

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А. Н. Новиков

«06» декабря 2024 г.

«ГСИ. Источники питания постоянного и переменного тока АКИП-1206.
Методика поверки»

МП-ПР-41-2024

Москва
2024

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на источники питания постоянного и переменного тока АКИП-1206 (далее по тексту – источники) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых источников к государственным первичным эталонам единиц величин в соответствии с:

- государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \cdot 10^{-16} \div 100$ А, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091, к Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока – ГЭТ 4-91;

- государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, к Государственному первичному эталону единицы времени, частоты – ГЭТ 1-2022;

- государственной поверочной схемой для средств измерений коэффициента гармоник, утвержденной приказом Росстандарта от 13 декабря 2011 г. № 1093-ст, к Государственному первичному эталону единицы коэффициента гармоник – ГЭТ 188-2010;

- государственной поверочной схемой для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456, к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления – ГЭТ 14-2014;

- государственной поверочной схемой для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520, к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения – ГЭТ 13-2023;

- государственной поверочной схемой для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной приказом Росстандарта от 18.08.2023 г. № 1706, к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения – ГЭТ 89-2008;

- 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 17.03.2022 года № 668, к Государственному первичному эталону единицы силы электрического тока – ГЭТ 88-2014.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
1. Внешний осмотр	да	да	Раздел 6
2. Подготовка к поверке	да	да	7.1
3. Опробование	да	да	7.2
4. Проверка идентификационных данных программного обеспечения	да	да	Раздел 8
5. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 9
6. Определение абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения переменного тока	да	да	9.1

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
7. Определение абсолютной погрешности установки частоты выходного сигнала	да	да	9.2
8. Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока	да	да	9.3
9. Определение нестабильности выходного напряжения переменного тока при изменении силы тока в нагрузке	да	да	9.4
10. Определение коэффициента гармоник выходного напряжения переменного тока	да	да	9.5
11. Определение абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения постоянного тока	да	да	9.6
12. Определение нестабильности выходного напряжения постоянного тока при изменении тока нагрузки	да	да	9.7
13. Определение уровня пульсаций выходного напряжения постоянного тока	да	да	9.8
14. Определение абсолютной погрешности измерения силы постоянного тока	да	да	9.9
15. Определение абсолютной погрешности измерения мощности переменного тока	да	да	9.10
16. Определение абсолютной погрешности измерения мощности постоянного тока	да	да	9.11
17. Оформление результатов поверки	да	да	Раздел 10

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 18 °С до плюс 28 °С;
- относительная влажность от 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- напряжение питающей трехфазной сети от 342 до 528 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Тип средства поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения не более 0,2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты не более 0,1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1, 9.4, 9.6, 9.7, 9.10, 9.11	Эталоны единицы напряжения постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, в диапазоне значений напряжения постоянного тока от 1 В до 1000 В. Приказ Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А». Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,0024\%$.	Мультиметр цифровой Keithley 2002, рег. № 25787-08
9.2	Эталоны единицы времени и частоты, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, в диапазоне частот от 16 до 2400 Гц. Приказ Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты» Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.	Частотомер электронно-счетный Agilent 53131A, рег. № 26211-03

Продолжение таблицы 2

Номер пункта методики поверки	Тип средства поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.3, 9.9, 9.10	Эталоны единицы силы постоянного тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений силы постоянного электрического тока, в диапазоне значений силы постоянного тока от 0,1 до 10 А. Приказ Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А». Эталон единицы силы переменного электрического тока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений силы переменного электрического тока Приказ Росстандарта от 17.03.2022 года № 668 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений 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».	Шунт токовый PCS-71000А, рег. № 68945-17
9.5	Эталон единицы коэффициента гармоник, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме. Пределы допускаемой погрешности измерения Кг, 0,00001...100 %; (5Гц...200 кГц); не более $\pm(0,02 \cdot Kг)\%$ Приказ Росстандарта от 13 декабря 2011 г. № 1093-ст «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициента гармоник».	Измеритель нелинейных искажений Boonton 1121, рег. № 61867-15
9.8	Пределы измерений от 0,03 мВ до 300 В. Диапазон рабочих частот от 5 Гц до 5 МГц. Пределы допускаемой основной относительной погрешности от ± 1 до ± 4 %.	Микровольтметр В3-57, рег. № 7657-80
9.9, 9.11	Эталоны единицы электрического сопротивления и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления постоянного тока и не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления переменного тока (максимальный ток 1000 А); $\pm 0,025\%$ Приказ Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»	Шунт измерительный 9230А-1000, рег. № 55119-13
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 3 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта методики поверки	Тип средства поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.3, 9.4, 9.7, 9.8, 9.9, 9.10, 9.11	Максимальное напряжение 60 В, максимальный ток 1000 А.	Нагрузка электронная АКИП-1342, рег. № 57756-14
	Максимальное напряжение 600 В, максимальный ток 40 А.	Нагрузка электронная АКИП-1343, рег. № 57756-14
	Максимальное напряжение 420 В, максимальный ток 60 А. Частота 45-450 Гц. Максимальная мощность 5400 Вт.	Нагрузка электронная АКИП -1373 (три штуки), рег. № 64174-16

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года № 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого источника следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

6.2 При наличии дефектов поверяемый источник бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый источник должны быть подготовлены к работе согласно руководств по эксплуатации;
- контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5) должен быть выполнен перед началом поверки.
- контроль условий проведения поверки (раздел 3) должен быть выполнен перед началом поверки.

7.2 Опробование источников проводят путем проверки функционирования в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования источник бракуется и направляется в ремонт.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения источников питания проводить путем вывода на дисплей источника информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на источники питания.

Результат проверки считать положительным, если версия программного обеспечения не ниже, приведенного в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Software version
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 001.001.001

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Периодическая поверка источника питания, в случае его использования для измерений меньшего числа измерительных каналов, чем указано в разделе «Описание средства измерений» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца прибора, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке прибора.

9.1 Определение абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения переменного тока

Определение абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения переменного тока проводить методом прямых измерений путем сличения установленного значения напряжения переменного тока с показаниями мультиметра цифрового Keithley 2002 (далее по тексту – вольтметр).

9.1.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 1. Вольтметр подключить к выходу поверяемого источника.

9.1.2 Органами управления поверяемого источника установить 1 фазный режим, частоту выходного напряжения переменного тока 100 Гц и значение выходного напряжения, соответствующее 10 % – 15 % от конечного значения диапазона.

9.1.3 Перевести вольтметр в режим измерения напряжения переменного тока. Произвести измерение выходного напряжения поверяемого источника (U_{2002}), фиксируя показания вольтметра. Зафиксировать показания поверяемого источника ($U_{уст}$ и $U_{изм}$) по индикатору на лицевой панели источника.

