

!! 333

4.9 Методика поверки

4.9.1 Общие сведения

4.9.1.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки калибратора Н4-7 (Н4-7/1), используемого как автономно, так и в комплекте с усилителем напряжения, находящихся в эксплуатации или выпускаемых в обращение после продолжительного хранения и ремонта.

4.9.1.2 Рекомендуемая периодичность поверки в первый год эксплуатации 12 мес при удовлетворительных результатах поверки после первого года эксплуатации межповерочный интервал может быть увеличен до 3 лет.

4.9.1.3 Если погрешность калибратора составляет более 50 % от допускаемых значений, необходимо провести калибровку прибора в соответствии с разделом 4 «Техническое обслуживание» по пп. 4.3 – 4.8.

4.9.2 Операции и средства поверки

4.9.2.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Наименование операции	Номер пункта	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики средства поверки	Обязательность проведения операции при	
				первичной поверке	эксплуатации и хранении
Внешний осмотр	4.9.6	-	-	Да	Да
Опробование: проверка предела воспроизводимых U, I	4.9.7	Мультиметр В7-64/1	Диапазоны измерения: U - от 2 до 500 В; I - от 200 мА до 1,9 А; R - от 10 Ом до 10 МОм; U~ - от 2 до 500 В (10 кГц); погрешность $\pm 1\%$	Да	Да
Определение погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока	4.9.8	Вольтметр-калибратор постоянного напряжения В2-41 Мера напряжения Н4-4	Диапазон измерения напряжения постоянного тока 0,1 мкВ-1000 В; погрешность $\pm(0,0005-0,0015)\%$; нелинейность $\pm 0,0001\%$ Класс 0,0005	Да	Да
Определение погрешности воспроизведения напряжения переменного тока	4.9.9	Термоэлектрические компараторы напряжения типов ПНТЭ-13, ПНТЭ-13А, ПНТЭ-21, ПНТЭ-10А или	Средства сравнения 1-го разряда	Да	Да

94666 Лож 21.12.04г

Продолжение таблицы 4.3

Наименование операции	Номер пункта	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики средства поверки	Обязательность проведения операции при	
				первичной поверке	эксплуатации и хранении
		переходный стандарт переменного напряжения 792А (AC/DC Transfer Standard FLUKE, США)	Погрешность сравнения переменного и постоянного напряжения $\pm(0,0015 - 0,05) \%$ в частотном диапазоне 40 Гц-1 МГц. Диапазон 10 мВ-700 В		
Определение погрешности воспроизведения сопротивления	4.9.10	Набор мер сопротивления МС3004 Вольтметр-калибратор постоянного напряжения В2-41	Номинальные сопротивления 0,1; 1; 10; 100 Ом; 1; 10; 100 кОм, погрешность не более $\pm 0,001 \%$ (для сопротивлений 0,1; 1 и 10 кОм $\pm 0,0006 \%$) Диапазон измерения напряжения 1 мкВ - 2 В; разрешающая способность $\pm 0,0001 \%$	Да	Да
		Калибратор универсальный Н4-6 (или Н4-7)	Воспроизведение напряжений 20 В, 101 В и 110 В с нестабильностью $\pm 0,0001 \%$ за 1 мин		
Определение погрешности воспроизведения силы постоянного тока	4.9.11	Вольтметр-калибратор постоянного напряжения В2-41 Набор мер сопротивления МС3004	Диапазон измерения напряжения 1 мкВ - 2 В; разрешающая способность $\pm 0,0001 \%$ Номинальные сопротивления 0,1; 1; 10; 100 Ом; 1; 10; 100 кОм, погрешность $\pm 0,001 \%$ (для 0,1 Ом - не более $\pm 0,002 \%$)	Да	Да
Определение погрешности воспроизведения силы переменного тока	4.9.12	Меры сопротивления переменного тока с аттестованной частотной погрешностью (из комплекта поставки)	Номинальные сопротивления 1; 10; 100 Ом с аттестованной частотной погрешностью: $\pm 0,01 \%$ для частоты 1 кГц и $\pm 0,02 \%$ для частоты 10 кГц	Да	Да

97666 КСР 4.0105

Продолжение таблицы 4.3

Наименование операции	Номер пункта	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики средства поверки	Обязательность проведения операции при	
				первичной поверке	эксплуатации и хранении
Проверка коэффициента гармоник калибратора переменного напряжения	4.9.13	Измеритель нелинейных искажений СК6-13 Фильтр из комплекта поставки Осциллограф С1-96	Диапазон напряжений 2-100 В; диапазон измеряемых искажений 0,01-0,15 %; частотный диапазон 0,1-100 кГц; погрешность ± 10 % Частота режекции 0,1; 0,3; 0,5 и 1 МГц Полоса пропускания 10 МГц, чувствительность 2 мВ/см	Да	Да
Проверка возможности установки частоты	4.9.15	Мультиметр В7-64/1	Диапазон измеряемых частот 0,1- 1000 кГц, погрешность $\pm 0,3$ %	Да	Да
Проверка коэффициента гармоник калибратора силы переменного тока	4.9.14	Измеритель нелинейных искажений СК6-13	Измеряемое напряжение переменного тока 2 В; частотный диапазон 1-10 кГц; диапазон измерения коэффициента гармоник 0,01- 0,5 %	Да	Да

Примечания:

1 При проведении поверки разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2 В приборе В2-41 погрешность нормируется относительно калибровочных мер. Для проверки калибратора Н4-7 (Н4-7/1) должен использоваться прибор В2-41, калибровка которого осуществлялась по мере напряжения с погрешностью не более $\pm 0,0005$ %. При наличии такой меры даже для некалиброванного прибора В2-41 может быть введена коррекция показаний с помощью операции масштабирования (см. п.4.9.8.1).

3 Объем поверки после текущего ремонта, определяемый характером неисправности и объемом ремонтных работ, указан в разделе "Описание электрических схем и устранение неисправностей" части 2 руководства по эксплуатации.

4.9.3 Требования к квалификации поверителей

4.9.3.1 Поверители, осуществляющие калибровку прибора (внесение калибровочных констант), должны четко представлять себе, что нормируемая точность прибора определяется тщательностью проведения калибровки, завершаемой внесением калибровочных констант в энергонезависимую память прибора, и задается в интервале температур, определяемом температурой калибровки (23 ± 2) °С.

4.9.3.2 До проведения поверки поверитель должен ознакомиться с техническими характеристиками прибора, принципом действия, порядком работы и обслуживания прибора.

4.9.3.3 Поверитель должен ознакомиться с эксплуатационной документацией средств измерения и вспомогательного оборудования, применяемых при поверке, для метрологически грамотной и безопасной их эксплуатации.

150/50/20
29926

4.9.4 Требования безопасности при поверке

4.9.4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать все требования безопасности, изложенные в подразделе 2.1.

