

ОКПД 2 26.51.43.150
ТН ВЭД ЕАЭС 9030 89 300 0

КАЛИБРАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Н4-57
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

КБИС.411182.003 РЭ

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ	5
1.1 Безопасность эксплуатации	5
1.2 Лицензии.....	6
1.3 Определения, обозначения и сокращения	6
2. ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ	7
3. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА	8
4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	9
4.1 Условия нормирования параметров.....	9
4.2 Воспроизведение напряжения постоянного тока	9
4.3 Воспроизведение напряжения переменного тока синусоидальной формы.....	10
4.4 Воспроизведение силы постоянного тока.....	13
4.5 Воспроизведение силы переменного тока синусоидальной формы	15
4.6 Параметры и характеристики в режиме воспроизведения сопротивления постоянному и переменному току ...	16
4.7 Параметры и характеристики в режиме воспроизведения силы постоянного и переменного тока с применением катушки токовой КТИ-1000/34	18
4.8 Дополнительные функции к режимам воспроизведения	18
4.9 Общие технические характеристики.....	19
5. СОСТАВ КОМПЛЕКТА	23
6. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	24
7. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ	24
8. УПАКОВКА	24
9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	26
9.1 Принцип работы	26
9.2 Подготовка прибора к использованию	27
9.2.1 Меры безопасности.....	27
9.2.2 Подготовка к работе.....	28
9.2.3 Включение прибора	28
9.3 Использование калибратора Н4-57 и порядок работы	30
9.3.1 Передняя панель.....	30
9.3.2 Задняя панель	31
9.3.3 Клавиатура.....	32
9.3.4 Индикатор	35
9.3.5 Установка режима воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока.....	37
9.3.6 Установка режима воспроизведения силы постоянного или переменного тока	39
9.3.7 Установка режима воспроизведения сопротивления постоянному или переменному току.....	40
9.3.8 Установка дополнительной функции к текущему режиму воспроизведения	42
9.3.9 Управление прибором в режиме редактирования параметров воспроизводимой величины	45
9.4 Использование усилителя Н4-57 и порядок работы	48
9.4.1 Передняя панель.....	48
9.4.2 Задняя панель	48
9.4.3 Установка режима воспроизведения напряжения на пределе 1000 В.....	49
9.4.4 Установка режима воспроизведения силы тока на пределе 30 А	49
9.4.5 Установка режима воспроизведения сопротивления на пределе 0,01 Ом	50
9.5 Использование катушки токовой КТИ-1000/34 и порядок работы.....	50
9.5.1 Назначение и общие конструктивные особенности	50
9.5.2 Использование катушки токовой в составе калибратора Н4-57.....	51
9.6 Особенности эксплуатации прибора при установленных режимах воспроизведения	52
9.6.1 Режим воспроизведения напряжения	52
9.6.2 Режим воспроизведения силы тока	54
9.7 Тестирование	55
9.8 Использование интерфейсов ввода-вывода в режимах дистанционного и автономного управления.....	56
9.8.1 Методы программного управления прибором	56
9.8.2 Использование интерфейса RS-232	57

9.8.3 Использование интерфейса USB	57
9.8.4 Использование интерфейса Ethernet.....	58
9.8.5 Использование веб-интерфейса	58
9.8.6 Тестирование интерфейсов передачи данных.....	59
9.8.7 Использование порта управления внешними устройствами	60
10. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	61
10.1 Общие положения	61
10.2 Общие указания по цифровой калибровке прибора	61
10.3 Ввод цифровых поправочных коэффициентов.....	62
11. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	66
12. УТИЛИЗАЦИЯ	66
13. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ.....	67
13.1 Общие положения	67
13.2 Перечень операций поверки	67
13.3 Метрологические и технические требования к средствам поверки	68
13.4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	70
13.5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	70
13.6 Требования к условиям проведения поверки	71
13.7 Внешний осмотр.....	71
13.8 Проверка программного обеспечения	71
13.9 Подготовка к поверке и опробование	71
13.10 Определение характеристик, обеспечивающих безопасную эксплуатацию прибора	73
13.11 Определение метрологических характеристик.....	75
13.12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	109
13.13 Оформление результатов поверки.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
А.1 ПЕРЕЧЕНЬ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРОМ	112
А.2 ОПИСАНИЕ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРОМ	114
А.3 ФОРМИРОВАНИЕ СТРОКИ ИЗ ПАРАМЕТРОВ (PARAM)	125
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	
АВТОНОМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ	126
ПРИЛОЖЕНИЕ В	
ФОРМА ПРОТОКОЛОВ ПОВЕРКИ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	
ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ	144

Руководство по эксплуатации калибратора универсального Н4-57 (далее прибора) предназначено для изучения его характеристик, правил эксплуатации и применения с целью квалифицированного обращения с прибором при эксплуатации и ремонте. Перечень документов, на которые даны ссылки в руководстве по эксплуатации, приведен в приложении Г.

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1 Безопасность эксплуатации

Значения напряжения переменного тока выше 30 В среднеквадратичного значения и 42,4 В пикового значения или напряжение постоянного тока выше 60 В считаются опасными в нормальных условиях применения. Прибор является генераторным устройством напряжения широкого диапазона от единиц микровольт до тысячи вольт. Поэтому опасное напряжение может присутствовать на выходных гнездах прибора и на элементах измерительной цепи. Во избежание опасности поражения электрическим током все операции, связанные с коммутацией измерительных цепей, оператор должен проводить при отключенном выходе, когда высокое напряжение на выходных клеммах прибора выключено или сброшено. Если характер работ при выполнении измерительных операций не позволяет отключать выход прибора при осуществлении коммутационных действий, то все манипуляции с оборудованием необходимо проводить одной рукой, чтобы свести к минимуму опасность прохождения тока через тело оператора.

Изделие было разработано и испытано в соответствии со стандартами безопасности, указанными в соответствующих разделах настоящего документа. В нем также содержится информация и предостережения, которые должны соблюдаться пользователем с целью обеспечения безопасного функционирования и поддержания оборудования в безопасном состоянии.

Символ:



ОСТОРОЖНО!
Опасность поражения
электрическим током

Опасное напряжение может присутствовать на выходных клеммах прибора, предпримите все меры предосторожности.

Символ:



ВНИМАНИЕ!
(См. сопроводительные
документы)

Для обеспечения безопасной работы оборудования оператор должен предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации.

1.2 Лицензии

Аппаратные средства и/или программное обеспечение, описанные в этом документе, могут использоваться в других целях или скопированы только с согласия Изготовителя.

1.3 Определения, обозначения и сокращения

В настоящем документе приняты следующие сокращения (обозначения) режимов, составных частей прибора и терминов:

- U** – напряжение постоянного или переменного тока;
- I** – сила постоянного или переменного тока;
- R** – сопротивление постоянному току;
- F** – частота;
- U (Hi и Lo)** – обозначение выходных клемм калибратора напряжения (**Hi** – высокопотенциальная и **Lo** – низкопотенциальная);
- I (Hi и Lo)** – обозначение выходных клемм калибратора тока;
- U R** – обозначение выходных потенциальных клемм калибратора сопротивления;
- I R** – обозначение выходных токовых клемм калибратора сопротивления;
- Δ – приращение (отклонение) абсолютное, абсолютная погрешность;
- δ – приращение (отклонение) относительное, относительная погрешность;
- γ – приращение (отклонение) приведённое, приведённая погрешность;
- ЭНЗУ** – энергонезависимое запоминающее устройство;
- ШИМ** – широтно-импульсная модуляция;
- ЦАП** – цифро-аналоговый преобразователь;
- АЦП** – аналого-цифровой преобразователь;
- ИОН** – источник опорного напряжения;
- СИ** – средство измерения;
- ОМЭС** – однозначная мера электрического сопротивления;
- УОМЭС** – универсальная однозначная мера электрического сопротивления;
- RS-232** – обозначение порта для подключения прибора к компьютеру через интерфейс RS-232;
- USB** – обозначение порта для подключения прибора к компьютеру через интерфейс USB;
- Ethernet** – обозначение порта для подключения прибора к локальной сети.

2. ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

2.1 По степени защиты от поражения электрическим током прибор соответствует требованиям ГОСТ 22261, ГОСТ IEC 61010 и технического регламента ТР ТС 004. При работе с прибором необходимо соблюдать действующие типовые правила техники безопасности.

2.2 К пользованию прибором могут быть допущены лица, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж о мерах безопасности при работе с электроустановками и радиоизмерительными приборами и изучившие настоящее руководство по эксплуатации.

2.3 Изоляция аналоговых цепей прибора от питающей сети выдерживает без пробоя и перекрытия испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц, среднеквадратичное значение которого равно 1,5 кВ. Изоляция аналоговых цепей прибора от цепей внешних интерфейсов выдерживает без пробоя и перекрытия испытательное напряжение 1,5 кВ постоянного тока.

2.4 Нормируемое значение сопротивления изоляции в нормальных условиях применения между аналоговыми цепями и цепями питающей сети, а также интерфейсом, составляет не менее 1000 МОм. Ток утечки измерительных цепей относительно питающей сети (50 Гц) через аналоговые клеммы не превышает 2 мА.

2.5 Источниками опасного напряжения в приборе являются:

- сетевые выводы преобразователей питания, предохранители и сетевые выключатели (переменное напряжение 220 В, 50 Гц);
- клеммы и разъемы для подключения измерительных проводников (постоянное напряжение до 1000 В, переменное напряжение до 1000 В 15 кГц).

ВНИМАНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ СТРОГО ЗАПРЕЩЕНО:

- ПОДАВАТЬ ПРИ ВСЕХ ВИДАХ ИЗМЕРЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО «ЗЕМЛИ» (ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО КОНТАКТА ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ) НАПРЯЖЕНИЕ БОЛЕЕ 250 В (350 В АМПЛИТУДНОГО) НА ГНЕЗДА «LO», ВСЕХ ВЫХОДНЫХ КЛЕММ, НА РАЗЪЕМЫ «RC-232», «USB» И «ETHERNET»;
- ПРЕВЫШАТЬ МАКСИМАЛЬНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫХОДНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ, ОГОВОРЕННЫЕ В РАЗДЕЛЕ «ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ»;
- ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ОТСОЕДИНЕНИЕ И ПОДСОЕДИНЕНИЕ РАЗЪЕМОВ ИЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОВОДОВ ВХОДА-ВЫХОДА БЕЗ СНЯТИЯ, СБРОСА ИЛИ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ИЛИ ТОКА С ВЫХОДА ПРИБОРА!

3. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Калибратор универсальный Н4-57 (далее прибор) предназначен для проведения калибровки и поверки электронных (цифровых и аналоговых) электроизмерительных приборов. Прибор является мобильным переносным устройством, позволяющим осуществлять работы по поверке СИ на местах их эксплуатации. В состав прибора входят два блока:

- основной, базовый блок (далее калибратор);
- блок усиления (далее усилитель) для расширения диапазона воспроизводимых напряжений и токов под управлением калибратора.

В комплект поставки прибора может входить катушка токовая КТИ-1000/34 предназначенная для расширения диапазона воспроизводимой силы тока до 1000 А.

Прибор обеспечивает:

- воспроизведение напряжения постоянного и переменного (синусоидального) тока;
- воспроизведение силы постоянного и переменного (синусоидального) тока;
- установку частоты сигналов переменного тока;
- воспроизведение сопротивления постоянному и переменному току.

Команды на языке SCPI, передаваемые по аппаратным интерфейсным каналам RS-232, USB и Ethernet, позволяют максимально автоматизировать процесс управления прибором, при этом интерфейсные каналы RS-232 и Ethernet могут использоваться для управления поверяемыми СИ. Используя программы поверки, написанные пользователем на языке SCPI и хранящиеся в памяти прибора, имеется возможность проводить поверку СИ в автоматизированном режиме, без подключения к внешнему компьютеру. Результаты поверок, проведённых под управлением этих программ, можно сохранить во внутренней памяти прибора. Внутренняя память прибора доступна пользователю по интерфейсу USB.

Выходной восьмиразрядный порт позволяет организовать управление внешними устройствами.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1 Условия нормирования параметров

4.1.1 Приведенные ниже характеристики нормируются:

- в нормальных условиях эксплуатации (смотреть раздел 4.8);
- при токе в нагрузке, не превышающем предельно допустимых (номинальных) значений в режиме воспроизведения напряжения постоянного и переменного тока;
- при напряжении на нагрузке, не превышающем максимально допустимого значения в режиме воспроизведения силы постоянного и переменного тока;
- при силе тока, не превышающей максимального значения в режиме воспроизведения сопротивления.

4.1.2 За пределами указанных норм погрешность воспроизведения вычисляется как сумма основной погрешности, вычисленной для нормальных условий применения, и дополнительной погрешности, вызванной изменением условий эксплуатации в диапазоне рабочих условий применения, а также условий, при которых значения эксплуатационных характеристик превышают предельно допустимые значения для соответствующих режимов.

4.2 Воспроизведение напряжения постоянного тока

4.2.1 Диапазоны и пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока соответствуют значениям, указанным в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Диапазоны и пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока

Предел воспроизведения, U_{Π}	Диапазоны воспроизведения для установленного предела, В	Пределы допустимой основной абсолютной погрешности, \pm (% от U + % от U_{Π})
200 мВ	$\pm(0,0000 - 210,0009)$ мВ	0,002 + 0,0005
2 В	$\pm(0,210001 - 2,100009)$	0,0015 + 0,0002
20 В	$\pm(2,10001 - 21,00009)$	0,0015 + 0,0002
200 В	$\pm(21,0001 - 210,0009)$	0,002 + 0,00025
1000 В *	$\pm(200,000 - 1100,000)$	0,003 + 0,0003

Условные обозначения:

U - установленное значение напряжения;

U_{Π} - конечное значение предела воспроизведения.

* - предел «1000 В» реализуется совместно с усилителем.

4.2.2 Пределы дополнительной абсолютной погрешности в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С (в диапазоне рабочих условий применения от +5 °С до +40 °С) не превышают пределов основной абсолютной погрешности, указанной в таблице 4.1.

4.2.3 Среднеквадратичная величина напряжения шумов и пульсаций в полосе частот 1 Гц – 10 кГц на выходе прибора в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока не превышает значений, приведенных в таблице 4.2.

4.2.4 Выходное сопротивление прибора в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока не превышает значений, приведенных в таблице 4.2.

4.2.5 Прибор обеспечивает защиту от превышения максимального тока в нагрузке в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока. Значения номинального и максимального тока в нагрузке соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.2.

4.2.6 Среднее время установления воспроизводимого напряжения с нормированной погрешностью не превышает 10 с.

Таблица 4.2 – Параметры в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока

Параметр	Пределы воспроизведения				
	200 мВ	2 В	20 В	200 В	1000 В
Выходное сопротивление, Ом, не более	25	0,0005	0,005	0,05	0,5
Номинальный ток нагрузки, мА, не более	-	20	20	20	10
Максимальный ток нагрузки, мА, не более	-	100	50	30	20
Напряжения шумов и пульсаций на выходе калибратора, мВ, не более	0,05	0,05	0,5	5	50

4.3 Воспроизведение напряжения переменного тока синусоидальной формы

4.3.1 Диапазоны и основная абсолютная погрешность воспроизведения напряжения переменного тока соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.3.

4.3.2 Пределы дополнительной абсолютной погрешности в режиме воспроизведения напряжения переменного тока в частотном диапазоне от 10 Гц до 50 кГц включительно, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С (в диапазоне рабочих условий применения от +5 °С до +40 °С) не превышают полтора предела от значений основной абсолютной погрешности, указанной в таблице 4.3.

4.3.3 Пределы дополнительной абсолютной погрешности в режиме воспроизведения напряжения переменного тока в частотном диапазоне свыше 50 кГц до 1000 кГц, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С (в диапазоне рабочих условий применения от +5 °С до +40 °С) не превышают предела основной абсолютной погрешности, указанной в таблице 4.3.

4.3.4 Коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения в режиме воспроизведения напряжения переменного тока не превышает значений, приведенных в таблице 4.4.

4.3.5 Абсолютная погрешность установки частоты выходного напряжения не превышает значения $\pm (0,03 \% \text{ от } F)$, где F – установленное значение частоты.

4.3.6 Выходное сопротивление прибора в режиме воспроизведения напряжения переменного тока не превышает значений, приведенных в таблице 4.4.

4.3.7 Прибор обеспечивает защиту от превышения максимального тока в нагрузке в режиме воспроизведения напряжения переменного тока. Значения

номинального и максимального тока в нагрузке, а также максимальной емкости нагрузки соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.4.

4.3.8 Среднее время установления воспроизводимого выходного напряжения и частоты с нормированной погрешностью не превышает 5 с.

Таблица 4.3 – Диапазоны и пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока

Предел воспроизведения, U_{Π}	Диапазон воспроизведения для установленного предела, В	Частотный диапазон воспроизведения, кГц	Пределы допустимой основной абсолютной погрешности, \pm (% от U + % от U_{Π})
20 мВ	(0,05000 - 21,00009) мВ	от 0,01 до 20 вкл.	0,03 + 0,02
		св. 20 до 50 вкл.	0,07 + 0,02
		св. 50 до 100 вкл.	0,11 + 0,04
		св. 100 до 300 вкл.	0,3 + 0,1
		св. 300 до 500 вкл.	0,35 + 0,2
		св. 500 до 1000	0,65 + 0,25
200 мВ	(21,0001 - 210,0009) мВ	от 0,01 до 20 вкл.	0,007 + 0,002
		св. 20 до 50 вкл.	0,02 + 0,002
		св. 50 до 100 вкл.	0,04 + 0,004
		св. 100 до 300 вкл.	0,1 + 0,01
		св. 300 до 500 вкл.	0,2 + 0,02
		св. 500 до 1000	0,25 + 0,025
2 В	0,210001 - 2,100009	от 0,01 до 20 вкл.	0,004 + 0,0004
		св. 20 до 50 вкл.	0,008 + 0,0008
		св. 50 до 100 вкл.	0,01 + 0,001
		св. 100 до 300 вкл.	0,04 + 0,004
		св. 300 до 500 вкл.	0,1 + 0,01
		св. 500 до 1000	0,2 + 0,02
20 В	2,10001 - 21,00009	от 0,01 до 20 вкл.	0,004 + 0,0004
		св. 20 до 50 вкл.	0,008 + 0,0008
		св. 50 до 100 вкл.	0,01 + 0,001
		св. 100 до 300 вкл.	0,04 + 0,004
		св. 300 до 500 вкл.	0,1 + 0,01
		св. 500 до 1000	0,2 + 0,02

Продолжение таблицы 4.3

Предел воспроизведения, U_{Π}	Диапазон воспроизведения для установленного предела, В	Частотный диапазон воспроизведения, кГц	Пределы допустимой основной абсолютной погрешности, \pm (% от U + % от U_{Π})
200 В	21,0001 - 210,0009	от 0,01 до 20 вкл.	0,005 + 0,0005
		св. 20 до 50 вкл.	0,015 + 0,0015
		св. 50 до 100	0,025 + 0,0025
1000 В *	200,000 - 1020,000	от 0,01 до 10 вкл.	0,008 + 0,0008
		св. 10 до 15 вкл.	0,01 + 0,002
		св. 15 до 30 вкл. **	0,02 + 0,002
		св. 30 до 50 ***	0,1 + 0,01

Условные обозначения:
U - установленное значение напряжения;
U_Π - конечное значение предела воспроизведения.
 * - предел «1000 В» реализуется совместно с усилителем.
 ** - диапазон воспроизведения от 200 В до 750 В.
 *** - диапазон воспроизведения от 200 В до 500 В.

Таблица 4.4 – Параметры в режиме воспроизведения напряжения переменного тока

Параметр	Пределы воспроизведения					
	20 мВ	200 мВ	2 В	20 В	200 В	1000 В
Выходное сопротивление, Ом, не более, в частотном диапазоне: от 10 Гц до 10 кГц вкл. св. 10 кГц до 15 кГц вкл. св. 15 кГц до 40 кГц вкл. св. 40 кГц до 50 кГц вкл. св. 50 кГц до 100 кГц вкл. св. 100 кГц до 300 кГц вкл. св. 300 кГц до 500 кГц вкл. св. 300 кГц до 1000 кГц	55	25	0,001	0,01	0,1	1
			0,003	0,03	0,2	10
			0,005	0,05		20
					0,5	50
			0,050	0,10	-	-
			0,100	0,50	-	-
					-	-
			0,500	-	-	

Продолжение таблицы 4.4

Параметр	Пределы воспроизведения						
	20 мВ	200 мВ	2 В	20 В	200 В	1000 В	
Емкость нагрузки, пФ, не более*, в частотном диапазоне: от 10 Гц до 100 кГц вкл.	-	-	1000	1000	300	300	
	-	-	300	300	-	-	
	-	-	200	200	-	-	
св. 100 кГц до 500 кГц вкл.	-	-	300	300	-	-	
св. 500 кГц до 1000 кГц	-	-	200	200	-	-	
Номинальный ток нагрузки, мА, не более	-	-	15	15	15	7	
Максимальный ток нагрузки, мА, не более	-	-	70	35	25	20	
Коэффициент нелинейных искажений %, в частотном диапазоне: от 10 Гц до 1 кГц вкл.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	
						0,1	
	св. 1 кГц до 10 кГц вкл.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,3
							0,5
	св. 10 кГц до 15 кГц вкл.	0,08	0,08	0,08	0,08	0,1	-
	св. 15 кГц до 30 кГц вкл.						-
	св. 30 кГц до 50 кГц вкл.	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-
	св. 50 кГц до 100 кГц вкл.						-
	св. 100 кГц до 300 кГц вкл.	0,3	0,3	0,3	0,3	-	-
св. 300 кГц до 500 кГц вкл.	-						
св. 500 кГц до 1000 кГц	1	1	1	1	-	-	

* - указаны значения емкостной реактивной нагрузки, которые обеспечивают устойчивую работу выходных каскадов усилителей, но при работе с прибором следует учитывать, что максимальная ёмкость нагрузки зависит от ограничений по максимальному току нагрузки.

4.4 Воспроизведение силы постоянного тока

4.4.1 Диапазоны и пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.5.

4.4.2 Пределы дополнительной абсолютной погрешности в режиме воспроизведения силы постоянного тока, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С (в диапазоне рабочих условий применения от +5 °С до +40 °С) не должны превышать пределов основной абсолютной погрешности, указанных в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Диапазон и основная погрешность воспроизведения силы постоянного тока

Предел воспроизведения, I_{Π}	Диапазоны воспроизведения для установленного предела, мА	Пределы допустимой основной абсолютной погрешности, \pm (% от I + % от I_{Π})
2 мА	$\pm(0,000000 - 2,100009)$	0,004 + 0,0004
20 мА	$\pm (2,10001 - 21,00009)$	0,004 + 0,0004
200 мА	$\pm (21,0001 - 210,0009)$	0,004 + 0,0004
2000 мА	$\pm (210,001 - 2100,009)$	0,005 + 0,0005
30 А*	$\pm (2,00000 - 31,00000)$ А	0,015 + 0,0015

Условные обозначения:
I - установленное значение силы тока;
I_Π - конечное значение предела воспроизведения.
 * - предел «30 А» реализуется совместно с усилителем.

4.4.3 Среднеквадратичная величина напряжения шумов и пульсаций на выходе прибора в полосе частот от 1 Гц до 10 кГц в режиме воспроизведения силы постоянного тока не превышает значений, приведенных в таблице 4.6.

4.4.4 Выходное сопротивление прибора в режиме воспроизведения силы постоянного тока должно быть не менее значений, приведенных в таблице 4.6.

4.4.5 Значение максимального напряжения на нагрузке в режиме воспроизведения силы постоянного тока должно быть не более значений, приведенных в таблице 4.6.

4.4.6 Прибор обеспечивает контроль превышения максимального напряжения на нагрузке в режиме воспроизведения силы постоянного тока.

4.4.7 Среднее время установления воспроизводимой величины силы постоянного тока с нормированной погрешностью не превышает 2 с.

Таблица 4.6 – Параметры в режиме воспроизведения силы постоянного тока

Параметр	Пределы воспроизведения				
	2 мА	20 мА	200 мА	2000 мА	30 А
Выходное сопротивление, кОм, не менее	500000	50000	5000	500	10
Максимальное напряжение на нагрузке, В	6	6	6	5	2,5
Шумы и пульсации на выходе калибратора, мкА, не более	0,3	3	30	300	3000

4.5 Воспроизведение силы переменного тока синусоидальной формы

4.5.1 Диапазоны и пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.7.

4.5.2 Пределы дополнительной абсолютной погрешности в режиме воспроизведения силы переменного тока, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С (в диапазоне рабочих условий применения от +5 °С до +40 °С) не превышают пределов основной абсолютной погрешности, указанных в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Диапазон и основная погрешность воспроизведения силы переменного тока

Предел воспроизведения, I_{Π}	Диапазон воспроизведения для установленного предела, мА	Частотный диапазон воспроизведения, кГц	Пределы допустимой основной абсолютной погрешности, \pm (% от I + % от I_{Π})
2 мА	0,001000 - 2,100009	от 0,01 до 1 вкл.	0,015 + 0,0015
		св. 1 до 12	0,05 + 0,005
20 мА	2,10001 - 21,00009	от 0,01 до 1 вкл.	0,015 + 0,0015
		св. 1 до 12	0,05 + 0,005
200 мА	21,0001 - 210,0009	от 0,01 до 1 вкл.	0,015 + 0,0015
		св. 1 до 12	0,05 + 0,005
2000 мА	210,001 - 2100,009	от 0,01 до 1 вкл.	0,015 + 0,0015
		св. 1 до 12	0,05 + 0,005
30 А	(2,00000 - 31,00000) А	от 0,01 до 1 вкл.	0,03 + 0,003
		св. 1 до 12	$(0,05 + 0,005) \cdot X$

Условные обозначения:

I - установленное значение тока;

I_{Π} - конечное значение предела воспроизведения;

X - переменная величина, значение которой равно величине установленной частоты в кГц.

* - предел «30 А» реализуется совместно с усилителем.

4.5.3 Коэффициент нелинейных искажений выходного тока в режиме воспроизведения силы переменного тока не превышает значений, приведенных в таблице 4.8.

4.5.4 Выходное сопротивление прибора в режиме воспроизведения силы переменного тока должно быть не менее значений, приведенных в таблице 4.8.

4.5.5 Значение максимального напряжения на нагрузке в режиме воспроизведения силы переменного тока должно быть не более значений, приведенных в таблице 4.8.

4.5.6 Прибор обеспечивает контроль превышения максимального напряжения на нагрузке в режиме воспроизведения силы переменного тока.

4.5.7 Абсолютная погрешность установки частоты выходного тока не превышает значения $\pm(0,03 \% \text{ от } F)$, где F – установленное значение частоты.

4.5.8 Среднее время установления воспроизводимой величины силы переменного тока и частоты с нормированной погрешностью не превышает 2 с.

Таблица 4.8 – Параметры в режиме воспроизведения силы переменного тока

Параметр	Пределы воспроизведения				
	2 мА	20 мА	200 мА	2000 мА	30 А
Выходное сопротивление, кОм, не менее, в частотном диапазоне: от 10 Гц до 200 Гц вкл. св. 200 Гц до 1 кГц вкл. св. 1 кГц до 12 кГц	30000	3000	300	30	3
	10000	1000	100	10	1
	10000/X	1000/X	100/X	10/X	0,1/X
Максимальное напряжение на нагрузке, В, не более	4	4	4	4	1,5
Коэффициент нелинейных искажений, %, в частотном диапазоне: от 10 Гц до 3 кГц вкл. св. 3 кГц до 12 кГц	0,03	0,015	0,02	0,02	0,03
	0,03·X/3	0,015·X/3	0,02·X/3	0,02·X/3	0,03·X/3
Условные обозначения: X - переменная величина, значение которой равно величине установленной частоты в килогерцах.					

4.6 Параметры и характеристики в режиме воспроизведения сопротивления постоянному и переменному току

4.6.1 Номинальные значения электрического сопротивления постоянному току декадных прецизионных резисторов соответствуют следующему ряду: 0,01, 1, 10, 100 Ом, 1, 10, 100 кОм, 1, 10, 100 МОм.

4.6.2 Номинальные значения электрического сопротивления переменному току декадных прецизионных резисторов соответствуют следующему ряду: 0,01, 1, 10, 100 Ом.

4.6.3 Допустимое отклонение действительных значений сопротивлений декадных прецизионных резисторов от номинальных значений и погрешность вызванная изменением частоты (частотная погрешность) от 0 до 10 кГц соответствует значениям, приведенным в таблице 4.9.

4.6.4 Температурный коэффициент сопротивления, максимальное значение допустимой силы тока через резистор и допустимая мощность рассеивания резисторов соответствуют значениям, приведённым в таблице 4.10.

Таблица 4.9 – Номинальные значения прецизионных резисторов и допустимые отклонения от их номинальных значений

Номинальное значение сопротивления резистора, R_H	Допустимые отклонения действительного значения сопротивления от R_H , на постоянном токе, $\pm \delta$, %	Относительное отклонение действительного значения сопротивления резистора переменному току на фиксированных частотах от его действительного значения на постоянном токе (частотная погрешность), $\pm \delta$, %		
		до 1 кГц вкл.	св. 1 до 5 кГц вкл.	св. 5 до 10 кГц
0,01 Ом *	0,10	0,100	0,50	1,00
1 Ом	0,03	0,005	0,04	0,05
10 Ом	0,02	0,005	0,01	0,02
100 Ом	0,02	0,005	0,01	0,02
1 кОм	0,02	-	-	-
10 кОм	0,02	-	-	-
100 кОм	0,02	-	-	-
1 МОм	0,02	-	-	-
10 МОм	0,05	-	-	-
100 МОм **	0,15	-	-	-

Условные обозначения:
 $R_{НОМ}$ - номинальное значение воспроизводимого сопротивления;
 R_D - действительное значение воспроизводимого сопротивления.
* - подключение к резистору через выходные клеммы «0,01 Ом» в усилителе Н4-57.
** - подключение к резистору через выходные клеммы «100 МОм».

Таблица 4.10 – Параметры прецизионных резисторов

Номинальное значение сопротивления резистора, R_H	Температурный коэффициент сопротивления, % / °С	Максимально допустимое значение силы тока, мА	Допустимая мощность рассеивания, P, Вт
0,01 Ом	0,0003	20 А	4 *
1 Ом	0,0002	1400	2
10 Ом	0,0002	200	0,4
100 Ом	0,0002	30	0,1
1 кОм	0,0003	10	0,1
10 кОм	0,0003	3	0,1
100 кОм	0,0003	1	0,1
1 МОм	0,001	0,2	0,04
10 МОм	0,001	0,05	0,025
100 МОм	0,002	0,01	0,01

* - допускается максимальная мощность рассеивания 25 Вт при двукратном увеличении предела основной погрешности.

4.7 Параметры и характеристики в режиме воспроизведения силы постоянного и переменного тока с применением катушки токовой КТИ-1000/34

4.7.1 Диапазоны и пределы основной относительной погрешности воспроизведения силы постоянного и переменного тока на выходе токовой катушки соответствует значениям, указанным в таблице 4.11.

4.7.2 Номинальное значение активной составляющей входного сопротивления катушки токовой при температуре окружающего воздуха 25 ± 2 °С не превышает 0,035 Ом.

4.7.3 Номинальное значение индуктивности катушки не превышает 40 мкГн.

4.7.4 Максимальное значение силы тока через катушку не превышает 40 А.

Таблица 4.11 – Параметры токовой катушки

Предел воспроизведения силы тока	Диапазон воспроизводимого значения силы тока, А	Диапазон частоты, Гц	Коэффициент передачи, А/А	Пределы допустимого значения относительной погрешности коэффициента передачи, $\pm \delta$, %
постоянный ток				
1000 А	от 20 до 1000	-	34	0,5
переменный ток				
1000 А	от 20 до 600 вкл.	от 20 до 60 вкл.	34	0,5
		св. 60 до 100		1
	св. 600 до 1000	от 20 до 60		0,5

4.8 Дополнительные функции к режимам воспроизведения

4.8.1 В режиме воспроизведения напряжения постоянного тока прибор обеспечивает возможность имитации сигналов термопар. Данная функция осуществляет воспроизведение напряжения постоянного тока, соответствующее установленной температуре для конкретного выбранного типа термопары. Обозначение типа термопар и их статические характеристики соответствуют ГОСТ Р 8.585. Для выбора доступны следующие типы термопар: R, S, B, J, T, E, K, N, A-1, A-2, A-3, L, M. Абсолютная погрешность имитации температуры ΔT , °С, определяется табличным или вычислительным методом по формуле (4.2), а относительная погрешность δT , в процентах, вычисляется в соответствии с формулой (4.3).