9.1.4 Провести измерения выходного напряжения источника, устанавливая на поверяемом источнике выходное напряжение, соответствующее 40 % – 60 % и 90 % – 100 % от конечного значения диапазона.

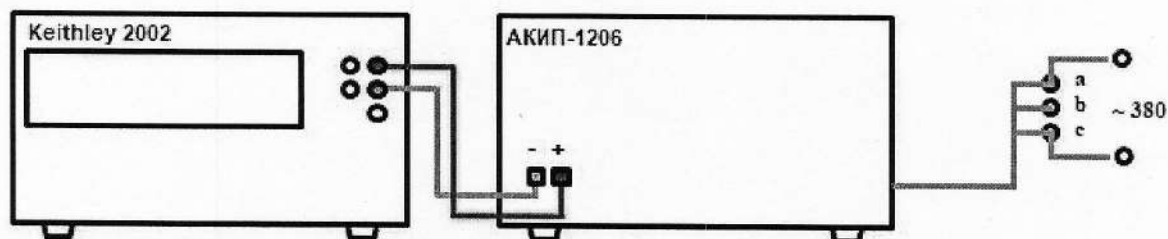


Рисунок 1 – Схема соединения приборов для определения параметров выходного напряжения источников

9.1.5 Определить абсолютную погрешность установки выходного напряжения по формуле:

$$\Delta U_{уст} = U_{уст} - U_{2002},$$

где $U_{уст}$ – установленное значение напряжения на выходе поверяемого источника, $V_{скз}$;

U_{2002} – значение напряжения, измеренное вольтметром, $V_{скз}$.

9.1.6 Определить абсолютную погрешность измерения выходного напряжения по формуле:

$$\Delta U_{изм} = U_{2002} - U_{изм},$$

где $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения по показаниям индикатора источника, $V_{скз}$;

U_{2002} – значение напряжения, измеренное вольтметром, $V_{скз}$.

Результаты поверки считать положительными:

1. Если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности установки выходного напряжения переменного тока не превышают допускаемых пределов:

$$\pm(0,001 \cdot U_{уст} + 0,001 \cdot U_{пред}) (40 \dots 500 \text{ Гц}),$$

где $U_{уст}$ – установленное значение напряжения, $V_{скз}$

$U_{пред}$ – верхний предел диапазона установки напряжения переменного тока, $V_{скз}$

2. Если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности измерений выходного напряжения переменного тока не превышают допускаемых пределов:

$$\pm(0,001 \cdot U_{изм} + 0,001 \cdot U_{пред}) (40 \dots 500 \text{ Гц}),$$

где $U_{изм}$ – измеренное значение напряжения, $V_{скз}$

$U_{пред}$ – верхний предел диапазона измерения напряжения переменного тока, $V_{скз}$

9.2 Определение абсолютной погрешности установки частоты выходного сигнала

Определение абсолютной погрешности установки частоты выходного сигнала проводить методом прямых измерений путем сличения измеренного значения частоты с показаниями вольтметра

9.2.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 2. Частотомер подключить к выходу поверяемого источника.

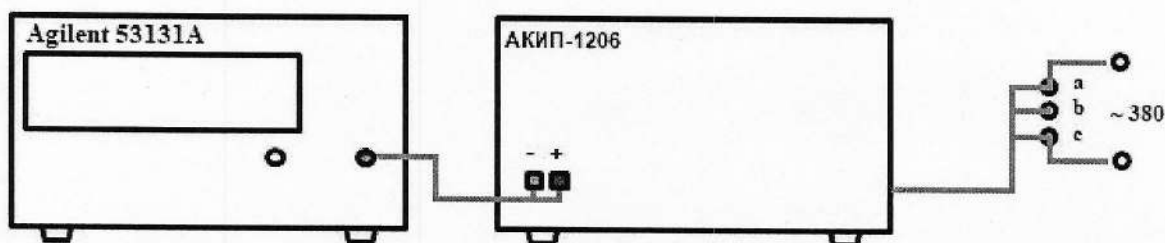


Рисунок 2 – Схема соединения приборов для определения абсолютной погрешности установки частоты выходного сигнала

9.2.2 Органами управления поверяемого прибора установить 1 фазный режим воспроизведения переменного синусоидального напряжения частотой, соответствующей 10 % – 30 % от 500 Гц и выходное напряжение 3 В.

9.2.3 Перевести вольтметр в режим измерения частоты напряжения переменного тока. Произвести измерение частоты выходного напряжения поверяемого источника, фиксируя показания на поверяемом источнике и вольтметре.

9.2.4 Провести измерения частоты выходного напряжения источника, устанавливая на поверяемом источнике частоты, соответствующие 40 % – 60 % и 90 % – 100 % от 500 Гц.

9.2.5 Определить абсолютную погрешность измерения частоты выходного напряжения по формуле:

$$\Delta F = F_{уст} - F_{част},$$

где $F_{уст}$ – установленное значение частоты на поверяемом источнике, Гц;

$F_{част}$ – значение частоты, измеренное вольтметром, Гц.

Результаты поверки считать положительными, если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности частоты выходного сигнала не превышают допускаемых пределов:

$$\pm(0,0001 \cdot F_{уст})(40 \dots 500 \text{ Гц})$$

где $F_{уст}$ – установленное значение частоты на поверяемом источнике, Гц;

9.3 Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока

Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока производить методом прямого измерения по встроенному амперметру шунта токового PCS-71000A (далее по тексту – шунт).

9.3.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 3.

9.3.2 Подключение поверяемого источника к шунту и нагрузке производить согласно руководству по эксплуатации и в соответствии с рисунком 3. Выбор предела измерения на шунте осуществлять исходя из максимального значения силы тока на выходе источника. Предел измерения силы тока шунта должен быть больше установленного значения силы тока на источнике.

9.3.3 Установить на источнике 1 фазный режим воспроизведения переменного синусоидального напряжения 50 В с частотой 40...150 Гц, значение силы тока на нагрузке установить равное 10 А.

9.3.4 Произвести измерение силы тока с помощью шунта, фиксируя показания на поверяемом источнике и амперметре шунта.