4.9.4.2 При поверке следует соблюдать особую осторожность, когда комплект из приборов Н4-7 (Н4-7/1) и усилителя напряжения выдает высокие, опасные для жизни, напряжения. Монтаж поверочных схем при этом должен быть продуманным и проводиться только при отключенном выходе.

4.9.4.3 Нагрузки, подключенные к прибору, должны быть защищены от возможности случайных прикосновений к ним во время работы.

4.9.4.4 Запрещается оставлять прибор, выдающий напряжение более 40 В, без наблюдения.

4.9.5 Условия поверки и подготовка к ней

4.9.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 23 ±5;
- относительная влажность окружающего воздуха, % 30 - 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) 84 - 106 (630 - 795);
- напряжение питающей сети, В 220 ±22;
- частота напряжения питающей сети, Гц 47- 63.

Допускается проведение контроля параметров приборов (кроме особо оговоренных случаев) в условиях, отличающихся от нормальных, если они не выходят за пределы рабочих условий применения, как проверяемого прибора, так и средств измерения, применяемых при контроле.

4.9.5.2 При испытании электрических характеристик должны выполняться следующие общие указания по эксплуатации прибора:

- прибор должен быть прогрет в течение 2 ч, кроме особо оговоренных случаев;
- при работе и измерениях, связанных с контролем малых уровней напряжений (токов), когда их значение или погрешность не превышают 10 мкВ, необходимо соблюдать меры, обеспечивающие минимизацию термоконтактных э.д.с.: избегать касания зажимов, соединений и выводов кабелей нагретыми предметами и руками, а если последнее имело место, - необходима двух- трехминутная пауза перед измерениями;
- калибровка прибора осуществляется при температуре (23 ±2) °С после не менее чем четырехчасового прогрева.

4.9.6 Внешний осмотр

4.9.6.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие калибратора Н4-7 (Н4-7/1) и усилителя напряжения следующим требованиям:

- комплектность - согласно таблице 1.7;
- отсутствие механических повреждений;
- отсутствие нарушения покрытий, особенно поверхностей электрических контактов приборов и кабелей;
- отсутствие нарушений изоляции приборов и соединительных кабелей;
- четкость маркировки;
- прочность крепления, плавность действия и четкость переключения органов управления должны обеспечивать удобство работы с прибором.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

97 666

4.9.7 Опробование

4.9.7.1 Опробование работы прибора совмещается с проверкой предела воспроизводимых напряжений, токов и сопротивлений, осуществляемой методом непосредственных измерений мультиметром В7-64/1.

Конечной целью данного вида испытаний является проверка функционирования прибора во всех предписанных режимах.

Порядок проведения испытания:

- подготовить проверяемый прибор (или комплект с усилителем напряжения) к работе, прогрев в течение 1 ч;
- проверяемый прибор установить в режим воспроизведения контролируемого параметра V, I, R;
- установить величину контролируемого параметра (контролируемую точку диапазона) в соответствии с данными таблицы 4.4;
- зафиксировать показания мультиметра В7-64/1.

Таблица 4.4

Тип испытуемого прибора	Режим работы	Контролируемая точка	Предел
Н4-7 (Н4-7/1)	Калибратор U ₋	1,9 В ±19 В	2 V 20 V
Н4-7 (Н4-7/1) с усилителем напряжения	Калибратор U _~ , частота 10 кГц	100 В 500 В	200 V 1000 V
Н4-7 (Н4-7/1)	Калибратор R	10 Ом - 10 МОм	-
Н4-7 (Н4-7/1)	Калибратор I ₋	190 мА 1900 мА	200 mA 2000 mA

Результаты проверки считают удовлетворительными, если реализуется визуальное (неметрологическое) соответствие показаний контрольного и испытуемого приборов.

4.9.8 Определение погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока

4.9.8.1 Проверка предела и основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока осуществляется путём измерения выходного напряжения калибратора прибором В2-41 (ВК2-40), который необходимо подготовить к работе следующим образом:

- подать на его вход напряжение меры Н4-4 или любой другой, действительное значение которой известно с погрешностью, не превышающей ±0,0005 %;
- выбором константы "с" (прибора В2-41) добиться показания напряжения, равного выходному напряжению меры.

4.9.8.2 Определение погрешности прибора осуществляется после не менее чем двухчасового прогрева поверяемого прибора путём измерения напряжения на его выходе прибором В2-41. Проверка производится в точках и по нормам, указанным в таблице 4.5

Проверке нулевого уровня напряжения предела «0,2 V» предшествует компенсация погрешности нуля прибора В2-41, для чего:

- замкнуть выводы входного кабеля прибора В2-41 на гнездах «V» и «I» («Lo») калибратора Н4-7 (Н4-7/1), которые, в свою очередь, замкнуты перемычкой;
- нажатием кнопки «Δ» прибора В2-41 скомпенсировать его показание на пределе измерения «2 V»;
- установить предел «0,2 V» поверяемого прибора при нулевом показании его индикатора и зафиксировать показание прибора В2-41, которое не должно превышать ±1 мкВ.

Устанавливая на выходе поверяемого прибора напряжения, указанные в таблице 4.5, зафиксировать для каждого из них показания прибора В2-41 и вычислить погрешности, которые не должны превышать значений, указанных в таблице 4.5.

94666 01.1004

Таблица 4.5

Предел U_n	Контролируемое напряжение, В	Допускаемое значение погрешности \pm мкВ, не более			
		Н4-7		Н4-7/1	
		1 год	3 года	1 год	3 года
0,2 V	0	1	1,6	1	1,6
	± 2 мкВ	1	1,6	1	1,6
	$\pm 0,2$	5	9,6	7	14
2 V	0	4	8	4	8
	± 2	44	88	56	112
20 V	$\pm 0,0085$	30	60	40	80
	0,016	30	60	40	80
	0,025	30	60	40	80
	0,03	30	60	40	80
	0,06	30	62	40	80
	0,1	32	63	42	82
	$\pm 0,2$	34	67	44	88
	0,4	38	74	48	96
	0,7	44	85	54	108
	± 1	50	95	60	120
	1,2	54	102	64	128
	1,4	58	118	68	136
	1,7	64	120	74	148
	2	70	130	80	160
	2,5	80	147	90	180
	± 5	130	235	140	280
	8	190	340	200	400
11	250	445	260	520	
13	290	515	300	600	
15	330	585	340	680	
17,5	380	670	390	780	
± 20	430	760	440	880	
200 V	0	500	1000	700	1400
	± 100	3 мВ	6 мВ	3,8 мВ	7,6 мВ
	± 200	5,5 мВ	11 мВ	7,4 мВ	14,8 мВ
1000 V	± 200	11 мВ	18 мВ	12 мВ	24 мВ
	500	21,5 мВ	36 мВ	22 мВ	44 мВ
	± 1000	39 мВ	66 мВ	40 мВ	80 мВ

4.9.9 Определение погрешности воспроизведения напряжения переменного тока

4.9.9.1 Проверку предела и основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока осуществляют методом сравнения (компарирования) контролируемого напряжения переменного тока с эквивалентным постоянным.