При использовании табличного метода, абсолютная погрешность для выбранного типа термопары определяется как максимальная по модулю разность между значением температуры, определённой по табличным данным ГОСТ Р 8.585 для значения ТЭДС U , мВ, вычисленного по формуле (4.1) и номинальным значением имитируемой температуры.

$$U = U_0 \pm \Delta U, \quad (4.1)$$

где U_0 - номинальное значение воспроизводимого напряжения постоянного тока, мВ;

ΔU - абсолютная погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока U_0 , мВ, в соответствии с п.4.2.1 раздела технических характеристик прибора.

$$\Delta T = \max |(\sum_{i=0}^n C_i \cdot (U_0 \pm \Delta U)) - T_0|, \quad (4.2)$$

где C_i - коэффициенты полинома в соответствии с ГОСТ Р 8.585 для выбранного типа термопары;

U_0 - номинальное значение воспроизводимого напряжения постоянного тока, мВ;

ΔU - абсолютная погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока U_0 , мВ, в соответствии с п.4.2.1 раздела технических характеристик прибора;

T_0 - номинальное значение имитируемой температуры, °С.

$$\delta T = \frac{\Delta T}{T_0} \cdot 100, \quad (4.3)$$

где ΔT - абсолютная погрешность имитируемой температуры, °С;

T_0 - номинальное значение имитируемой температуры, °С.

Компенсация температуры холодного спая выполняется вводом в прибор числового значения температуры окружающего воздуха, при температуре, которой находятся клеммы поверяемого измерительного прибора. Введённое значение температуры холодного спая для выбранного типа термопары будет в дальнейшем учитываться при расчёте выходного напряжения для установленной температуры.

4.8.2 В режиме воспроизведения напряжения и силы постоянного и переменного тока прибор обеспечивает возможность математической обработки выходного сигнала в соответствии с формулой (4.4).

$$Y = (X - d) \cdot c, \quad (4.4)$$

где Y - значение выходной воспроизводимой величины после математической обработки;

X - значение установленной величины;

d - величина определяющая смещение установленной величины;

c - коэффициент определяющий масштаб установленной величины.

По умолчанию члены формулы (4.4) d и c имеют следующие значения: $d = 0$; $c = 1$.

4.9 Общие технические характеристики

4.9.1 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха, °С	от +20 до +25;
- относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст)	от 84 до 106 (от 630 до 795);
- напряжение питающей сети, В	от 215,6 до 224,4;
- частота промышленной сети, Гц	от 49,5 до 50,5;
- коэффициент гармоник питающей сети, %, не более	2.

4.9.2 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха, °С	от +5 до +40;
- относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст)	от 70 до 106,7 (от 537 до 800);
- напряжение питающей сети, В	от 198 до 242;
- частота промышленной сети, Гц	от 49,5 до 50,5;
- коэффициент гармоник питающей сети, %, не более	2.

4.9.3 Прибор обеспечивает функционирование устройств управления и индикации, с помощью которых производится:

- установка и регулирование значений выходных параметров и режимов работы с применением устройств ручного управления, в соответствии с указаниями разделов эксплуатационной документации по работе с прибором;

- визуальная индикация значений выходных параметров, режимов работы, функциональных состояний, отказов и ошибок в соответствии с указаниями соответствующих разделов эксплуатационной документации.

4.9.4 Электрическая прочность изоляции между сетевыми контактами калибратора, соединёнными между собой, с одной стороны, и корпусом (контакт заземления) с другой стороны, в нормальных условиях применения выдерживает без поверхностного пробоя и возникновения разряда испытательное напряжение действующим значением 1,5 кВ синусоидальной формы, частотой 50 Гц.

4.9.5 Электрическая прочность изоляции между сетевыми контактами усилителя, соединёнными между собой, с одной стороны, и корпусом (контакт заземления) с другой стороны, в нормальных условиях применения выдерживает без поверхностного пробоя и возникновения разряда испытательное напряжение действующим значением 1,5 кВ синусоидальной формы, частотой 50 Гц.

4.9.6 Электрическая прочность изоляции между контактами выходных клемм калибратора «U» (Hi и Lo), «I» (Hi и Lo) соединённых между собой, с одной стороны, и корпусом (контакт заземления) с другой стороны, в нормальных условиях применения выдерживает без поверхностного пробоя и возникновения разряда испытательное напряжение действующим значением 1,5 кВ синусоидальной формы, частотой 50 Гц.

4.9.7 Электрическая прочность изоляции между контактами выходных клемм усилителя «I» (Hi и Lo) соединённых между собой, с одной стороны, и корпусом (контакт заземления) с другой стороны, в нормальных условиях применения выдерживает без поверхностного пробоя и возникновения разряда испытательное напряжение 1,5 кВ постоянного тока.

4.9.8 Электрическая прочность изоляции между всеми контактами выходных клемм калибратора, соединённых между собой, с одной стороны, и всеми контактами интерфейсных разъёмов (RS-232, USB, Ethernet), соединённых между собой, с другой стороны, в нормальных условиях применения выдерживает без поверхностного пробоя и возникновения разряда испытательное напряжение 1,5 кВ постоянного тока.

4.9.9 Электрическое сопротивление между контактом защитного заземления и корпусом калибратора и усилителя не превышает 0,1 Ом.

4.9.10 Электрическое сопротивление изоляции между сетевыми контактами калибратора и усилителя, соединёнными между собой, и всеми контактами выходных клемм и интерфейсных разъёмов (RS-232, USB, Ethernet), соединённых между собой, не менее:

- в нормальных условиях применения 1000 МОм;
- при повышенной температуре 20 МОм.

4.9.11 Прибор обеспечивает свои технические характеристики и параметры в пределах норм, установленных ТУ, по истечении времени установления рабочего режима 60 мин.

4.9.12 Усилитель обеспечивает свои технические характеристики и параметры в пределах норм, установленных ТУ, по истечении времени установления рабочего режима 5 мин.

4.9.13 Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях применения в течение времени не менее 24 ч при сохранении своих технических характеристик и параметров в пределах установленных норм.

4.9.14 Прибор сохраняет свои технические характеристики и параметры в пределах норм при питании его от сети переменного тока напряжением от 198 до 242 В, частотой (50±0,5) Гц и содержанием гармоник не более 2 %.

4.9.15 Максимальная мощность, потребляемая прибором от сети питания при номинальном напряжении не более:

- 150 ВА для калибратора;
- 280 ВА для усилителя;
- 5 ВА для катушки токовой.

4.9.16 Прибор обеспечивает работу аппаратных интерфейсных каналов RS-232, USB и Ethernet в следующих режимах:

- 1) прием и исполнение управляющих команд в виде текстовых строк, указанных в соответствующих разделах эксплуатационной документации;
- 2) выдачу данных о текущем состоянии в виде текстовых строк в форматах, указанных в соответствующих разделах руководства по эксплуатации.

4.9.17 Прибор имеет встроенное программное обеспечение (ПО) – микропрограмма. Назначением микропрограммы является выполнение операций управления внутренними узлами прибора. Состав и количество управляющих функций определяется структурой построения электрической схемы прибора, описанной в разделе 9 п.9.1 настоящего руководства по эксплуатации. Управляющая микропрограмма является метрологически значимой, все метрологические характеристики прибора нормированы с учётом влияния данной микропрограммы. Микропрограмма записывается во внутреннюю память микроконтроллера на стадии изготовления прибора при помощи специального программатора, в процессе эксплуатации не доступна, что исключает возможность несанкционированной корректировки и настройки, приводящей к искажениям результатов измерений. Уровень защиты ПО соответствует высокому. Идентификационные данные встроенной микропрограммы приведены в таблице 4.12. При включении прибора на табло индикатора выводится информация о номере версии ПО и цифровом идентификаторе ПО.

Таблица 4.12 – Идентификационные данные программного обеспечения

Наименование	Значение
Наименование программного обеспечения	H4-57
Идентификационное наименование ПО	микропрограмма
Версия ПО	1.1
Цифровой идентификатор ПО	AC47
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	CRC-16

Целостность калибровочных данных (масштабных коэффициентов), хранящихся в энергонезависимой памяти микроконтроллера, проверяется управляющим микроконтроллером при включении прибора путем подсчета контрольной суммы блока данных. Защита калибровочных данных от несанкционированного изменения обеспечивается внешней механической пломбой на задней панели калибратора, возможность установки которой предусмотрена только в положении переключателя - «калибрование запрещено».

4.9.18 Прибор имеет следующие параметры надежности:

- средняя наработка на отказ не менее 15000 ч.;
- гамма - процентный ресурс не менее 15000 ч при $\gamma = 90 \%$;
- средний срок службы не менее 10 лет при $\gamma = 90 \%$;
- среднее время восстановления работоспособного состояния не более 120 мин.

4.9.19 Масса прибора не более:

- калибратор - 14 кг;
- усилитель - 11 кг;
- катушка токовая - 2,5 кг.

4.9.20 Габаритные размеры прибора (ширина \times высота \times глубина) не более:

- калибратор 342 мм \times 193,5 мм \times 397 мм;
- усилитель 342 мм \times 145 мм \times 397 мм;
- катушка токовая 200 мм \times 150 мм \times 385 мм.

5. СОСТАВ КОМПЛЕКТА

4.1 Состав комплекта поставки калибратора универсального Н4-57 приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Состав комплекта поставки

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
КБИС.411182.004	Калибратор универсальный Н4-57	1	
КБИС.411585.002	Усилитель Н4-57	1	
Запасные части и принадлежности			
КБИС.685631.005	Соединитель	1	четырёхпроводный
КБИС.685613.004	Соединитель	1	красный; штырь – U; 4 мм ²
КБИС.685613.004-01	Соединитель	1	черный; штырь – U; 4 мм ²
КБИС.685613.002	Соединитель	1	красный; штырь – U; 1,5 мм ²
КБИС.685613.002-01	Соединитель	1	черный; штырь – U; 1,5 мм ²
КБИС.685631.006	Кабель соединительный	1	передача высоковольтного напряжения
КБИС.685611.006	Кабель соединительный	1	управление работой усилителя
-	Кабель сетевой	2	(совместим с SCZ-1)
АГО.481.304 ТУ	Вставка плавкая	2	ВП2Б-1В 4 А 250 В
АГО.481.304 ТУ	Вставка плавкая	2	ВП2Б-1В 2 А 250 В
-	Кабель нуль-модемный	1	RS-232 (гнездо - гнездо) (совместим с - ХУС0401.8 М)
-	Кабель интерфейсный USB	1	USB А - USB В (1,8 м) (совместим с - ВW1411)
-	Кабель интерфейсный Ethernet	1	ПАТЧ-КОРД UTP, RJ-45 (вилка-вилка), cat.5Е, 2 м (совместим с - ВW1480)
Эксплуатационная документация			
КБИС.411182.003 РЭ	Калибратор универсальный Н4-57 Руководство по эксплуатации	1	
КБИС.411182.003 ФО	Калибратор универсальный Н4-57 Формуляр	1	
Поставка по отдельному заказу			
1) Катушка токовая в комплекте:			
КБИС.411589.002	Катушка токовая КТИ-1000/34	1	расширение диапазона воспроизведения силы тока
-	Источник питания		АС 100 -240 В DC 12 В, 500 мА
КБИС.411589.001ПС	Катушка токовая КТИ-1000/34. Паспорт	1	
КБИС.685614.003	Соединитель	1	красный, U – U; 4 мм ²
КБИС.685614.003-01	Соединитель	1	чёрный, U – U; 4 мм ²
2) Соединительные провода:			
КБИС.685613.003	Соединитель	1	красный, штырь–штырь; 1,5 мм ²
КБИС.685613.003-01	Соединитель	1	черный, штырь–штырь; 1,5 мм ²
КБИС.685613.001	Соединитель	1	красный; U – U; 1,5 мм ²
КБИС.685613.001-01	Соединитель	1	черный; U – U; 1,5 мм ²

6. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Средства измерений, необходимые для поверки, регулировки и технического обслуживания калибратора, приведены в таблице 13.2 раздела «Методика поверки».

7. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

7.1 На передних панелях блоков прибора нанесены наименование и тип прибора, наименование функций кнопочной панели, выходных клемм напряжения, тока и сопротивления.

На задних панелях нанесена следующая маркировка:

- номинальный рабочий ток плавких предохранителей;
- значение максимальной мощности, потребляемой блоками от сети;
- маркировка ввода сетевого кабеля;
- заводской номер и год изготовления прибора;
- обозначение интерфейсов RS-232, USB, Ethernet;
- обозначение разъёмов межблочного соединения;
- обозначение переключателя режима калибрования.

7.2 Пломбирование калибратора Н4-57 производится тремя пломбами. Две липкие пломбировочные ленты устанавливаются на боковых поверхностях верхней и нижней крышек прибора, закрывая крепёжные винтовые соединения. Данные пломбы являются пломбами ОТК. Третья пломба, поверителя, наносится на мастику, помещаемую в пломбировочную чашку, которая, в свою очередь, крепится на задней панели прибора и фиксирует, с помощью дистанционной планки, движок переключателя режима калибрования в положении «калибрование запрещено».

7.3 Пломбирование усилителя Н4-57 производится двумя липкими пломбировочными лентами, которые устанавливаются на боковых поверхностях верхней и нижней крышек блока, закрывая крепёжные винтовые соединения.

8. УПАКОВКА

8.1 В состав упаковочной тары входят:

- транспортный ящик, предназначенный для перевозки прибора на большие расстояния и длительного хранения;
- потребительская тара, предназначенная для кратковременного хранения прибора, а также для защиты от механических повреждений при перевозке прибора к месту эксплуатации; при транспортировке потребительская тара, в которую помещается прибор, находится внутри транспортного ящика;
- тара, предназначенная для кратковременного хранения принадлежностей из состава комплекта прибора.

8.2 Распаковывание прибора производится в следующем порядке:

- снять верхнюю крышку ящика транспортного;
- обеспечить доступ к потребительской таре;
- извлечь потребительскую тару;
- снять с потребительской тары полиэтиленовый пакет;
- извлечь прибор из потребительской тары;
- извлечь из транспортной тары упакованные принадлежности.

8.3 Повторное упаковывание прибора выполняется в следующей последовательности:

- поместить прибор в потребительскую тару;
- упаковать принадлежности;
- поместить потребительскую тару в полиэтиленовый пакет. Во избежание накопления влаги упаковку рекомендуется проводить в помещении с нормальным уровнем влажности;
- уложить на дно транспортного ящика картон гофрированный, выдержав толщину слоя 40 мм;
- поместить потребительскую тару и упакованные принадлежности в транспортный ящик и заполнить пространство с боков и под верхней крышкой гофрированным картоном или другим упругим материалом, обеспечив плотное заполнение;
- закрепить крышку транспортного ящика гвоздями;
- обить транспортный ящик металлической лентой;
- опломбировать транспортный ящик;
- наклеить маркировочные знаки «Хрупкое» и «Беречь от влаги» на транспортный ящик.

9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

9.1 Принцип работы

Калибратор универсальный Н4-57 является многофункциональным устройством воспроизведения основных электрических величин с калиброванными параметрами. Конструктивно состоит из двух блоков:

- базовый блок калибратора Н4-57 (далее калибратор) с основными режимами воспроизведения и управления;
- блок усиления Н4-57 (далее усилитель) для расширения диапазона воспроизведения напряжения, силы тока и сопротивления.

Для воспроизведения сопротивления постоянному и переменному току используется набор прецизионных резисторов с параметрами, обеспечивающими высокую временную и температурную стабильность воспроизводимого сопротивления.

Принцип работы прибора основан на стабилизации выходного уровня воспроизводимого напряжения постоянного и переменного тока замкнутой динамической системой авторегулирования. Структурная схема прибора показана на рисунке 9.1.

Исходный уровень напряжения в диапазоне от 0 до 4 В формируется умножающим цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП), управление которым осуществляется микропрограммой записанной в микроконтроллере (МК). В соответствии с выбранным режимом воспроизведения постоянного или переменного тока опорный уровень напряжения на ЦАП подаётся или с источника постоянного напряжения или с генератора синусоидального сигнала. Выходное напряжение ЦАП поступает на вход масштабирующего усилителя (МУ) с соответствующим коэффициентом усиления для получения выходного напряжения заданного уровня, которое затем с выхода МУ поступает на выходные клеммы прибора. Количество усилителей соответствуют количеству пределов воспроизведения (за исключением младших пределов воспроизведения 20 и 200 мВ). Коммутация пределов воспроизведения производится автоматически в соответствии со значением воспроизводимой величины, и осуществляется встроенным программным обеспечением (ПО) с помощью выходных сигналов микроконтроллера подаваемых на электронные аналоговые ключи и реле.

Для стабилизации воспроизводимой величины вводится отрицательная обратная связь по напряжению. Через цепь обратной связи выполняется сравнение значений выходного напряжения с опорным напряжением. С целью согласования уровней сравниваемых напряжений выходное воспроизводимое напряжение предварительно масштабируется преобразователем (ПМ), а в режиме воспроизведения напряжения переменного тока производится преобразование его в напряжение постоянного тока выпрямителем (СВЗ). Опорное напряжение постоянного тока формируется на выходе цифро-аналогового преобразователя с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ ЦАП). Опорное напряжение характеризуется достаточно высокой временной и температурной стабильностью. Сравнение напряжений с выхода ШИМ ЦАП и ПМ (СВЗ) осуществляется аналоговым дискриминатором (Д) на выходе которого формируется разностное напряжение. Выходное напряжение дискриминатора преобразовывается в цифровое значение аналого-цифровым преобразователем (АЦП), а его данные считываются микроконтроллером (МК). В результате вычислительных и аналитических операций над выходными данными АЦП и исходными данными текущего режима воспроизведения ПО микроконтроллера формирует и подаёт на управляющие выводы ЦАП сигналы для корректировки его выходного уровня таким образом,

9.2.2 Подготовка к работе

1) Разместить калибратор Н4-57 и усилитель Н4-57 на рабочем месте с соблюдением требований удобства и безопасности при эксплуатации.

2) Рекомендуемое эксплуатационное положение блоков друг над другом, обеспечив при этом свободный доступ воздуха к вентиляционным отверстиям в нижней крышке блоков и задней стенке.

3) Изучить в соответствующем объёме настоящее руководство по эксплуатации и проверить соответствие комплектности прибора требованиям раздела 5 «Состав комплекта».

4) Произвести внешний осмотр прибора и его принадлежностей на отсутствие:

- видимых механических повреждений;
- повреждения изоляции кабелей;
- коррозии корпуса, контактирующих поверхностей присоединительных устройств и принадлежностей.

9.2.3 Включение прибора

Для включения прибора необходимо выполнить следующие операции:

1) используя штатные кабели КБИС.685631.006 и КБИС.685611.006 из комплекта поставки прибора подключить их к соответствующим разъёмам, расположенным на задних панелях калибратора и усилителя, обеспечив этим межблочное соединение;

2) соединить розетку сетевого кабеля с разъёмом питания калибратора и усилителя, расположенных на задних панелях обоих блоков;

3) подключить обе вилки сетевого кабеля к контактам розетки сети электропитания (сетевая розетка обязательно должна иметь контакт заземления);

4) переключить тумблер «Сеть» на передней панели калибратора в положение «I», при необходимости использования усилителя также переключить тумблер «Сеть» на передней панели усилителя в положение «I»;

5) убедиться в том, что на табло индикатора калибратора выводится кратковременное сообщение о типе прибора (индикация изображения стартовой заставки показана на рисунке 9.2) с последующим отображением режима воспроизведения напряжения постоянного тока с уровнем напряжения равным нулю, состояние выхода – отключено;

б) после этого прибор готов к работе;

7) если на табло индикатора прибора после стартовой заставки будет выведено окно с сообщением следующего содержания:

Сбой калибровочных констант

Необходимо произвести калибрование прибора»

то прибор использовать в качестве эталонного средства измерения запрещается, необходимо выполнить цифровую калибровку в соответствии с указаниями раздела 10 настоящего РЭ или направить прибор в ремонт;

8) если на табло индикатора прибора после стартовой заставки будет выведено окно с сообщением следующего содержания:

Контрольная сумма ПО не верная
Рассчитано: XXXX
Требуемое: AC47

то дальнейшая эксплуатация прибора запрещается, прибор следует направить в ремонт.

Для достижения нормируемых значений погрешности воспроизведения необходимо выдержать калибратор во включенном состоянии при номинальном значении питающего напряжения в течение 60 минут. Данное время требуется для установления стабилизированного режима работы источника опорного напряжения и стабилизации температуры внутри корпуса прибора. Затем следует подключить штатный четырёх проводной кабель КБИС.685631.005 к выходным гнездам калибратора (смотреть п.9.6.1 настоящего руководства по эксплуатации).

Усилитель после включения питания готов к работе через 5 минут после включения.



Рисунок 9.2 – Индикация стартовой заставки

9.3 Использование калибратора Н4-57 и порядок работы

9.3.1 Передняя панель

Передняя панель калибратора Н4-57 представлена на рисунке 9.3. На ней расположены следующие элементы:

- 1 - индикатор;
- 2 - выходные клеммы;
- 3 - клавиатура;
- 4 - ручка кодового переключателя для плавного редактирования значений параметров воспроизводимой величины;
- 5 - сетевой выключатель.



Рисунок 9.3 - Передняя панель прибора

Выходные клеммы «U, R» («Hi» и «Lo») предназначены для подключения калибратора к измерительной цепи с целью передачи воспроизводимого напряжения постоянного или переменного тока от 0 до 1000 В на вход поверяемого СИ при использовании двухпроводной схемы подключения нагрузки. Для четырёх проводной схемы подключения нагрузки выходные клеммы «U, R» («Hi» и «Lo») являются потенциальными выводами для подключения штатного четырёх проводного кабеля КБИС.685631.005 (смотреть п.9.6.1 настоящего руководства по эксплуатации).

Выходные клеммы «I, R» («Hi» и «Lo») предназначены для подключения калибратора к измерительной цепи с целью передачи воспроизводимой силы постоянного или переменного тока от 0 до 2 А на вход поверяемого СИ. В режиме воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока с использованием четырёх проводной схемы подключения нагрузки выходные клеммы «I, R» («Hi» и «Lo») являются токовыми выводами для подключения штатного четырёх проводного кабеля КБИС.685631.005 (смотреть п.9.6.1 настоящего руководства по эксплуатации).

В режиме воспроизведения сопротивления постоянному или переменному току для пределов воспроизведения «1 Ом», «10 Ом», «100 Ом», «1000 Ом», «10 кОм» выполняется четырёх проводная схема подключения к выводам прецизионного резистора. Гнёзда «U, R» («Hi» и «Lo») являются потенциальными выводами, гнёзда «I, R» («Hi» и «Lo») токовыми. Для пределов воспроизведения «100 кОм», «1 МОм», «10 МОм» схема подключения двухпроводная через гнёзда «U, R» («Hi» и «Lo»).

Выходные клеммы «100 МОм» предназначены для подключения к выводам прецизионного резистора с номинальным значением равным 100 МОм, двухпроводная схема подключения.

9.3.2 Задняя панель

Задняя панель калибратора Н4-57 представлена на рисунке 9.4. На ней расположены следующие элементы:

- 1 - разъём сетевого питания с плавким предохранителем;
- 2 - разъёмы интерфейсных каналов: USB, Ethernet, RS-232;
- 3 - разъём управления внешними устройствами;
- 4 - переключатель блокировки входа в режим цифровой калибровки;
- 5 - пломбировочная чашка;
- 6 - вентиляционная решётка вентилятора охлаждения;
- 7 - разъём управления усилителем Н4-57;
- 8 - высоковольтный разъём;
- 9 – заводской номер прибора.

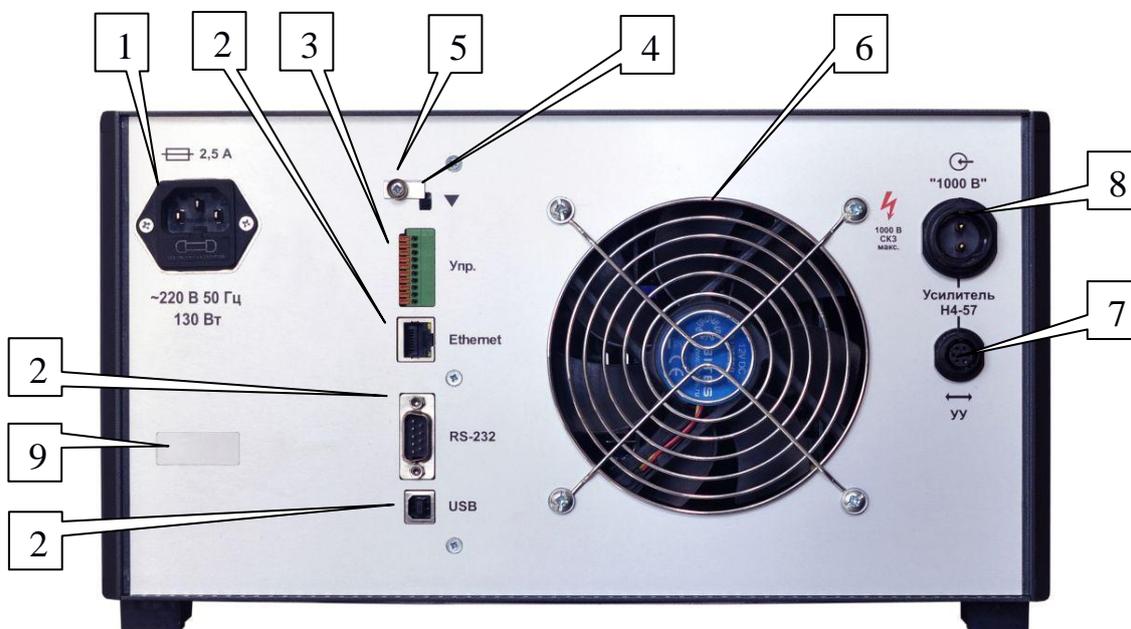


Рисунок 9.4 - Задняя панель прибора

Разъём управления усилителем Н4-57 "УУ" служит для соединения калибратора с усилителем с помощью внешнего кабеля из комплекта поставки прибора КБИС.685611.006 для управления функциональными узлами усилителя.

Высоковольтный разъём "1000 В" служит для подключения выходного высоковольтного напряжения усилителя к выходным клеммам калибратора «U, R» («Hi» и «Lo»). Соединение выполняется с помощью внешнего кабеля из комплекта поставки прибора КБИС.685631.006.

Переключатель блокировки входа в режим цифровой калибровки служит для ограничения доступа к функции ввода и корректировки масштабных коэффициентов. Переключатель в положении "Цифровая калибровка запрещена" находится под пломбой поверителя.

Разъём управления внешними устройствами "Упр." служит для подключения к калибратору различных функциональных устройств, входящих в структуру автоматизированной поверки с целью осуществления управления этими устройствами (см. п.9.8.7).

9.3.3 Клавиатура

Управление прибором осуществляется с помощью кнопочной клавиатуры, расположенной на передней панели калибратора или с помощью сенсорных элементов управления, отображаемых на экране индикатора.

Клавиатура, расположенная на передней панели калибратора, представляет собой набор кнопок, которые разбиты и сгруппированы по функциональным признакам. Вид клавиатуры показан на рисунке 9.5.

Установка необходимого режима воспроизведения, ввод и редактирование числовых значений, управление дополнительными функциями прибора осуществляются нажатием кнопок клавиатуры. Функциональное назначение кнопок приведено в таблице 9.1.

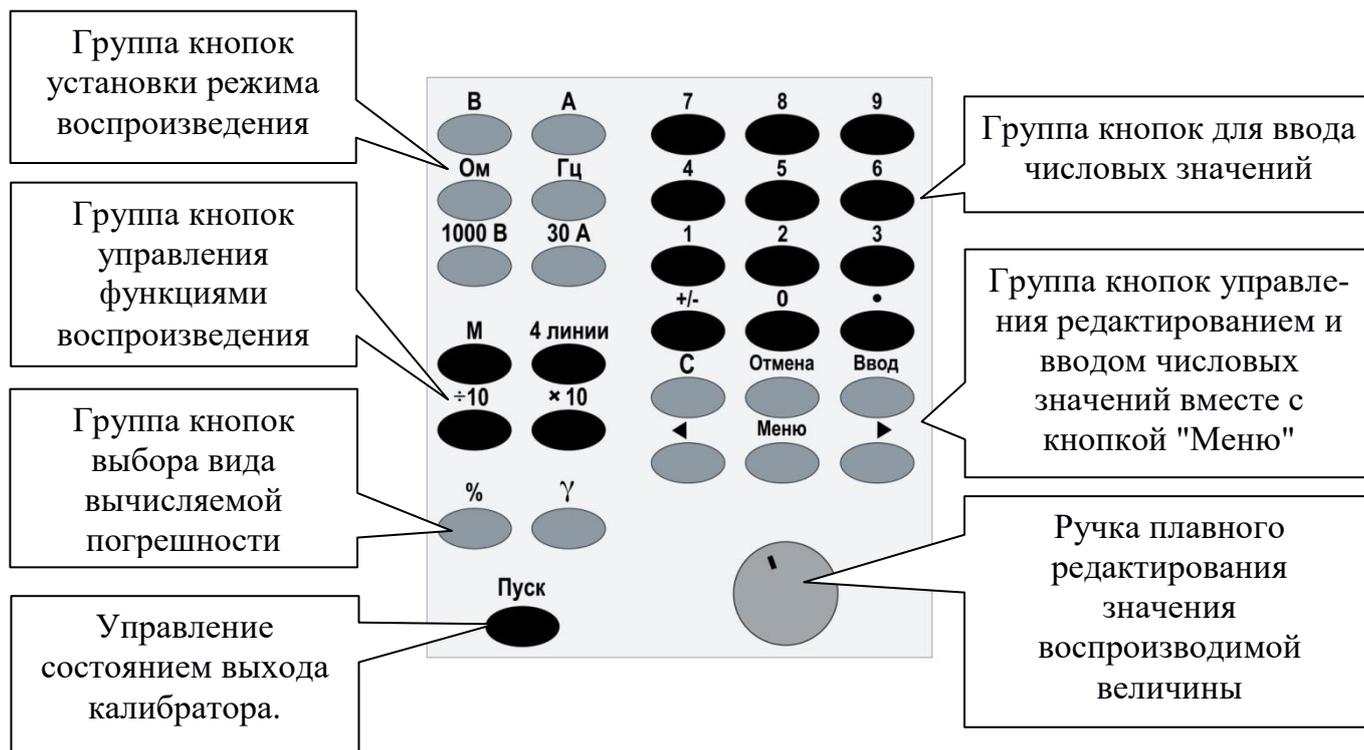


Рисунок 9.5 - Расположение кнопок клавиатуры

Таблица 9.1 - Назначение кнопок клавиатуры

Наименование кнопок	Выполняемые функции
0 ... 9	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме воспроизведения нажатие любой из кнопок данной группы устанавливает режим ввода числового значения. Числовое значение нажатой кнопки отображается в поле ввода. Одновременно на экране индикаторного табло отображается сенсорная клавиатура, которую можно использовать для дальнейшего ввода цифрового значения. • В режиме ввода нажатие кнопок с цифровым значением устанавливает на место позиции курсора цифру, соответствующую нажатой кнопке. • В режиме меню нажатие кнопок с цифровым значением осуществляет выбор пункта меню.
+ / -	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме воспроизведения напряжения и силы постоянного тока меняет полярность выходного уровня на противоположную. • В режиме воспроизведения напряжения и силы переменного тока переключает прибор в режим воспроизведения напряжения и силы постоянного тока. • В режиме ввода цифрового значения и редактирования устанавливает полярность вводимого или редактируемого параметра.
.	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме воспроизведения устанавливает режим ввода числового значения. При этом десятичная точка отображается в поле ввода индикатора. Одновременно на экране индикаторного табло отображается сенсорная клавиатура. • В режиме ввода числового значения устанавливает или перемещает десятичную точку на место позиции курсора.
В	<ul style="list-style-type: none"> • Устанавливает режим воспроизведения напряжения постоянного тока. • В режиме ввода числовых значений устанавливает единицу измерения напряжения (В или мВ). В режиме редактирования воспроизводимой величины с несколькими параметрами, одним из которых является уровень напряжения, выбирает для редактирования уровень напряжения.
А	<ul style="list-style-type: none"> • Устанавливает режим воспроизведения силы постоянного тока. • В режиме ввода числовых значений устанавливает единицу измерения силы тока (А или мА). • В режиме редактирования воспроизводимой величины с несколькими параметрами, одним из которых является значение силы тока, выбирает для редактирования значение силы тока.
Ом	<ul style="list-style-type: none"> • Устанавливает режим воспроизведения сопротивления. • В режиме ввода числовых значений устанавливает единицу измерения сопротивления (Ом, кОм или МОм).
1000 В	<ul style="list-style-type: none"> • Включает предел воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока «1000 В».
Гц	<ul style="list-style-type: none"> • Переключает режим воспроизведения напряжения и силы постоянного тока в режим воспроизведения переменного тока и наоборот. • В режиме ввода числовых значений устанавливает единицу измерения частоты (Гц или кГц). • В режиме редактирования воспроизводимой величины с несколькими параметрами, одним из которых является значение установленной частоты, выбирает для редактирования значение частоты.
30 А	<ul style="list-style-type: none"> • Включает предел воспроизведения силы постоянного или переменного тока «30 А».
4 линии	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока переключает режим подключения нагрузки с четырёх проводного на двухпроводный и наоборот.

