text{ ср}}}$$

$$e_{k\text{ ср}} = \frac{e_{k+} + e_{k-}}{2}$$

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

9.1.9 Повторить операции по пп. 9.1.4 – 9.1.7 в цикле ($I \sim, I+, I \sim, I \sim$) « 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

$$K = \gamma_{\text{эи}} - \gamma_k + \gamma_{\text{эт}792A} - \gamma_{\text{пов}792A},$$

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

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

$\gamma_{\text{пов}792A}$ – 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 на частотах 20 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 70 кГц и 100 кГц;

9.2 Определение коэффициента K при силе тока 10 А.

9.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

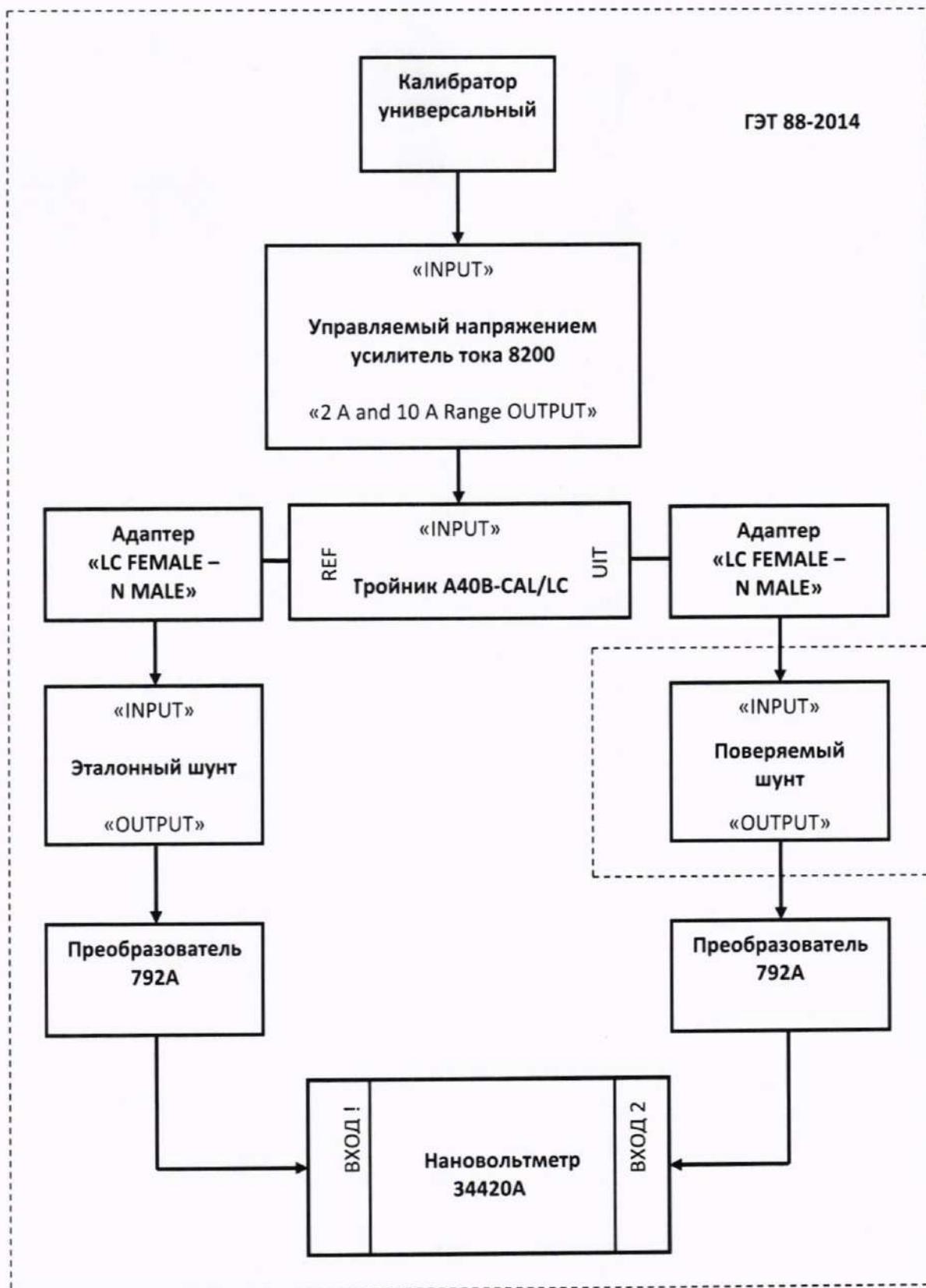


Рисунок 2 Схема соединения приборов при определении метрологических характеристик шунтов переменного при силе тока 10 А

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

Определение метрологических характеристик в соответствии со схемой соединения приборов, приведённой на рисунке 2, на частотах 20 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 70 кГц и 100 кГц.

9.3 Определение коэффициента К при силе тока 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.