В качестве источника постоянного напряжения используется поверяемый прибор после его приёмки по методике, описанной в п.4.9.8, где предусмотрены метрологические запасы, обеспечивающие достоверность измерения переменного напряжения (погрешность источника постоянного напряжения не менее чем в 4 раза меньше нормируемой погрешности калибратора переменного напряжения). Сравнение постоянного напряжения с переменным осуществляется при помощи термоэлектрических компараторов напряжения 1-го разряда типов ПНТЭ-13, ПНТЭ-13А, ПНТЭ-21, ПНТЭ-10А.

Процедура измерения подробно изложена в инструкциях по эксплуатации вышеназванных устройств. Дополнительно требуется отметить, что входная цепь термопреобразователей

97666 21.12.2011

потребляет заметный ток от калибратора, и падение напряжения на проводах, включая внутренние цепи прибора, может существенно исказить результат измерения. По этой причине на частотах до 100 кГц включительно необходимо использовать четырехпроводный выход прибора, а на более высоких частотах (200 кГц и выше) – двухпроводный. При этом следует учитывать реакцию проверяемого калибратора на нагрузку: в примечании п.4.9.9.8 описано, как это можно сделать.

4.9.9.2 Ниже подробно описана методика определения погрешности прибора с помощью переходного стандарта модели 792A фирмы FLUKE, США (792A AC/DC Transfer Standard).

Примечания:

1 Компаратор 792A имеет погрешность сравнения $\pm 0,0015$ % до 20 кГц; $\pm 0,005$ % до 50 кГц и $\pm 0,05$ % до 1 МГц.

2 При использовании в схеме поверки других средств (с худшими параметрами) погрешность проверяемого прибора должна быть соответственно увеличена.

В компараторе 792A нет встроенного индикатора. В качестве внешнего индикатора предлагается использовать прибор В2-41 (ВК2-40, В7-64/1, В1-18), от которого требуется только высокая разрешающая способность (0,0001 %) и возможность математической обработки результатов измерения.

Индикатор подключается к выходу «DC OUTPUT» компаратора.

4.9.9.3 Следует обратить внимание на значительное потребление тока входной цепью компаратора 792A (до 6 мА), поэтому в большинстве контролируемых точек необходимо принимать меры по компенсации или учёту составляющей погрешности, обусловленной падением напряжения на соединительных проводах. В каждом конкретном случае будут даны соответствующие указания.

4.9.9.4 Стандартная процедура сравнения постоянного и переменного напряжения реализуется следующим образом:

- установить требуемый предел измерения компаратора;
- к одному из входов компаратора подключить проверяемый прибор;
- на выходе проверяемого прибора установить требуемое (равное измеряемому переменному напряжению) значение постоянного напряжения положительной полярности;
- нажатием кнопки «%» индикатора (В2-41) скомпенсировать его показание;
- для оценки асимметрии компаратора (реакции на разнополярный сигнал) кнопкой «+/-» проверяемый прибор переводится в режим воспроизведения напряжения отрицательной полярности;
- зафиксировать (в процентах) показание индикатора и, если оно в пять или более раз ниже погрешности, нормированной для калибратора переменного напряжения в данной точке, компарирование можно осуществлять только при положительной полярности напряжения;
- в этом случае необходимо вернуться к положительной полярности и, при необходимости, кнопкой «%» индикатора скомпенсировать показание;
- проверяемый прибор перевести в режим воспроизведения напряжения переменного тока с требуемым напряжением и частотой (при переключении режима прибор автоматически переходит в режим «СБРОС», поэтому следует нажать кнопку «OUTPUT OFF», погасив подсветку), устанавливая весь заданный частотный ряд для данного напряжения. Зафиксировать показания индикатора, отображающего погрешность.

4.9.9.5 Для случаев, когда асимметрия компаратора превышает 0,2 нормированной погрешности (такое возможно на пределе измерения «220 mV» компаратора), необходимо осуществлять сравнение переменного напряжения со средним, по результатам двух измерений (при положительной и отрицательной полярности), значением постоянного напряжения:

- подать напряжение отрицательной полярности;
- нажатием кнопки «%» индикатора (В2-41) скомпенсировать его показание;
- установить положительную полярность на выходе проверяемого прибора;
- зафиксировать показание индикатора, а затем, редактируя выход проверяемого прибора, добиться двукратного снижения его показания (например, было показание "-0,04 %", необходимо добиться показания "-0,02 %"). Значение напряжения на индикаторе проверяемого прибо-

11.02.11 99999

ра и есть среднее значение постоянного напряжения, с которым и следует сравнивать измеряемое переменное напряжение;

- далее двукратным нажатием кнопки "%" индикатора (В2-41) вновь скомпенсировать его показание (соответствующее среднему значению);
- поверяемый прибор перевести в режим воспроизведения переменного напряжения, установив величину и частоту проверяемого напряжения;
- на индикаторе фиксируется погрешность калибратора переменного напряжения;
- устанавливая весь заданный частотный ряд для данного напряжения, зафиксировать показания индикатора, отображающего погрешность.

4.9.9.6 Проверку производят в точках, указанных в таблице 4.6, начиная с предела «0,2 V», для чего:

- установить предел измерения «220 mV» компаратора (входное сопротивление на этом пределе - 10 МОм);
- установить предел «0,2 V» и режим калибратора напряжения постоянного тока;
- низко и высокопотенциальные гнезда соединить перемычками, причём низкопотенциальные соединить дополнительной перемычкой с экраном (гнездо « G »);
- двухпроводным кабелем из комплекта поверяемого прибора соединить его выход со входом компаратора;
- осуществить измерения в соответствии с указаниями п.4.9.9.4. (или, в зависимости от асимметрии компаратора, п.4.9.9.5.).

Для удобства отсчёта целесообразно ограничить чувствительность индикатора (нажатием кнопки «↓» прибора В2-41) до 0,0001 % при измерениях до 20 кГц, до 0,001 % - до 100 кГц и до 0,01 % при измерениях выше 100 кГц.

4.9.9.7 Далее проверяется уровень 0,2 В предела «20 V» (см. таблицу 4.6). Такая последовательность позволяет не менять схему измерений (не переключать предел измерения компаратора, не менять соединений и даже чувствительность индикатора 0,01 %).

4.9.9.8 Определение погрешности в точке 2 В предела «2 V» осуществляется на пределе измерения «2,2 V» компаратора. При этом для соединения с ним используется четырехпроводный кабель из комплекта прибора и соответственно четырехпроводный выход калибратора (перемычки между низкопотенциальными и высокопотенциальными гнездами прибора удаляются и сохраняется перемычка между низкопотенциальным гнездом и экраном « G »).

При четырехпроводном выходе прибор проверяется вплоть до 300 кГц, а на частотах выше 300 кГц (только у прибора Н4-7) необходимо перейти на двухпроводный выход и двухпроводный кабель из комплекта прибора (т.е. соединить перемычками высоко- и низкопотенциальные гнезда поверяемого прибора, сохранив при этом соединение последних с гнездом «G»).