Продолжение таблицы 9.1

Наименование кнопки	Выполняемая функция
÷ 10	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме воспроизведения напряжения и силы постоянного или переменного тока уменьшает текущее значение воспроизводимой величины в десять раз. • В режиме воспроизведения сопротивления переключает предел воспроизведения в сторону уменьшения номинала резистора.
× 10	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме воспроизведения напряжения и силы постоянного или переменного тока увеличивает текущее значение воспроизводимой величины в десять раз. • В режиме воспроизведения сопротивления переключает предел воспроизведения в сторону увеличения номинала резистора.
%	<ul style="list-style-type: none"> • Переключает отображение значений погрешностей параметров воспроизводимых величин и вычисляемой погрешности (отклонение в режиме редактирования) из относительной величины в абсолютную и обратно. • В режиме ввода числовых значений устанавливает относительную единицу размерности вводимой величины % относительно текущей установленной.
γ	<ul style="list-style-type: none"> • Включает отображение значения вычисляемой погрешности (отклонение в режиме редактирования) как приведённую погрешность относительно предварительно установленного значения шкалы.
С	<ul style="list-style-type: none"> • В режиме ввода числовых значений стирает число или символ, находящийся перед курсором.
Отмена	<ul style="list-style-type: none"> • Выход из режима ввода числовых значений, редактирования и меню.
Ввод	<ul style="list-style-type: none"> • Включение режима ввода числовых значений. • Выход из режима ввода числовых значений с установкой значения параметра воспроизводимой величины в соответствии с данными строки ввода.
М	<ul style="list-style-type: none"> • Включает или выключает меню установки дополнительных функций к текущему режиму воспроизведения (состав дополнительных функций зависит от текущего режима воспроизведения и описан в п. 9.3.10). • В режиме редактирования выбирает меню дополнительных функций. • В режиме ввода числовых значений, когда выбрана дополнительная функция "Mat", выбирает для ввода величины X, с или d. • В режиме ввода числовых значений, когда выбрана дополнительная функция «°C», выбирает для ввода значение температуры или температуры холодного спая хс с единицами размерности °C или °F.
Пуск	<ul style="list-style-type: none"> • Переключает состояние выхода прибора из выключенного состояния во включённое и обратно.
◀ ▶	<ul style="list-style-type: none"> • Включение режима редактирования. • В режиме редактирования управляет положением маркера, соответственно, перемещение положения маркера по разрядам влево и вправо. • В режиме ввода перемещение курсора, соответственно, влево и вправо
Меню	<ul style="list-style-type: none"> • Включает режим основного меню. В режиме редактирования, когда включен режим отображения приведённой погрешности, включает режим выбора и ввода значения шкалы.

9.3.4 Индикатор

Информация о состоянии прибора, режиме воспроизведения и значениях выходных параметров выводится на табло графического жидкокристаллического индикатора. Отображаемая информация условно разбита на несколько групп. К первой группе относится информация о числовых значениях воспроизводимых величин, соответствующих им единиц измерений и допустимой погрешности воспроизведения. Во вторую группу входит служебная информация о текущем режиме и пределе воспроизведения, данные о результатах редактирования и информация о включении дополнительных опций. Информация о состоянии выхода отображается в нижнем правом углу табло индикатора во всех режимах работы и имеет сенсорную чувствительность для выполнения функции переключения. На рисунке 9.6 показано расположение основных информационных полей табло индикатора. Количество и размер локальных полей определяется в соответствии с текущим установленным режимом работы прибора.

В режиме ввода числовых значений, поверх текущих отображаемых полей, выводится отдельное окно с полем для ввода величины и сенсорная клавиатура, показанная на рисунке 9.7. Прикасаясь пальцем руки к соответствующей надписи на изображении кнопки сенсорной панели, можно производить ввод числового значения и единиц измерения вводимого параметра. При этом функциональное назначение сенсорных кнопок полностью соответствует кнопкам клавиатуры прибора, назначение которых описано в п.9.3.3 и дополнено относительной единицей измерения в процентах - "%".

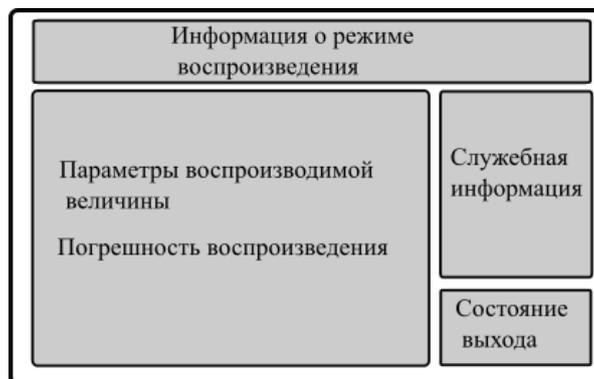


Рисунок 9.6 - Расположение основных информационных полей



Рисунок 9.7 - Индикация в режиме ввода числовых значений

При ошибочных действиях оператора по вводу или редактированию воспроизводимой величины, приводящих к превышению допустимых технических требований к режимам воспроизведения, поверх рабочих локальных полей выводится окно с сообщением об ошибке.

Если в режиме воспроизведения напряжения постоянного и переменного тока произошла перегрузка выходных цепей по максимально допустимому току, то выход прибора отключается и на индикатор выводится дополнительное окно с сообщением о перегрузке. В режиме воспроизведения силы постоянного и переменного тока, при возникновении перегрузки выходных цепей, состояние выхода остаётся прежним, а на табло индикатора выводится сообщение о перегрузке в виде красной рамки вокруг локального поля со значением уровня воспроизводимой величины. Такая индикация будет сохраняться до устранения причин перегрузки. В режиме воспроизведения напряжения и силы переменного тока ошибка, вызванная неправильной установкой значения частоты, индицируется в виде красной рамки по контуру поля с отображением частоты и сохраняется до устранения данной ошибки.

На полях табло индикатора имеются сенсорные зоны, чувствительные к прикосновению пальца руки. Данные зоны располагаются в местах с отображениями параметров воспроизводимой величины, в месте расположения поля указателя состояния выхода прибора, в местах расположения информационных данных, как текстовых, так и цифровых. Производя касание сенсорных полей, оператор имеет альтернативную возможность выполнять управление прибором в части включения / выключения режима ввода и редактирования, ввода цифрового значения параметра, а также производить редактирование выбранного параметра. Функциональное назначение сенсорных полей следующее:

- касание поля с информацией о режиме воспроизведения выводит на табло индикатора локальное меню, вид меню зависит от текущего режима работы;
- касание поля с цифровым значением любого параметра воспроизводимой величины включает режим редактирования этого параметра, курсор редактирования устанавливается на цифровой разряд, в зоне которого производилось касание;
- касание верхней половины курсора редактирования увеличивает выделенное курсором цифровое значение на единицу, касание нижней половины курсора уменьшает цифровое значение на единицу.
- касание единицы измерения воспроизводимой величины включает режим ввода значения параметра с данной единицей измерения;
- касание значения допустимой погрешности воспроизводимой величины переключает отображение погрешности с относительной на абсолютную и обратно;
- касание величины отклонения в режиме редактирования переключает режим отображения отклонения с относительного значения на приведенное;
- касание значения шкалы включает режим выбора и ввода значения шкалы;
- касание изображения символа состояния выхода прибора переключает выход прибора из выключенного состояния во включённое и обратно;
- касание поля отображения предела воспроизведения в режиме воспроизведения силы тока переключает предел воспроизведения силы тока на 30 А или обратно;

- касание свободного места индикатора соответствует функции отмены действий;
- касание пунктов меню - выбор и выполнение пункта;
- касание заголовка меню - отмена, выход из меню;
- касание полосы прокрутки меню сверху или снизу - пролистывание меню соответственно вверх или вниз.

9.3.5 Установка режима воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока

Включение режима воспроизведения напряжения постоянного тока производится нажатием кнопки «**В**» - установка режима воспроизведения напряжения. Изменение полярности воспроизводимого напряжения постоянного тока на обратную производится кнопкой «+/-». Последовательное нажатие кнопки «Гц» переключает текущий режим воспроизведения напряжения с постоянного на переменный и наоборот. Переход из режима воспроизведения напряжения переменного тока в режим воспроизведения напряжения постоянного тока можно произвести нажатием кнопки «+/-» или установкой в режиме ввода значение частоты равное нулю. Также можно выполнить переход из режима воспроизведения напряжения постоянного тока в режим воспроизведения напряжения переменного тока, если в режиме ввода произвести установку допустимого значения частоты.

Для воспроизведения значений напряжений свыше 200 В необходимо включить дополнительный предел воспроизведения «1000 В» нажатием кнопки «**1000 В**».

Признаком установленного режима является:

- отображение в верхнем поле табло индикатора надписи «Постоянное напряжение» или «Переменное напряжение»;
- отображение в поле вывода значения уровня напряжения с размерностью В или мВ, а для режима воспроизведения напряжения переменного тока ниже выводится поле, в котором отображается значение частоты с размерностью Гц или кГц.

Значение предела воспроизведения определяется по положению десятичной точки числового значения уровня воспроизводимой величины или по надписи в правом информационном поле табло индикатора. На рисунке 9.8 показан пример индикации в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока, а на рисунке 9.9 в режиме воспроизведения напряжения переменного тока. В верхнем правом углу поля с отображением значения воспроизводимой величины отображается допустимая погрешность для текущего введённого значения. Переключение формата выводимого значения допустимой погрешности из абсолютных единиц в относительные, и наоборот, производится нажатием кнопки «%».

Ввод числового значения воспроизводимой величины напряжения производится посредством кнопочной клавиатуры на передней панели прибора или с помощью сенсорной клавиатуры выводимой на табло индикатора. Функциональное назначение кнопок клавиатуры приведено в таблице 9.1. Чтобы включить режим ввода используя сенсорное поле индикатора, необходимо коснуться места отображения единицы измерения того параметра, значение которого необходимо ввести. На рисунке 9.7 показан пример индикации при вводе числового значения напряжения постоянного тока. Установка предела воспроизведения осуществляется автоматически, в зависимости от установленной величины выходного уровня.

Изменение значения воспроизводимого напряжения в десять раз производится нажатием кнопки «÷10» - уменьшение или «×10» - увеличение.

Состояние выхода (включен или выключен) отображается соответствующим символом и цветом в нижнем правом углу табло индикатора. Данное место имеет сенсорную чувствительность, прикосновение к этой зоне соответствует нажатию кнопки «Пуск». Вид табло индикатора с включённым выходом прибора показан на рисунке 9.10.

При перегрузке выходных каскадов усилителей выход прибора автоматически отключается, а на табло индикатора выводится всплывающее окно с сообщением о перегрузке.

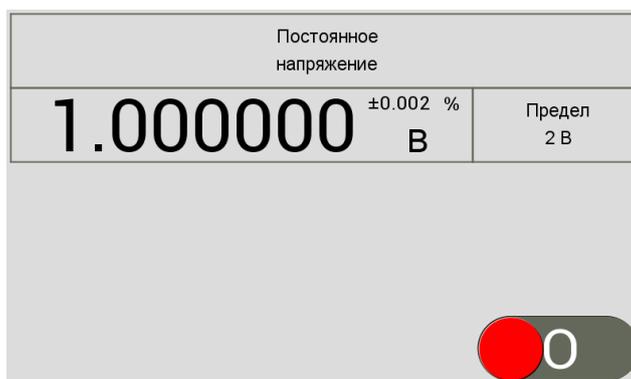


Рисунок 9.8 - Индикация в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока

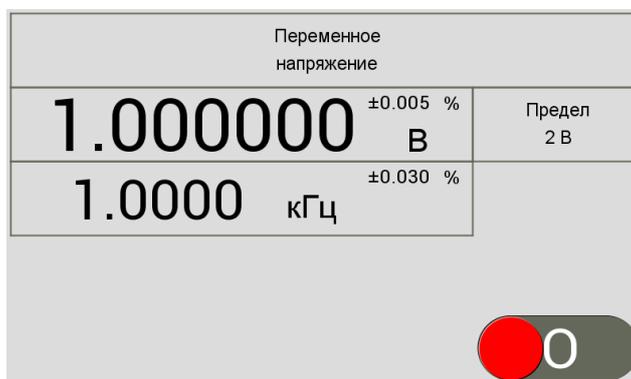


Рисунок 9.9 - Индикация в режиме воспроизведения напряжения переменного тока

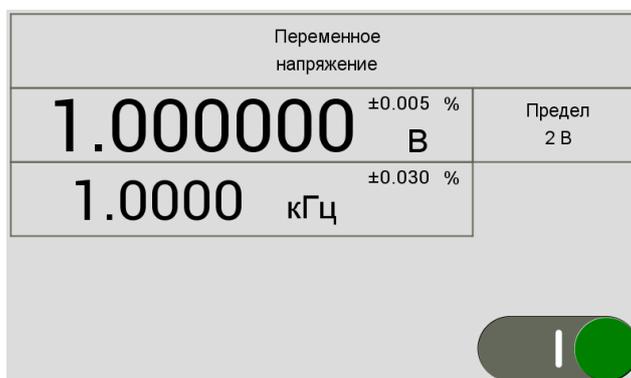


Рисунок 9.10 - Индикация информирующая о включённом выходе

9.3.6 Установка режима воспроизведения силы постоянного или переменного тока

Включение режима воспроизведения силы постоянного тока производится нажатием кнопки «А» - установка режима воспроизведения силы тока. Изменение полярности воспроизводимой силы постоянного тока на обратную производится кнопкой «+/-». Последовательное нажатие кнопки «Гц» переключает текущий режим воспроизведения силы тока с постоянного на переменный и наоборот. Переход из режима воспроизведения силы переменного тока в режим воспроизведения силы постоянного тока можно произвести нажатием кнопки «+/-» или установкой в режиме ввода значение частоты равное нулю. Также можно выполнить переход из режима воспроизведения силы постоянного тока в режим воспроизведения силы переменного тока, если в режиме ввода произвести установку допустимого значения частоты. Для воспроизведения значений силы тока более 2 А необходимо включить дополнительный предел воспроизведения «30 А», нажатием кнопки «30 А».

Признаком установленного режима является:

- отображение в верхнем поле табло индикатора надписи «Сила постоянного тока» или «Сила переменного тока»;
- отображение в поле вывода значения уровня силы тока с размерностью А или мА, а для режима воспроизведения силы переменного тока дополнительно отображается значение частоты силы тока с размерностью Гц или кГц.

Предел воспроизведения определяется по положению десятичной точки числового значения уровня воспроизводимой величины или по надписи в правом информационном поле табло индикатора. На рисунке 9.11 показан пример индикации в режиме воспроизведения силы постоянного тока, а на рисунке 9.12 в режиме воспроизведения силы переменного тока. В верхнем правом углу поля с отображением значения воспроизводимой величины отображается допустимая погрешность для текущего введённого значения. Переключение формата выводимого значения допустимой погрешности из абсолютных единиц в относительные, и наоборот, производится нажатием кнопки «%».

Ввод числового значения производится аналогично действиям, описанным в п.9.3.5.

Изменение значения воспроизводимой силы тока в десять раз производится нажатием кнопки «÷10» - уменьшение или «×10» - увеличение.

Состояние выхода прибора (включен или выключен) отображается соответствующим символом и цветом в нижнем правом углу табло индикатора. Данное место имеет сенсорную чувствительность, прикосновение к этой зоне соответствует нажатию кнопки «Пуск». Если нагрузка к выходным гнездам не подключена или имеет место превышение максимально допустимого напряжения на нагрузке (когда источник тока выходит из режима стабилизации и входит в режим ограничения), то в этом случае индицируется сообщение о перегрузке в виде красного контура вокруг поля с отображением величины силы тока. Выход при этом не отключается, а воспроизведение силы тока будет восстановлено после устранения причины перегрузки.



Рисунок 9.11- Индикация в режиме воспроизведения силы постоянного тока



Рисунок 9.12 - Индикация в режиме воспроизведения силы переменного тока

9.3.7 Установка режима воспроизведения сопротивления постоянному или переменному току

Включение режима воспроизведения сопротивления постоянному или переменному току осуществляется нажатием кнопки «Ом». Переход в режим воспроизведения сопротивления из других режимов воспроизведения возможен, если при вводе числового значения ввести единицу размерности Ом или кОм. Последовательное нажатие кнопки «Гц» переключает текущий режим воспроизведения сопротивления постоянному току на воспроизведение сопротивления переменному току и наоборот. Переход из режима воспроизведения сопротивления переменному току в режим воспроизведения сопротивления постоянному току можно произвести нажатием кнопки «+/-» или установкой в режиме ввода значение частоты равное нулю. Также можно выполнить переход из режима воспроизведения сопротивления постоянному току в режим воспроизведения сопротивления переменному току, если в режиме ввода произвести установку допустимого значения частоты.

Признаком установленного режима является:

- отображение в верхнем поле табло индикатора надписи «Сопротивление постоянному току» или «Сопротивление переменному току»;
- отображение в поле вывода действительного значения сопротивления постоянному или переменному току с размерностью мОм, Ом, кОм или МОм, а для режима воспроизведения сопротивления переменному току также значение частоты с размерностью Гц или кГц.

Номинальное значение воспроизводимого сопротивления, которое также является значением предела воспроизведения, отображается в правом информационном поле табло индикатора. На рисунке 9.13 показан пример индикации в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току, а на рисунке 9.14 в режиме воспроизведения сопротивления переменному току. В верхнем правом углу поля с отображением действительного значения воспроизводимого сопротивления отображается допустимая погрешность для текущего предела воспроизведения. Переключение формата выводимого значения допустимой погрешности из абсолютных единиц в относительные, и наоборот, производится нажатием кнопки «%».



Рисунок 9.13 - Индикация в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току



Рисунок 9.14 - Индикация в режиме воспроизведения сопротивления переменному току

Состояние выхода прибора (включен или выключен) отображается соответствующим символом и цветом в нижнем правом углу табло индикатора. Данное место имеет сенсорную чувствительность, прикосновение к этой зоне соответствует нажатию кнопки «Пуск». Состояние выхода прибора для пределов воспроизведения «10 мОм» и «100 МОм» не управляется, и всегда находится в состоянии включено.

Ввод числового значения производится аналогично действиям, описанным в п.9.3.5 со следующим отличием. Учитывая, что номинальное значение воспроизводимого сопротивления постоянному и переменному току может иметь только определённые дискретные десятичные значения в соответствии с указаниями пп.4.6.1 и 4.6.2 настоящего руководства по эксплуатации, то при наборе любого числового значения при вводе будет установлено возможное ближайшее номинальное значение.

Также выбор необходимого для воспроизведения номинального значения сопротивления можно производить одним из следующих способов:

- 1) с помощью нажатия кнопок «÷10» или «×10» перелистывая список доступных номинальных значений соответственно в сторону уменьшения или увеличения;
- 2) выбрав необходимое значение из списка, который открывается в отдельном окне при нажатии кнопки «Ом» в режиме воспроизведения сопротивления.

В режиме воспроизведения сопротивления постоянному или переменному току имеется возможность включить калькулятор для расчёта погрешности измерения сопротивления поверяемого омметра. Режим калькулятора включается нажатием кнопки «◀» или «▶», а также вращением ручки кодового переключателя. При этом открывается дополнительное поле с отображением значения воспроизводимого сопротивления, величину которого можно изменить до значения, полученного в результате измерения. Редактирование текущего числового значения выполнить в соответствии с указаниями, описанными в п.9.3.9 текущего раздела. Результат расчёта относительной погрешности измерения сопротивления выводится в поле служебной информации, находящееся с правой стороны от поля с редактируемой величиной сопротивления. На рисунке 9.15 показан пример индикации с включённым калькулятором для расчёта относительной погрешности измерения сопротивления постоянному току поверяемого омметра.

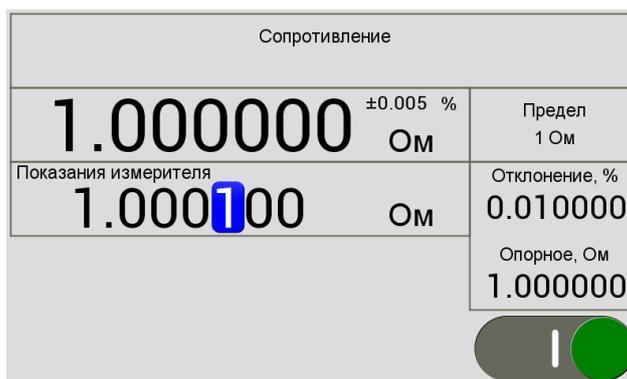


Рисунок 9.15 - Индикация с включённым калькулятором погрешности

9.3.8 Установка дополнительной функции к текущему режиму воспроизведения

Дополнительные функции для текущего режима воспроизведения включаются и выключаются нажатием кнопки «М». При включении в нижнем поле индикатора отображается соответствующее оконное меню. Синий цвет контура окна меню является признаком его активности при котором имеется возможность осуществлять действия по выбору и корректировке параметров дополнительной функции. Выбор функции производится вращением ручки кодового переключателя, при установке маркера на поле с выбранной функцией, либо касанием изображения необходимой функции. В нижней части оконного меню отображаются дополнительные параметры выбранной функции, которые, в свою очередь, выбираются нажатием кнопок «◀» или «▶», либо касанием изображения необходимого параметра. Если параметр имеет числовое значение, то установка его осуществляется в соответствии с общими правилами ввода числовых значений. В дальнейшем при необходимости вновь активировать окно дополнительных функций следует войти в режим редактирования в соответствии с п.9.3.9 настоящего руководства по эксплуатации и нажать кнопку «М».

Количество дополнительных функций определяется текущим режимом воспроизведения. Состав и описание дополнительных функций приведены в таблице 9.2.

Пример индикации при воспроизведении напряжения постоянного тока с активным окном дополнительных функций показан на рисунке 9.16. На рисунке 9.17 показан пример индикации в режиме воспроизведения напряжения переменного тока с функцией "Математическая обработка".

При использовании функции «°C» - имитация сигналов термопар, дополнительно к основному параметру воспроизведения отображается поле для установки значения температуры. После ввода числового значения температуры текущая воспроизводимая величина пересчитывается в соответствии с установленным значением температуры и выбранным типом термопары, а его значение, отображаемое на табло индикатора, устанавливается на выходных клеммах прибора. Аналогично, после изменения значения воспроизводимой величины, значение температуры будет пересчитано.

Погрешность имитации температуры рассчитывается в соответствии с указаниями п. 4.8 и выводится в верхнем правом углу поля с отображением значения установленной температуры. Переключение вида погрешности из абсолютной в относительную, и обратно, осуществляется нажатием кнопки «%».

Для компенсации холодного спая термопары при использовании функции «°C» предусмотрен дополнительный параметр определяющий значение температуры холодного спая. Значение данного параметра отображается в нижней части оконного меню выбора дополнительных функций, в поле с наименованием «Холодный спай». Для ввода значения температуры холодного спая необходимо в режиме ввода числовых значений последовательным нажатием кнопки «М» установить в верхнем левом углу поля ввода символ "хс", или коснуться зоны с отображением данного параметра. Текущая воспроизводимая величина рассчитывается с учётом поправки на температуру холодного спая.

При использовании дополнительной функции "Математическая обработка", для ввода числового значения масштабного коэффициента «с», значения величины смещения «d» или значения аргумента «х» следует в режиме ввода числового значения последовательным нажатием кнопки «М» выбрать необходимый член расчётной формулы, отображаемый в верхнем левом углу поля ввода, значение которого необходимо ввести, или касанием изображения необходимого члена расчётной формулы выбрать его для ввода числового значения.

Меню дополнительных функций отображается на табло индикатора в течение всего времени использования выбранной функции.

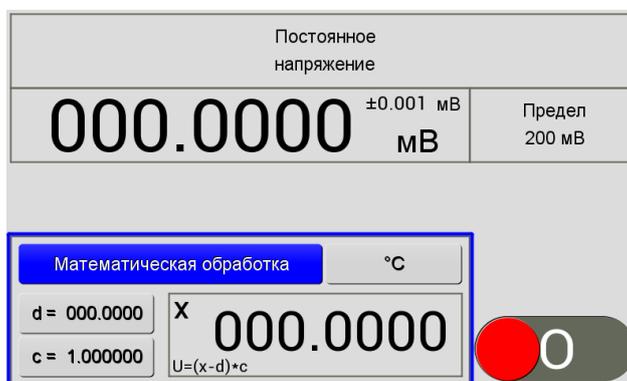


Рисунок 9.16 - Индикация с окном выбора дополнительной функции

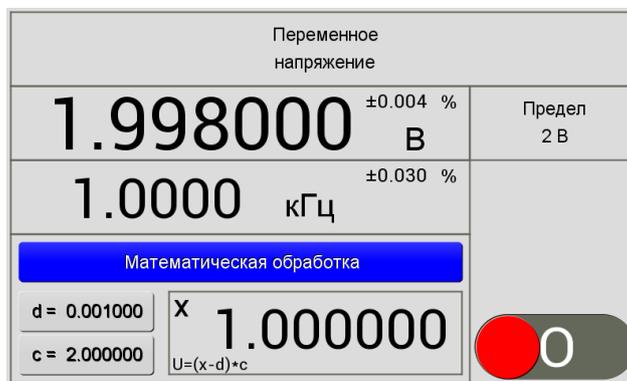


Рисунок 9.17 - Индикация режима воспроизведения с функцией «Математическая обработка»

Таблица 9.2 - Состав и описание дополнительных функций

Режим воспроизведения	Дополнительная функция	Параметры функции				Примечание
Напряжение постоянного тока	°C	R	S	B	J	имитация сигналов термопар, тип термопары по ГОСТ Р 8.585
		T	E	K	N	
		A-1	A-2	A-3	L	
		M	-	-	-	
Напряжение переменного тока, сила постоянного и переменного тока	Математическая обработка	d	$Y=(X-d) \times c$			математическая обработка, числовые значения X, d, c устанавливаются в режиме ввода
		c				
Напряжение переменного тока, сила постоянного и переменного тока	Математическая обработка	d	$Y=(X-d) \times c$			математическая обработка, числовые значения X, d, c устанавливаются в режиме ввода
		c				

9.3.9 Управление прибором в режиме редактирования параметров воспроизводимой величины

Режим редактирования параметров позволяет оперативно изменять величину любого выбранного параметра и тем самым производить плавное изменение воспроизводимой величины на выходе прибора. В процессе изменения числового значения выбранного параметра одновременно производится вычисление отклонения его от исходного (опорного) значения, зафиксированного в момент входа в режим редактирования, а также отображение результата вычисления отклонения и значение опорного уровня в правом нижнем информационном поле индикатора.

Вход в режим редактирования осуществляется с помощью кнопочной клавиатуры нажатием кнопки «◀» или «▶», а также вращением ручки кодового переключателя. Признаком включения режима редактирования является отображение числового разряда, выбранного для изменения, белым цветом на синем фоне. Первоначально для редактирования выбирается параметр, значение которого находится в верхней части табло индикатора и его крайние числовые разряды (в соответствии с нажатой кнопкой). Чтобы выбрать для редактирования другой параметр, следует нажать кнопку, которая устанавливает единицу измерения соответствующую выбранному параметру (см. таблица 9.1). Дальнейшие манипуляции кнопками «◀» или «▶» позволяют выбрать разряд числового значения для изменения. Вращение ручки кодового переключателя приводит к увеличению или уменьшению числового значения выбранного разряда.

Альтернативным входом в режим редактирования является сенсорное поле индикатора, которое позволяет более оперативно выбрать необходимый для редактирования параметр и разряд. Одно касание любого разряда числового значения параметра включает режим редактирования и устанавливает выбранный разряд для изменения. Дальнейшее прикосновение к верхней части редактируемого разряда приводит к его увеличению, а прикосновение к нижней части - к уменьшению значения десятичного разряда на единицу.

На рисунке 9.18 показан пример индикации в режиме редактирования значения величины напряжения переменного тока.

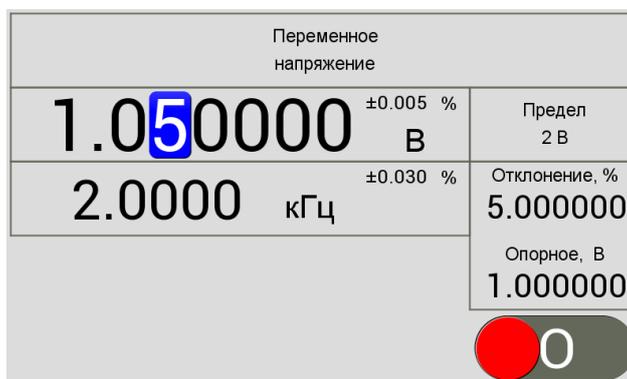


Рисунок 9.18 - Индикация в режиме редактирования

Вычисление величины отклонения редактируемого выходного параметра относительно опорного уровня производится в следующих форматах:

- абсолютное отклонение (абсолютная погрешность при поверке СИ);

- относительное отклонение в процентном отношении (относительная погрешность при поверке СИ);

- относительное отклонение, приведённое к выбранной величине (приведённое отклонение или приведённая погрешность к шкале поверяемого СИ).

Переключение формата выводимого значения отклонения из абсолютных единиц в относительные, и наоборот, производится нажатием кнопки «%», а включение режима отображения относительного отклонения, приведённое к выбранной величине, производится нажатием кнопки «λ». Значение величины используемой для вычисления приведённого отклонения выбирается из списка, который выводится на табло индикатора нажатием кнопки «Меню». Приведённые в этом списке значения соответствуют стандартному ряду шкал электроизмерительных приборов. Передвигая маркер вращением ручки плавного редактирования или нажатием кнопки «◀» или «▶» установить маркер на выбранном значении, затем нажать кнопку «Ввод». Если в списке необходимого значения нет, то для его установки необходимо, либо непосредственно начать ввод значения кнопками цифровой клавиатуры, либо передвинув маркер вправо до конца (знакоместо - многоточие), нажать кнопку «Ввод», при этом установится режим ввода значения шкалы. Набрав необходимое значение, используя цифровые кнопки клавиатуры, нажать кнопку «Ввод». Введённое числовое значение будет отображено в нижней части поля вывода информации о величине отклонения, и в соответствии с основным его назначением названо «шкалой». На рисунке 9.19 показана последовательность изображений на табло индикатора при вводе числового значения для вычисления относительного отклонения, приведённое к выбранной «шкале».

Вычисление отклонения редактируемого параметра в абсолютных единицах Δ, (единица измерения редактируемого параметра), осуществляется по формуле (9.1). При вычислении абсолютного отклонения сигнала постоянного тока учитывается знак полярности.

$$\Delta = X_{\text{вых}} - X_0, \quad (9.1)$$

где X_0 – значение исходного выходного уровня, зафиксированное в момент включения режима редактирования;

$X_{\text{вых}}$ – текущее значение выходного уровня.

Вычисление отклонения редактируемого параметра в относительных единицах δ, %, осуществляется по формуле (9.2).

$$\delta = \frac{X_{\text{вых}} - X_0}{X_0} \cdot 100, \quad (9.2)$$

где X_0 – значение исходного выходного уровня, зафиксированное в момент включения режима редактирования;

$X_{\text{вых}}$ – текущее значение выходного уровня.

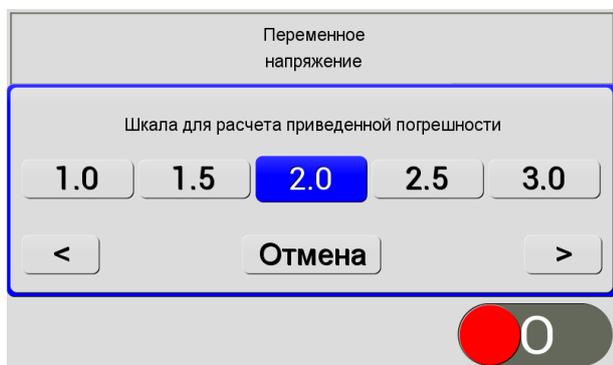
Вычисление отклонения редактируемого параметра в относительных единицах, приведённое к выбранной величине γ, %, осуществляется по формуле (9.3).

$$\gamma = \frac{X_{\text{вых}} - X_0}{X_n} \cdot 100, \quad (9.3)$$

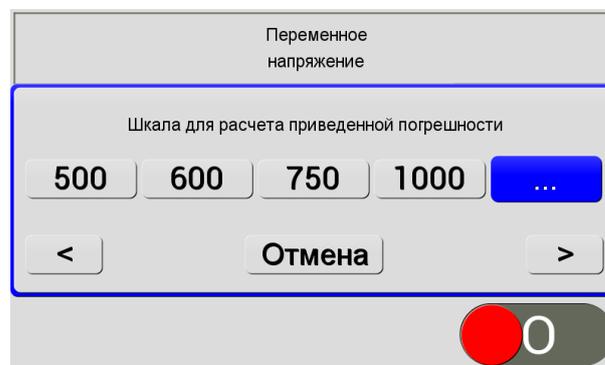
где X_0 – значение исходного выходного уровня, зафиксированное в момент включения режима редактирования;

$X_{\text{вых}}$ – текущее значение выходного уровня;

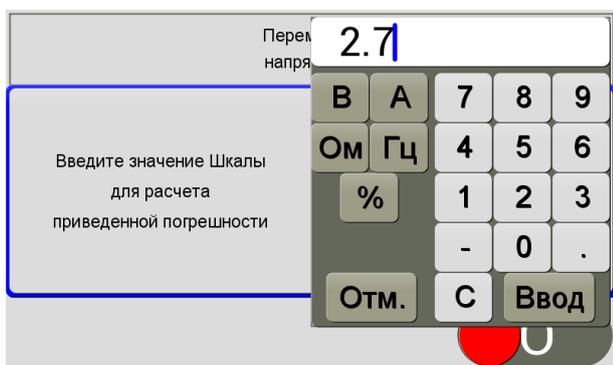
X_n – выбранное значение, относительно которого рассчитывается отклонение.