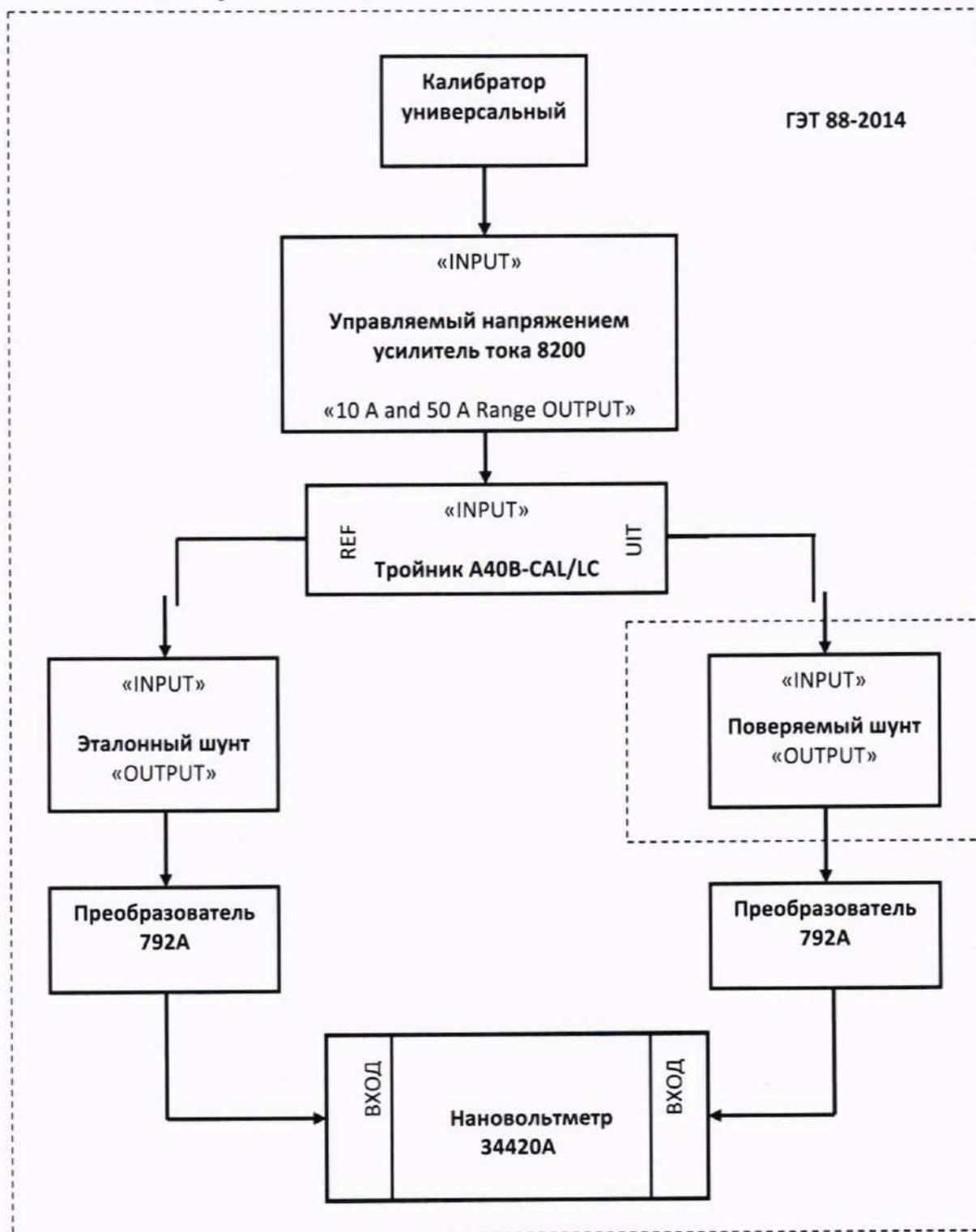


Рисунок 3 - Схема соединения приборов при определении метрологических характеристик шунтов при силе тока 50 А

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 на частотах 20 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 70 кГц и 100 кГц.

10 Подтверждение соответствия шунтов метрологическим требованиям

10.1 Результаты поверки считаются положительными, если измеренное значение коэффициентов K 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, $\pm K \cdot I$, А					
		Значения коэффициента K , ppm при частоте					
		20 Гц	1 кГц	10 кГц	30 кГц	70 кГц	100 кГц
ШЭ-0.1	100 мА	50	50	75	120	170	200
ШЭ-1.0	1 А	50	50	75	175	220	250
ШЭ-10.0	10 А	70	70	80	220	275	300
ШЭ-50.0	50 А	150	150	150	320	375	400

10.2 Подтверждение соответствия метрологических характеристик шунтов обязательным требованиям государственной поверочной схемы

Шунты признаются годными для применения в качестве РЭ 1-го разряда, если полученные значения относительных погрешностей шунты (значения коэффициента K , ppm), не превысили нормированные пределы доверительных границ относительных погрешностей, %, в соответствии с ГПС.

Таблица 4 – Доверительные границы относительных погрешностей для РЭ 1-го разряда при доверительной вероятности $P = 0,95$ и при 5 независимых измерениях.

Номинальное значение силы тока, А	Доверительные границы относительных погрешностей, %, в зависимости от значений силы тока и частоты					
	20 Гц	1 кГц	10 кГц	30 кГц	70 кГц	100 кГц
0,1	0,005	0,005	0,0075	0,0120	0,0170	0,020
1	0,005	0,005	0,0075	0,0175	0,0220	0,025
10	0,007	0,007	0,0080	0,0220	0,0275	0,030
50	0,015	0,015	0,0150	0,0320	0,0375	0,040

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 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. В таком случае, при передаче сведений в ФИФ обязательно указывается информация об объеме проведенной поверки.

Рекомендуемая форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
№ XXXX от XX. XX. 20XX г.

Наименование средства измерения (эталоны), 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, °С		
Относительная влажность воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Результаты поверки:

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