Аналогично, используя предел измерения «22 V» компаратора, провести измерения в точках 2,5 В, 10 В и 20 В предела «20 V» и проверить соответствие требованиям таблицы 4.6. При этом на частотах выше 100 кГц следует реализовать переход на двухпроводную схему измерения.

Также при двухпроводном выходе осуществляется проверка погрешности прибора в точках пределов «200 V» (предел измерения компаратора «220 V») и «1000 V» (предел измерения компаратора «1000 V»). В последнем случае к компаратору подключается выход усилителя напряжения.

Примечание - При определении погрешности на частотах выше 300 кГц, необходимо контролировать реакцию поверяемого прибора на нагрузку входной цепью компаратора. Если она составляет заметную часть от нормируемой погрешности (более четверти), необходимо соответствующим образом скорректировать результат.

Реализуется следующий порядок операций:

- параллельно входу компаратора подключить вольтметр В7-64/1 (или любой другой 5,5 - 6,5 - разрядный), используя для этой цели дополнительные гнезда компаратора (их две пары на каждый вход);
- после установки на выходе поверяемого прибора требуемого напряжения переменного тока (уровня и частоты) перевести переключатель входов компаратора в нейтральное положение

94 666 04.10.01

ние и зафиксировать показание прибора В7-64/1;

- переключатель входов установить в рабочее положение и вновь зафиксировать показание прибора В7-64/1;
- по разности показаний оценить реакцию прибора для соответствующей коррекции результатов измерения погрешности;
- отсоединить вольтметр (измерение погрешности прибора осуществляется без вольтметра).

Пример. При определении погрешности в точке 2 В на частоте 300 кГц, прибор В7-64/1 под нагрузкой показал превышение на 600 мкВ, что соответствует увеличению погрешности прибора под нагрузкой (компаратором) на +0,03 %. При измерении погрешности в этой точке получили результат "-0,01 %", следовательно, реальная погрешность прибора "- 0,04 %".

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, указанных в таблице 4.6.

4.9.10 Определение погрешности воспроизведения сопротивлений

4.9.10.1 Проверка параметров прибора в режиме воспроизведения сопротивлений производится в два этапа, различающихся методом измерения: измерение сопротивлений от 10 Ом до 10 кОм (п.4.9.10.2) и измерение сопротивлений 10^5 , 10^6 , и 10^7 Ом (п.4.9.10.3).

Перед измерениями, поочередно включая сопротивления 10 Ом, 100 Ом . . . 10 МОм и визуально фиксируя индицируемые значения, убедиться, что они отличаются от номинального значения не более чем на $\pm 0,05$ %, а 10 МОм - на $\pm 0,15$ %.

4.9.10.2 Измерение воспроизводимых сопротивлений 10, 100 Ом и 1, 10 кОм производят методом компарирования. Необходимая при этом измерительная схема изображена на рисунке 4.1а. В этой схеме через образцовую меру R_0 и соединенное последовательно с ней контролируемое сопротивление, установленное на выходе поверяемого прибора, пропускают ток источника. Сравнение (компарирование) напряжений на R_0 и сопротивлении на выходе поверяемого прибора производят вольтметром В2-41 (или ВК-40, В1-18 или Р3003) путем очередного подключения его входа к потенциальным выводам поверяемого и образцового резисторов. Измерения производят в следующем порядке:

- установить на выходе поверяемого прибора сопротивление 10 Ом (с четырехпроводным выходом);
- в качестве образцового сопротивления R_0 включить меру сопротивления 10 Ом, действительное значение которой известно с точностью не менее $\pm 0,001$ %;
- установить силу тока 100 мА на выходе источника тока, скорректировав ток таким образом, чтобы показание вольтметра, подключенного к потенциальным выводам R_0 , было равно действительному значению сопротивления меры;
- подключить вход вольтметра к потенциальным выводам поверяемого прибора. При этом численное показание вольтметра принимают за действительное значение проверяемого сопротивления, которое не должно отличаться от показания индикатора поверяемого прибора более чем на $\pm 0,0003$ Ом.

Установив на выходе поверяемого прибора сопротивление 100 Ом, на выходе источника тока 10 мА и подключив R_0 , равное 100 Ом, аналогичными операциями измерить сопротивление 100 Ом. Измеренное значение не должно отличаться от показаний индикатора поверяемого прибора более чем на $\pm 0,002$ Ом. Аналогично измеряются сопротивления 1 кОм (ток 1 мА, $R_0 = 1$ кОм) и 10 кОм (ток 0,1 мА, $R_0 = 10$ кОм). Погрешность не должна превышать $\pm 0,02$ Ом и $\pm 0,2$ Ом для 1 и 10 кОм соответственно.

150.50.01
97986

87666 1000 V 20 V 0,2 V

Таблица 4.6

Предел Уп	Конт- роли- руемое напря- жение, В	Допускаемое значение погрешности с учетом запаса, ± %, не более												
		на частоте, кГц (прибор Н4-7)												
		0,06 и 0,2	0,4	1	10	20	30	50	75	100	300	500	750	1000
0,2 V	0,2	0,009	-	-	-	0,01	-	0,023	-	0,044	0,11	-	-	0,28
2 V	2	0,0055	-	-	-	0,0055	-	0,0088	-	0,011	0,044	0,11	-	0,28
20 V	0,2	0,04	-	-	-	0,045	-	0,088	-	0,12	0,44	1,1	-	2,8
	2,5	-	-	-	-	0,0077	-	0,0145	-	0,019	0,072	0,18	-	0,5
	10	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,01	0,01	0,012	0,012	0,048	0,12	0,3	0,3
200 V	20	-	-	-	0,005	0,005	-	0,0088	-	0,011	0,044	0,11	0,28	-
	100	0,006	-	0,006	-	0,006	-	0,019	0,028	0,028	-	-	-	-
1000 V	140	-	-	-	0,0055	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	300	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
	500	0,009	0,009	0,009	0,009	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-
	700	-	-	0,009	0,009	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4.6

Предел Уп	Конт- ролируемое напря- жение, В	Допускаемое значение погрешности с учетом запаса, ± %, не более										
		на частоте, кГц (прибор Н4-7/1)										
		0,06 и 0,2	0,4	1	10	20	30	50	75	100	200	
0,2 V	0,2	0,02	-	-	-	0,02	-	0,03	-	0,05	0,11	
2 V	2	0,02	-	-	-	0,02	-	0,016	-	0,023	0,044	
20 V	0,2	0,1	-	-	-	0,1	-	0,18	-	0,22	0,44	
	2,5	-	-	-	-	0,023	-	0,025	-	0,04	0,075	
	10	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,02	0,02	0,024	0,024	0,049	
200 V	20	-	-	-	0,01	0,01	-	0,025	-	0,022	0,044	
	100	0,018	-	0,018	-	0,018	-	0,03	0,048	0,048	-	
1000 V	140	-	-	-	0,018	-	-	-	-	-	-	
	300	-	-	-	-	-	0,046	-	-	-	-	
	500	0,018	0,018	0,018	0,018	0,034	-	-	-	-	-	
700	-	-	0,018	0,018	-	-	-	-	-	-		

98666 Лж 21.12.04

4.9.10.3 Определение погрешности для сопротивлений 0,1; 1 и 10 МОм осуществляется методом "масштабирования" проверяемого сопротивления по образцовой мере сопротивления 10 кОм. В схеме измерения проверяемое сопротивление соединяется последовательно с образцовой мерой, образуя делитель, на который подается напряжение стабильного ($\pm 0,0001\%$ за время измерения) источника Н4-6 в соответствии с рисунком 4.1б. При этом напряжение источника распределяется пропорционально сопротивлениям образованного таким образом делителя.