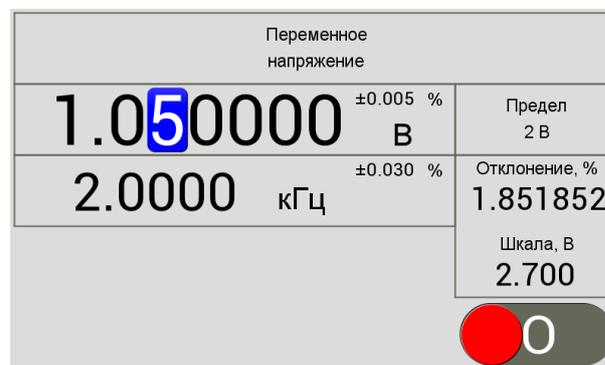
1)



2)



3)



4)

Рисунок 9.19 - Последовательность изображений при вводе значения для вычисления приведённого отклонения

При проведении редактирования выбранного параметра, в случаях невозможности установки введённых числовых значений, выдаётся сообщение об ошибке ввода. Таким случаем, например, является выход за пределы диапазонов воспроизведения.

Примером практического применения режима редактирования может служить работа в соответствии с методикой поверки стрелочных электро и радиоизмерительных приборов, когда требуется произвести плавный подвод стрелки поверяемого прибора к числовой отметке шкалы. Установив на калибраторе номинальное значение поверяемой величины и подав её на вход поверяемого прибора, входим в режим редактирования. Вращая ручку кодового переключателя, производим изменение значения выходной величины до совмещения стрелки с выбранной числовой отметкой. При этом вычисленное значение отклонения редактируемой величины будет являться погрешностью измерения поверяемого прибора. Применяя данную методику для цифровых измерительных приборов, можно аналогично получить значение погрешности измерения поверяемого СИ.

9.4 Использование усилителя Н4-57 и порядок работы

9.4.1 Передняя панель

Передняя панель усилителя Н4-57 представлена на рисунке 9.20. На передней панели расположены:

- 1 - выходные клеммы;
- 2 - сетевой выключатель.

Выходные клеммы «А» («Hi» и «Lo») предназначены для подключения усилителя к измерительной цепи с целью передачи воспроизводимой силы постоянного или переменного тока от 2 до 30 А на вход поверяемого СИ. Выходные клеммы «R 0,01 Ом» предназначены для подключения к выводам прецизионного резистора с номинальным значением 0,01 Ом. Подключение выполняется по четырём проводной схеме, клеммы U1 и U2 – потенциальные выводы, клеммы I1 и I2 - токовые выводы.



Рисунок 9.20 - Передняя панель усилителя

9.4.2 Задняя панель

Задняя панель усилителя Н4-57 представлена на рисунке 9.21. На ней расположены следующие элементы:

- 1 - разъём сетевого питания с плавким предохранителем;
- 2 - вентиляционные решётки вентиляторов охлаждения;
- 3 - разъём управления усилителем Н4-57 – «УУ»;
- 4 - разъём выходного высоковольтного напряжения – «1000 В»;
- 5 - выход делителя высоковольтного напряжения – «1:100»;
- 6 – заводской номер прибора.

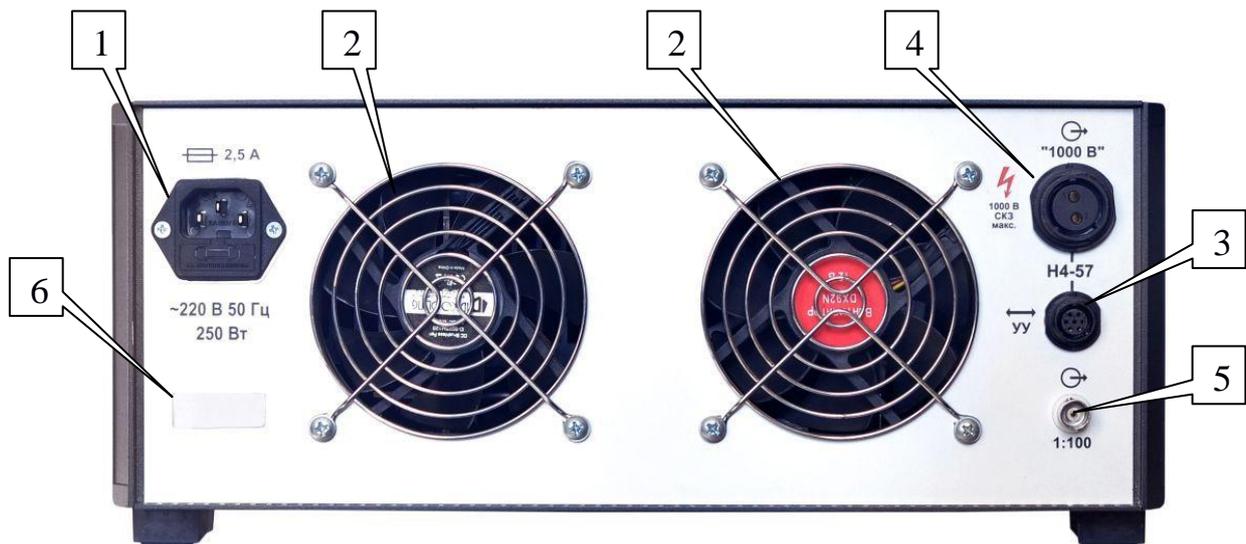


Рисунок 9.21 - Задняя панель усилителя

9.4.3 Установка режима воспроизведения напряжения на пределе 1000 В

Перед установкой режима воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока на пределе «1000 В» необходимо подсоединить к разъёмам «УУ» и «1000 В», находящихся на задней панели усилителя, штатные кабели из комплекта поставки прибора, соответственно КБИС.685611.006 и КБИС.685631.006, и соединить их с соответствующими разъёмами на задней панели калибратора. Управление работой усилителя производится командами, подаваемыми с калибратора при установке соответствующего режима воспроизведения. Режим воспроизведения напряжения постоянного или переменного тока установить в соответствии с указаниями п.9.3.5 настоящего руководства по эксплуатации. Установка предела воспроизведения «1000 В» выполняется нажатием на клавиатуре калибратора кнопки «1000 В». Выходное напряжение при установленном четырёх проводном режиме подключения нагрузки снимается с потенциальных клемм «U, R» («Hi» и «Lo») и токовых клемм «I, R» («Hi» и «Lo»), расположенных на передней панели калибратора (смотреть п.9.3.1 настоящего руководства по эксплуатации). Все операции, связанные с вводом и редактированием воспроизводимой величины на пределе «1000 В», аналогичны описанным выше для калибратора. Вся дополнительная информация связанная с состоянием выходного воспроизводимого напряжения на пределе «1000 В» выводится на табло индикатора.

9.4.4 Установка режима воспроизведения силы тока на пределе 30 А

Перед установкой режима воспроизведения силы постоянного или переменного тока на пределе «30 А» необходимо подсоединить к разъёму «УУ», находящемуся на задней панели усилителя, штатный кабель КБИС.685611.006 из комплекта поставки прибора и соединить его с соответствующим разъёмом на задней панели калибратора. Управление работой усилителя производится командами, подаваемыми с калибратора, при установке соответствующего режима воспроизведения. Режим воспроизведения силы постоянного или переменного тока установить в соответствии с указаниями п.9.3.6 настоящего руководства по эксплуатации.

Установка предела воспроизведения «30 А» выполняется нажатием на клавиатуре калибратора кнопки «30 А». Выходной ток снимается с клемм «А» («Hi» и «Lo»), расположенных на передней панели усилителя. Все операции, связанные с вводом и редактированием воспроизводимой величины на пределе «30 А» аналогичны описанным выше для калибратора. Вся дополнительная информация связанная с состоянием воспроизводимой силы тока на пределе «30 А» выводится на табло индикатора.

9.4.5 Установка режима воспроизведения сопротивления на пределе 0,01 Ом

Прецизионный резистор номиналом 0,01 Ом постоянно подключен к клеммам «R 0,01 Ом», находящимся на передней панели усилителя. Резистор имеет четырёхпроводную схему подключения и, в соответствии с этим, на передней панели усилителя имеются две токовые клеммы (I1 и I2) и две клеммы (U1 и U2) для потенциального подключения внешнего измерителя. Информация о действительном значении сопротивления на постоянном и переменном токе для резистора с номинальным значением 0,01 Ом находится в памяти калибратора и выводится на табло индикатора в режиме воспроизведения сопротивления при установке предела воспроизведения «0,01 Ом».

9.5 Использование катушки токовой КТИ-1000/34 и порядок работы

9.5.1 Назначение и общие конструктивные особенности

Катушка токовая представляет собой 34-витковую обмотку, которая используется для поверки (калибровки) бесконтактных измерителей тока клещевого типа, работающих на переменном и на постоянном токе. Общий вид катушки токовой показан на рисунке 9.22. Витки обмотки расположены внутри пластмассового корпуса. С целью обеспечения хорошего теплообмена витки с одной стороны обмотки разведены друг от друга по дуге с определённым шагом. Противоположная сторона обмотки, являющаяся её центральной частью, располагается в центре образованного таким образом полукруга. Диаметр обмотки составляет 26 мм, что является ограничением по применению токовых клещей с диаметром обхвата менее 30 мм. Доступ к центральной части обмотки осуществляется через внешнее прямоугольное окно в передней части корпуса катушки токовой, к которому непосредственно примыкает стол для расположения токовых клещей. В верхней части корпуса под вентиляционной решёткой находится вентилятор, который осуществляет принудительную вентиляцию витков обмотки для поддержания теплового баланса при работе с входным током, превышающий 10 А.

Соединительные клеммы для подключения к катушке внешнего источника тока и разъём питания вентилятора располагаются на задней части корпуса катушки. Вид катушки токовой со стороны входных клемм показан на рисунке 9.23. Внешний источник тока подключается к клеммам «34 витка» используя соединитель с наконечником типа «U» под зажим и длиной, не превышающий 600 – 700 мм, чтобы не создавать дополнительную индуктивную нагрузку для источника тока. Входные клеммы «1 виток» являются технологическими и используются при проведении первичной поверке для определения величины коэффициента передачи (трансформации) в соответствии с п.13.11.10 раздела «Методика поверки».

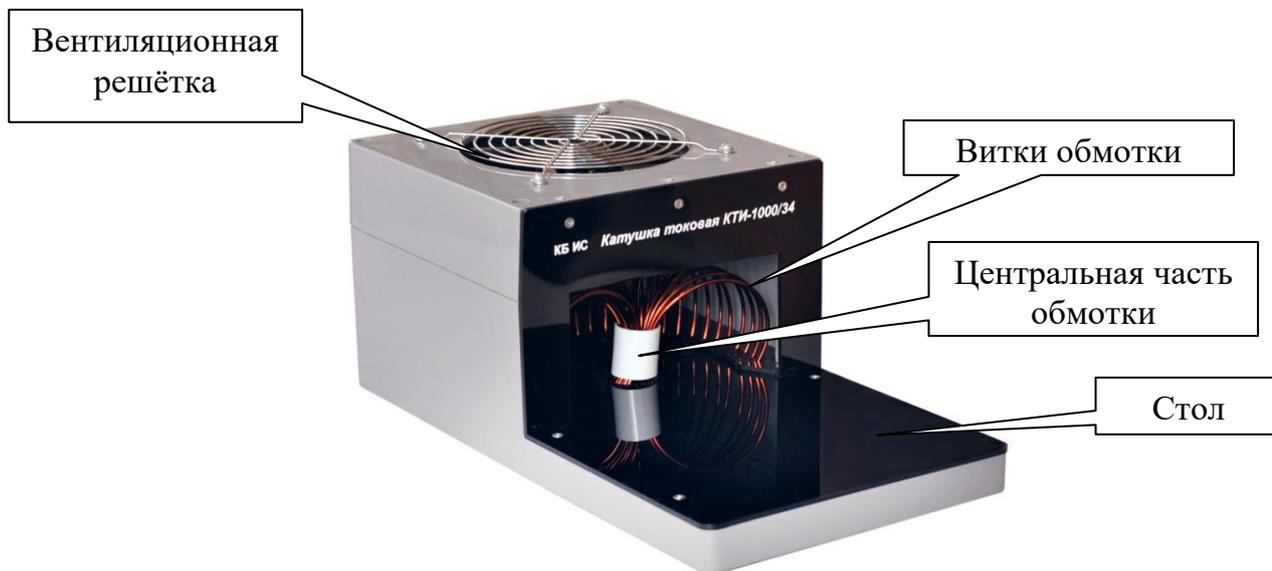


Рисунок 9.22 - Общий вид катушки токовой



Рисунок 9.23 - Вид катушки токовой со стороны входных клемм

9.5.2 Использование катушки токовой в составе калибратора Н4-57

При использовании калибратора универсального Н4-57 в качестве источника тока, при работе с катушкой токовой КТИ-1000/34, следует перед началом работы произвести соединение выходных клемм калибратора с входными клеммами катушки токовой, используя при этом соединитель КБИС.685614.003 и КБИС.685614.003-01 из комплекта поставки катушки токовой. Если при дальнейшей работе входной ток катушки токовой будет превышать 10 А, следует подключить к разъёму питания катушки внешний источник питания, а сам источник подключить к контактам розетки сети электропитания. По движению воздуха от вентиляционной решётки убедитесь, что вентилятор катушки токовой включился.

Расположить поверяемые токовые клещи на столе катушки токовой, замкнув при этом магнитопровод клещей вокруг центральной части обмотки катушки. Измерители тока клещевого типа работают по принципу трансформатора тока и результаты преобразования входного тока напрямую зависят от степени электромагнитной связи между первичной и вторичной обмотками полученного в результате подклю-

чения токовых клещей к катушке трансформатора. Поэтому токовые клещи следует расположить на столе таким образом, чтобы центральная часть обмотки располагалась по центру замкнутого магнитопровода клещей. Этим обеспечивается достижение максимальной точности и повторяемости измеренных результатов.

Для установки на выходе катушки токовой требуемого значения силы тока следует установить на калибраторе режим воспроизведения силы постоянного или переменного тока, при этом до 70 А рекомендуется использовать предел воспроизведения «2000 мА», а выше предел воспроизведения «30 А». Установить выходной уровень силы тока, равный значению силы тока на выходе катушки токовой поделённой на 34, при этом результат следует округлить до разряда обеспечивающего 0,01% погрешности от установленного значения. Например: выходной ток катушки 1000 А, уровень силы тока с выхода калибратора 29,411 А; выходной ток катушки 50 А, уровень силы тока с выхода калибратора 1470,588 мА.

Альтернативным способом установки требуемого уровня силы тока является метод с применением функции калибратора «Математическая обработка». Для этого, выполняя действия согласно п.9.3.8 руководства по эксплуатации, выбрать и установить функцию «Математическая обработка». Ввести значение коэффициента «с» равное 0,029411. Затем установить значение аргумента «х» равное значению выходного тока катушки токовой, при этом выходное значение калибратора будет пересчитано и установлено в соответствии с выбранным коэффициентом. Все дальнейшие операции по изменению уровня выходного тока катушки следует производить с аргументом «х» меняя его значение на величину требуемого выходного тока катушки. Пример индикации при воспроизведении силы постоянного тока с выхода катушки токовой равной 1000 А показан на рисунке 9.24.



Рисунок 9.24 – Индикация при работе с катушкой токовой с установленной функцией «Математическая обработка»

9.6 Особенности эксплуатации прибора при установленных режимах воспроизведения

9.6.1 Режим воспроизведения напряжения

По умолчанию подключение нагрузки к выходу калибратора в режиме воспроизведения напряжения постоянного и переменного тока возможно только по четырём линиям (четырёх проводная схема). При этом следует использовать штатный четырёх проводной кабель КБИС.685631.005 из комплекта поставки прибора, подключив его контакты к выходным клеммам прибора соответствующим образом:

- потенциальные контакты соединителя к выходным клеммам «U, R» («Hi» и «Lo»);

- токовые контакты соединителя к выходным клеммам «I, R» («Hi» и «Lo»).

Примечание - потенциальные и токовые выводы кабеля КБИС.685631.005 взаимозаменяемы, красный цвет - «Hi» чёрный цвет - «Lo»

В данной конфигурации достигаются наилучшие условия передачи воспроизводимого напряжения от калибратора к нагрузке, при котором уровень воспроизводимого напряжения стабилизируется непосредственно на входе нагрузки. Определение и запись поправочных коэффициентов также производится исключительно только в режиме четырёх проводного подключения и с применением данного соединителя.

В тех случаях, когда не требуется высокая точность передачи воспроизводимого напряжения к нагрузке, имеется возможность отключения четырёх проводного режима с переключением калибратора в двухпроводный режим нажатием кнопки «4 линии». При этом передача воспроизводимого напряжения к нагрузке осуществляется по двухпроводной линии с клемм «U, R» («Hi» и «Lo»). При работе с калибратором в двухпроводном режиме следует учитывать, что в отличие от четырёх проводного режима стабилизация выходного воспроизводимого напряжения обеспечивается только на выходных клеммах прибора и ток протекающий в нагрузку через соединитель будет вызывать дополнительное падение напряжения на омическом сопротивлении соединителя, что вызовет увеличение погрешности на входе нагрузки.

Выходное сопротивление калибратора имеет определённое отличное от нуля значение, которое зависит от режима и предела воспроизведения. Поэтому для подключенной к выходу калибратора нагрузки, при которой выходной ток будет превышать номинальный, следует учитывать дополнительную погрешность воспроизведения, вызванную падением напряжения ΔU , мВ на внутреннем сопротивлении калибратора, которую можно рассчитать по формуле (9.4).

$$\Delta U = (R_i + R_k) \cdot I_{нагр} \quad (9.4)$$

где R_i – нормируемое выходное сопротивление калибратора напряжения, Ом;

R_k – сопротивление соединительного кабеля, Ом;

$I_{нагр}$ – ток нагрузки, мА.

При передаче воспроизводимого напряжения переменного тока на младших пределах "20 мВ" и "200 мВ" к внешнему измерительному устройству следует предпринять меры по ослаблению воздействия помех нормального и общего вида. Для уменьшения воздействия помех нормального вида на результаты измерений необходимо в качестве соединителей использовать экранированный кабель, экранную оплётку которого соединить с низкопотенциальной клеммой измерителя или с корпусом прибора. Для уменьшения воздействия помех общего вида на результаты измерений при подключении выходного напряжения калибратора к измерителю, имеющему сетевое питание, следует заземление корпусов обоих приборов выполнить в общей точке, чтобы исключить возможную разность потенциалов между корпусами обоих приборов.

Калибратор обеспечивает устойчивую работу при емкости нагрузки до 1000 пФ при воспроизведении напряжения до 20 В и 300 или 200 пФ для более высоких на-

пряжений. Но следует учитывать, что для конкретного воспроизводимого напряжения максимальная ёмкость нагрузки также зависит от ограничений по максимальному току нагрузки. При подключении к выходу калибратора нагрузки, имеющей ёмкость, значение которой превышает нормируемую, происходит нарушение устойчивости выходного каскада, что приводит к высокочастотному возбуждению. Проявлением высокочастотного возбуждения является нестабильность воспроизводимой величины, повышенный уровень шумов и пульсаций, что приводит к значительному увеличению погрешности воспроизведения. Высокочастотное возбуждение можно наблюдать с помощью осциллографа (частота единицы мегагерц) или измерив переменную составляющую выходной величины напряжения постоянного тока с помощью вольтметра переменного тока. В тех случаях, когда высокочастотное возбуждение имеет место, и нет возможности изменить реактивную составляющую нагрузки, следует попытаться принять меры по ее отделению от выхода калибратора на частоте возбуждения. Например, можно включить последовательно с ёмкостной нагрузкой резистор с номинальным сопротивлением равным или менее единицы Ома. Постоянная времени ($\tau = RC$) должна быть равна периоду частоты самовозбуждения. Если ток нагрузки значителен, корректирующий резистор необходимо зашунтировать дросселем. В этом случае постоянная времени ($\tau = L/R$) корректирующей цепи рассчитывается таким образом, чтобы её значение было больше периода частоты самовозбуждения.

Подключение к выходу калибратора значительной ёмкостной нагрузки может привести не только к возникновению самовозбуждения выходного каскада, но и к появлению дополнительной частотной погрешности. Такая погрешность возникает вследствие искажения формы сигнала, когда величина амплитуды ёмкостного тока превышает максимальное значение выходного тока калибратора. Возможные способы устранения искажений такие же, как описано выше.

9.6.2 Режим воспроизведения силы тока

Воспроизводимая величина силы тока снимается с клемм «I» («Hi» и «Lo») через выходной кабель из комплекта поставки прибора. Выходное сопротивление калибратора тока отличается от бесконечности и имеет определённое конечное значение. Поэтому, если величина падения напряжения на нагрузке превышает половину максимального напряжения, следует учитывать величину дополнительной погрешности, вызванную шунтированием нагрузки выходным сопротивлением калибратора ΔI , мА. Значение дополнительной погрешности можно рассчитать по формуле (9.5).

$$\Delta I = \frac{U_{нагр}}{R_i}, \quad (9.5)$$

где R_i – нормируемое значение внутреннего сопротивления калибратора тока, Ом;

$U_{нагр}$ – падение напряжения на нагрузке, мВ.

Работа калибратора тока с нагрузками, реактивная составляющая которых имеет индуктивный характер, может привести к возникновению высокочастотного самовозбуждения выходного каскада, искажения формы выходного синусоидального сигнала и возникновению дополнительной погрешности воспроизведения. Калибратор тока обеспечивает устойчивую работу выходного каскада при подключении к его

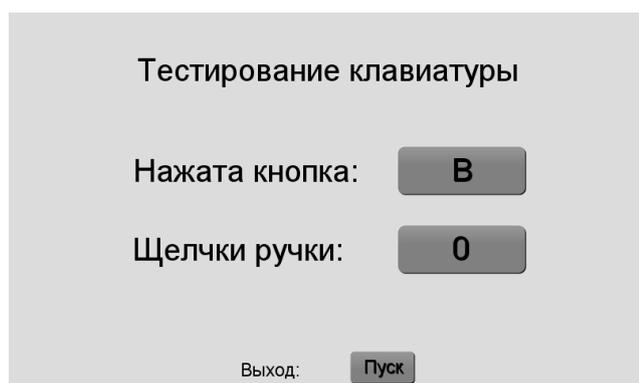
выходным клеммам нагрузки с индуктивностью до 10 мГн на пределе 2 мА, до 5 мГн на пределах 20 мА и 200 мА, до 200 мкГн на пределе 2 А и до 5 мкГн на пределе 30 А. Если индуктивность нагрузки превышает выше перечисленные значения, то перед использованием калибратора необходимо с помощью осциллографа произвести визуальный контроль формы воспроизводимого сигнала. При наличии на выходе калибратора высокочастотной генерации или сильного искажения воспроизводимого переменного тока дальнейшая работа калибратора должна быть приостановлена до приведения параметров нагрузки к требуемым нормам. В некоторых случаях для устранения высокочастотного возбуждения можно рекомендовать включение последовательного резистора в выходную токовую цепь.

9.7 Тестирование

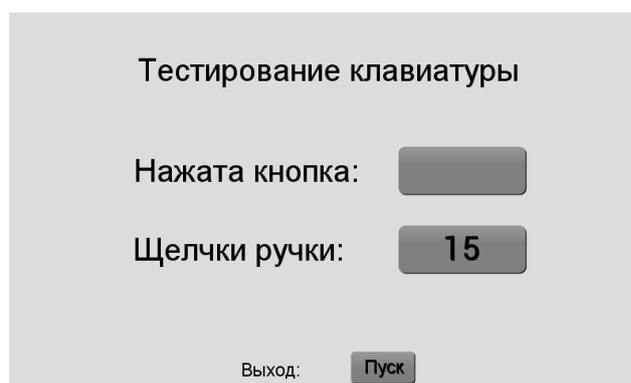
Встроенное тестовое программное обеспечение позволяет оператору оценить работоспособность кнопочной клавиатуры прибора и выявить неисправные кнопки. Программа тестирования клавиатуры вызывается из пункта меню прибора «Настройки/Тестирование клавиатуры». Вход в меню осуществляется нажатием кнопки «**Меню**».

При тестировании клавиатуры на табло индикатора прибора выводится информация о наименовании нажатой кнопки и количестве произведённых замыканий контактов кодового переключателя при вращении ручки плавного редактирования. Нажимая последовательно кнопки сверху вниз и слева направо, контролируют отображение наименования нажатой кнопки. Вращая ручку кодового переключателя, контролируют отображение количества произведенных замыканий, причем вращение ручки вправо, увеличивает счетчик количества замыканий, вращение влево – уменьшает. Пример индикации при тестировании кнопок и кодового переключателя показан на рисунке 9.25.

Завершение программы тестирования клавиатуры и возврат в меню прибора осуществляется нажатием кнопки «**Пуск**».



а) тестирование кнопок



б) тестирование кодового переключателя

Рисунок 9.25 - Индикация режима тестирования клавиатуры

9.8 Использование интерфейсов ввода-вывода в режимах дистанционного и автономного управления

9.8.1 Методы программного управления прибором

Прибор имеет три интерфейсных аппаратных информационных канала: RS-232, USB и Ethernet, через которые осуществляется обмен данными между калибратором и внешними устройствами. Также прибор имеет выходной восьмиразрядный порт управления внешними устройствами. Подключение к внешнему устройству производится через разъёмы на задней панели прибора. Все интерфейсы имеют гальваническую развязку от аналоговой части прибора.

Интерфейс USB работает в двух режимах: виртуальный COM-порт и накопитель данных (MassStorageDevice). Интерфейс Ethernet также можно использовать в двух режимах: прием-передача данных и веб-интерфейс.

Дистанционное управление прибором, независимо от типа используемого интерфейса, осуществляется при помощи команд языка SCPI. Перечень и описание команд приведены в Приложении А. Команды передаются в текстовом виде в ASCII-кодах (с возможностью использования русских символов в кодировке Windows-1251), ограничителем команды и сигналом к выполнению является один из символов с кодом 0Dh(CR), 0Ah (LF), либо последовательность символов с кодами 0Dh 0Ah (CRLF).

Прибор имеет встроенную память - карту памяти с файловой системой FAT-32, с которой возможно выполнение заранее записанных файлов, так называемых скриптов на языке SCPI, содержащих последовательный набор управляющих команд, и являющиеся программами управления прибором. Работа прибора под управлением команд из скрипта SCPI называется режимом автономного управления.

При получении любой команды по какому-либо интерфейсу (RS-232, USB или Ethernet) прибор переходит в режим дистанционного управления, на индикаторе высвечивается надпись «Дистанционное управление», клавиатура прибора деактивируется. При получении команды из скрипта SCPI прибор переходит в режим автономного управления, клавиатура прибора также деактивируется. Выключить режим дистанционного управления и вернуться к локальному управлению с передней панели прибора можно соответствующей командой, либо нажав кнопку «**Меню**». Режим автономного управления выключается автоматически после завершения выполнения SCPI-скрипта или принудительно, выбрав пункт меню "Завершить скрипт".

В автономном режиме работы возможен диалог прибора с пользователем, по этой причине в автономном режиме доступны команды, которые не доступны в режиме дистанционного управления. Перечень и описание команд приведены в Приложении А, а инструкция по созданию скриптов SPI приведена в Приложении Б.

В наборе команд управления прибором есть команды, позволяющие передавать данные по интерфейсам RS-232 и Ethernet не только персональному компьютеру, но и любому другому оборудованию, совместимому с указанными интерфейсами. Используя данные команды, прибор имеет возможность управлять этим оборудованием. Это позволяет организовать автоматизированное рабочее место без использования компьютерной техники и специализированного программного обеспечения, достаточно только самого прибора и записанных на карту памяти прибора управляющих скриптов на языке SCPI.

9.8.2 Использование интерфейса RS-232

Подключение к компьютеру с использованием интерфейса RS-232 осуществляется при помощи стандартного нуль-модемного кабеля. Для работы достаточно двух сигналов: TxD и RxD относительно общего вывода GND. Управление потоком не используется. Скорость передачи данных задается в настройках прибора, заводская установка 9600 бод. Формат: 8 бит данных, четность не используется, 1 стоп бит. Изменение скорости передачи данных осуществляется при помощи пункта меню «Настройки / Настройки RS-232».



Рисунок 9.26 - Соединение по интерфейсу RS-232

Возможно применение преобразователей USB-COM, такой преобразователь можно подключить напрямую к разъему RS-232 прибора, не используя дополнительных кабелей.

Также возможно подключение к прибору через разъём RS-232 других средств измерения или иного оборудования. Разъём RS-232 прибора аналогичен разъёму персонального компьютера, поэтому при подключении к прибору следует использовать кабель из комплекта поставки подключаемого оборудования.

Для передачи данных из прибора в подключенное оборудование используются следующая команда:

SYSTEM:COMMUNICATE:SERIAL:TRANSMIT

Самостоятельно прибор внешними устройствами не управляет.

9.8.3 Использование интерфейса USB

Подключение с использованием интерфейса USB осуществляется при помощи стандартного кабеля USBA-B. Поддерживается два режима работы: виртуальный COM-порт и накопитель данных.

В режиме виртуального COM-порта формат обмена данными аналогичен настройкам интерфейса RS-232, скорость обмена любая. Для обеспечения работы USB в режиме виртуального COM-порта на управляющем компьютере должны быть установлены соответствующие драйвера. Установить драйвер для операционных систем Windows 7 и 8 можно из каталога "Drivers", расположенного на внутреннем накопителе данных прибора, переключив режим работы USB в режим накопителя (MassStorageDevice), либо загрузив с веб-страницы прибора, подключившись по интерфейсу Ethernet. Производитель драйверов USB – STMicroelectronics. Для Windows 10 драйвера устанавливаются автоматически.

Подключение прибора по интерфейсу USB в режиме накопителя данных (MassStorageDevice) позволяет работать с внутренней картой памяти как с "флешкой". Этот режим включается выбором в меню пункта "Включить режим накопителя

данных". При включении данного режима прибор полностью блокируется, на экран выводится соответствующее сообщение. Для выхода из данного режима необходимо нажать кнопку «**Меню**», работа интерфейса USB автоматически переключится в режим виртуального СОМ-порта.

Работа в режиме накопителя данных позволяет записывать SCPI-скрипты, считывать сформированные файлы.

9.8.4 Использование интерфейса Ethernet

Подключение с использованием интерфейса Ethernet осуществляется при помощи стандартного сетевого кабеля с разъемами RJ45 (патч-корд). Допускается подключение как напрямую к компьютеру, так и к сетевым коммутаторам. Современное сетевое оборудование, как правило, автоматически определяет тип подключенного кабеля – прямой или кроссовый, поэтому возможно применение любого типа кабеля.

Обмен данными по интерфейсу Ethernet осуществляется по протоколам TCP/IP, соответственно в настройках прибора (пункт меню «Настройки/Сетевые настройки») должны быть корректно заданы IP-адрес и маска подсети, либо включено автоматическое определение IP-адреса по протоколу DHCP, если сетевое оборудование поддерживает данный протокол. Так же возможен доступ к прибору по сетевому имени по протоколу NetBIOS, стандартно поддерживаемый операционными системами Windows. Номер порта, указанный в настройках прибора, должен совпадать с номером порта в управляющей программе. Прибор выступает в роли сервера, управляющая программа в роли клиента.

По интерфейсу Ethernet возможно управление внешними устройствами, подключенных к одной сети с прибором. Для этого необходимо SCPI-командами подсистемы **SYSTem:COMMunicate:SOCKet** создать соединение, указав IP-адрес подключаемого устройства и номер порта для обмена данными, после чего возможно посылать данные командой **SYSTem:COMMunicate:SOCKet#:TRANsmit**. При таком подключении прибор выступает в роли клиента, подключаемое оборудование в роли сервера. Прибор поддерживает до пяти соединений. Для получения более детальной информации необходимо обратиться к описанию команд, приведенному в приложении А.

9.8.5 Использование веб-интерфейса.

Дистанционное управление прибором возможно без специализированных программ, используя веб-интерфейс. В этом случае используется любой современный веб-обозреватель (браузер) как правило, входящий в комплект поставки любых современных операционных систем.