9.3.5 Провести измерения по п.п. 9.3.3 – 9.3.4, устанавливая на поверяемом источнике выходной ток, соответствующий 30 А и 60 А и частоту в диапазоне (40...150 Гц)

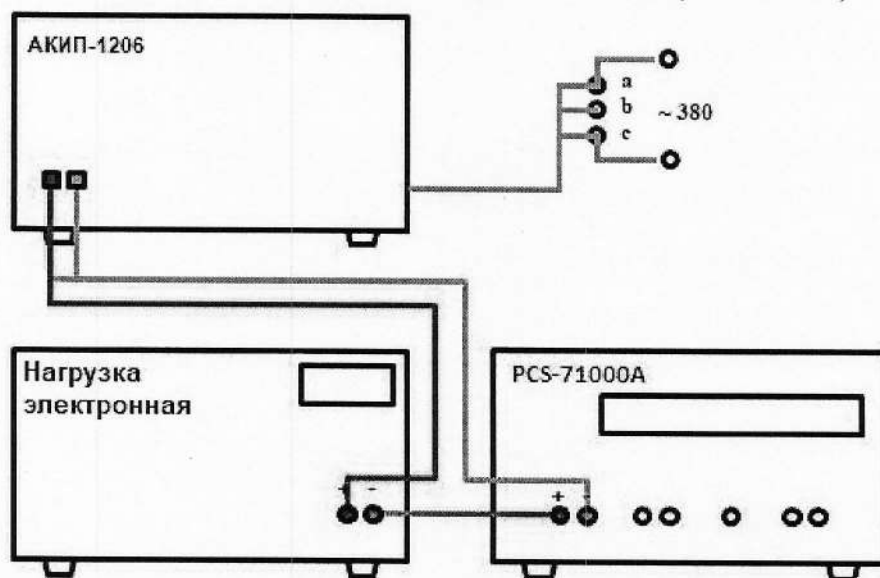


Рисунок 3 – Схема соединения приборов для измерения параметров выходного тока источника

9.3.6 Провести измерения по п.п. 9.3.3 – 9.3.5, устанавливая на поверяемом источнике частоту в диапазоне (150,01...500 Гц)

9.3.7 Определить абсолютную погрешность измерения силы тока по формуле:

$$\Delta I = I_{\text{изм}} - I_{\text{ш}},$$

где $I_{\text{изм}}$ – измеренное значение силы тока на дисплее источника, $A_{\text{СКЗ}}$,

$I_{\text{ш}}$ – значение силы тока, измеренное с помощью шунта, $A_{\text{СКЗ}}$.

Результаты поверки считать положительными, если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности измерения силы переменного тока не превышают допускаемых пределов:

$$\pm(0,001 \cdot I_{\text{изм}} + 0,002 \cdot I_{\text{пред}}) (40...150 \text{ Гц}),$$

$$\pm(0,002 \cdot I_{\text{изм}} + 0,003 \cdot I_{\text{пред}}) (150,01...500 \text{ Гц}),$$

где $I_{\text{изм}}$ – измеренное значение силы тока на дисплее источника, $A_{\text{СКЗ}}$

$I_{\text{предела}}$ – верхний предел диапазона измерений силы переменного тока, $A_{\text{СКЗ}}$,

Примечание:

Определение абсолютной погрешности измерения силы переменного тока для 3-х фазных источников производится между фазами А и В.

9.4 Определение нестабильности выходного напряжения переменного тока при изменении силы тока в нагрузке

Определение нестабильности выходного напряжения переменного тока при изменении силы тока в нагрузке проводить методом прямых измерений с помощью вольтметра.

9.4.1 Выход поверяемого источника соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами нагрузки электронной и вольтметра в соответствии с рисунком 4. Вольтметр подключить к выходу поверяемого источника.

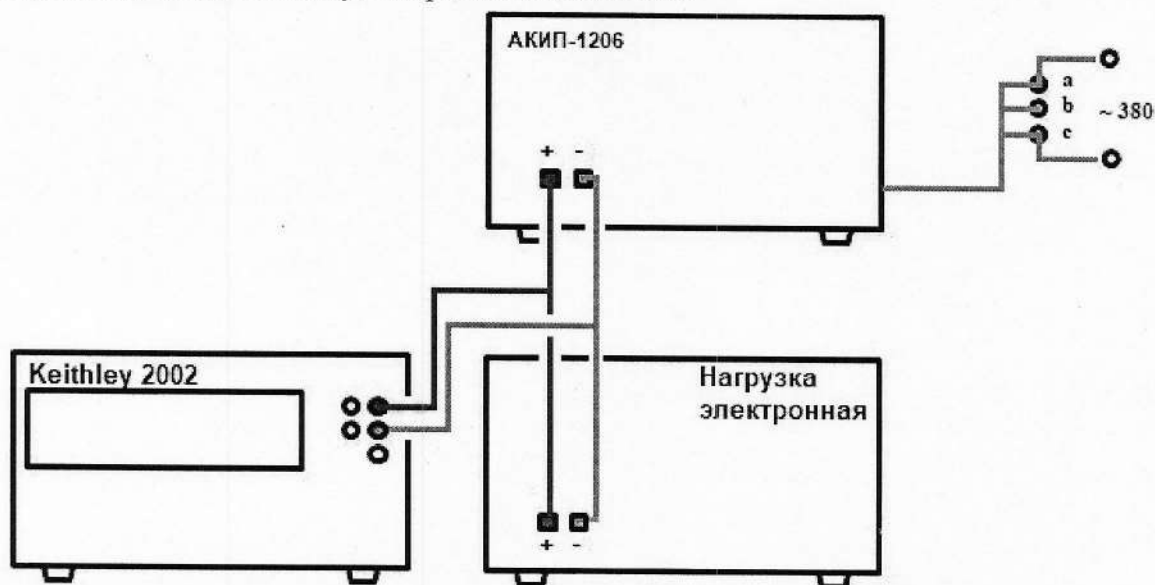


Рисунок 4 – Схема соединения приборов для определения нестабильности выходного напряжения источников

9.4.2 Установить на источнике 1 фазный режим воспроизведения переменного синусоидального напряжения 90 В и частоту 50 Гц.

9.4.3 На электронной нагрузке установить режим стабилизации силы тока «СС», значение тока потребления установить равным 54 А.

9.4.4 Перевести вольтметр в режим измерения напряжения переменного тока. По показаниям вольтметра зафиксировать значения напряжения на выходе поверяемого источника при значении тока нагрузки 54 А.

9.4.5 Установить на нагрузке значение тока потребления 6 А от установленного на источнике.

9.4.6 Измерения нестабильности выходного напряжения производить через 1 мин по изменению показаний вольтметра относительно показаний при значении тока нагрузки 54 А.

Результаты поверки считать положительными, если значения нестабильности выходного напряжения переменного тока при изменении силы тока в нагрузке не превышают:

$$\pm(0,0005 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0005 \cdot U_{\text{пред}})$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения, В_{скз}

$U_{\text{пред}}$ – верхний предел диапазона установки напряжения переменного тока, В_{скз}.