Порядок определения погрешности сопротивления 100 кОм:

- установить на выходе поверяемого прибора сопротивление 100 кОм;
- на выходе источника напряжения Н4-6 (Н4-7) установить напряжение 11 В;
- контролируя напряжение прибором В2-41 (предел измерения «20 В») на потенциальных выводах R_0 и редактируя выход источника напряжения, добиться показания индикатором В2-41 напряжения, равного действительному значению сопротивления (вернее его десятой части), например, если сопротивление составляет 9,9986 кОм, то напряжение должно быть 0,99986 В;

- прибором В2-41 измерить напряжение на выходе источника напряжения (путем переноса высокопотенциального проводника прибора В2-41 с вывода R_0 на высокопотенциальный вывод проверяемого прибора);

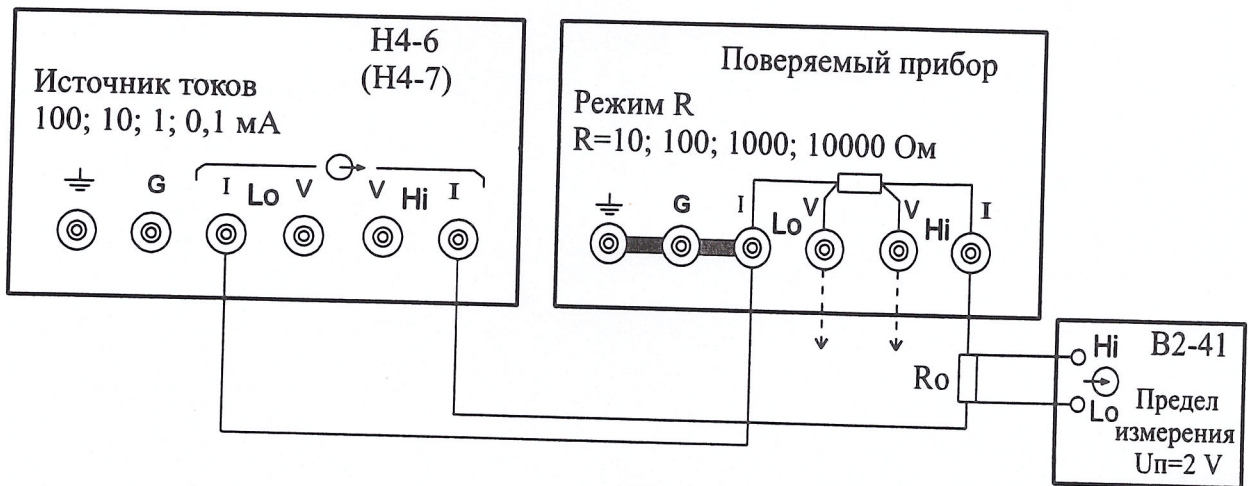
- из показания В2-41 вычесть его показание при измерении напряжения на R_0 . Результат дает численное выражение измеряемого сопротивления (при переносе запятой на одно знакоместо вправо).

Примечания

1 Для исключения вычислений достаточно после операции редактирования напряжения источника нажатием кнопки «Δ» прибора В2-41 скомпенсировать его показание (напряжение на R_0). При измерении полного напряжения на индикаторе В2-41 воспроизводится численное показание измеряемого сопротивления (при переносе запятой на одно знакоместо вправо).

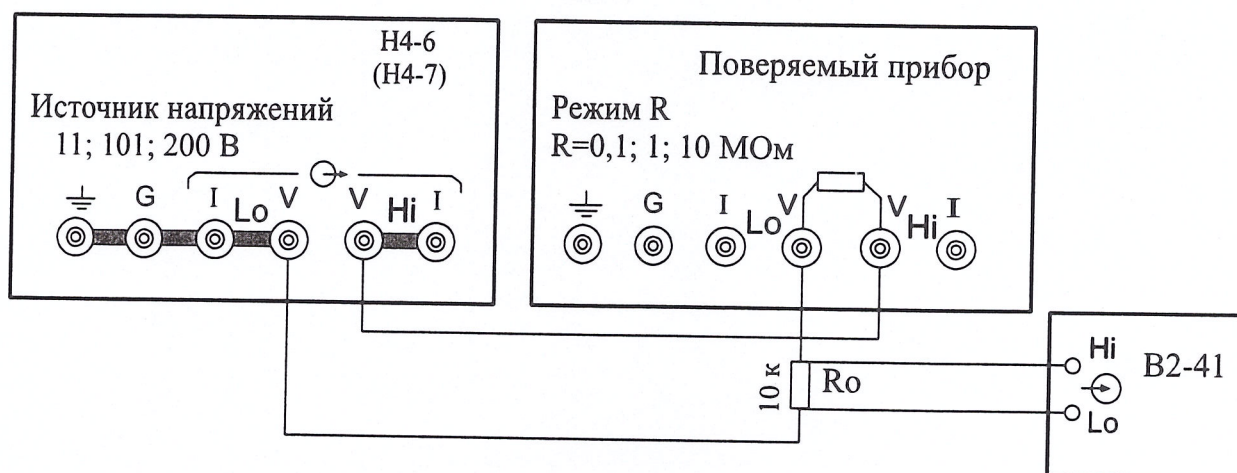
2 Для исключения влияния начального смещения на точность установки тока через делитель перед установкой напряжения на выходе источника напряжения необходимо установить нуль на самом младшем пределе («0,2 В») источника и нажатием кнопки «Δ» прибора В2-41 скомпенсировать начальное смещение измерительной схемы.

Аналогичным образом измеряются сопротивления 1 и 10 МОм. При этом устанавливаются (предварительно) напряжения 101 В и 200 В на выходе источника напряжения, что дает распределение напряжений: 1 В на R_0 , 100 В на измеряемом сопротивлении в первом случае, а во втором соответственно 0,2 В и 200 В (в последнем случае для удобства отсчета можно использовать операцию масштабирования «с · х» прибора В2-41, установив $c = 0,5$).