Для использования веб-интерфейса необходимо подключить прибор по интерфейсу Ethernet к общей локальной сети с устройством, использование которого планируется для дистанционного управления прибором. На управляющем устройстве запустить браузер, в адресной строке которого указать IP-адрес или сетевое имя прибора, например, так: `http://192.161.0.100` или `http://N4-57` (доступ по сетевому имени доступен для систем, поддерживающих протокол NetBIOS). Адрес и сетевое имя можно узнать или изменить, зайдя в меню и выбрав пункт «Настройки / Сетевые настройки». Сетевое имя по умолчанию состоит из обозначения типа прибора и последних цифр MAC-адреса сетевого интерфейса (например, N4-57-D45AC3), поэтому является уникальным. Если все настройки выполнены правильно, в браузере откроется стартовое окно веб-интерфейса с информацией о приборе.

Для управления режимами работы прибора необходимо в открывшемся окне выбрать пункт меню «Управление». Откроется окно для режима воспроизведения напряжения, меню «Управление» раскроется и появится подменю, позволяющее выбрать любые другие режимы работы прибора.

Работа веб-интерфейса основана на использовании SCPI - команд, и заключается в формировании управляющих команд на основании введенных пользователем параметров и посылке этих команд в прибор, получении от прибора данных, их обработке и отображении в удобочитаемом виде. Веб-интерфейс не производит анализ допустимости параметров, такой анализ производится самим прибором уже после получения команд.

Окно управления разделено на две части: в верхней части отображается информация о текущем состоянии прибора, в нижней части находятся кнопки управления и поля ввода или выбора значений параметров. Внешний вид окна управления показан на рисунке 9.27.

КБ "ИС"		Калибратор универсальный H4-57	
О приборе			
Управление			
Калибратор напряжения			
Калибратор силы тока			
Калибратор сопротивления			
Управление по SCPI			
Загрузки			
Текущее состояние прибора:			
Напряжение, В:		0	
Выход:		Подключен	
Управление прибором:			
Напряжение: 1		В	
<input type="checkbox"/> Частота: 1		кГц	
<input type="checkbox"/> Термопара: Тип: R		Температура: 0 °C	
Выход:		Отключить Подключить	
Ошибки:			

Рисунок 9.27 - Внешний вид окна управления веб-интерфейса

Состояние прибора опрашивается с периодичностью около двух раз в секунду, поэтому изменения состояния прибора отображаются в верхней части окна не мгновенно.

Для установки требуемого состояния прибора, необходимо ввести значения параметров в соответствующие поля ввода (либо выбрать в выпадающих списках) в нижней части окна, после чего нажать кнопку «Установить». На основании введенных параметров будет сформирован и отправлен прибору набор команд SCPI.

Выполняя полученные команды, прибор установит заданные значения параметров, либо сообщит об ошибках при недопустимости значений. Возникшие ошибки отобразятся в поле «Ошибки» в формате, приведенном в таблице А.2.

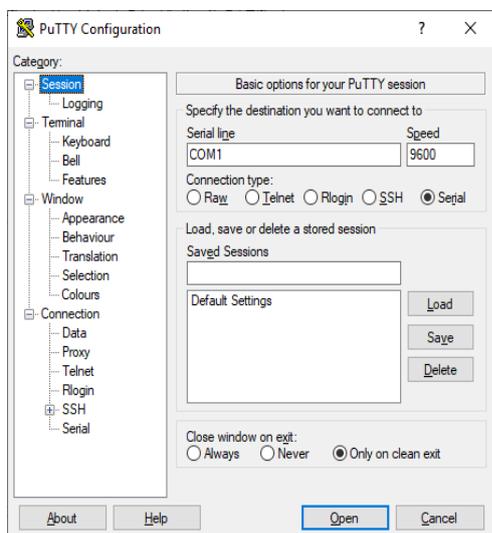
Веб-интерфейс содержит раздел «Управление по SCPI», в котором можно ввести и отправить прибору любые SCPI-команды и просмотреть ответы прибора.

9.8.6 Тестирование интерфейсов передачи данных

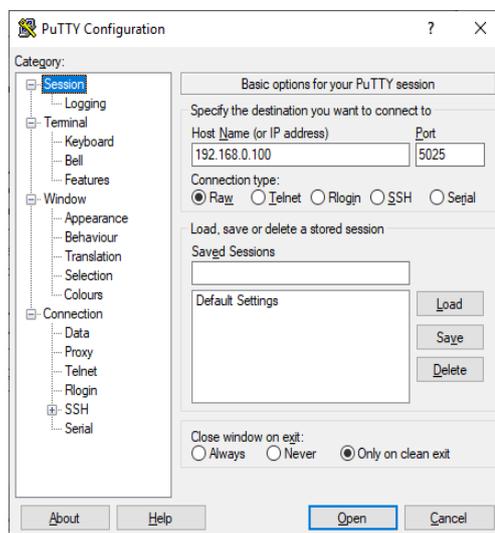
Для проверки подключения к прибору по любому из описанных интерфейсов возможно применение программы-терминала PuTTY. Ориентировочный вид старто-

вого окна PuTTY для подключения по RS-232 или USB показан на рисунке 9.28 а), для подключения по Ethernet – на рисунке 9.28 б).

После установки корректных данных подключения и нажатия кнопки «Open» откроется окно обмена данными. В окне можно набрать команду "ERR?" и завершить команду нажатием кнопки "Enter". В окне PuTTY отобразится ответ прибора: строка «0, "No error"».



а)



б)

Рисунок 9.28 - Настройки подключения

9.8.7 Использование порта управления внешними устройствами

Прибор имеет восьмиразрядный выходной порт для управления внешними устройствами, например, такими как коммутатор, что может использоваться для построения автоматизированных систем проверки. Управление уровнями выходных сигналов осуществляется с помощью описанных в Приложении А команд SCPI: **CONTRol#** и **CONTROLS**.

Расположение выходных сигналов на разъеме указано в таблице 9.4, нумерация контактов сверху вниз. Выключенному состоянию выхода соответствует напряжение 0 В, включенному соответствует 5 В. Максимальный выходной ток каждого выхода 10 мА, ограничение на суммарный выходной ток 50 мА. Выход +5 В защищен от перегрузки самовосстанавливающимся предохранителем номиналом 120 мА.

Таким образом, выходные сигналы являются логическими, а не силовыми, и не предназначены для прямого управления, например обмотками реле.

Таблица 9.3 - Расположение выходных сигналов в разъёме управления

Номер контакта	Обозначение
1	Выход 0
2	Выход 1
3	Выход 2
4	Выход 3
5	Выход 4
6	Выход 5
7	Выход 6
8	Выход 7
9	Общий
10	+ 5 В

10. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

10.1 Общие положения

10.1.1 Во время, до и после проведения работ по уходу за прибором необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в разделе 2 данного руководства по эксплуатации.

10.1.2 Порядок и периодичность технического обслуживания зависит от этапов эксплуатации (непосредственное использование по назначению, хранение, кратковременное или длительное, транспортирование). Данные о проведённых операциях по техническому обслуживанию необходимо вносить в формуляр прибора.

10.1.3 Техническое обслуживание включает контрольный осмотр и устранение мелких неисправностей, а также подготовку и проведение периодической поверки прибора. При контрольном осмотре проверяются органы управления, присоединения и подключения, производится очистка прибора от пыли и грязи без его вскрытия. Неисправные приборы направляются в ремонт.

10.2 Общие указания по цифровой калибровке прибора

10.2.1 Для обеспечения нормируемой погрешности воспроизведения в приборе используются цифровые поправочные коэффициенты, находящиеся в его внутренней памяти. Определение значения этих коэффициентов и запись их в блок памяти осуществляется в процессе выполнения операций, связанных с цифровой калибровкой (юстировкой) прибора, все действия проводятся без вскрытия прибора. Все поправочные коэффициенты независимы друг от друга и каждый в соответствии со своим шагом калибровки может определяться и корректироваться индивидуально. Методы калибровки описаны в п.10.3. Цифровая калибровка проводится в исправном приборе при периодическом обслуживании для коррекции временного дрейфа электронных элементов. Результат цифровой калибровки подлежит обязательному контролю посредством проведения операций поверки в части тех пределов воспроизведения, для которых проводилась корректировка поправочных коэффициентов.

10.2.2 В составе функциональных узлов прибора имеются органы регулирования и установки начальных режимов работы данных схем. Все операции, связанные с этими установками, выполняются в процессе изготовления прибора, и в дальнейшем, состояние регулировочных органов сохраняется на весь срок эксплуатации прибора. Если прибор вышел из строя и для восстановления его работоспособности был проведён ремонт с заменой электронных компонентов, то в этом случае, перед проведением цифровой калибровки, обязательно необходимо выполнить аналоговую регулировку ремонтного узла и проверить начальные установки остальных функциональных узлов. Данные работы могут быть проведены только на заводе изготовителе.

10.2.3 Рекомендуемая периодичность проведения цифровой калибровки прибора – двадцать четыре месяца, а также по мере необходимости – при выполнении периодической поверки прибора, когда определяемая погрешность воспроизведения выходит или находится на границе допустимой погрешности. Дополнительно цифровая калибровка проводится после каждого ремонта, продолжительного хранения (более одного года) или продолжительного пребывания при предельных температурах окружающего воздуха (несколько месяцев).

10.2.4 Цифровая калибровка прибора выполняется при соблюдении следующих условий:

- температур окружающего воздуха от +22 до +24 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 215,6 до 224,4 В;
- частота промышленной сети от 49,5 до 50,5 Гц;
- коэффициент гармоник питающей сети не более 2 %
- прибор должен находиться во включенном состоянии в течение 1 ч., если при этом прибор продолжительное время (более 1 мес.) не включался, необходимо дополнительно приработать его в нормальных условиях в течение 24 ч.

ВНИМАНИЕ: ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАПИСИ ОШИБОЧНЫХ ДАННЫХ В ЭНЗУ В ПРОЦЕССЕ ВВЕДЕНИЯ ПОПРАВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕ СЛЕДУЕТ ДОПУСКАТЬ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ПРИБОРА, А ТАКЖЕ НЕОБХОДИМО ПРИНИМАТЬ МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТИ СБОЕВ СЕТЕВОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ!

При проведении цифровой калибровки используются те же схемы измерения, что и при поверке прибора. Состав метрологических средств, необходимых для проведения цифровой калибровки прибора, совпадает с перечнем средств поверки раздела «Методика поверки».

10.3 Ввод цифровых поправочных коэффициентов

10.3.1 Определение и сохранение цифровых поправочных коэффициентов осуществляется путем автоматического вычисления и записи в ЭНЗУ цифровых данных, к которым относятся:

- коэффициенты для поправки нулевых значений АЦП;
- коэффициент масштаба АЦП;
- коэффициент масштаба ШИМ ЦАП;
- коэффициент масштаба младшего ЦАП;
- коэффициенты масштабов всех пределов воспроизведения;
- коэффициенты для линеаризации частотной характеристики в режимах воспроизведения переменного напряжения и тока;
- коэффициенты для поправки значения частоты.

10.3.2 Определение поправочных коэффициентов производится для калибровочных значений, перечень которых выводится на табло индикатора в окне выбранного калибровочного режима, порядковая нумерация данного списка соответствует номеру шага калибровки. В приборе имеются четыре калибровочных режима (опции):

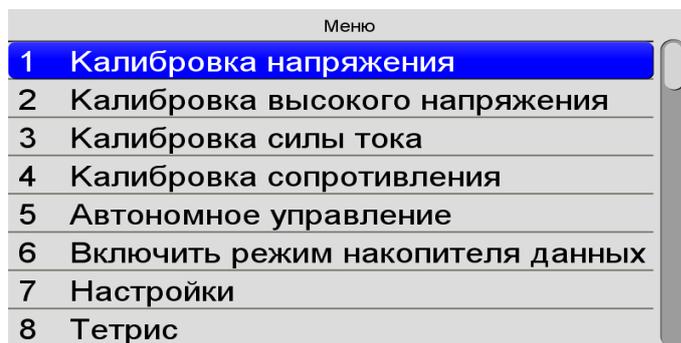
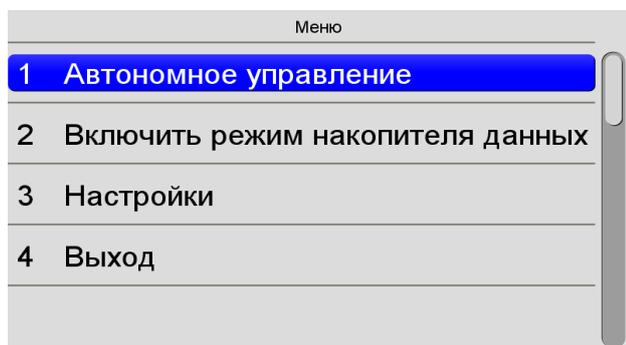
- "Калибровка напряжений";
- "Калибровка высокого напряжения";
- "Калибровка силы тока";
- "Калибровка сопротивления".

Порядок выполнения операций по калибровочным шагам любой, но при первичной цифровой калибровке или цифровой калибровке после ремонта желательно придерживаться установленного порядка в каждом калибровочном режиме.

10.3.3 Вход в режим цифровой калибровки осуществляется из основного меню, которое открывается по нажатию кнопки «**Меню**». В обычном рабочем состоянии

прибора доступ к калибровочным опциям закрыт и в главном окне меню эти опции не отображаются. Для того, чтобы калибровочные опции стали доступны пользователю, необходимо перед включением прибора в сеть перевести тумблер, находящийся на задней панели прибора, в положение "Калибрование разрешено", предварительно удалив пломбу и фиксатор движка тумблера. Пример индикации в режиме основного меню с закрытым и открытым доступом к калибровочным опциям показан на рисунке 10.1.

Последовательным нажатием кнопок «◀» (вверх) или «▶» (вниз) или вращением ручки плавного редактирования выбрать необходимый режим калибровки, поместив маркер в строку с наименованием режима и, нажав кнопку «Ввод», войти в выбранный режим калибровки, при этом на табло индикатора выводится список калибровочных шагов данного режима. Альтернативным способом входа в режим калибровки является касание на табло индикатора строки с названием режима.



а) доступ к калибровочным опциям закрыт б) доступ к калибровочным опциям открыт

Рисунок 10.1 - Индикация в режиме основного меню

Затем, выполняя аналогичные операции, выбрать необходимый калибровочный шаг и, нажав кнопку «Ввод», установить режим определения поправочного коэффициента или смещения. Необходимый шаг калибровки можно выбрать также следующими способами:

- набрав с клавиатуры цифровое значение номера шага калибровки;
- касаясь части поля прокрутки, находящейся с правой стороны табло индикатора, добиться появления в видимой области табло индикатора необходимого номера шага калибровки, а затем, коснуться строки с выбранным шагом.

В установленном режиме калибровки на табло индикатора выводится следующая информация:

- назначение коэффициента;
- номинальное значение уровня и частоты установленной величины;
- погрешность калибровки, отклонение воспроизводимой величины от установленного номинального значения в процессе вычисления поправочного коэффициента.

В отдельном окне, отображаемом с правой стороны табло индикатора, выводится значение текущего поправочного коэффициента. В этом же окне отображается информация о возможных перегрузках выходных усилителей в процессе измерений. В нижней правой части табло индикатора выводится символ, отражающий состояние выхода калибратора в текущем установленном режиме. Состояние выхода "Включено / Выключено" переключается в соответствии с общими правилами управления прибором.

10.3.4 В режиме цифровой калибровки напряжения реализованы два алгоритма определения значений поправочных коэффициентов или смещений в соответствии с выбранным шагом калибровки. Первые пять шагов калибровки, на которых определяются смещения АЦП, масштабы АЦП и ШИМ ЦАП, выполняются в режиме «автокалибровки». Для определения смещения необходимо замкнуть выходные клеммы «U, R» («Hi» и «Lo»), а для определения масштабов необходимо на эти клеммы подать с внешнего калибратора требуемое эталонное напряжение с допускаемой основной относительной погрешностью воспроизведения не хуже 0,0005 %.

Остальные шаги калибровки выполняются в ручном режиме по следующему алгоритму. На выходе прибора устанавливается определенный номинальный уровень, соответствующий установленному шагу калибровки, который измеряется с помощью внешнего образцового средства измерения. Для определения поправочного коэффициента, нажатием кнопки «Ввод», установить режим ввода и, используя кнопочную или сенсорную клавиатуру прибора, набрать цифровое значение, соответствующее показанию образцового измерителя с соответствующей единицей измерения. После нажатия кнопки «Ввод», вычисленный поправочный коэффициент будет отображён в отдельном окне с правой стороны табло индикатора. Одновременно выходное значение воспроизводимой величины корректируется и изменяется с учётом вычисленного коэффициента, что необходимо проконтролировать по образцовому СИ. Если при этом показание образцового СИ отличается от номинального уровня более чем значение погрешности цифровой калибровки, то необходимо повторить ввод текущего значения измерителя или вращением ручки кодового переключателя, корректируя значение установленной воспроизводимой величины, добиться, чтобы показание образцового СИ стало равным номинальному с допустимой точностью. Нажав кнопку «Меню», выйти из калибровки данного шага в список калибровочных значений текущего режима калибровки, при этом, маркер выбора шага калибровки перейдёт на следующий номер шага калибровки.

10.3.5 При выходе из текущего режима калибровки, который производится нажатием кнопки «Меню», микроконтроллером подается команда о записи всего блока вычисленных поправочных коэффициентов в память прибора, о чем на табло индикатора кратковременно выводится надпись "Сохранение данных". Следует иметь в виду, что находясь в любом из режимов калибровки и выполняя последовательно калибровочные шаги по определению поправочных коэффициентов, все вычисленные коэффициенты записываются в память прибора только блочно при выходе из текущего режима калибровки и, если до выполнения записи произошёл сбой сетевого питания или прибор выключился, то все рассчитанные до этого момента коэффициенты пропадут. В этом случае необходимо повторить операции с определением поправочных коэффициентов с последнего момента записи в память прибора.

10.3.6 Для записи в память прибора действительных значений воспроизводимых сопротивлений необходимо выбрать в основном меню опцию «Калибровка сопротивления» (см. рисунок 10.1 б). После чего откроется окно со списком номинальных значений сопротивлений постоянному и переменному току с частотными значениями, для которых определяется действительное значение сопротивления. Затем, выполнив описанные выше операции по перемещению маркера на необходимый номер строки, выбрать необходимое номинальное значение сопротивления, а для переменного тока номинальное значение с указанием значения частоты и, по нажатию кнопки «Ввод», установить режим ввода действительного значения сопротивления, опре-

делённого ранее в соответствии с методикой, описанной в п.13.14 или 13.16 раздела "Методика поверки". В режиме ввода действительных значений сопротивлений на полях индикатора выводится следующая информация:

- текущее действительное значение сопротивления, отображаемое при входе в режим или новое, установленное в процессе ввода (нижняя часть индикатора);
- величина отклонения вводимого значения сопротивления относительно текущего значения, которое устанавливается при входе в данный режим (средняя часть индикатора);
- предел воспроизведения (номинальное значение сопротивления), значение частоты для предела воспроизведения сопротивления переменному току и значение основной допустимой абсолютной погрешности (временная нестабильность) для выбранного предела (верхняя часть индикатора).

Для ввода действительного значения сопротивления следует набрать его числовое значение, используя кнопочную или сенсорную клавиатуру прибора, и нажать кнопку «**Ввод**», при этом текущее значение сопротивления в нижней части индикатора изменится на установленное, а значение относительного отклонения будет пересчитано для вновь введённой величины сопротивления. Корректировать значение текущего действительного значения сопротивления можно вращением ручки кодового переключателя.

10.3.7 При необходимости сохранения истории периодической поверки прецизионных резисторов для оценки их временной стабильности необходимо после ввода действительных значений сопротивлений для всех номиналов резисторов и их частотных значений занести эти данные в электронный журнал поверок. Для этого в окне со списком номинальных значений сопротивлений нужно выбрать опцию «Записать в журнал», который находится в конце текущего списка. После этого в памяти прибора будет сохранён список действительных значений сопротивлений для всех резисторов и их частотных значений с привязкой к текущей дате выполнения данной записи. Данные предыдущих записей в журнале не стираются и не подвержены корректировке. Таким образом сохраняется история результатов выполненных поверок прецизионных резисторов.

10.3.8 По завершении всех калибровочных операций и записи поправочных коэффициентов в память прибора, необходимо, после выключения прибора, перевести тумблер, находящийся на его задней панели (см. рисунок 9.4), в положение "Цифровая калибровка запрещена", и зафиксировать движок тумблера планкой, закрепив её винтом через пломбировочную чашку с целью ограничения доступа к функции ввода и корректировки масштабных коэффициентов. Поместить в пломбировочную чашку мастику и нанести на неё отпечаток клейма поверителя или ОТК. Состояние пломбы и переключателя должны быть под контролем метрологических служб, осуществляющих эксплуатацию прибора. В случае обнаружения несанкционированного вскрытия пломбы прибор следует направить на внеочередную поверку.

11. ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

11.1 Условия транспортирования и хранения прибора соответствуют ГОСТ 22261.

11.2 Климатические условия транспортирования и хранения не выходят за пределы заданных предельных условий:

- температура окружающего воздуха от минус 50 до плюс 70 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха 95 % при температуре +30 °С.

11.3 Прибор допускает транспортирование всеми видами транспорта в упаковке при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков.

12. УТИЛИЗАЦИЯ

12.1 Калибратор универсальный Н4-57 является стандартным электроизмерительным устройством. Он не содержит взрывоопасных, пожароопасных, радиоактивных, ртутьсодержащих и др. компонентов, способных принести ущерб населению или окружающей среде.

12.2 Утилизация драгметаллов в составе электронных компонентов не представляется экономически целесообразной. По указанным причинам обязательных мероприятий по подготовке изделий к утилизации нет.

13. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

13.1 Общие положения

13.1.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки калибратора универсального Н4-57 (далее прибор) при выпуске из производства, находящегося в эксплуатации и после произведённого ремонта. Поверка прибора должна проводиться при его применении в сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений. При использовании прибора вне сфер государственного регулирования обеспечения единства измерений допускается проведение калибровки.

13.1.2 Поверка прибора осуществляется не реже одного раза в 1 год. Допускается проведение поверки прибора с использованием одного базового блока (калибратора) или двух блоков (калибратора и усилителя) на меньшем числе диапазонов или для меньшего числа воспроизводимых величин на основании заявления владельца средства измерения.

13.1.3 Методика поверки реализуется посредством методов прямых и косвенных измерений и метода сличения.

13.1.4 При проведении поверки обеспечена прослеживаемость результатов измерений к:
ГЭТ 13-01 Государственный первичный эталон единицы электрического напряжения;
ГЭТ 89-2008 Государственный первичный специальный эталон единицы электрического напряжения (вольта) в диапазоне частот от 10 до $3 \cdot 10^7$ Гц;
ГЭТ 14-2014 Государственный первичный эталон единицы электрического сопротивления;
ГЭТ 4-91 Государственный первичный эталон единицы силы постоянного электрического тока;
ГЭТ 88-2014 Государственный первичный специальный эталон единицы силы электрического тока в диапазоне частот от 20 до $1 \cdot 10^6$ Гц;
ГЭТ 1-2018 Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени.

13.2 Перечень операций поверки

13.2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 13.1.

Таблица 13.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер методики	Первичная поверка	Периодическая поверка
Внешний осмотр	13.7	Да	Да
Проверка программного обеспечения	13.8	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	13.9	Да	Да
Определение характеристик, обеспечивающих безопасную эксплуатацию прибора	13.10	Да	Да
Проверка электрической прочности изоляции	13.10.1	Да после ремонта	Нет
Проверка электрического сопротивления изоляции	13.10.2	Да после ремонта	Нет

Продолжение таблицы 13.1

Наименование операции	Номер методики	Первичная поверка	Периодическая поверка
Проверка электрического сопротивления защитного заземления	13.10.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик	13.11	Да	Да
Определение коэффициента нелинейных искажений в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока	13.11.1	Да	Нет
Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока	13.11.2	Да	Да
Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока	13.11.3	Да	Да
Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока	13.11.4	Да	Да
Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока	13.11.5	Да	Да
Определение основных метрологических характеристик в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току.	13.11.6	Да	Да
Определение основных метрологических характеристик в режиме воспроизведения сопротивления переменному току	13.11.7	Да	Да
Определение временной нестабильности сопротивления резистора постоянному и переменному току	13.11.8	Нет	Да
Определение погрешности воспроизведения частоты	13.11.9	Да	Нет
Определение параметров катушки токовой (при наличии в комплекте прибора)	13.11.10	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	13.12	Да	Да
Оформление результатов поверки	13.13	Да	Да

13.3 Метрологические и технические требования к средствам поверки

13.3.1 При проведении поверки должны быть применены средства поверки с характеристиками, указанными в таблице 13.2. При проведении поверки допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик калибратора универсального Н4-57 с заданной степенью точности.

Таблица 13.2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, используемые метрологические и основные технические характеристики средства поверки
13.11.2, 13.11.3, 13.11.4, 13.11.5, 13.11.6, 13.11.7	<p><u>Калибратор-вольтметр универсальный Н4-12</u> Измерение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжение постоянного тока в диапазоне от 0 до 1000 В с погрешностью от $\pm 0,000315$ до $\pm 0,00063$ %; - напряжения переменного тока в диапазоне от 0,2 мВ до 1000 В в полосе частот от 20 Гц до 1000 кГц с погрешностью от $\pm 0,003$ до $\pm 0,18$ %. <p>Воспроизведение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжения постоянного тока от 0 до 1000 В с погрешностью от $\pm 0,000315$ до $\pm 0,00064$ %. - напряжения переменного тока от 0,05 мВ до 1000 В в полосе частот от 0,1 Гц до 1000 кГц с погрешностью от $\pm 0,003$ до $\pm 0,18$ %. - силы постоянного тока от 0 до 20 А с погрешностью от $\pm 0,00275$ до $\pm 0,0275$ %.
13.11.3	<p><u>Преобразователь переменного напряжения прецизионный 792А фирмы FLUKE (соответствующий вторичному эталону)</u> Преобразование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напряжения переменного тока в диапазоне от 0,2 мВ до 1000 В в полосе частот от 10 Гц до 1000 кГц с погрешностью от $\pm 0,0005$ до $\pm 0,0022$ %.
13.11.4	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р310</u> Номинальное сопротивление 0,001 Ом; класс точности 0,01; 3 разряд; максимальный ток 32 А.</p>
13.11.4, 13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р310</u> Номинальное сопротивление 0,01 Ом; класс точности 0,01; 3 разряд; максимальный ток 10 А.</p>
13.11.4, 13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р321</u> Номинальное сопротивление 1 Ом; класс точности 0,01; 2 разряд; максимальный ток 1 А.</p>
13.11.4, 13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р321</u> Номинальное сопротивление 10 Ом; класс точности 0,01; 2 разряд; максимальный ток 320 мА.</p>
13.11.4, 13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р331</u> Номинальное сопротивление 100 Ом; класс точности 0,01; 2 разряд; максимальный ток 100 мА.</p>
13.11.4, 13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р331</u> Номинальное сопротивление 1 кОм; класс точности 0,01; 2 разряд; максимальный ток 32 мА.</p>
13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р331</u> Номинальное сопротивление 10 кОм; класс точности 0,01; 3 разряд; максимальный ток 10 мА.</p>
13.11.6	<p><u>Катушка электрического сопротивления измерительная Р331</u> Номинальное сопротивление 100 кОм; класс точности 0,01; 3 разряд; максимальный ток 3,2 мА.</p>
13.11.6	<p><u>Мера электрического сопротивления Р4013</u> Номинальное сопротивление 1 МОм; класс точности 0,005; 3 разряд; максимальное напряжение 700 В.</p>
13.11.6	<p><u>Мера электрического сопротивления Р4013</u> Номинальное сопротивление 10 МОм; класс точности 0,005; 3 разряд; максимальное напряжение 700 В.</p>

Продолжение таблицы 13.2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, используемые метрологические и основные технические характеристики средства поверки					
13.11.6	<u>Мера электрического сопротивления Р403З</u> Номинальное сопротивление 100 МОм; класс точности 0,005; 3 разряд; максимальное напряжение 1500 В.					
13.11.5, 13.11.7	<u>Меры сопротивления Н4-12МС</u>					
	Номинал	Погрешность DC	Погрешность AC			Максимальный ток
			до 1 кГц	до 5 кГц	до 10 кГц	
	100 Ом	±0,003 %	±0,005 %	±0,01 %	±0,01 %	
	10 Ом	±0,003 %	±0,005 %	±0,01 %	±0,01 %	
	1 Ом	±0,003 %	±0,005 %	±0,01 %	±0,02 %	
	0,01 Ом	±0,01 %	±0,01 %	±0,03 %	±0,1 %	50 А
13.9.5, 13.10.3 13.11.6, 13.11.7, 13.11.9, 13.11.10	<u>Мультиметр В7-84</u> Измерение: - напряжение постоянного тока от 0 до 1000 В с погрешностью от ±0,0022 до ±0,004 %; - напряжение переменного тока от 1 мВ до 700 В в полосе частот от 10 Гц до 100 кГц с погрешностью от ±0,075 до ±1,5 %; - частота от 1 Гц до 125 кГц с погрешностью ±0,005 %.					
13.11.1	<u>Измеритель нелинейных искажений СК6-13</u> Диапазон напряжений от 2 до 100 В; диапазон измеряемых искажений от 0,05 до 2 %; погрешность не более ±10 %.					
13.10.2	<u>Мегомметр ЭС 0202/2-Г</u> Диапазон измерения сопротивления от 0 до 10000 МОм; измерительное напряжение 500, 1000 и 2500 В.					
13.10.1	<u>Установка пробойная УПУ-21</u> - диапазон выходного напряжения постоянного и переменного тока от 0 до 10 кВ; - погрешность установки выходного напряжения до 4 %; - диапазон измерения тока утечки до 50 мА.					
13.11.10	<u>Преобразователь тока АРРА-39Т</u> Измерение силы постоянного и переменного тока от 0 до 1000 А в частотном диапазоне от 45 до 400 Гц.					

13.4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

13.4.1 Поверка должна осуществляться лицами, квалификация которых соответствует требованиям критериев аккредитации, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

Перед проведением поверки поверитель должен изучить в соответствующем объеме руководство по эксплуатации на прибор.

13.5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

13.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности предусмотренные в следующих документах: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в разделе 2 руководства по

эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57», в технической документации на применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

13.6 Требования к условиям проведения поверки

13.6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- 1) температура окружающего воздуха от +20 до +25 °С;
- 2) относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- 3) атмосферное давление от 84 до 106 кПа, от 630 до 795 мм. рт. ст.;
- 4) напряжение сети питания от 215,6 до 224,4 В, частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц;
- 5) коэффициент гармоник питающей сети, не более 2 %.

13.7 Внешний осмотр

13.7.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие поверяемого прибора с входящими в его комплект поставки принадлежностями следующим требованиям:

- 1) комплектность прибора должна соответствовать разделу «Состав комплекта», в количестве и по номенклатуре, необходимом для проведения поверки в соответствующем объёме;
- 2) должны отсутствовать механические повреждения, влияющие на метрологические и эксплуатационные характеристики;
- 3) разъёмы, элементы крепления корпуса, кнопки клавиатуры должны быть прочно закреплены и не иметь повреждений;
- 4) должна быть обеспечена целостность изоляции сетевых проводов и соединительных кабелей;
- 5) при наклонах и встряхивании корпусов блоков не должно быть характерных звуков, свидетельствующих о наличии внутри корпуса прибора незакрепленных или слабо закреплённых элементов или деталей;
- 6) металлические поверхности электрических контактов внешних разъёмов прибора и соединительных кабелей не должны иметь нарушений целостности покрытий (окисление, почернение);
- 7) надписи, поясняющие функциональное назначение органов управления не должны иметь повреждений, затрудняющих их чтение и понимание.

При выявлении несоответствий прибора требованиям п.13.7.1 дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.8 Проверка программного обеспечения

13.8.1 Проверить при включении прибора соответствие выводимой информации о встроенном программном обеспечении (ПО) следующим данным:

- версия ПО: 1.1;
- контрольная сумма ПО: AC47.

13.9 Подготовка к поверке и опробование

13.9.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные операции:

- 1) изучить в соответствующем объёме руководство по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57»;

- 2) проверить комплектность прибора в части принадлежностей необходимых для осуществления операций поверки в соответствующем объёме;
- 3) расположить поверяемый прибор на рабочем месте и подготовить его к работе в соответствии с требованиями п.9.2 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57», обеспечив, при этом, удобство и безопасность его эксплуатации;
- 4) подготовить принадлежности, материалы, инструмент необходимые для сборки схем поверки в соответствии с проводимыми операциями;
- 5) подготовить применяемые средства поверки, испытательное и вспомогательное оборудование в соответствии с требованиями, изложенными в их эксплуатационной документации.

13.9.2 После выполнения операций по подготовке прибора к поверке приступить к опробованию в соответствии с пп.13.9.3 – 13.9.5.

13.9.3 Произвести визуальную проверку индикации выводимых на табло индикатора цифровых символов и знаков.

13.9.4 Проверить функционирование клавиатуры и кодового переключателя. Для чего вызвать программу тестирования (в соответствии с указаниями п.9.4 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57»).