9.5 Определение коэффициента гармоник выходного напряжения переменного тока

Определение коэффициента гармоник выходного напряжения переменного тока производится с помощью измерителя нелинейных искажений Boonton 1121 (далее по тексту – измеритель).

9.5.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 5. Измеритель подключить к выходу поверяемого источника.

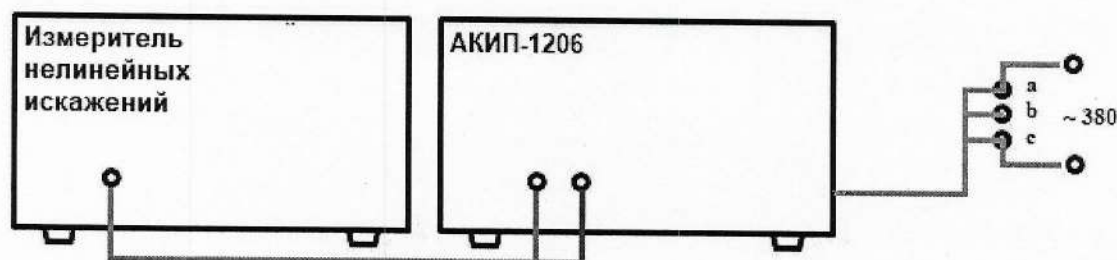


Рисунок 5 – Схема соединения приборов для определения коэффициента гармоник выходного напряжения переменного тока

9.5.2 На поверяемом источнике установить 1 фазный режим воспроизведения переменного синусоидального напряжения 90 В.

9.5.3 Произвести измерение коэффициента гармоник на частотах 50 и 500 Гц.

Результаты поверки считать положительными, если значения коэффициента гармоник выходного напряжения переменного тока не превышают допускаемых пределов:

$$\pm(0,005 \cdot U_{\text{уст}}) (40 \dots 100 \text{ Гц})$$

$$\pm(0,01 \cdot U_{\text{уст}}) (100,01 \dots 500 \text{ Гц})$$

где $U_{\text{уст}}$ – установленное значения напряжения $U_{\text{скз}}$.

9.6 Определение абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения постоянного тока

Определение абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения постоянного тока проводить методом прямых измерений путем сличения установленного значения напряжения постоянного тока с показаниями вольтметра при отсутствии нагрузки.

9.6.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 1. Вольтметр подключить к выходу поверяемого источника.

9.6.2 Органами управления поверяемого прибора установить 1 фазный режим воспроизведения постоянного напряжения и выходное напряжение, соответствующее 10 % - 30 % от конечного значения диапазона.

9.6.3 Перевести вольтметр в режим измерения напряжения постоянного тока. Произвести измерение выходного напряжения поверяемого источника (U_{2002}), фиксируя показания вольтметра. Зафиксировать показания поверяемого источника ($U_{\text{уст}}$ и $U_{\text{изм}}$) по индикатору на лицевой панели источника.

9.6.4 Провести измерения выходного напряжения источника, устанавливая на поверяемом источнике выходное напряжение, соответствующее 40 % – 60 % и 90 % – 100 % от конечного значения диапазона.

9.6.5 Определить абсолютную погрешность установки выходного напряжения по формуле:

$$\Delta U_{\text{уст}} = U_{\text{уст}} - U_{2002},$$

где $U_{\text{уст}}$ – установленное значение напряжения на выходе поверяемого источника, В;
 U_{2002} – значение напряжения, измеренное вольтметром, В.

9.6.6 Определить абсолютную погрешность измерения выходного напряжения по

формуле:

$$\Delta U_{\text{изм}} = U_{2002} - U_{\text{изм}},$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения по показаниям индикатора источника, В;
 U_{2002} – значение напряжения, измеренное вольтметром, В.

Результаты поверки считать положительными, если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности установки/измерения выходного напряжения постоянного тока не превышают допускаемых пределов:

$$\pm(0,001 U_{\text{уст/изм}} + 0,001 \cdot U_{\text{пред}}),$$

где $U_{\text{уст/изм}}$ – установленное/измеренное значения напряжения В,
 $U_{\text{пред}}$ – верхний предел диапазона установки/измерения напряжения постоянного тока, В.

9.7 Определение нестабильности выходного напряжения постоянного тока при изменении тока нагрузки

Поверку производить с помощью вольтметра путем измерения приращения напряжения при значении выходного напряжения, близком к максимальному и токах нагрузки равных $I_{\text{макс}}$ и 0.

9.7.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 6. Выбор электронной нагрузки осуществлять исходя из максимальных значений выходных параметров поверяемого источника.

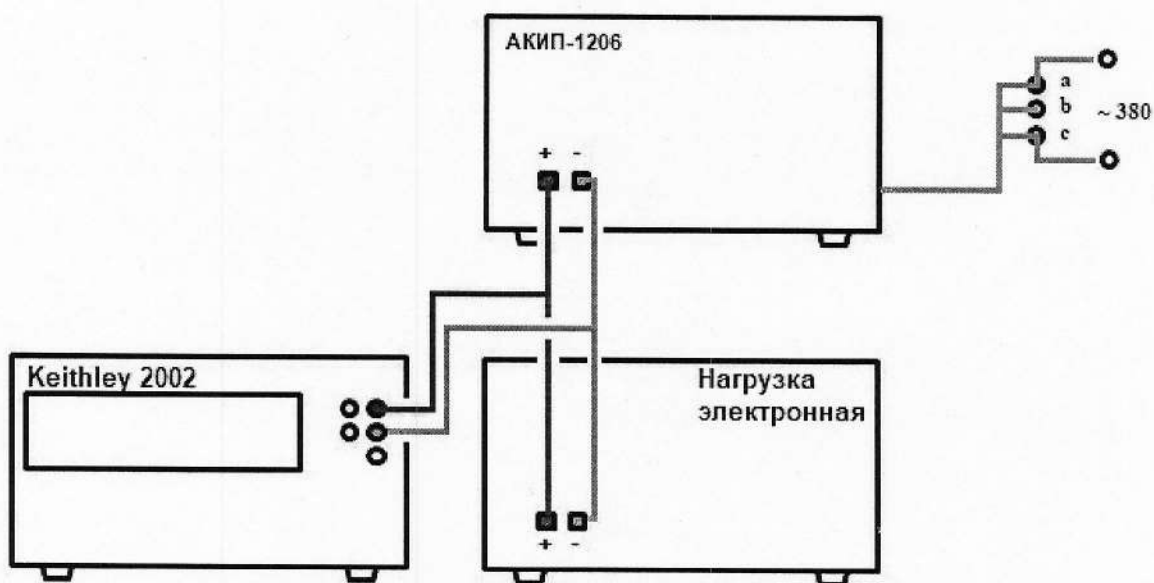


Рисунок 6 – Схема соединения приборов при определении нестабильности выходного напряжения

9.7.2 Подключить нагрузку к поверяемому прибору по четырехпроводной схеме, согласно руководству по эксплуатации источника.