а) – воспроизведение сопротивлений 10 Ом – 10 кОм

150 50 02 99 92 25



б) – воспроизведение сопротивлений 0,1 – 10 МОм

Рисунок 4.1 – Схема для определения погрешности прибора в режиме воспроизведения сопротивлений

Измеряемые сопротивления не должны отличаться от индицируемых на табло поверяемого прибора более чем на:

- ± 3 Ом для резистора 100 кОм;
- ± 100 Ом для резистора 1 МОм;
- ± 3 кОм для резистора 10 МОм.

Примечание - При трехгодичном межповерочном интервале допустимая погрешность должна быть увеличена в соответствии с таблицей 1.6.

4.9.11 Определение погрешности воспроизведения силы постоянного тока

4.9.11.1 Проверка пределов и основной погрешности прибора в режиме воспроизведения силы постоянного тока осуществляется методом измерения напряжения на образцовой мере сопротивления, через которую пропускается контролируемый ток (R_0 на рисунке 4.2).

Определение погрешности на каждом пределе производится в области минимальных и максимальных значений силы тока следующим образом:

- к токовым выходам "I" поверяемого прибора подключить меру сопротивления R_0 (см. рисунок 4.2);
- к потенциальным выводам меры R_0 подключить вольтметр B2-41 с пределом измерения «2 V»;
- произвести измерение падения напряжения на R_0 при минимальном (равном нулю) и максимальном токе предела. Пределы и проверяемые точки указаны в таблице 4.7.

ВНИМАНИЕ! Вышеописанные процедуры определения погрешности предполагают, что действительное значение сопротивления меры не отличается от номинального, т.е. от значений 10000; 1000; 100 Ом и т.д. Если действительные значения сопротивления мер, взятые из их свидетельств об аттестации, отличаются от номинальных более чем на $\pm 0,0005$ %, то необходимо воспользоваться операцией масштабирования "с · x" прибора B2-41. С этой целью для каждой меры вычисляется константа "с" путем деления номинального значения сопротивления меры на ее действительное значение (например, $c = 1000 / 1000,03 = 0,99997$) и до начала измерения вводится в прибор B2-41 для соответствующей данному измерению меры сопротивления.

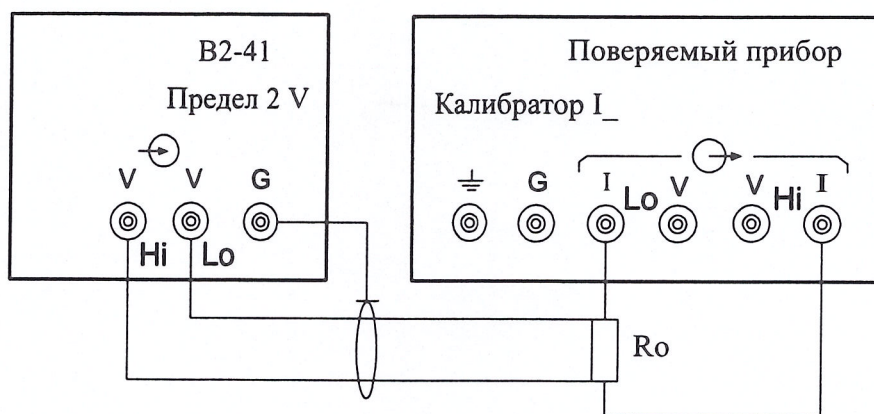


Рисунок 4.2 - Схема для определения погрешности калибратора силы постоянного тока

Таблица 4.7

Предел I_p	Номинальные значения сопротивления меры R_0 (из набора МС3004), Ом	Проверяемая точка, мА	Допускаемое отклонение, мкВ			
			Н4-7		Н4-7/1	
			1 год	3 года	1 год	3 года
0,2 мА (0,2 мА)	10000	0	20	40	40	40
		± 4 нА	20	40	40	40
		$\pm 0,2$	100	200	140	260
2 мА (2 мА)	1000	0	8	20	40	40
		± 2	88	180	140	260
20 мА (20 мА)	100	0	8	20	40	40
		± 20	88	180	140	260
200 мА (200 мА)	10	0	12	24	40	120
		± 200	132	224	160	260
2000 мА (2000 мА)	1*	0	20	60	60	80
	0,1	± 2000	22	36	26	38
10 А (10 А)	0,01 **	0	-	-	6	10
		± 10 А	-	-	36	60

* Резистор С5 – 16М - 5 – 1 Ом ± 1 % В ОЖО.467.545 ТУ

** Мера сопротивления из комплекта поставки

Результаты поверки по постоянному току считают удовлетворительными, если отклонения напряжения не превышают значений, указанных в таблице 4.7.

4.9.12 Определение погрешности воспроизведения силы переменного тока

4.9.12.1 Проверка предела и основной погрешности воспроизведения силы переменного тока может быть реализована любым из двух описанных ниже способов (в зависимости от оснащения средствами измерения);

- метод сравнения переменного и постоянного тока с помощью образцовых термопреобразователей тока из набора ПТТЭ (или КПП-1М) и Т300 (п.4.9.12.2);

- метод измерения падения напряжения на мере сопротивления, через которую пропускается измеряемый ток (пп.4.9.12.3).

4.9.12.2 В качестве источника постоянного тока используется поверяемый прибор после его приемки по п.4.9.11.

Сравнение постоянного и переменного тока осуществляется при помощи набора образцовых термопреобразователей. В качестве измерительного прибора может использоваться нановольтметр В2-39 или компараторы Р3003, Р3017.

Измерения проводятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации термопреобра-

зователей в точках, соответствующих максимальному значению предела на частотах 200 Гц, 1 кГц, 5 кГц и 10 кГц по нормам таблицы 4.8.

Процедура работы с термопреобразователями мало отличается от описанной в п.4.9.9 (поочередное подключение к термопреобразователю то переменного, то постоянного тока положительной и отрицательной полярности), однако из-за низкой стабильности термопреобразователей и отсутствием защиты следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- перед работой с термопреобразователями необходимо внимательно ознакомиться с правилами их эксплуатации;
- недопустима более чем полуторократная перегрузка термопреобразователя;
- отсчет показаний следует производить после установившегося значения термо-э.д.с. преобразователя, а при изменениях измеряемого напряжения более чем на $\pm 10\%$ следует дать время на прогрев преобразователя новым значением измеряемого напряжения (тока);
- повышать чувствительность компаратора (Р3003) при измерениях следует до тех пор, пока реализуется возможность отсчета напряжений в три - пять раз меньших допустимых значений погрешности (что может быть проконтролировано, например, соответствующим изменением тока поверяемого прибора);
- термопреобразователи целесообразно поместить в пассивный термостат и оборудовать средства защиты от перегрузок.

Примечание - С целью реализации максимальной чувствительности допускается снижение уровня контролируемого тока до максимально допустимого напряжения для термопреобразователя, однако оно не должно быть ниже $0,75 \cdot U_n$.