13.9.5 Проверить возможность воспроизведения напряжения, силы тока и сопротивления. Для проведения проверки необходимо:

- 1) собрать схему измерения, указанную в таблице 13.3 для соответствующего режима работы;
- 2) установить на выходе поверяемого прибора параметры воспроизводимой величины в соответствии с данными, указанными в таблице 13.3 и выбранной схемой измерения;
- 3) по показаниям внешнего СИ проконтролировать наличие воспроизводимой величины без определения погрешности её воспроизведения (режим работы внешнего СИ выбирается в соответствии с видом воспроизводимой величины);
- 4) в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока на пределе «1000 В» после снятия показаний подключить внешнее СИ на выход высоковольтного делителя, который находится на задней панели усилителя, с целью контроля целостности делителя;
- 5) полученные значения сравнить с данными, приведёнными в таблице 13.3.

13.9.6 Результаты опробования считаются удовлетворительными, если поверяемый прибор соответствует требованиям пп.13.9.3-13.9.5

13.9.7 В случаи выявления несоответствий прибора требованиям пп.13.9.3-13.9.5 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.3, дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.9.8 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.3 – Параметры опробования

Предел воспроизведения	Номинальные значения контролируемого параметра	Схема измерения	Измеренное значение контролируемого параметра*
режим воспроизведения напряжения постоянного тока			
2 В	+2 В; -2 В,	Рисунок 13.4	±2 В
20 В	+20 В		+20 В
200 В	+100 В		+100 В
1000 В	+500 В		+500 В
			+5 В **
режим воспроизведения напряжения переменного тока			
20 В	10 В; 1 кГц	Рисунок 13.4	10 В
200 В	100 В; 1 кГц		100 В
1000 В	500 В; 1 кГц		500 В
режим воспроизведения силы постоянного тока			
2 мА	+2 мА	методом прямых измерений с помощью амперметра	2 мА
20 мА	+20 мА		20 мА
200 мА	+200 мА		200 мА
2000 мА	+1000 мА		1 А
30 А	+10 А		10 А
режим воспроизведения сопротивления постоянному току			
100 Ом	100 Ом	методом прямых измерений с помощью омметра	100 Ом
1 кОм	1 кОм		1 кОм
10 кОм	10 кОм		10 кОм
* - показание контролирующего СИ			
** - с выхода высоковольтного делителя 1:100			

13.10 Определение характеристик, обеспечивающих безопасную эксплуатацию прибора

13.10.1 Проверка электрической прочности изоляции

13.10.1.1 Проверка электрической прочности изоляции поверяемого прибора осуществляется в соответствии с п.13.10.1.2. Допускается совмещать проверку электрической прочности изоляции с измерением сопротивления изоляции при использовании мегомметра с номинальным значение выходного напряжения 2500 В.

13.10.1.2 Проверку электрической прочности изоляции проводят с помощью пробойной установки. Испытательное напряжение подают между цепями, указанными в таблице 13.4. Все контакты одноимённой цепи замыкаются между собой. Состояние сетевого выключателя во время испытаний должно быть «Включено».

13.10.1.3 Результаты проверки считают удовлетворительными, если во время испытаний не возникали разряды и повторяющийся поверхностный пробой, сопровождающийся резким возрастанием тока в испытательной цепи. Появление "коронного" разряда или подобных эффектов не является признаком дефектности изоляции.

13.10.1.4 В случае выявления несоответствий прибора требованиям п.13.10.1 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.4, дальнейшая проверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.10.1.5 Результаты проверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

13.10.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

13.10.2.1 Электрическое сопротивление изоляции в нормальных условиях применения проверяют между цепями, указанными в таблице 13.4, при отключенном от сети кабеле питания с помощью мегомметра с рабочим напряжением не менее 1000 В. Все контакты одноименной цепи замыкаются между собой. Состояние сетевого выключателя во время испытаний должно быть «Включено».

13.10.2.2 В случае выявления несоответствий прибора требованиям п.13.10.2 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.4, дальнейшая проверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.10.2.3 Результаты проверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

13.10.3 Проверка электрического сопротивления защитного заземления

13.10.3.1 Проверку электрического сопротивления защитного заземления проводят в соответствии с п.6.5.2.4 ГОСТ ИЕС 61010.

13.10.3.2 Результаты проверки считают удовлетворительными, если в нормальных условиях эксплуатации значение сопротивления защитного заземления не превышает 0,1 Ом.

13.10.3.3 В случае выявления несоответствий прибора требованиям п.13.10.3 дальнейшая проверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.10.3.4 Результаты проверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.4 – Параметры испытаний электрической прочности

Подключение		Испытательное напряжение	Сопротивление изоляции, не менее
Первая цепь	Вторая цепь		
Калибратор Н4-57			
Корпус прибора (контакт защитного заземления)	Контакты сетевого разъема питания, соединенные между собой	~1,5 кВ, 50 Гц	-
Контакты выходных клемм «U» (Н _i и L _o), «I» (Н _i и L _o), соединенные между собой	Контакты сетевого разъема питания и контакт защитного заземления, соединенные между собой	~1,5 кВ, 50 Гц	-
Контакты выходных клемм «U» (Н _i и L _o), «I» (Н _i и L _o), соединенные между собой	Все контакты интерфейсных разъемов, соединенные между собой	1,5 кВ	

Продолжение таблицы 13.4

Подключение		Испытательное напряжение	Сопротивление изоляции, не менее
Первая цепь	Вторая цепь		
Калибратор Н4-57			
Все контакты выходных клемм и интерфейсных разъёмов, соединённые между собой	Контакты сетевого разъёма питания (кроме контакта защитного заземления), соединённые между собой	1000 В	1000 МОм
Усилитель Н4-57			
Корпус прибора (контакт защитного заземления)	Контакты сетевого разъёма питания соединённые между собой	~1,5 кВ, 50 Гц	-
Контакты выходных клемм «I» (Н _i и L _o), соединённые между собой	Корпус прибора (контакт защитного заземления)	1,5 кВ	-
Контакты выходных клемм «I» (Н _i и L _o), соединённые между собой	Контакты сетевого разъёма питания (кроме контакта защитного заземления), соединённые между собой	1000 В	1000 МОм

13.11 Определение метрологических характеристик

13.11.1 Определение коэффициента нелинейных искажений в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока

13.11.1.1 Определение коэффициента нелинейных искажений в режиме воспроизведения напряжения переменного тока и в режиме воспроизведения силы переменного тока производится методом прямых измерений с помощью аналогового измерителя нелинейных искажений в соответствии с указаниями таблицы 13.5. Допускается проводить измерения сразу же после включения прибора, не ожидая времени установления рабочего режима.

Выполнение операций необходимо проводить в следующей последовательности:

а) собрать схему измерений:

- в соответствии с рисунком 13.1 для режима воспроизведения напряжения переменного тока, при этом установить на поверяемом приборе двухпроводный режим подключения нагрузки; при проведении измерений на пределе воспроизведения «200 В» к выходу поверяемого прибора необходимо подключить внешний делитель напряжения с коэффициентом деления 1:10, а на пределе воспроизведения «1000 В» вход измерителя нелинейных искажений следует подключить к выходу высоковольтного делителя «1:100», находящегося на задней панели усилителя;

- в соответствии с рисунком 13.2 для режима воспроизведения силы переменного тока, в качестве токовых шунтов могут быть использованы меры сопротивления постоянного или переменного тока;

б) установить на выходе поверяемого прибора значение выходного параметра, указанного в таблице 13.5;

в) считать и зафиксировать установившиеся показания измерителя коэффициента нелинейных искажений;

г) повторить операции по перечислениям б) – в) для всех номинальных значений контролируемой величины указанных в таблице 13.5.

13.11.1.2 Результат поверки считается положительным, если измеренные значения коэффициента нелинейных искажений в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока не превышают максимально допустимых значений, приведенных в таблице 13.5.

13.11.1.3 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.1 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.5, дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.1.4 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.5 – Параметры проверки коэффициента нелинейных искажений

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемых параметров (уровень, частота)	Сопротивление нагрузки	Максимально допустимое значение коэффициента нелинейных искажений, %, не более
1	2	3	4
напряжение переменного тока			
2 В	2,0 В; 10 Гц	100 Ом	0,02
	2,0 В; 10 кГц		0,02
	2,0 В; 40 кГц		0,04
	2,0 В; 100 кГц		0,08
20 В	15 В; 10 Гц	1000 Ом	0,02
	15 В; 10 кГц		0,02
	15 В; 40 кГц		0,04
	15 В; 100 кГц		0,08
200 В	150 В; 10 Гц	10 кОм	0,02
	150 В; 10 кГц		0,02
	150 В; 40 кГц		0,05
	150 В; 100 кГц		0,10
1000 В	700 В; 500 Гц	100 кОм	0,03
	700 В; 15 кГц		0,10
	700 В; 30 кГц		0,30
	500 В; 50 кГц		0,50
сила переменного тока			
2 мА	2,0 мА; 190 Гц	1000 Ом	0,030
	2,0 мА; 12 кГц		0,120
20 мА	20,0 мА; 190 Гц	100 Ом	0,015
	20,0 мА; 12 кГц		0,060
200 мА	200,0 мА; 190 Гц	10 Ом	0,020
	200,0 мА; 12 кГц		0,080

Продолжение таблицы 13.5

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемых параметров (уровень, частота)	Сопротивление нагрузки	Максимально допустимое значение коэффициента нелинейных искажений, %, не более
1	2	3	4
сила переменного тока			
2000 мА	2000 мА; 190 Гц	1 Ом	0,030
	2000 мА; 12 кГц		0,120
30 А	20 А; 190 Гц	0,01 Ом	0,030
	20 А; 12 кГц		0,120

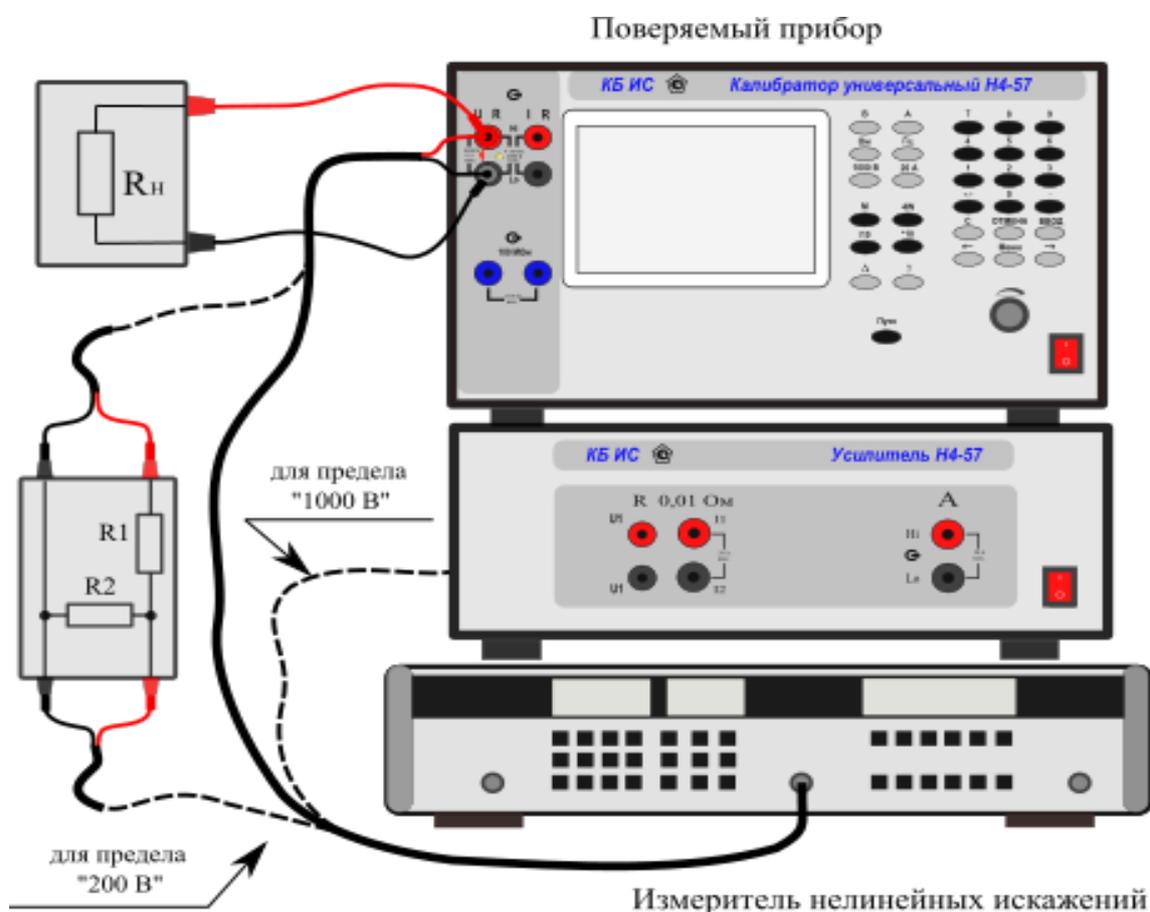


Рисунок 13.1 – Схема измерения коэффициента нелинейных искажений в режиме воспроизведения напряжения переменного тока

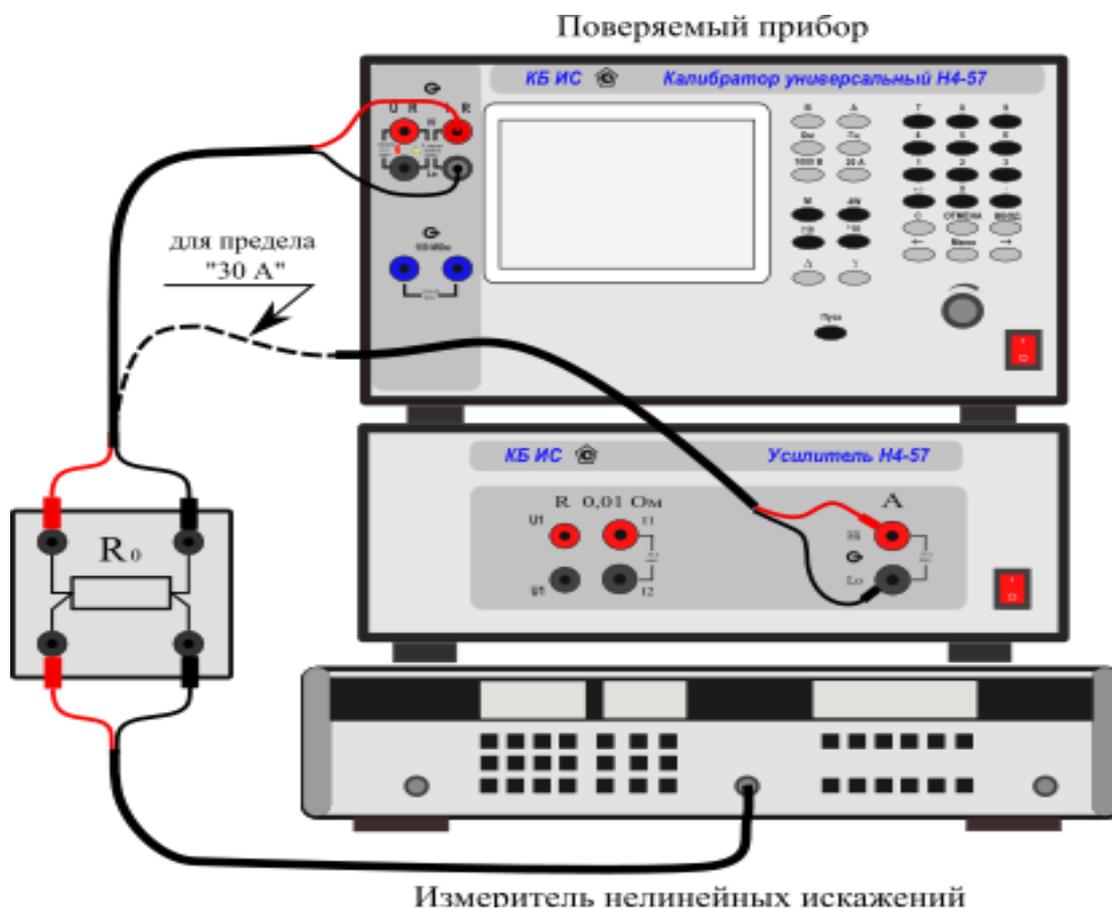


Рисунок 13.2 – Схема измерения коэффициента нелинейных искажений в режиме воспроизведения силы переменного тока

13.11.2 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока

13.11.2.1 Определение основной абсолютной погрешности проводится методом прямого измерения выходного напряжения калибратора (на клеммах «U») эталонным вольтметром постоянного тока. Методика определения погрешности воспроизведения нулевого значения напряжения, приведена в п.13.11.2.2, а методика определения основной абсолютной погрешности воспроизведения в п.13.11.2.3.

13.11.2.2 Определение основной абсолютной погрешности при воспроизведении нулевого значения напряжения производится методом прямых измерений. В качестве эталонного вольтметра используется низковольтный блок из состава комплекта калибратора универсального Н4-12 в автономном режиме. В процессе работы следует соблюдать следующие правила проведения измерений низких уровней напряжения:

- при проведении измерений необходимо применять штатные соединительные провода из комплекта поставки прибора, или использовать соединители, изготовленные из провода одного типа, одного сечения и с наконечниками имеющие покрытие из золота или серебра;

- перед фиксацией показаний следует выдержать временную паузу в течение 20-30 секунд, необходимую для выравнивания температуры металлических контактов после завершения коммутации измерительной цепи;

- использовать режим относительных измерений для компенсации начального смещения эталонного низковольтного измерителя, предварительно замкнув контакты

входных соединительных проводов перемычкой с теплоотводом, обеспечивающей низкое значение термо-Э.д.с.

Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения нулевого значения необходимо проводить в следующей последовательности:

- а) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 13.3;
- б) замкнуть контакты входного кабеля эталонного низковольтного измерителя, дождаться выравнивания температуры контактов и, включив режим относительных измерений, установить нулевые показания измерителя;
- в) установить на выходе калибратора нулевой уровень в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока, при этом должен установиться младший предел воспроизведения напряжения «200 мВ»;
- г) подключить вход эталонного низковольтного измерителя к выходным клеммам калибратора и через 20 – 30 с (после выравнивания температуры контактов) считать и зафиксировать показание измерителя, которое будет соответствовать величине основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения равного нулю.

13.11.2.3 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока производится методом прямых измерений в соответствии с данными, приведенными в таблице 13.6. В качестве средства поверки применяется семиразрядный вольтметр из состава калибратора универсального Н4-12. Перед проведением поверки необходимо провести калибровку (юстировку) внутреннего источника опорного напряжения вольтметра. Для этой цели следует использовать внешнюю меру напряжения постоянного тока, обеспечивающую временную стабильность на уровне рабочего эталона первого разряда. Определение основной абсолютной погрешности необходимо проводить в следующей последовательности:

- а) собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.4, подключив вход эталонного вольтметра к выходным клеммам поверяемого калибратора;
- б) установить на выходе калибратора величину напряжения постоянного тока, указанную в таблице 13.6;
- в) после установления показаний вольтметра зафиксировать измеренное значение воспроизводимого напряжения;
- г) определить основную абсолютную погрешность воспроизведения напряжения как разность между показанием эталонного вольтметра и значением установленной величины напряжения постоянного тока;
- д) повторить операции по определению основной абсолютной погрешности в соответствии с требованиями перечислений б) - г) для всех остальных числовых значений, указанных в таблице 13.6.

13.11.2.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная абсолютная погрешность воспроизведения нулевого значения напряжения на пределе «200 мВ» и основная абсолютная погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в таблице 13.6.

13.11.2.5 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.2 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.6, с целью приведения метрологических характеристик в соответствие с установленными требованиями, в приборе имеется возможность в соответствии с п.10.3 руководства по эксплуатации «Ка-

либратор универсальный Н4-57» провести определение, запись и сохранение цифровых поправочных коэффициентов.

13.11.2.6 В случае повторного выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.2 после корректировки поправочных коэффициентов дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.2.7 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.6 – Параметры поверки при воспроизведении напряжения постоянного тока

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемого напряжения, В	Максимально допустимые значения основной абсолютной погрешности, $\pm \Delta$, мВ
1	2	3
200 мВ	000,0000	0,0010
	+200,0000 мВ	0,0050
	-200,0000 мВ	0,0050
2 В	+0,300000	0,0085
	-0,300000	0,0085
	+0,500000	0,0115
	+1,000000	0,0190
	-1,000000	0,0190
	+1,500000	0,0265
	+2,000000	0,0340
	-2,000000	0,0340
20 В	+3,00000	0,0850
	-3,00000	0,0850
	+10,00000	0,1900
	+20,00000	0,3400
	-20,00000	0,3400
200 В	+30,0000	1,1000
	-30,0000	1,1000
	+100,0000	2,5000
	+200,0000	4,5000
	-200,0000	4,5000
1000 В	+300,00	12,0000
	-300,00	12,0000
	+500,00	18,0000
	+1000,00	33,0000
	-1000,00	33,0000

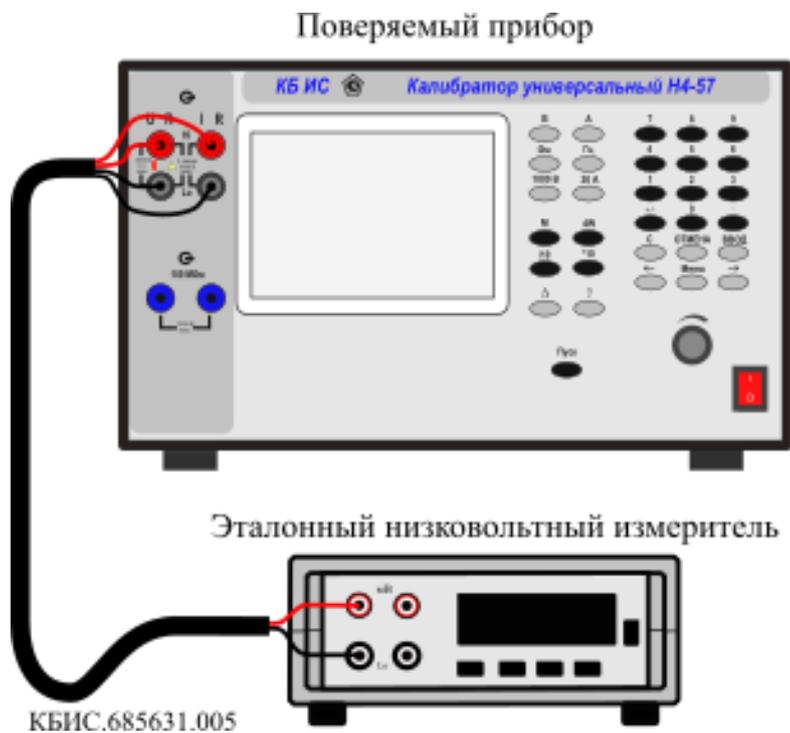


Рисунок 13.3 – Схема измерения для определения погрешности воспроизведения нулевого значения напряжения постоянного тока

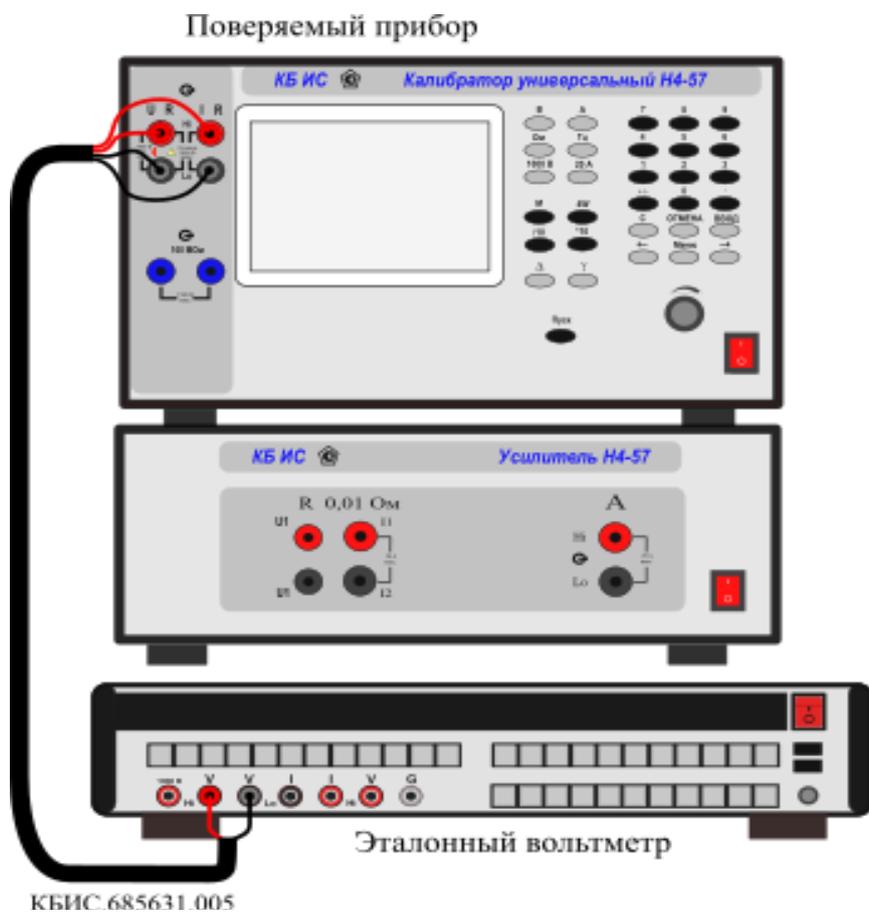


Рисунок 13.4 – Схема измерения для определения погрешности воспроизведения напряжения постоянного и переменного тока

13.11.3 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока

13.11.3.1 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока проводят:

- методом прямых измерений выходного напряжения калибратора эталонным вольтметром переменного тока в соответствии с методикой, изложенной в п.13.11.3.2;

- методом сличения контролируемого напряжения переменного тока с эквивалентным эталонным напряжением постоянного тока с применением вольтметра постоянного тока с высокой разрешающей способностью и преобразователя переменного напряжения прецизионного в соответствии с методикой, изложенной в п.13.11.3.3.

Определение погрешности воспроизведения нижнего значения напряжения на пределе воспроизведения «20 мВ» проводят в соответствии с методикой, описанной в п.13.11.3.4.

13.11.3.2 Метод прямого измерения для определения погрешности воспроизведения значений напряжений, приведённых в таблице 13.7, применяется для тех значений напряжений, для которых соотношение основной относительной погрешности эталонного вольтметра и основной относительной погрешности напряжения воспроизводимого прибором не превышает 1/2. Также этот метод применяется, когда методом поверки предусмотрено проведение относительных измерений или в целях определения работоспособности поверяемого прибора. При этом требование к эталонному средству измерения устанавливается в методике поверки, в которой указана ссылка на данную методику. Определение основной абсолютной погрешности методом прямых измерений необходимо проводить в следующей последовательности:

а) собрать схему измерений в соответствии с рисунком 13.4, подключив эталонный вольтметр переменного тока к выходным клеммам «U» калибратора;

б) установить на поверяемом приборе значение напряжения и частоты выбранное из таблицы 13.7;

в) включить выход калибратора и после установления показаний вольтметра зафиксировать измеренное значение воспроизводимого напряжения;

г) определить основную абсолютную погрешность как разность между показанием эталонного вольтметра и значением напряжения переменного тока, установленным на поверяемом приборе;

д) повторить операции определения основной абсолютной погрешности методом прямых измерений для всех остальных числовых значений, указанных в таблице 13.7, удовлетворяющих требованиям п.13.11.3.2.

13.11.3.3 Для определения основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока методом сличения с эквивалентным эталонным напряжением постоянного тока в качестве преобразователя применяется «Преобразователь переменного напряжения прецизионный 792А» фирмы FLUKE (далее по тексту преобразователь), имеющий статус вторичного эталона. Выходное напряжение преобразователя измеряется внешним вольтметром постоянного тока с высокой разрешающей способностью (не хуже 0,0001 %). Допустимая погрешность источника эталонного напряжения постоянного тока должна быть как минимум в три раза меньше чем нормируемая погрешность поверяемого калибратора переменного напряжения. Основная относительная погрешность воспроизведения напряжения переменного то-

ка в контролируемой точке определяется как отношение разности выходных напряжений преобразователя, получаемых в результате последовательного преобразования эталонного напряжения постоянного тока и контролируемого напряжения переменного тока, к величине выходного напряжения при преобразовании эталонного напряжения постоянного тока. После определения основной относительной погрешности производится вычисление абсолютной погрешности. Номинальные значения контролируемого напряжения переменного тока приведены в таблице 13.7.

Примечание - При работе преобразователя рекомендуется исключить связь его аккумуляторного блока с сетью питания (отключить сетевой кабель питания).

Определение основной относительной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока методом сличения необходимо проводить в следующей последовательности:

- а) собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.5;
- б) выбрать один из пределов преобразователя соответствующий контролируемому значению напряжения переменного тока, указанному в таблице 13.7, и обеспечивающий наилучшую погрешность преобразования;
- в) перевести переключатель коммутатора в положение соединяющее вход преобразователя с источником эталонного напряжения постоянного тока;
- г) установить на выходе источника значение напряжения постоянного тока положительной полярности эквивалентное величине контролируемого напряжения переменного тока $U_0, В$, в соответствии с таблицей 13.7;
- д) после установления показаний вольтметра считать и зафиксировать измеренное значение напряжения или установить режим относительного измерения приращения (отклонения) измеряемой величины относительно последнего измеренного значения в процентном отношении, при наличии этого режима в вольтметре;
- е) для оценки величины дополнительной погрешности преобразователя, вызванной асимметрией преобразования входного сигнала одного уровня разной полярности, следует изменить полярность эталонного источника напряжения постоянного тока на входе преобразователя с положительной на отрицательную и зафиксировать установившееся показание вольтметра; при ранее включенном режиме относительного измерения текущее показание вольтметра будет соответствовать величине дополнительной относительной погрешности, в случае отсутствия у вольтметра режима относительного измерения искомую погрешность $\delta_A, В$, необходимо вычислить по формуле (13.1);
- ж) если выполняется неравенство (13.2), то последующие операции определения основной относительной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока методом сличения необходимо проводить с эталонным напряжением постоянного тока положительной полярности; для этого следует установить положительную полярность напряжения постоянного тока на выходе эталонного источника, отключить режим относительного измерения, если он был включен ранее, и повторно зафиксировать показание вольтметра $U_0, В$, или включить режим относительного измерения в процентном отношении при наличии этой функции в вольтметре;
- з) перевести переключатель коммутатора в положение соединяющее вход преобразователя с выходом поверяемого прибора;
- и) установить на выходе поверяемого прибора значение уровня и частоты напряжения переменного тока соответствующее контролируемому в соответствии с таблицей 13.7;

к) считать и зафиксировать установившиеся показание вольтметра U_x, B ; при ранее включенном режиме относительного измерения текущее показание вольтметра с учётом поправочных коэффициентов преобразователя будет соответствовать величине относительной погрешности воспроизведения контролируемого напряжения; в случае отсутствия у вольтметра режима относительного измерения, погрешность δ , в процентах, вычислить по формуле (13.3); далее, полученный результат скорректировать с учётом поправочных коэффициентов преобразователя;

л) вычислить абсолютную погрешность воспроизведения контролируемого напряжения по формуле (13.4);

м) определить основную абсолютную погрешность воспроизведения напряжения переменного тока в контрольных точках с тем же уровнем напряжения, меняя только значение частоты в соответствии с таблицей 13.7;

н) перейти к определению погрешности в следующей контрольной точке с другим уровнем напряжения в соответствии с таблицей 13.7, повторив операции по перечислениям б) – м).

$$\delta_A = \frac{U^n - U^p}{U^p} \cdot 100, \quad (13.1)$$

где U^P - выходное напряжение преобразователя при положительном входном напряжении, В;

U^n - выходное напряжение преобразователя при отрицательном входном напряжении, В.

$$\delta_A \leq 0,25 \cdot \delta_o, \quad (13.2)$$

где δ_A - дополнительная погрешность от асимметрии преобразования, в процентах;

δ_o - основная допустимая относительная погрешность воспроизведения контролируемого напряжения переменного тока, в процентах.

$$\delta = \frac{U_x - U_o}{U_o} \cdot 100, \quad (13.3)$$

где U_x - показание эталонного вольтметра, при преобразовании контролируемого напряжения переменного тока, В;

U_o - показание эталонного вольтметра, при преобразовании эталонного напряжения постоянного тока, В.

$$\Delta = \frac{\delta}{100} \cdot U_o, \quad (13.4)$$

где δ - относительная погрешность воспроизведения контролируемого напряжения, в процентах;

U_o - контролируемое напряжение переменного тока, В.

В случае невыполнения неравенства (13.2) при определении основной относительной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока методом сличения сравнение преобразованного напряжения переменного тока необходимо осуществлять с напряжением постоянного тока, значение которого вычисляется по формуле (13.5).

$$U_k = K \cdot U_o, \quad (13.5)$$

где U_o - напряжение постоянного тока эквивалентное контролируемому напряжению переменного тока, В;

K - корректирующий коэффициент.