9.7.3 Органами управления поверяемого прибора установить 1 фазный режим и значение напряжения постоянного тока 450 В.

9.7.4 На электронной нагрузке установить режим стабилизации силы тока «СС», значение силы тока установить равным 30 А от значения силы тока, установленного на поверяемом приборе.

9.7.5 По истечении 1 минуты зафиксировать значение выходного напряжения U_1 по показаниям вольтметра.

9.7.6 Отключить нагрузку.

9.7.7 По истечении 1 минуты зафиксировать значение выходного напряжения U_2 , по показаниям вольтметра.

9.7.8 Определить значение нестабильности по формуле:

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

где U_1 – значение напряжения на выходе поверяемого прибора при максимальном токе нагрузки, В;

где U_2 – значение напряжения на выходе поверяемого прибора при отсутствии нагрузки, В.

Результаты поверки прибора считаются удовлетворительными, если значения нестабильности напряжения не превышают значений:

$$\pm(0,0005 \cdot U_{\text{изм}} + 0,0005 \cdot U_{\text{пред}})$$

где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения, В

$U_{\text{пред}}$ – верхний предел диапазона установки напряжения постоянного тока, В.

9.8 Определение уровня пульсаций выходного напряжения постоянного тока

Определение пульсаций выходного напряжения источника проводить методом прямых измерений, при помощи микровольтметра ВЗ-57.

Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 7.

9.8.1 На поверяемом источнике установить 1 фазный режим воспроизведения напряжения постоянного тока и значение напряжения равное 450 В.

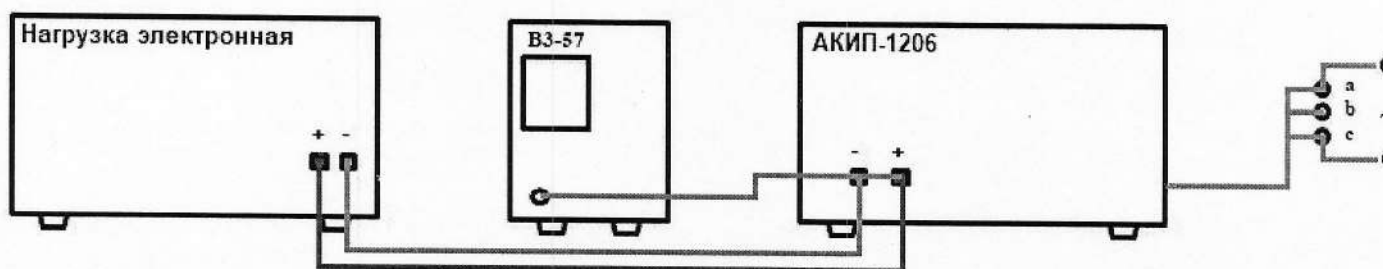


Рисунок 7 – Схема соединения приборов для определения уровня пульсаций выходного напряжения постоянного тока

9.8.2 На электронной нагрузке установить режим стабилизации силы тока «СС» значение силы тока установить равным 30 А.

9.8.3 Измерение уровня пульсаций выходного напряжения поверяемого источника проводить через 1 мин по показаниям микровольтметра ВЗ-57.

Результаты поверки считать положительными, если значения пульсаций выходного напряжения постоянного тока не превышают 400 мВ

9.9 Определение абсолютной погрешности измерения силы постоянного тока

Определение пределов допускаемой основной абсолютной погрешности установки и измерения силы постоянного тока проводится методом прямого измерения силы тока, воспроизводимой поверяемым прибором, эталонным СИ – токовым шунтом PCS-71000А, для источников выходной ток которых превышает 300 А – методом косвенного измерения, путем измерения падения напряжения на измерительном сопротивлении эталонной мерой – мультиметра цифрового Keithley 2002 (далее по тексту – вольтметр).

В качестве измерительного сопротивления использовать шунт токовый 9230А-1000.

9.9.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 8. Выбор предела измерения на шунте осуществлять исходя из максимального значения силы тока на выходе источника. Предел измерения силы тока шунта должен быть больше установленного значения силы тока на источнике.

9.9.2 Разъемы поверяемого источника питания соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъёмами нагрузки электронной (в зависимости от мощности поверяемого источника), измерительного сопротивления (шунта) и вольтметра согласно рисунку 9.

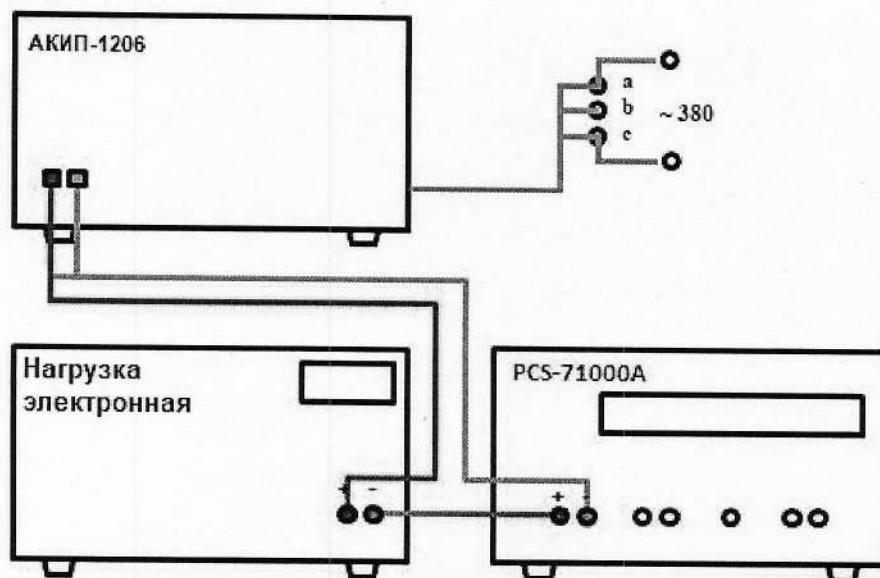


Рисунок 8 – Схема соединения приборов при определении пределов допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока

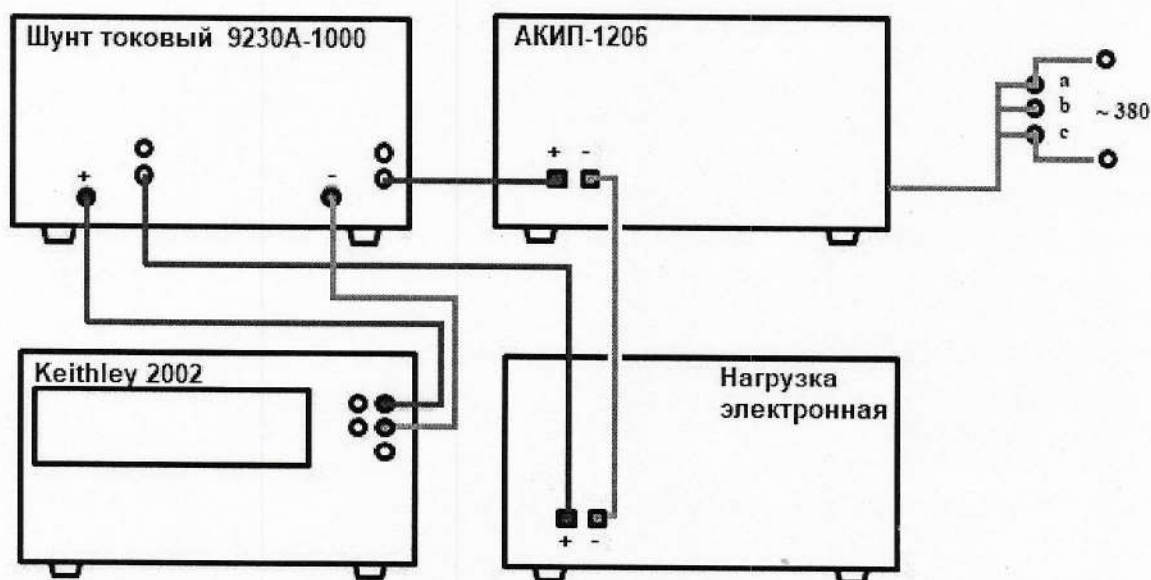


Рисунок 9 – Схема соединения приборов при определении пределов допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока (при силе тока свыше 300А)

9.9.3 Перевести шунт в режим измерения силы постоянного тока.

9.9.4 К потенциальным зажимам шунта подключить вольтметр и перевести его в режим измерения напряжения постоянного тока.

9.9.5 Органами управления поверяемого прибора установить 1 каналный режим и на выходе значение напряжения, рассчитанное по формуле:

$$U_{\text{вых}} = P / I_{\text{пр}}$$

где P – выходная мощность источника (до 15кВт), Вт;
 $I_{пр}$ – конечное значение диапазона установки силы тока, А.

9.9.6 На нагрузке установить уровень силы выходного тока источника, соответствующее 10 % – 15 % от конечного значения диапазона измерений.

9.9.7 Зафиксировать значение силы выходного тока по показаниям поверяемого прибора ($I_{вых}$).

9.9.8 Произвести измерение силы выходного тока, фиксируя показания амперметра токового шунта PCS-71000А.

9.9.9 Произвести измерение падения напряжения на нагрузке, фиксируя показания вольтметра

9.9.10 Провести измерения по пп. 9.9.5 – 9.9.7 устанавливая на нагрузке уровень значения силы выходного тока, соответствующие 40 % – 60 %, 90 % – 100 % от конечного значения диапазона измерений (но не превышающего 1000 А)

9.9.11 Определить абсолютную погрешность воспроизведения силы тока по формуле:

$$\Delta I_{изм} = I_{изм} - I_{PCS}$$

где $I_{изм}$ – значение силы постоянного тока, измеренное источником, А;
 I_{PCS} – значение силы тока, измеренное токовым шунтом PCS-71000А, А.

9.9.12 Определить абсолютную погрешность воспроизведения силы тока по формуле:

$$\Delta = I_x - U_o / R$$

где I_x – значение силы тока, установленное нагрузкой на выходе поверяемого прибора, измеренное по встроенному индикатору, А;

U_o – значение напряжения на шунте, измеренное вольтметром, В;

R – номинальное сопротивление шунта, Ом

Результаты поверки считать положительными, если во всех поверяемых точках значения погрешности не превышают допустимых пределов:

$$\pm(0,001 \cdot I_{изм} + 0,002 \cdot I_{пред}),$$

где $I_{изм}$ – измеренное значение силы тока на дисплее источника, А

$I_{пред}$ – верхний предел диапазона измерений силы постоянного тока, А,

Примечание: пункты поверки, указанные со скобкой, для источников питания выходная сила тока которых превышает 300 А.

9.10 Определение абсолютной погрешности измерения мощности переменного тока

Определение абсолютной погрешности измерения мощности переменного тока проводить путем измерения значений силы переменного тока и напряжения, и дальнейшего расчета значения измеряемой мощности. Измерение мощности для источника модификации АКИП-1206-90-15 проводить до 12 кВт.

9.10.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 10.

9.10.2 Подключение поверяемого источника к шунту и нагрузке производить согласно руководству по эксплуатации. Выбор предела измерения на шунте осуществлять исходя из максимального значения силы тока на выходе источника. Предел измерения силы тока шунта должен быть больше установленного значения силы тока на источнике.

9.10.3 На поверяемом источнике, согласно руководству по эксплуатации установить 1 фазный режим воспроизведения напряжения переменного тока, частоту выходного напряжения 50 Гц значение напряжения равное 90 В.

9.10.4 Органами управления электронной нагрузки установить значение мощности (заданием тока нагрузки), соответствующее 540 Вт.

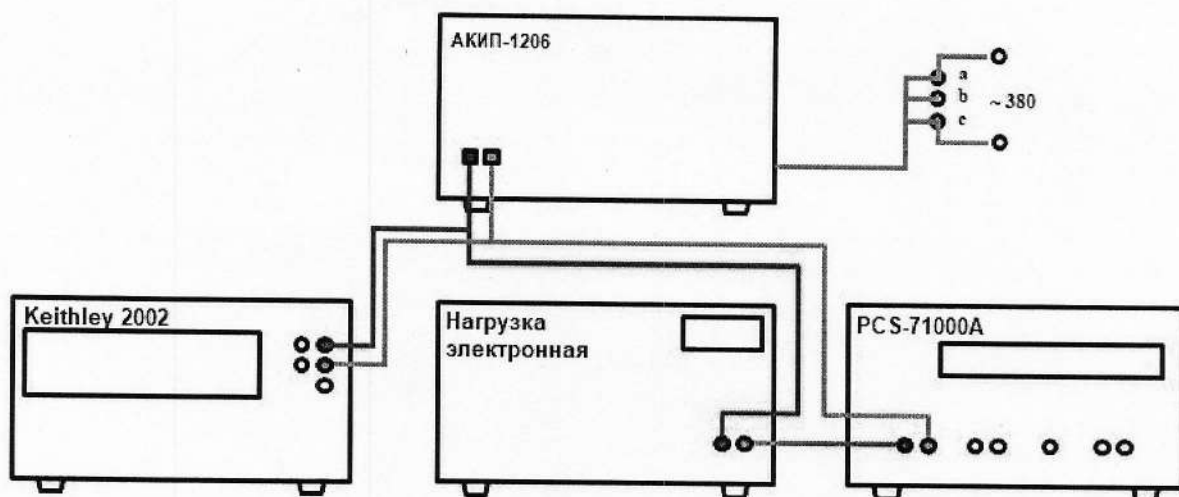


Рисунок 10 – Структурная схема соединения приборов для определения абсолютной погрешности измерения мощности переменного тока

9.10.5 Считать показания мощности по индикатору источника.