4.9.12.3 Проверка пределов и основной погрешности воспроизведения силы переменного тока с помощью мер сопротивления переменного тока с аттестованной частотной погрешностью производится следующим образом:

- собрать схему в соответствии с рисунком 4.3, устанавливая R_0 из таблицы 4.8, начав с $R_0 = 100$ Ом;
- установить предел «2 мА» и силу тока $I_{ном} = 2$ мА частотой 1 кГц;
- зарегистрировать показание $U_{пок}$ прибора В7-64/1;
- подключить выход поверяемого калибратора Н4-7 (Н4-7/1), переключив его в режим калибратора напряжения переменного тока, ко входу прибора В7-64/1, отключив последний от сопротивления R_0 ;
- изменением выходного напряжения прибора Н4-7 (Н4-7/1) на частоте 1 кГц добиться показания вольтметра, равного ранее зарегистрированному $U_{пок}$. По показанию индикатора прибора Н4-7 (Н4-7/1) зарегистрировать уточненное (истинное) показание $U_{ист}$. Рассчитать погрешность по формуле (4.1):

$$\delta = \frac{U_{ист} - I_{ном} \cdot R_0}{I_{ном} \cdot R_0} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

где R_0 - значение сопротивления на частоте измеряемого тока.

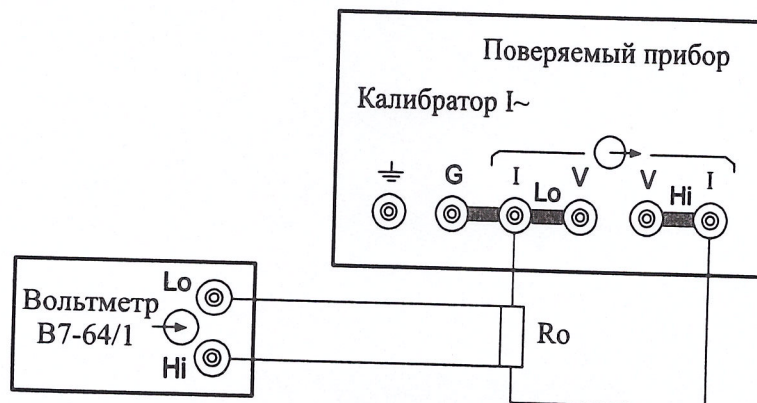


Рисунок 4.3 Схема определение погрешности калибратора силы переменного тока с помощью мер сопротивления

150.40.01.05
19946

Из-за шунтирования $R_0 = 100$ Ом входным сопротивлением вольтметра (1 МОм), величина сопротивления R_0 должна быть увеличена на 0,01 Ом, т.е. формула (4.1) только для $R_0 = 100$ Ом принимает вид формулы (4.2):

$$\delta = \frac{U_{ист} - I_{ном} \cdot (R_0 + 0,01 \text{ Ом})}{I_{ном} \cdot (R_0 + 0,01 \text{ Ом})} \cdot 100 \% \quad (4.2)$$

Аналогичные измерения осуществить по всем позициям таблицы 4.8. Этим видом испытаний определяется погрешность калибратора переменного тока.

Примечание - Для исключения автоматического перехода вольтметра В7-64/1 на старший предел измерения, допускается измерения осуществлять в точках на 5 - 10 % ниже максимальных, т.е. 1,9 мА; 19 мА и т.д.

Таблица 4.8

Предел I_p (проверяемая точка)	R_0 , Ом	Допустимая погрешность, $\pm\%$, на частоте			
		200 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц
Н4-7					
2 мА (2 мА)	100	0,017	0,033	0,07	0,07
20 мА (20 мА)	100	0,017	0,033	0,07	0,07
200 мА (200 мА)	10	0,017	0,033	0,07	0,07
2000 мА (2000 мА)	1	0,027	0,066	0,17	0,17
Н4-7/1					
2 мА (2 мА)	100	0,032	0,044	0,08	0,08
20 мА (20 мА)	100	0,032	0,044	0,08	0,08
200 мА (200 мА)	10	0,032	0,044	0,08	0,08
2000 мА (2000 мА)	1	0,044	0,07	0,17	0,17
10 А (10 А)	0,01**	0,06	0,08	0,4	0,8

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, указанных в таблице 4.8.

4.9.13 Проверка коэффициента гармоник калибратора напряжения

4.9.13.1 Проверка коэффициента гармоник на выходе калибратора переменного напряжения на частотах до 20 кГц (включительно), а для напряжения 100 В и на частоте 100 кГц, осуществляется измерителем нелинейных искажений СК6-13. В точках 2 и 20 В на частотах 100, 300, 500 и 1000 кГц для проверки коэффициента гармоник используется схема с фильтром, подавляющим первую гармонику выходного сигнала калибратора. Амплитуда оставшегося частотного спектра оценивается осциллографом или вольтметром с СКЗ преобразователем и полосой до 5 МГц.

4.9.13.2 Проверка коэффициента гармоник с помощью СК6-13 производится в точках из таблицы 4.9. Напряжение 500 В подается через делитель 1:50, составленный из резисторов номиналами 51 кОм и 1 кОм, которые выполняют и роль нагрузки. Измерения в остальных точках также производятся при полной активной нагрузке. Резисторы нагрузки указаны в таблице 4.9.

97666 Кож 25.05.05

Таблица 4.9

Предел	Напряже- ние, В	Коэффициент гармоник на частоте, %					Сопротивле- ние нагрузки
		190 Гц	1 кГц	10 кГц	20 кГц	100 кГц	
2 V	2	-	-	0,1	0,015	-	100 Ом
20 V	20	0,015	-	-	0,015	-	1 кОм
200 V	100	-	-	-	0,03	0,1	10 кОм
1000 V	500	-	0,05	-	0,15	-	50 кОм

Результаты проверки считают удовлетворительными, если измеренные значения коэффициента гармоник не превышают значений, указанных в таблице 4.9.

4.9.13.3 Измерение коэффициента гармоник на высоких частотах осуществляется в соответствии со схемой рисунок 4.4 в точках и по нормам таблицы 4.10:

- настроить фильтр на частоту напряжения, установленного на выходе калибратора, пользуясь приложением А;
- установить на выходе калибратора значения напряжения и частоты из таблицы 4.10;
- по осциллографу настроить фильтр на частоту выходного сигнала калибратора. Точной настройкой является состояние, при котором на выходе фильтра отсутствует первая гармоника или ее уровень ниже остальных составляющих (достаточно, чтобы амплитуда первой гармоники не превышала половины амплитуды остальных компонентов спектра);
- определить уровень напряжения высших гармоник и шумов (СКЗ) как одну треть двойной амплитуды осциллограммы. При этом амплитуду острых (коротких) выбросов с суммарной длительностью 3-5 % от общего времени развертки осциллографа не учитывать;
- вычислить коэффициент гармоник и шумов как отношение напряжения гармоник и шумов ($U_{г}$) к установленному на выходе калибратора напряжению ($U_{вых}$), по формуле (4.3):

$$K_{г} = 100 \% \cdot U_{г} / U_{вых} \tag{4.3}$$

Вычисленное значение не должно превышать значений, указанных в таблице 4.10.