Корректирующий коэффициент определяется следующим образом:

а) определить дополнительную относительную погрешность выходного напряжения преобразователя δ_A , в процентах, вызванную асимметрией преобразования входного сигнала одного уровня разной полярности, выполнив операции п.13.11.3.3 по перечислениям в) — е);

б) вычислить корректирующий коэффициент K по формуле (13.6).

$$K = 1 \pm \frac{\delta_A}{200}, \quad (13.6)$$

где δ_A - дополнительная погрешность вызванная асимметрией преобразования, в процентах.

Далее следует провести оценку погрешности полученного корректирующего коэффициента, для чего:

а) установить на выходе эталонного источника уровень напряжения постоянного тока U_K , В, положительной полярности значение которого определить по формуле (13.5) или при наличии в источнике эталонного напряжения функции математической обработки с возможностью реализации операции масштабирования «X×C» установить на выходе эталонного источника уровень напряжения постоянного тока положительной полярности U_0 , В, эквивалентное контролируемому напряжению переменного тока, ввести значение константы C равное значению корректирующего коэффициента K , вычисленного по формуле (13.6), и включить функцию масштабирования;

б) считать и зафиксировать установившееся показание вольтметра или установить режим относительного измерения в процентом отношении, при наличии этой функции в вольтметре;

в) установить на выходе эталонного источника уровень напряжения постоянного тока положительной полярности, эквивалентный контролируемому напряжению переменного тока U_0 , В, или выключить на эталонном источнике функцию масштабирования, если она была включена ранее;

г) считать и зафиксировать установившееся показание вольтметра; при ранее включенном режиме относительного измерения текущее показание вольтметра будет соответствовать величине дополнительной погрешности вызванной асимметрией преобразования для положительной полярности входного напряжения, в случае отсутствия у вольтметра режима относительного измерения погрешность δ_{AP} , в процентах, вычислить по формуле (13.7);

д) сменить полярность напряжения постоянного тока на выходе эталонного источника с положительной на отрицательную;

е) считать и зафиксировать установившееся показание вольтметра; при ранее включенном режиме относительного измерения текущее показание вольтметра будет соответствовать величине дополнительной погрешности вызванной асимметрией преобразования для отрицательной полярности входного напряжения, в случае отсутствия у вольтметра режима относительного измерения погрешность δ_{AN} , в процентах, вычислить по формуле (13.8);

ж) значения дополнительных погрешностей δ_{AP} и δ_{AN} , определённых по формулам (13.7) и (13.8), должны отличаться между собой не более чем на 0,0004 %;

з) в случае если разность между значениями δ_{AP} и δ_{AN} превышает 0,0004 %, то следует повторно выполнить операции по определению корректирующего коэффициента.

Примечание - Наибольшие значения дополнительной погрешности преобразователя вызванной асимметрией преобразования входного напряжения постоянного тока характерны для пределов «22 мВ», «220 мВ» и «700 мВ»

$$\delta_{AP} = \frac{U^P - U^K}{U^K} \cdot 100, \quad (13.7)$$

где U^K - показание вольтметра при преобразовании напряжения постоянного тока положительной полярности с учётом корректирующего коэффициента, В;
 U^P - показание вольтметра при преобразовании напряжения постоянного тока положительной полярности без учёта корректирующего коэффициента, В.

$$\delta_{AN} = \frac{U^n - U^K}{U^n} \cdot 100, \quad (13.8)$$

где U^K - показание вольтметра при преобразовании напряжения постоянного тока положительной полярности с учётом корректирующего коэффициента, В;
 U^n - показание вольтметра при преобразовании напряжения постоянного тока отрицательной полярности без учёта корректирующего коэффициента, В.

13.11.3.4 Определение погрешности воспроизведения нижнего значения напряжения на пределе «20 мВ» производится методом прямых измерений воспроизводимого напряжения усиленного в 100 раз с погрешностью усиления не превышающей ± 5 % и нелинейностью преобразования не хуже 0,001 %.

Определение погрешности следует выполнять в следующей последовательности:

а) собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.6 (в качестве усилителя можно использовать блок низковольтный Н4-12БН из комплекта поставки калибратора-вольтметра универсального Н4-12);

б) установить на поверяемом калибраторе значение напряжения равное 15 мВ частотой 1 кГц, погрешность которого была определена ранее.

в) включить выход калибратора и после установления показаний вольтметра зафиксировать измеренное значение U_0 , мВ; если вольтметр имеет встроенную функцию математической обработки измеренной величины « $X \times C$ », то установить константу C при которой показание вольтметра станет равным $1500,0 \pm 0,5$ мВ; константу C вычислить по формуле (13.9);

$$C = \frac{1500}{U_0}, \quad (13.9)$$

где U_0 - показание вольтметра, мВ.

в) установить на поверяемом калибраторе в соответствии с данными таблицы 13.7 значение напряжения равное 100 мкВ частотой 1 кГц;

г) после установления показаний вольтметра считать и зафиксировать измеренное значение напряжения U_x , мВ;

д) при включенной в вольтметре функции математической обработки и введенной ранее константы C определить абсолютную погрешность воспроизведения ΔU , мВ, как разность между показанием вольтметра U_x , мВ, поделённого на 100 и номи-

нальным значением воспроизводимой величины 0,1 мВ; в случае отсутствия в вольтметре функции математической обработки показание вольтметра U_x , мВ, следует умножить на константу C , вычисленную ранее по формуле (13.9), и далее определить абсолютную погрешность ΔU , мВ, как разность между полученным значением ($U_x \times C$), мВ, поделённого на 100, и номинальным значением воспроизводимой величины 0,1 мВ;

13.11.3.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная абсолютная погрешность прибора в режиме воспроизведения напряжения переменного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в таблице 13.7.

13.11.3.6 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.3 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.7 с целью приведение метрологических характеристик в соответствие с установленными требованиями, в приборе имеется возможность в соответствии с п.10.3 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57» провести определение, запись и сохранение цифровых поправочных коэффициентов.

13.11.3.7 В случае повторного выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.3 после корректировки поправочных коэффициентов дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.3.8 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

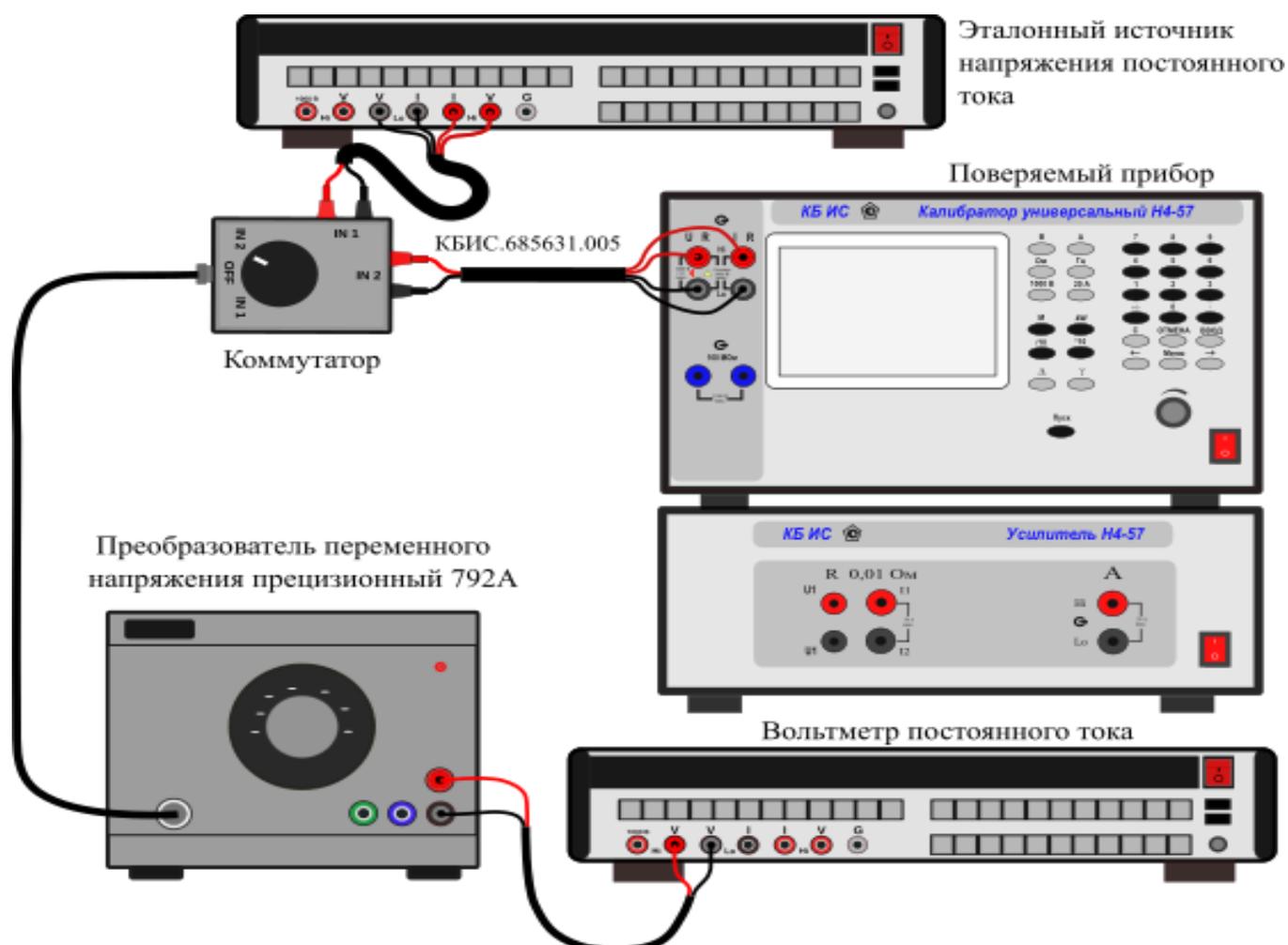


Рисунок 13.5 – Схема измерения для определения погрешности воспроизведения напряжения переменного тока

Таблица 13.7 – Параметры поверки при воспроизведении напряжения переменного тока

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемого напряжения, В	Предельные значения допустимой основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения, $\pm \Delta$, мВ				
		частота воспроизводимого напряжения, кГц				
		0,01	0,02	1	10	20
1	2	3	4	5	6	7
20 мВ	0,10000 мВ	-	-	0,004	-	-
	20,00000 мВ	-	0,010	0,010	0,010	0,010
200 мВ	200,0000 мВ	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
2 В	0,316000	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	0,600000	-	-	0,032	-	-
	1,000000	-	-	0,048	-	-
	2,000000	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088
20 В	6,00000	0,320	0,320	0,320	0,320	0,320
	10,00000	-	-	0,480	-	-
	20,00000	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880
200 В	60,0000	-	-	4,000	-	-
	100,0000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	200,0000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
1000 В	200,000	24,000	24,000	24,000	24,000	60,000
	600,000	56,000	56,000	56,000	56,000	140,000
20 мВ	20,00000 мВ	частота воспроизводимого напряжения, кГц				
		50	100	300	500	1000
		0,018	0,030	0,080	0,110	0,180
200 мВ	200,0000 мВ	0,044	0,088	-	-	0,550
2 В	0,316000	0,041	0,051	-	-	1,032
	2,000000	0,176	0,220	-	-	4,400
20 В	6,00000	0,640	0,800	-	-	16,000
	20,00000	1,760	2,200	-	-	44,000
200 В	100,0000	18,000	30,000	-	-	-
	200,0000	33,000	55,000	-	-	-
1000 В	200,000	300,000	-	-	-	-

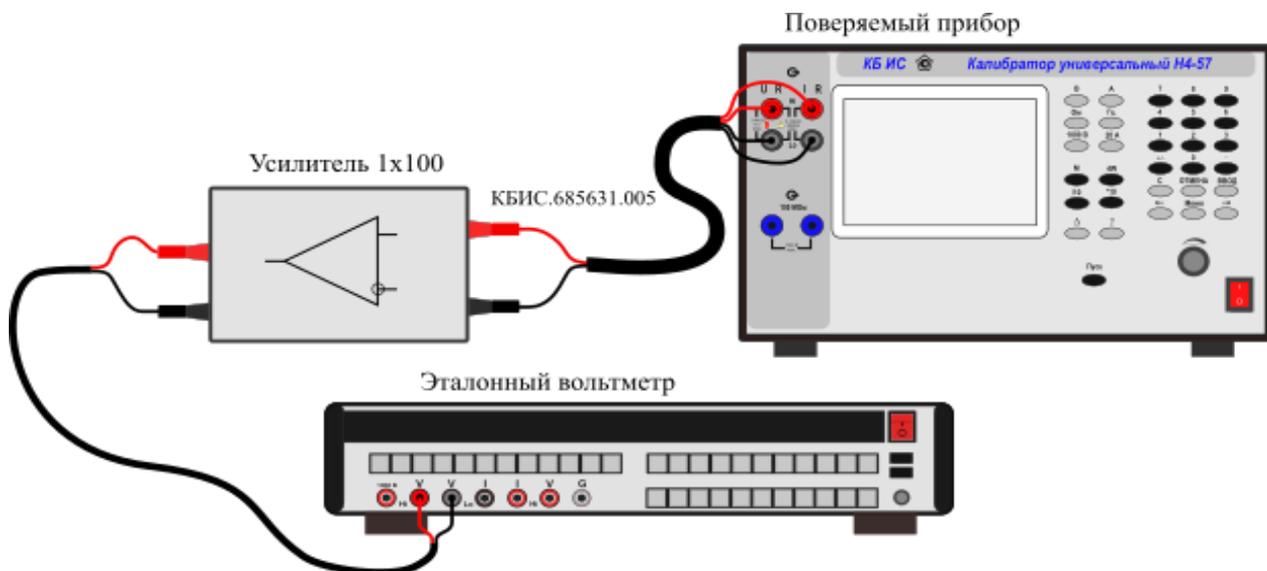


Рисунок 13.6 – Схема измерения для определения погрешности воспроизведения нижнего значения предела воспроизведения «20 мВ»

13.11.4 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока

13.11.4.1 Определение основной абсолютной погрешности проводят методом косвенных измерений, в соответствии с которым, осуществляется измерение напряжения постоянного тока на эталонной мере электрического сопротивления при протекании через неё контролируемого тока, а затем, измеренное значение воспроизводимой силы постоянного тока вычисляется в соответствии с законом Ома. Параметры поверки и допускаемые значения основной абсолютной погрешности указаны в таблице 13.8. Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока необходимо выполнять в следующей последовательности:

а) собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.7, подключив при этом однозначную эталонную меру электрического сопротивления постоянному току (катушку сопротивления) токовыми зажимами к выходным клеммам «I» калибратора или к выходным клеммам «А» усилителя, а потенциальными зажимами к вольтметру постоянного тока;

б) номинальное значение сопротивления эталонной меры выбрать в соответствии с указаниями таблицы 13.8;

в) установить на выходе прибора значение силы постоянного тока, указанное в таблице 13.8;

г) после установления показаний вольтметра считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на эталонной мере сопротивления U , мВ, пропорциональное силе воспроизводимого тока;

д) определить действительное значение силы тока I , мА, воспроизводимое прибором, вычислив его по формуле (13.10);

е) определить основную абсолютную погрешность воспроизведения силы постоянного тока как разность между значением, вычисленным по формуле (13.10) и номинальным значением, установленным на приборе;

ж) повторить операции по определению основной абсолютной погрешности для всех номинальных значений силы постоянного тока, указанных в таблице 13.8.

$$I = \frac{U}{R_0}, \quad (13.10)$$

где R_0 – действительное значение сопротивления эталонной меры, Ом;
 U – показание вольтметра, В.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная абсолютная погрешность в режиме воспроизведения силы постоянного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в таблице 13.8.

13.11.4.2 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.4 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.8, с целью приведения метрологических характеристик в соответствие с установленными требованиями в приборе имеется возможность в соответствии с п.10.3 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57» провести определение, запись и сохранение цифровых поправочных коэффициентов.

13.11.4.3 В случае повторного выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.4 после корректировки поправочных коэффициентов дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.4.4 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

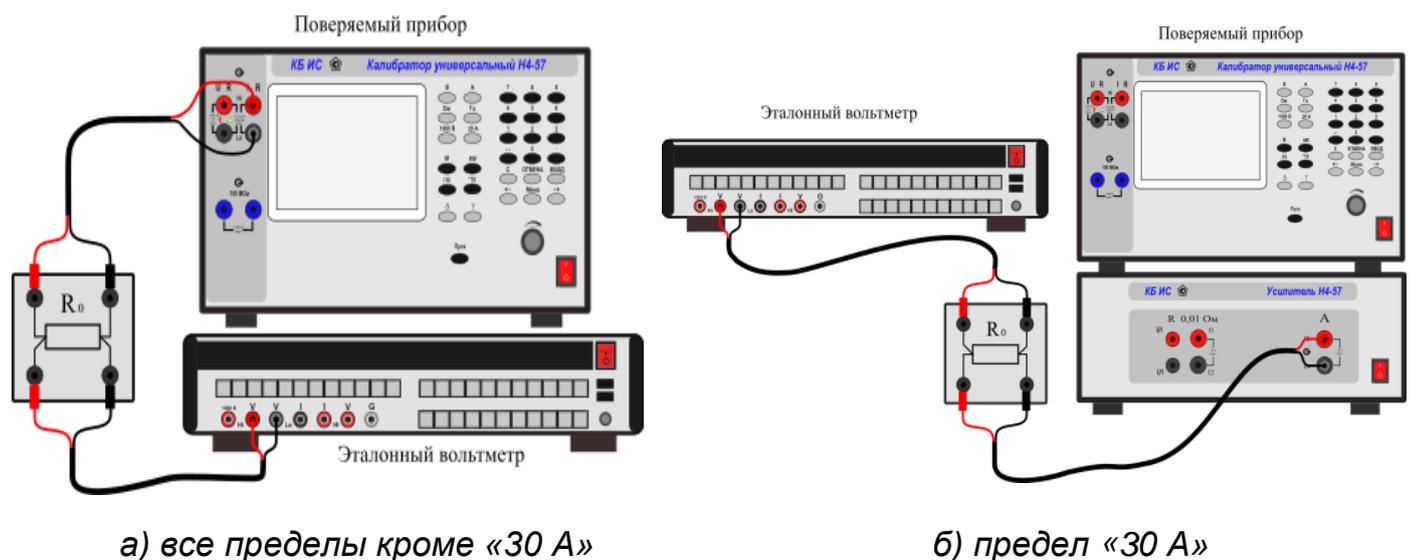


Рисунок 13.7 – Схема измерения для определения погрешности воспроизведения силы постоянного и переменного тока

Таблица 13.8 – Параметры поверки при воспроизведении силы постоянного тока

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемой силы тока, мА	Номинальное значение меры электрического сопротивления	Предельные значения допустимой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы тока, $\pm \Delta$, мкА
1	2	3	4
2 мА	+0,100000	1000 Ом	0,012
	+1,000000		0,048
	+1,900000		0,084
	-1,900000		0,084
20 мА	+5,000000	100 Ом	0,280
	+10,000000		0,480
	+19,000000		0,840
	-19,000000		0,840
200 мА	+50,000000	10 Ом	2,800
	+100,000000		4,800
	+190,000000		8,400
	-190,000000		8,400
2000 мА	+500,000000	1 Ом	35,000
	+1000,000000		60,000
	+1900,000000		105,000
	-1900,000000		105,000
30 А	+3,000 А	0,01 Ом	0,900 мА
	+15,000 А	0,001 Ом	2,700 мА
	+30,000 А		4,950 мА
	-30,000 А		4,950 мА

13.11.5 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока

13.11.5.1 Определение основной абсолютной погрешности проводят методом косвенных измерений, в соответствии с которым, осуществляется измерение напряжения переменного тока на эталонной мере электрического сопротивления с известной частотной характеристикой при протекании через неё контролируемого переменного тока, а затем, измеренное значение воспроизводимой силы переменного тока вычисляется в соответствии с законом Ома. Параметры поверки и допускаемые значения основной абсолютной погрешности указаны в таблице 13.9. Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока необходимо выполнять в следующей последовательности:

а) собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.7, подключив при этом эталонную меру электрического сопротивления переменному току токовыми зажимами к выходным клеммам «I» калибратора или «А» усилителя, а потенциальными зажимами к эталонному вольтметру переменного тока;

б) номинальное значение сопротивления эталонной меры, соответствующее номинальному значению воспроизводимой величины необходимо выбрать в соответствии с указаниями таблицы 13.9;

в) установить на выходе прибора значение уровня и частоты силы переменного тока, указанное в таблице 13.9;

г) после установления показаний вольтметра считать и зафиксировать измеренное напряжение на эталонной мере сопротивления U , мВ;

д) определить действительное значение величины силы тока, воспроизводимое прибором, вычислив его по формуле (13.10), при этом необходимо учитывать зависимость действительного значения меры сопротивления от частоты, применяя при расчётах частотные поправки;

е) определить основную абсолютную погрешность воспроизведения как разность между действительным значением силы тока, вычисленным по формуле (13.10), и значением силы тока, установленным на приборе;

ж) повторить операции по определению основной абсолютной погрешности для всех остальных номинальных значений силы переменного тока, указанных в таблице 13.9.

13.11.5.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная абсолютная погрешность воспроизведения силы переменного электрического тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в таблице 13.9.

13.11.5.3 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.5 с учетом параметров, приведенных в таблице 13.9, с целью приведения метрологических характеристик в соответствие с установленными требованиями в приборе имеется возможность в соответствии с п.10.3 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57» провести определение, запись и сохранение цифровых поправочных коэффициентов.

13.11.5.4 В случае повторного выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.5 после корректировки поправочных коэффициентов дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.5.5 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.9 – Параметры поверки при воспроизведении силы переменного тока

Предел воспроизведения	Номинальные параметры контролируемой величины (сила тока, частота)	Номинальное значение меры электрического сопротивления	Предельные значения допустимой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы тока, $\pm \Delta$, мкА
1	2	3	4
2 мА	0,500000 мА; 200 Гц	100 Ом	0,105
	1,000000 мА; 200 Гц		0,180
	1,500000 мА; 200 Гц		0,255
	2,000000 мА; 1 кГц		0,330
	2,000000 мА; 5 кГц		1,100
	2,000000 мА; 10 кГц		1,100
20 мА	5,00000 мА; 200 Гц	100 Ом	1,05
	10,00000 мА; 200 Гц		1,80
	15,00000 мА; 200 Гц		2,55
	20,00000 мА; 1 кГц		3,30
	20,00000 мА; 5 кГц		11,00
	20,00000 мА; 10 кГц		11,00
200 мА	50,000 мА; 200 Гц	10 Ом	10,5
	100,0000 мА; 200 Гц		18,0
	150,0000 мА; 200 Гц		25,5
	200,0000 мА; 1 кГц		33,0
	200,0000 мА; 5 кГц		110,0
	200,0000 мА; 10 кГц		110,0
2000 мА	500,000 мА; 200 Гц	1 Ом	105,0
	1000,000 мА; 200 Гц		180,0
	1500,000 мА; 200 Гц		255,0
	2000,000 мА; 1 кГц		330,0
	2000,000 мА; 5 кГц		1100,0
	2000,000 мА; 10 кГц		1100,0
30 А	3,000 А; 120 Гц	0,01 Ом	1,8 мА
	5,000 А; 600 Гц		2,4 мА
	10,000 А; 1 кГц		3,9 мА
	15,000 А; 2,0 кГц		18,0 мА
	30,000 А; 10,0 кГц		165,0 мА

13.11.6 Определение основных метрологических характеристик в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току

13.11.6.1 При выполнении данной методики производится определение следующих метрологических характеристик:

- действительного значения сопротивления декадных прецизионных резисторов постоянному току;
- отклонения действительных значений сопротивлений декадных прецизионных резисторов постоянному току от их номинальных значений.

13.11.6.2 Действительное значение сопротивления резистора постоянному току определяется в соответствии с:

- методикой п.13.11.6.3 для резисторов с номинальными значениями от 0,01 Ом до 10 кОм;
- методикой п.13.11.6.4 для резисторов с номинальными значениями от 100 кОм до 100 МОм.

Допускается при определении действительных значений сопротивлений резисторов применение метода прямых измерений с использованием цифрового омметра или моста постоянного тока, а также метода замещения при условии выполнения требований к порядку передачи единицы электрического сопротивления (Ом), установленных в Государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока.

13.11.6.3 Действительные значения воспроизводимых сопротивлений резисторов с номинальными значениями от 0,01 Ом до 10 кОм определяются методом косвенных измерений (потенциометрическим методом) с помощью компаратора. В качестве компаратора применяется измеритель напряжения постоянного тока с разрешением не менее семи десятичных разрядов. Схемы измерений приведены на рисунках 13.8 - 13.10. В качестве источника стабильного тока используется универсальный прецизионный калибратор в режиме воспроизведения силы постоянного тока (для номинальных значений сопротивлений от 0,01 Ом до 100 Ом) или в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока (для 1 кОм и 10 кОм). При проверке сопротивления с номинальным значением 0,01 Ом допускается использовать в качестве источника тока усилитель Н4-57 поверяемого прибора, при условии положительных результатов поверки по п.13.11.4. Параметры поверки и максимальные допускаемые значения отклонений действительных значений сопротивлений резисторов постоянному току от номинальных значений указаны в таблице 13.10.

Выполняемые операции поверки необходимо проводить в следующей последовательности:

- а) собрать схему измерения в соответствии:
 - с рисунком 13.8 или 13.9 при определении действительного значения сопротивления резистора с номинальным значением 0,01 Ом;
 - с рисунком 13.10 при определении действительных значений сопротивлений резисторов с номинальными значениями сопротивлений от 1 Ом до 10 кОм;
- б) установить на выходных клеммах поверяемого прибора воспроизводимое сопротивление с номинальным значением в соответствии с таблицей 13.10;
- в) в соответствии с выбранной схемой измерения, последовательно воспроизводимому сопротивлению подключить эталонную ОМЭС (УОМЭС) с номинальным значением, соответствующим номинальному значению воспроизводимого сопротивления, указанным в таблице 13.10;

г) подключить вход вольтметра постоянного тока к потенциальным выводам эталонной ОМЭС (УОМЭС), в случае отсутствия у ОМЭС (УОМЭС) потенциальных выводов допускается подключение вольтметра непосредственно к контактным клеммам токовой цепи;

д) установить на выходе источника значение силы или напряжения постоянного тока соответствующее выбранному номинальному значению воспроизводимого сопротивления, руководствуясь данными указанными в таблице 13.10;

е) после установления показаний вольтметра, считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на образцовой мере сопротивления U_0 , мВ;

ж) подключить вход вольтметра к потенциальным выводам проверяемого резистора, расположенным на передней панели калибратора (усилителя);

з) после установления показаний вольтметра, считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на поверяемом прецизионном резисторе U_X , мВ;

и) определить действительное значение сопротивления резистора постоянному току R_D , Ом, вычислив его по формуле (13.11);

$$R_D = R_0 \cdot (U_X / U_0), \quad (13.11)$$

где R_0 – действительное значение эталонной ОМЭС, Ом;

U_0 – падение напряжения на эталонной ОМЭС, В;

U_X – падение напряжения на поверяемом резисторе, В.

к) вычислить величину относительного отклонения действительного значения сопротивления резистора от номинального значения δR_X , %, по формуле (13.12);

$$\delta R_X = ((R_D - R_H) / R_H) \cdot 100, \quad (13.12)$$

где R_D – действительное значение сопротивления поверяемого резистора, Ом;

R_H – номинальное значение сопротивления поверяемого резистора, Ом.

л) повторить операции по перечислению а) - к) для определения величины действительного значения сопротивления резистора и относительного отклонения действительного значения сопротивления от его номинального значения для всех остальных резисторов в соответствии с данными приведёнными в таблице 13.10;

м) действительные значения сопротивлений резисторов необходимо занести в протокол, форма которого приведена в приложении В.

13.11.6.4 Действительные значения сопротивлений резистора с номинальными значениями от 100 кОм до 100 МОм определяются методом замещения с помощью компаратора. Схема измерений приведена на рисунках 13.11 - 13.13. В качестве компаратора применяется вольтметр постоянного тока с разрешением не менее семи десятичных разрядов. Два резистивных плеча сравнения включены последовательно в общую токовую цепь. В качестве источника стабильного тока используется универсальный прецизионный калибратор в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока. В одно из плеч сравнения включают тарную меру сопротивления (R_T), а в другое поочерёдно включают эталонную ОМЭС (R_0) и проверяемый резистор (R_X) равного номинального значения. В процессе выполнения поверки последовательно производятся измерения падения напряжения на тарной мере сопротивления.

ВНИМАНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ВЫСОКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ, СВЫШЕ 50 В, ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ ЛЮБЫХ ОПЕРАЦИЙ СВЯЗАННЫХ С КОММУТАЦИЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ СЛЕДУЕТ ОБЯЗАТЕЛЬНО ОТКЛЮЧИТЬ НАПРЯЖЕНИЕ НА ВЫХОДЕ КАЛИБРАТОРА (ИСТОЧНИКА) И ВКЛЮЧИТЬ ЕГО ОБРАТНО ТОЛЬКО ПРИ УСЛОВИИ ГОТОВНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ!

Выполняемые операции поверки необходимо проводить в следующей последовательности:

а) собрать схему измерения в соответствии:

- с рисунком 13.11 при определении действительных значений сопротивлений резисторов с номинальными значениями 100 кОм и 1 МОм;

- с рисунком 13.12 при определении действительного значения сопротивления резистора с номинальным значением 10 МОм;

- с рисунком 13.13 при определении действительного значения сопротивления резистора с номинальным значением 100 МОм;

при этом, в одно из плеч сравнения необходимо подключить тарную меру сопротивления R_T с номинальным значением равным 10 кОм, а в другое плечо эталонную ОМЭС, номинальное значение которой необходимо выбрать руководствуясь данными указанными в таблице 13.10, для соответствующего значения поверяемого сопротивления;

б) подключить вход вольтметра постоянного тока к потенциальным выводам тарной меры сопротивления; в случае отсутствия у тарной меры потенциальных выводов допускается подключение вольтметра непосредственно к контактным клеммам токовой цепи;

в) установить на выходе калибратора (источника) напряжение постоянного тока, соответствующее номинальному значению воспроизводимого сопротивления, руководствуясь данными указанными в таблице 13.10;

г) после установления показаний вольтметра, считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на тарной мере сопротивления U_0 , В, при условии включения в другом плече сравнения эталонной ОМЭС;

д) предварительно отключив напряжение на выходе калибратора (источника) подключить выходные клеммы поверяемого прибора (U_R H_i и L_o) к измерительной цепи вместо эталонной ОМЭС; установить номинальное значение воспроизводимого сопротивления для поверяемого диапазона в соответствии с таблицей 13.10; установить на выходе калибратора (источника) значение напряжения, соответствующее номинальному значению, воспроизводимого сопротивления и подать напряжение в измерительную цепь;

е) после установления показаний вольтметра, считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на тарной мере сопротивления U_X , В, при условии включения в другом плече сравнения поверяемого резистора;

ж) определить действительное значение сопротивления постоянному току поверяемого резистора R_d , Ом, вычислив его по формуле (13.13);

з) вычислить величину относительного отклонения действительного значения сопротивления резистора от номинального значения δR_X , %, по формуле (13.12);

$$R_d = \frac{U_0 \times (R_0 + R_T)}{U_X} - R_T, \quad (13.13)$$

где R_T – действительное значение тарной ОМЭС, Ом;

R_0 – действительное значение эталонной ОМЭС, Ом;

U_0 – падение напряжения на тарной ОМЭС при включении эталонной ОМЭС, В;

U_X – падение напряжения на тарной ОМЭС при включении проверяемого резистора, В.

и) повторить операции по перечислению а) — з) для определения величины действительного значения сопротивления резистора и относительного отклонения действительного значения сопротивления от номинального значения для других резисторов в соответствии с данными приведёнными в таблице 13.10;

к) действительные значения сопротивлений резисторов необходимо занести в протокол, форма которого приведена в приложении В.

13.11.6.5 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительное отклонение полученного действительного значения воспроизводимого сопротивления постоянному току от его номинального значения не превышает величин, приведённых в таблице 13.10.