9.10.6 Считать показания напряжения с вольтметра и показания силы тока с амперметра шунта токового.

9.10.7 Рассчитать действительное значение мощности, воспроизводимого источником:

$$P = U_{\text{вых}} \cdot I_{\text{вых}}$$

где $I_{\text{вых}}$ – измеренное шунтом значение силы переменного тока, $A_{\text{СКЗ}}$;

$U_{\text{вых}}$ – измеренное вольтметром значение напряжения переменного тока, $V_{\text{СКЗ}}$.

9.10.8 Вычислить погрешность измерения мощности источником:

$$\Delta P = P_{\text{изм}} - P$$

где $P_{\text{изм}}$ – значение выходной мощности, измеренное по индикатору источника, Вт;

P – действительное значение мощности, воспроизводимого источником, Вт.

9.10.9 Провести измерения по п.п. 9.10.4 – 9.10.8 устанавливая на электронной нагрузке значение мощности, соответствующее 5 % – 15 % и 40 % – 50 % от максимальной мощности.

Результаты поверки считать положительными, если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности измерения мощности переменного тока не превышают допустимых пределов:

$$\pm(0,004 \cdot P_{\text{уст}} + 0,004 \cdot P_{\text{пред}}) (40 \dots 500 \text{ Гц})$$

где $P_{\text{пред}}$ – верхний предел диапазона измерений мощности переменного тока, Вт.

9.11 Определение абсолютной погрешности измерения мощности постоянного тока

Определение абсолютной погрешности измерения мощности постоянного тока проводить путем измерения значений силы постоянного тока и напряжения, и дальнейшего расчета значения воспроизводимой мощности. Измерение мощности проводить до 15 кВт.

9.11.1 Собрать измерительную схему, представленную на рисунке 11.

9.11.2 Подключение поверяемого источника к шунту и нагрузке производить согласно руководству по эксплуатации.

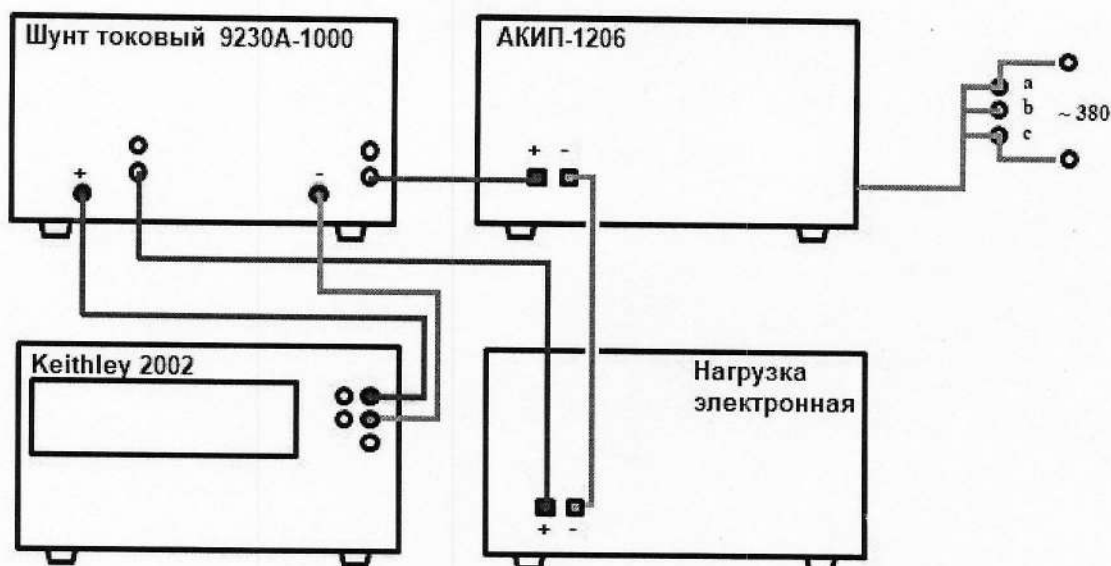


Рисунок 11 – Структурная схема соединения приборов для определения абсолютной погрешности воспроизведения мощности постоянного тока

9.11.3 На поверяемом источнике, согласно руководству по эксплуатации установить значение напряжения, равное 250 В.

9.11.4 Органами управления электронной нагрузки устанавливать значение мощности (заданием тока нагрузки), соответствующее 10 % - 30 % от конечного диапазона измерений.

9.11.5 Считать показания мощности по индикатору источника.

9.11.6 Считать показания напряжения с вольтметра и рассчитать силу тока:

$$I_{\text{вых}} = U_0 / R$$

U_0 – значение напряжения на нагрузке, измеренное вольтметром, В;

R – номинальное сопротивление шунта, Ом

9.11.7 Рассчитать действительное значение мощности, воспроизводимого источником:

$$P = U_{\text{вых}} \cdot I_{\text{вых}},$$

где $I_{\text{вых}}$ – измеренное шунтом значение силы постоянного тока, А;

$U_{\text{вых}}$ – измеренное вольтметром значение напряжения постоянного тока, В.

9.11.8 Вычислить погрешность измерения мощности источником:

$$\Delta P = P_{\text{изм}} - P,$$

где $P_{\text{изм}}$ – значение выходной мощности, измеренное по индикатору источника, Вт;

P – действительное значение мощности, воспроизводимого источником, Вт.

9.11.9 Провести измерения по п.п. 9.11.5 – 9.11.9 устанавливая на электронной нагрузке значение мощности, соответствующее 40 % - 60 %, 90 % - 100 % от конечного диапазона измерений.