Примечание - В тех случаях, когда однозначное определение напряжения гармоник по экрану осциллографа вызывает затруднение, можно заменить осциллограф на вольтметр ВЗ-71/1 и осуществлять измерение по его показаниям.

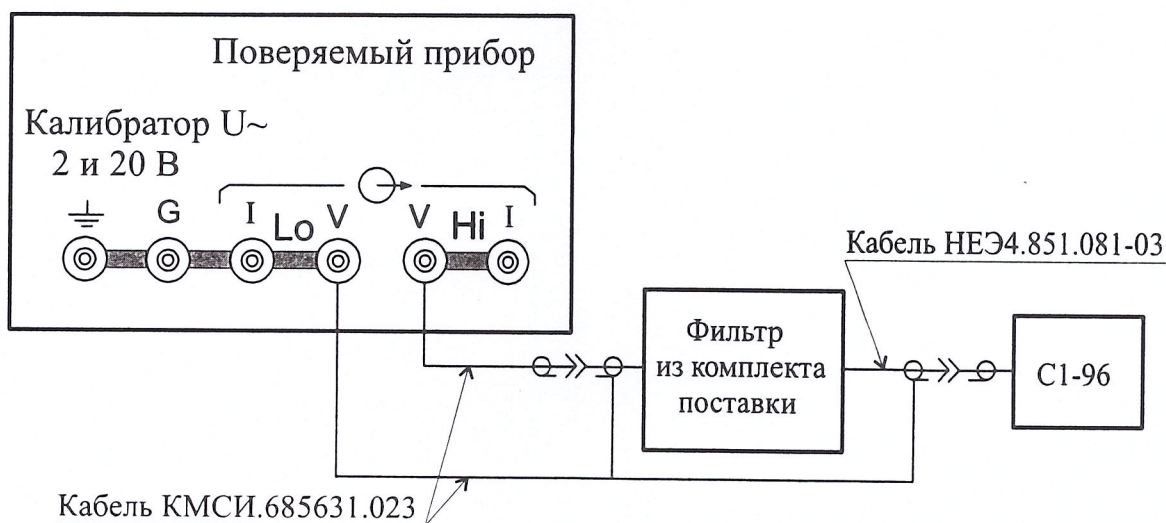


Рисунок 4.4 - Схема проверки коэффициента гармоник в высокочастотной области спектра (режим: калибратор переменного напряжения)

97666
09.08.05

Таблица 4.10

Предел	Напряжение, В	Коэффициент гармоник, %, на частоте			
		100 кГц	300 кГц	500 кГц	1000 кГц
2 V	2	0,05	0,2	0,3	1
20 V	20	0,05	0,2	0,3	1

4.9.14 Проверка коэффициента гармоник калибратора силы тока

4.9.14.1 Коэффициент гармоник калибратора силы переменного тока определяется для каждого предела (в его конечной точке) на частотах 1; 5 и 10 кГц в соответствии с данными таблицы 4.11. Измерительная схема представлена на рисунке 4.5, где СК6-13 - измеритель нелинейных искажений.

Таблица 4.11

Значения сопротивления R (см. рисунок 4.5)	Тип сопротивления	Сила тока
1000 Ом	Резистор С2-23-1 кОм ±5 % ОЖО.467.081 ТУ	2 мА
100 Ом	Резистор С2-23-100 Ом ±5% ОЖО.467.081 ТУ	20 мА
10 Ом	Резистор С2-23-10 Ом ±5 % ОЖО.467.081 ТУ	200 мА
1 Ом	С5-16М-5 -1 Ом ±1 % В ОЖО.467.545 ТУ	2000 мА

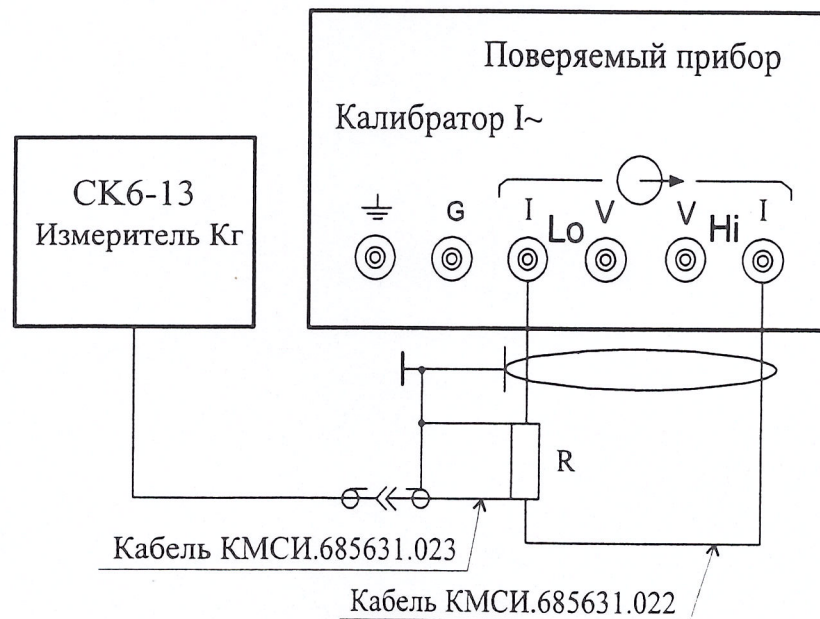


Рисунок 4.5 - Схема проверки коэффициента гармоник калибратора силы переменного тока

97666 007 4.11031

Результаты проверки считают удовлетворительными, если измеренное значение коэффициента гармоник не превышает значений, указанных в таблице 1.3.

4.9.15 Проверка возможности установки частоты

4.9.15.1 Проверка возможности установки частоты осуществляется прибором В7-64/1 в режиме частотомера. Проверяемый прибор устанавливается в режим калибратора напряжения переменного тока с выходным напряжением 10 В частотой 1 кГц. К выходным гнездам проверяемого прибора подключается прибор В7-64/1 (в режиме измерения частоты).

Последовательно устанавливая частоту 0,2; 0,3; 0,5; 0,9; 1,7; 3,3; 6,5; 12,9; 20; 200; 500 и 1000 кГц зафиксировать показание частотомера. Установить частоту 100 Гц и измерить ее.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если погрешность установки частоты не превышает значений, указанных в таблице 1.2.

4.9.16 Оформление результатов поверки

4.9.16.1 Положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке и клеймением поверяемого прибора в порядке, установленном метрологической службой, осуществляющей поверку.

В случае отрицательных результатов поверки прибор признается непригодным к выпуску в обращение и применение. При этом аннулируется свидетельство или гасится клеймо. Приборы, не подлежащие ремонту, изымаются из обращения и эксплуатации, кроме того на них выдается свидетельство о непригодности.

5010 К
ВР 999КВ