Результаты поверки считать положительными, если во всех поверяемых точках значения абсолютной погрешности измерения мощности переменного тока не превышают допустимых пределов:

$$\pm(0,004 \cdot P_{\text{уст}} + 0,004 \cdot P_{\text{пред}})$$

где $P_{\text{пред}}$ – верхний предел диапазона измерений мощности постоянного тока, Вт.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

10.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие средств измерений метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

10.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Ю. А. Буренков

Метрологические требования подтверждаемые в результате поверки

Таблица 1А – Модификации источников

Модификация	Напряжение $V_{скз}$			Напряжение V (пост)		Ток A (скз/пик)		Ток A (пост)		Мощность максимальная, кВт					
	Ф-Н (1ф, 3ф)	Ф ₁ -Ф ₂ , Ф ₁ -Ф ₃ , Ф ₂ -Ф ₃	Режим сложения Ф ₁ -Ф ₂	3 кан	Режим сложения K ₁ -K ₂	1ф	Режимы: 3ф, Сложение	1 кан	Режимы: 3 кан, Сложение	На 1 канал или 1 ф в 3-х кан. режиме	Режим сложения Ф _{1скз} -Ф _{2скз} K ₁ -K ₂ пост	1ф			1 кан. (пост)
												инди- кация	изме- рения		
АКИП-1206-90-6	350 ¹⁾	606 ¹⁾	700 ¹⁾	±495	±990	90/270	30/90	90	30	2	4	6	6	6	
АКИП-1206-90-9										3	6	9	9	9	
АКИП-1206-90-12										4	8	12	12	12	
АКИП-1206-90-15										5	10	15	12	15	

Примечание:

¹⁾Выходное напряжение источника питания зависит от частоты:

Частота, Гц	Выходное напряжение, В _{скз}
от 16 до 1400	от 0 до 350
от 1401 до 2000	от 0 до 253
от 2001 до 2400	от 0 до 211

Таблица 2А

Наименование характеристики	Значение
РЕЖИМ УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ	
Диапазон частот индикации, Гц	от 16 до 2400 включ.
Диапазон частот измерений, Гц	от 40 до 500 включ.
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты, Гц в диапазоне частот от 40 до 500 Гц включ.	$\pm(0,0001 \cdot F_{уст})$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки напряжения, В _{скз} в диапазоне частот от 40 до 500 Гц включ.	$\pm(0,001 \cdot U_{уст} + 0,001 \cdot U_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности установки напряжения, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ., не более, В _{скз} /°С	$\pm(0,0001 \cdot U_{пред})/^{\circ}\text{C}$
Нестабильность напряжения при изменении напряжения питания, В _{скз}	$\pm(0,0005 \cdot U_{пред})$
Нестабильность напряжения при изменении силы тока нагрузки, В _{скз} в диапазоне частот от 40 до 500 Гц включ.	$\pm(0,0005 \cdot U_{уст} + 0,0005 \cdot U_{пред})$
Коэффициент гармоник напряжения в диапазоне частот, %, не более в диапазоне частот от 40 до 100 Гц включ. в диапазоне частот св. 100 до 500 Гц включ.	$\pm 0,5$ ± 1
РЕЖИМ УСТАНОВКИ СИЛЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки силы тока, А _{скз} в диапазоне частот от 40 до 150 Гц включ. в диапазоне частот св. 150 до 500 Гц включ.	$\pm(0,001 \cdot I_{уст} + 0,002 \cdot I_{пред})$ $\pm(0,002 \cdot I_{уст} + 0,003 \cdot I_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности установки переменного тока, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ, не более, А _{скз} /°С	$\pm(0,0002 \cdot I_{пред})/^{\circ}\text{C}$
РЕЖИМ УСТАНОВКИ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки напряжения, В	$\pm(0,001 \cdot U_{уст} + 0,001 \cdot U_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности установки напряжения, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ., не более, В/°С	$\pm(0,0001 \cdot U_{пред})/^{\circ}\text{C}$
Нестабильность напряжения при изменении напряжения питания, В	$\pm(0,0005 \cdot U_{пред})$
Нестабильность напряжения при изменении тока нагрузки, В	$\pm(0,0005 \cdot U_{уст} + 0,0005 \cdot U_{пред})$
Пульсации, В _{скз} , не более	0,4
РЕЖИМ УСТАНОВКИ СИЛЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки силы тока, А	$\pm(0,001 \cdot I_{уст} + 0,002 \cdot I_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности установки постоянного тока, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ., не более, А/°С	$\pm(0,0002 \cdot I_{пред})/^{\circ}\text{C}$

Продолжение таблицы 2А

Наименование характеристики	Значение
РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения, $V_{скз}$ в диапазоне частот от 40 до 500 Гц включ.	$\pm(0,001 \cdot U_{изм} + 0,001 \cdot U_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерения напряжения, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ., не более, $V_{скз}/^{\circ}C$	$\pm(0,0001 \cdot U_{пред})/^{\circ}C$
РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока, $A_{скз}$, не более в диапазоне частот от 40 до 150 Гц включ. в диапазоне частот св. 150 до 500 Гц включ.	$\pm(0,001 \cdot I_{изм} + 0,002 \cdot I_{пред})$ $\pm(0,002 \cdot I_{изм} + 0,003 \cdot I_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерения силы тока, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ., не более, $A_{скз}/^{\circ}C$	$\pm(0,0002 \cdot I_{пред})/^{\circ}C$
РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения, В	$\pm(0,001 \cdot U_{изм} + 0,001 \cdot U_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерения напряжения, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ, не более, В/°С	$\pm(0,0001 \cdot U_{пред})/^{\circ}C$
РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения силы тока, А	$\pm(0,001 \cdot I_{изм} + 0,002 \cdot I_{пред})$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерения постоянного тока, при температуре от 0 °С до +18 °С не включ. и св. +28 °С до +40 °С включ, не более, А/°С	$\pm(0,0002 \cdot I_{пред})/^{\circ}C$
РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения мощности, кВт в диапазоне частот от 40 до 500 Гц включ.	$\pm(0,004 \cdot P_{изм} + 0,004 \cdot P_{пред})$
РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения мощности, кВт	$\pm(0,004 \cdot P_{изм} + 0,004 \cdot P_{пред})$
Примечания: $F_{уст}$ – установленное значение частоты выходного напряжения, Гц; $U_{уст}$ – установленное значение переменного/постоянного напряжения, $V_{скз}/V$; $U_{изм}$ – измеренное значение переменного/постоянного напряжения, $V_{скз}/V$; $U_{пред}$ – предельное значение переменного/постоянного напряжения (в зависимости от модели), $V_{скз}/V$; $I_{уст}$ – установленное значение силы переменного/постоянного тока, $A_{скз}/A$; $I_{изм}$ – измеренное значение силы переменного/постоянного тока, $A_{скз}/A$; $I_{пред}$ – предельное значение силы переменного/постоянного тока (в зависимости от модели), $A_{скз}/A$; $P_{изм}$ – измеренное значение мощности, кВт $P_{пред}$ – предельное значение мощности (в зависимости от модели), кВт	