13.11.6.6 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.6 дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.6.7 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.10 – Параметры поверки в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току

Номинальное значение воспроизводимого сопротивления, $R_{НОМ}$	Номинальное значение эталонной ОМЭС, R_0	Номинальное значение силы тока на выходе источника тока, I_0 , А	Номинальное значение напряжения на выходе источника тока, U_0 , В	Допустимое отклонение действительного значения сопротивления от $R_{НОМ}$ на постоянном токе, $\pm \delta$, %
1	2	3	4	5
0,01 Ом	0,01 Ом	10	-	0,10
1 Ом	1 Ом	1	-	0,03
10 Ом	10 Ом	0,1	-	0,02
100 Ом	100 Ом	0,01	-	0,02
1 кОм	1 кОм	-	14	0,02
10 кОм	10 кОм	-	45	0,02
100 кОм	100 кОм	-	77	0,02
1 МОм	1 МОм	-	142	0,02
10 МОм	10 МОм	-	350	0,05
100 МОм	100 МОм	-	707	0,15

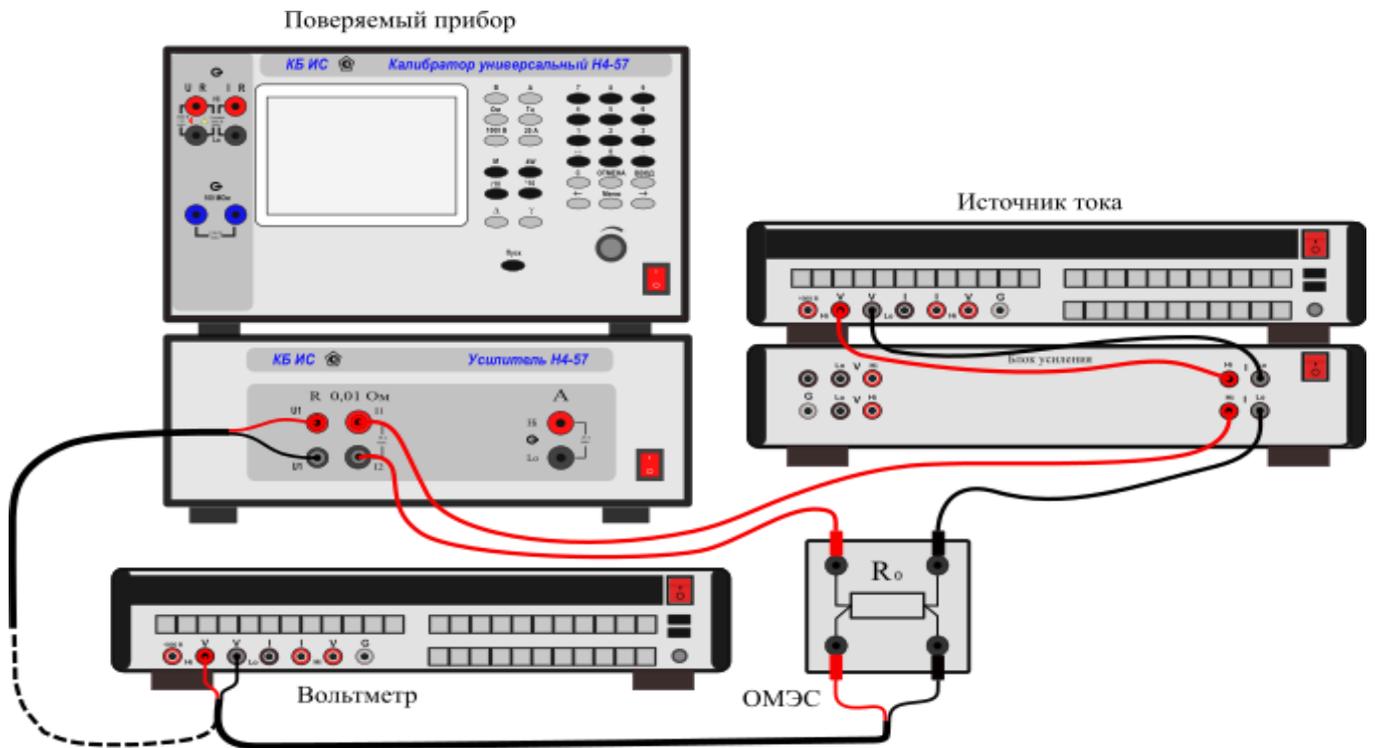


Рисунок 13.8 – Схема измерения для определения действительного значения сопротивления постоянному и переменному току резистора 0,01 Ом

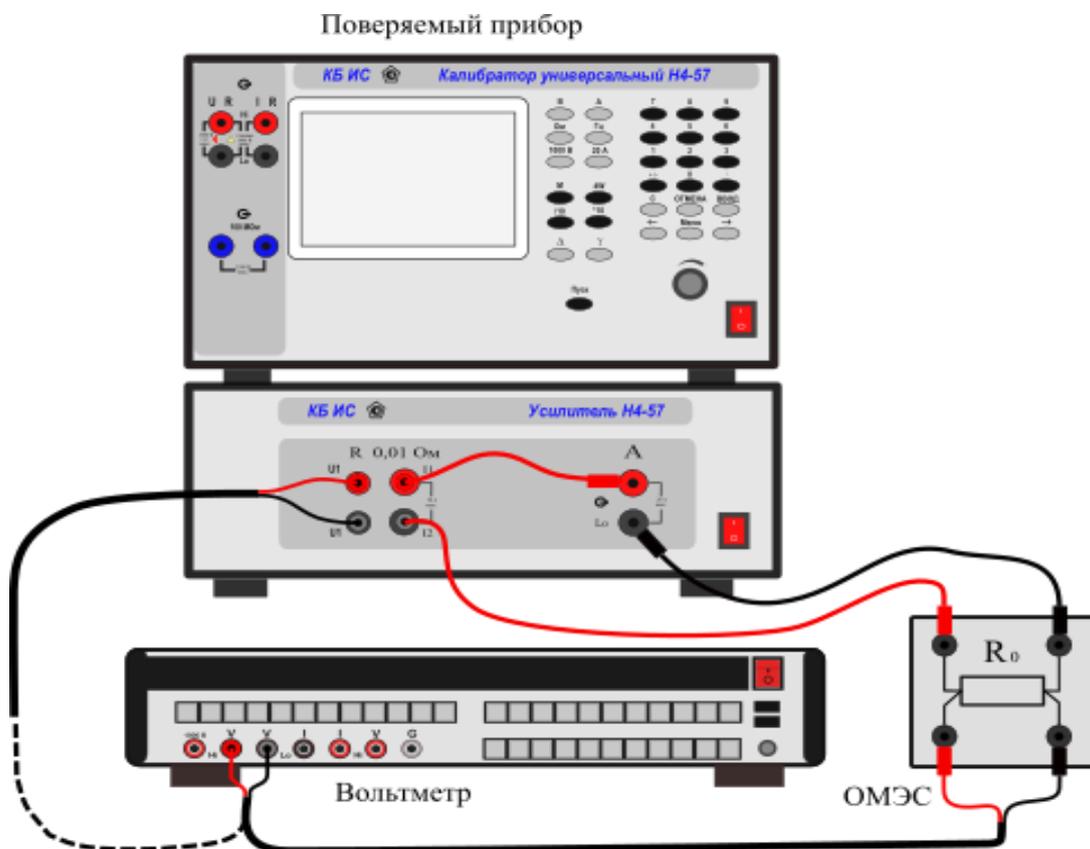


Рисунок 13.9 – Схема измерения для определения действительного значения сопротивления постоянному и переменному току резистора 0,01 Ом с применением усилителя Н4-57 поверяемого калибратора

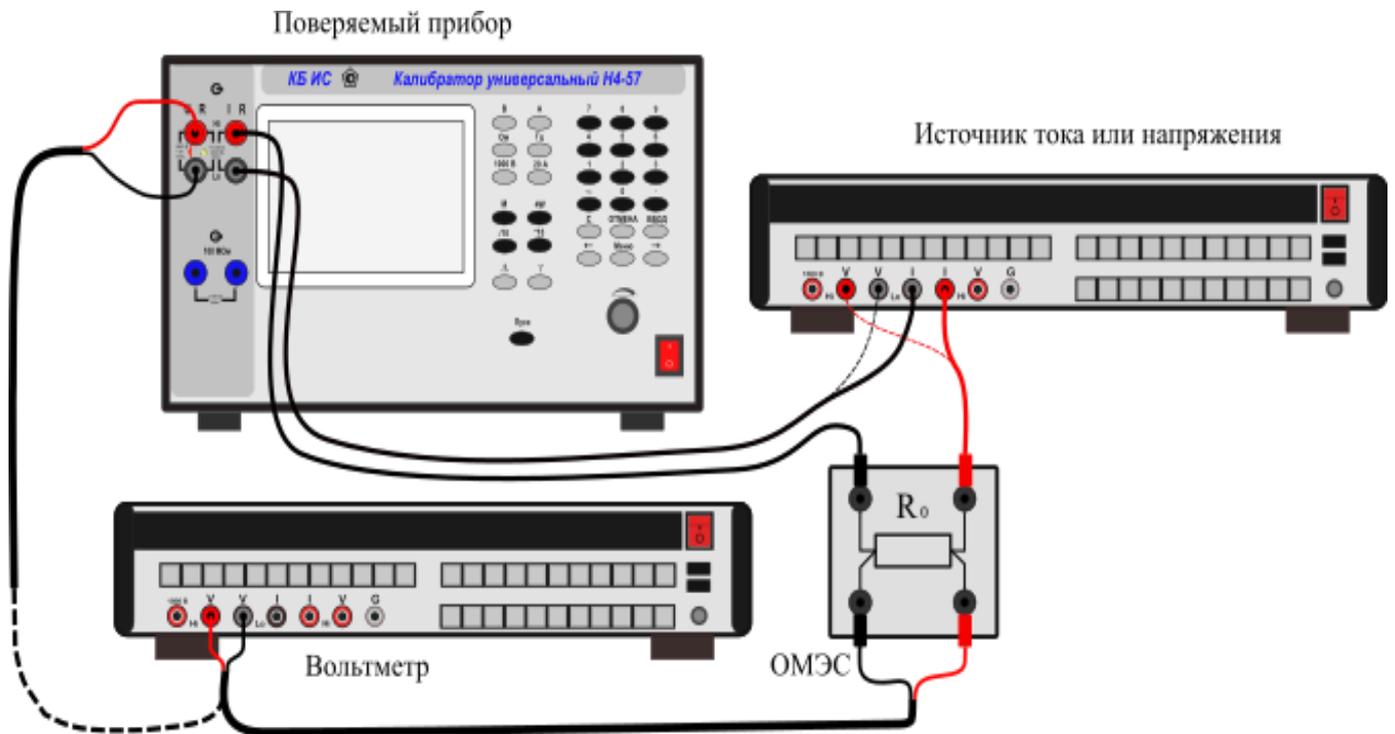


Рисунок 13.10 – Схема измерения для определения действительного значения сопротивления постоянному и переменному току резисторов 1, 10, 100 Ом, 1, 10 кОм

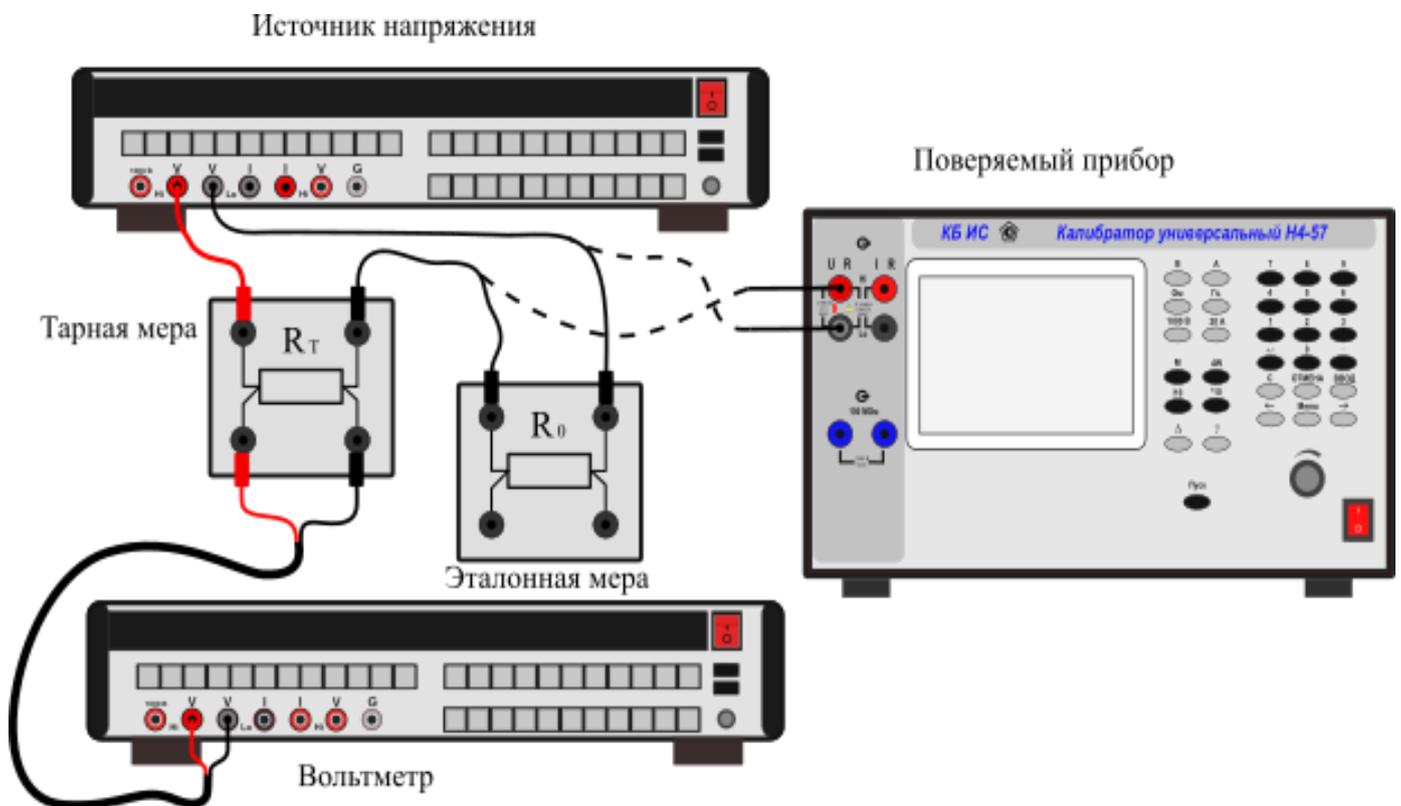


Рисунок 13.11 – Схема измерения для определения действительного значения сопротивления постоянному току резисторов 100 кОм, 1 МОм

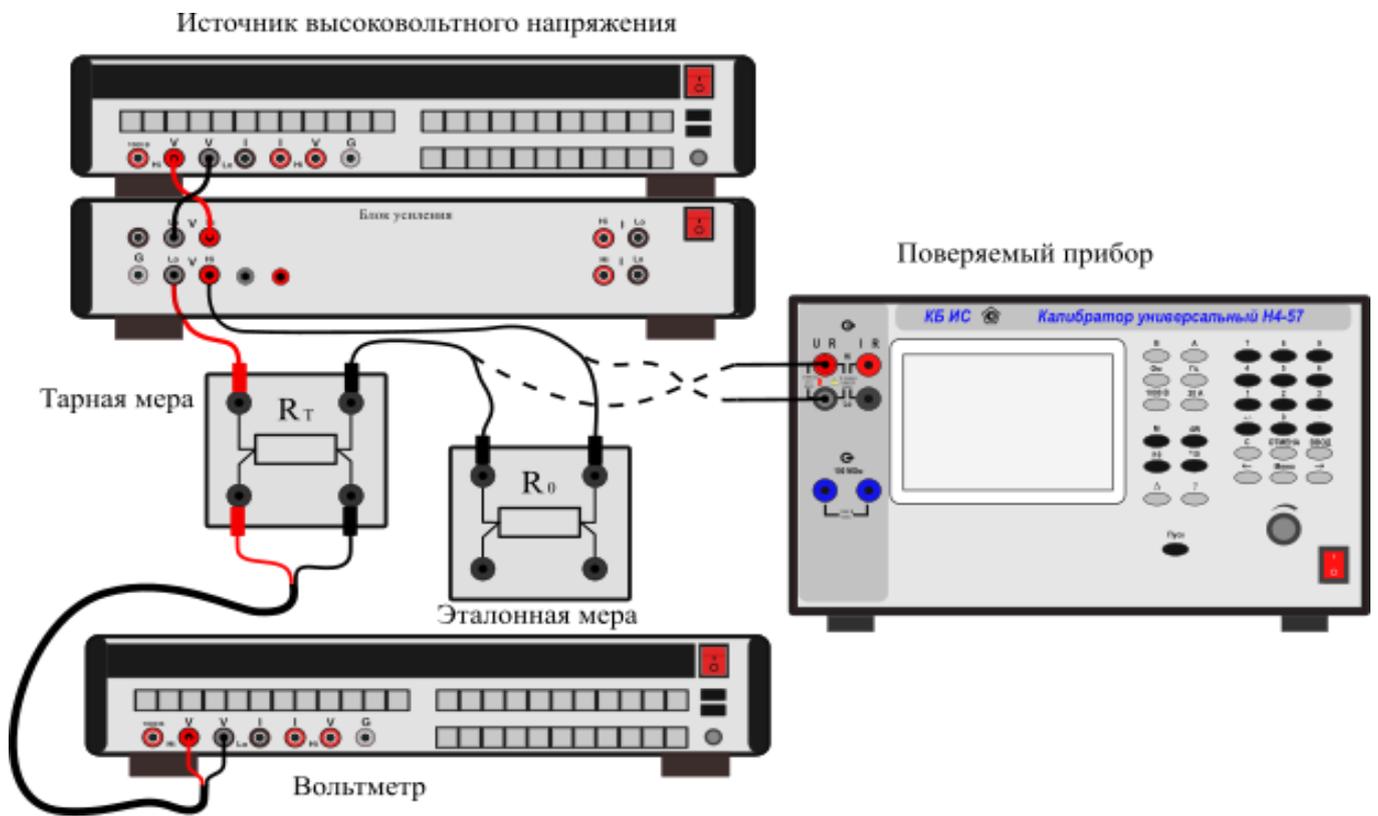


Рисунок 13.12 – Схема измерения для определения действительного значения сопротивления постоянному току резистора 10 МОм

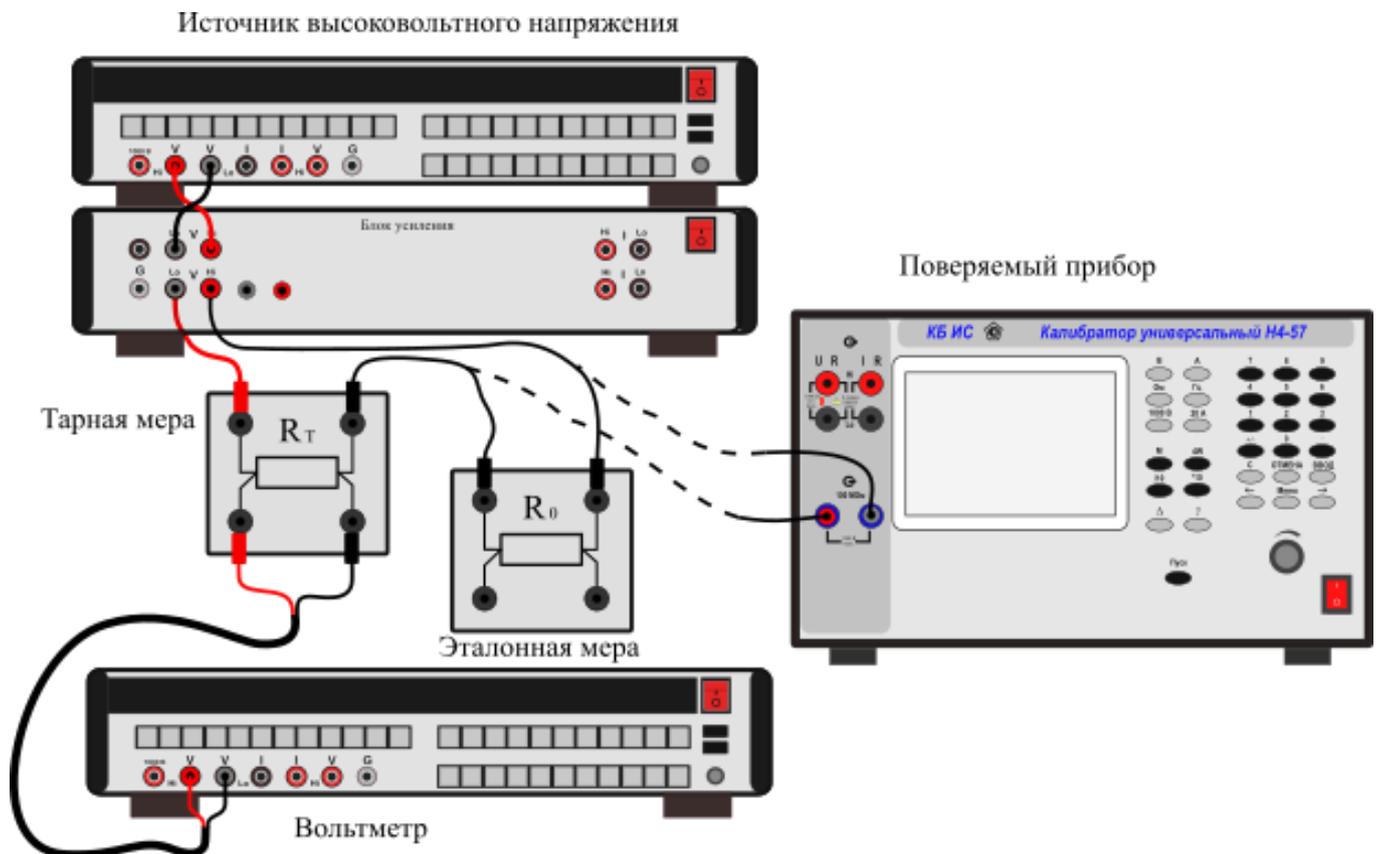


Рисунок 13.13 – Схема измерения для определения действительного значения сопротивления постоянному току резистора 100 МОм

13.11.7 Определение основных метрологических характеристик в режиме воспроизведения сопротивления переменному току

13.11.7.1 При выполнении данной методики производится определение следующих метрологических характеристик:

- действительного значения сопротивления декадных прецизионных резисторов переменному току на фиксированных частотах;
- относительное отклонение действительного значения сопротивления резистора переменному току на фиксированных частотах от его действительного значения на постоянном токе (частотная погрешность).

13.11.7.2 Действительные значения сопротивлений резисторов переменному току на фиксированных частотах $R_{дф}$ определяются методом косвенных измерений (потенциометрическим методом) с помощью компаратора. В качестве компаратора применяется измеритель напряжения переменного тока (вольтметр) с разрешением не менее шести десятичных разрядов. Схемы измерений приведены на рисунках 13.8 - 13.10. В качестве источника стабильного тока используется универсальный прецизионный калибратор в режиме воспроизведения силы переменного тока. При поверке резистора с номинальным значением 0,01 Ом допускается использовать в качестве источника тока усилитель Н4-57 поверяемого прибора, при условии положительных результатов поверки по п.13.11.5, схема измерения приведена на рисунке 13.9. Параметры поверки и допустимые значения отклонения воспроизводимого сопротивления переменному току от его номинального значения указаны в таблице 13.11.

Выполняемые операции поверки необходимо проводить в следующей последовательности:

- а) собрать схему измерения в соответствии:
 - с рисунком 13.8 или 13.9 при определении действительного значения сопротивления резистора с номинальным значением 0,01 Ом;
 - с рисунком 13,10 при определении действительных значений сопротивлений декадных резисторов других номиналов, указанных в таблице 13.11;
- б) установить номинальное значение поверяемого сопротивления, руководствуясь указаниями, приведенными в таблице 13.11;
- в) руководствуясь указаниями, приведенными в таблице 13.11, выбрать и подключить в измерительную цепь эталонную меру сопротивления с известной частотной характеристикой;
- г) установить на выходе источника тока значение силы переменного тока и частоты, указанные в таблице 13.11 для выбранного номинального значения поверяемого сопротивления;
- д) подключить вход измерителя напряжения переменного тока (вольтметра) к потенциальным выводам эталонной меры сопротивления, в случае отсутствия у эталонной меры сопротивления потенциальных выводов допускается подключение вольтметра непосредственно к контактным клеммам токовой цепи;
- е) после установления показаний вольтметра, считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на образцовой мере сопротивления U_0 , мВ;
- ж) подключить вход вольтметра к потенциальным выводам проверяемого резистора, расположенные на передней панели калибратора (усилителя);
- з) после установления показаний вольтметра, считать и зафиксировать измеренное значение падения напряжения на поверяемом резисторе U_x , мВ;

и) определить действительное значение воспроизводимого сопротивления переменному току на данной частоте $R_{ДФ}$, Ом, вычислив его по формуле (13.14);

$$R_{ДФ} = R_{0F} \cdot (U_X / U_0), \quad (13.14)$$

где R_{0F} – действительное значение эталонной меры сопротивления переменному току на фиксированной частоте, Ом;

U_0 – падение напряжения на эталонной УОМЭС, В;

U_X – падение напряжения на проверяемом резисторе, В.

к) вычислить величину относительного отклонения действительного значения сопротивления резистора переменному току от его действительного значения на постоянном токе δR_{XF} , % по формуле (13.15);

л) повторить операции по перечислению а) — к) для определения величины действительного значения сопротивления резистора и относительного отклонения действительного значения сопротивления от его действительного значения на постоянном токе для других резисторов и частот в соответствии с данными приведёнными в таблице 13.11.

м) действительные значения сопротивлений резисторов переменному току полученные в результате поверки необходимо занести в протокол, форма которого приведена в приложении В.

$$\delta R_{XF} = ((R_{ДФ} - R_{Д0}) / R_{Н}) \cdot 100, \quad (13.15)$$

где $R_{ДФ}$ – действительное значение сопротивления проверяемого резистора, на фиксированной частоте Ом;

$R_{Д0}$ – действительное значение сопротивления проверяемого резистора на постоянном токе, определённое ранее в соответствии с методикой 13.11.6.3 и 13.11.6.4, Ом;

$R_{Н}$ – номинальное значение сопротивления проверяемого резистора, Ом.

13.11.7.3 Результаты поверки считают удовлетворительными, если относительное отклонение действительных значений сопротивлений переменному току на фиксированных частотах, определённых по формуле (13.15), не превышают величин, приведённых в таблице 13.11.

13.11.7.4 В случае выявления несоответствий проверяемого прибора требованиям п.13.11.7 дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.7.5 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

13.11.7.6 Действительные значения сопротивлений резисторов постоянному и переменному току полученные в результате поверки пп.13.11.6, 13.11.7 и зафиксированные в протоколах поверки, следует записать в электронный журнал проверяемого калибратора, используя режим цифровой калибровки в соответствии с п.10.3.6 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57».

Таблица 13.11 – Параметры проверки в режиме воспроизведения сопротивления переменному току

Номинальное значение воспроизводимого сопротивления, $R_{НОМ}$	Номинальное значение эталонной ОМЭС, R_0	Номинальное значение силы тока на выходе источника, I_0 , А	Номинальное значение частоты, кГц	Отклонение действительного значения сопротивления на фиксированных частотах от его значения на постоянном токе (частотная погрешность), $\pm \delta$, %
1	2	3	4	5
0,01 Ом	0,01 Ом	10	0,12	0,100
			0,19	0,100
			0,4	0,100
			0,6	0,100
			0,8	0,100
			1	0,100
			1,5	0,500
			2	0,500
			3	0,500
			5	0,500
			7	1,000
			10	1,000
			1 Ом	1 Ом
1	0,005			
5	0,040			
10	0,050			
10 Ом	10 Ом	0,1	0,19	0,005
			1	0,005
			5	0,010
			10	0,020
100 Ом	100 Ом	0,01	0,19	0,005
			1	0,005
			5	0,010
			10	0,020

13.11.8 Определение временной нестабильности сопротивления постоянно-му и переменному току

13.11.8.1 Определение временной нестабильности воспроизводимого сопротивления постоянному и переменному току выполняется с целью присвоения резисторам статуса рабочего эталона соответствующего разряда по результатам долговременного исследования их метрологических характеристик и анализа соответствия результатов исследований требованиям Государственной поверочной схеме для средств измерений электрического сопротивления постоянному и переменному току.

13.11.8.2 Величина временной нестабильности сопротивления резистора постоянному току и переменному току на частоте 1 кГц νR_X , %, определяется по формуле (13.16). Для определения погрешности необходимо:

- выбрать для расчёта погрешности резистор с номинальным значением сопротивления, приведённым в таблице 13.10 для постоянного тока или в таблице 13.11 для переменного тока;

- взять из протокола предыдущей поверки или из электронного журнала поверяемого калибратора действительное значение сопротивления выбранного резистора, полученное при предыдущей поверке;

- взять из протокола текущей поверки действительное значение сопротивления резистора с тем же номиналом, полученное при выполнении операций поверки в соответствии с п.13.11.6 для сопротивления постоянному току или с п.13.11.7 для сопротивления переменному току, определённое на частоте 1 кГц;

- вычислить значение временной нестабильности сопротивления резистора по формуле (13.16);

- повторить расчёт погрешности для других номинальных значений резисторов.

$$\nu R_X = \frac{(R_D - R_{D.П})}{m \times R_{НОМ}} \times 100 \quad (13.16)$$

где R_D – действительное значение сопротивления резистора при настоящей поверке, Ом;

$R_{D.П}$ – действительное значение сопротивления резистора при предыдущей поверке Ом;

m – число лет, прошедших со времени предыдущей поверки;

$R_{НОМ}$ – номинальное значение сопротивления поверяемого резистора, Ом.

13.11.8.3 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

13.11.8.4 Результаты трёх поверок, полученные за интервал времени не менее двух лет используются для присвоения резисторам статуса рабочего эталона определенного разряда в соответствии с требованиями Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянному и переменному току.

13.11.9 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения частоты

13.11.9.1 Определение основной абсолютной погрешности установки частоты проводится методом прямых измерений частоты выходного сигнала эталонным частотомером или осциллографом в режиме воспроизведения переменного напряжения. Для проведения поверки по данному пункту необходимо собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.14. Для сглаживания импульсных помех («ступенек»), которые могут вызвать нестабильность показаний частотомера, применяется фильтр нижних частот с полосой пропускания 300 кГц. Принципиальная электрическая схема фильтра показана на рисунке 13.15. Установить на выходе калибратора значение воспроизводимой величины с параметрами, указанными в таблице 13.12. После установления показаний частотомера зафиксировать их. Определить основную абсолютную погрешность воспроизведения частоты как разность между измеренными значениями частоты, определенными по показаниям частотомера и номинальными значениями частоты, установленными на поверяемом приборе.

13.11.9.2 Результаты поверки считают удовлетворительными, если основная абсолютная погрешность воспроизведения частоты для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в таблице 13.12.

13.11.9.3 В случае выявления несоответствий поверяемого прибора требованиям п.13.11.9 дальнейшая поверка не проводится, прибор бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.9.4 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.12 – Параметры определения погрешности воспроизведения частоты

Контролируемые параметры		Максимально допустимые значения основной абсолютной погрешности воспроизведения частоты, $\pm \Delta$, Гц
Номинальное значение выходного напряжения, В	Номинальное значение воспроизводимой частоты, кГц	
1	2	3
10 В	0,1	0,03
10 В	1	0,30
10 В	10	3,00
10 В	100	30,00
10 В	1000	300,00

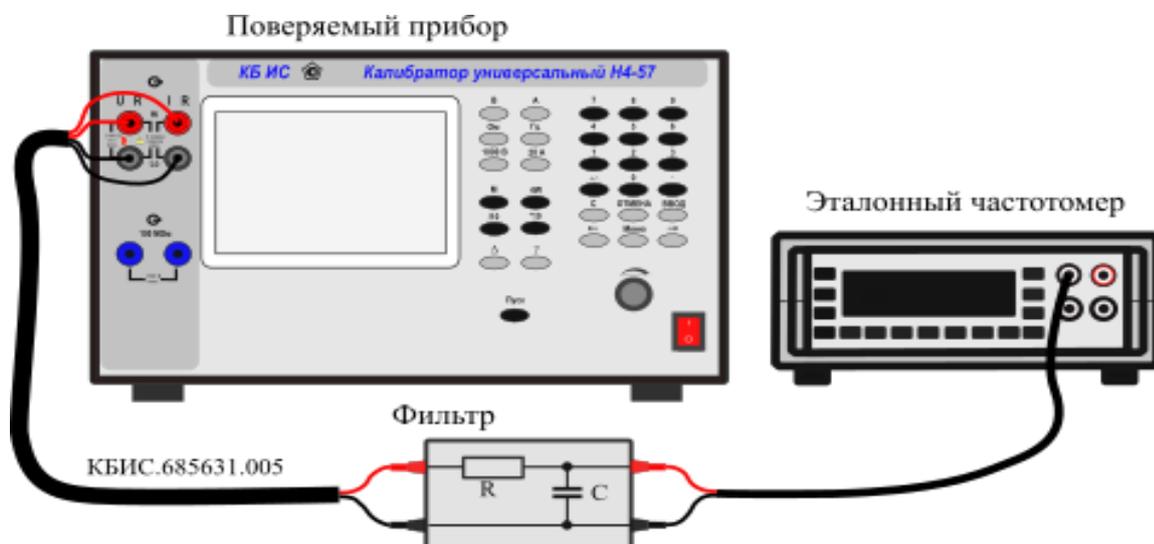


Рисунок 13.14 – Схема измерения для определения погрешности воспроизведения частоты

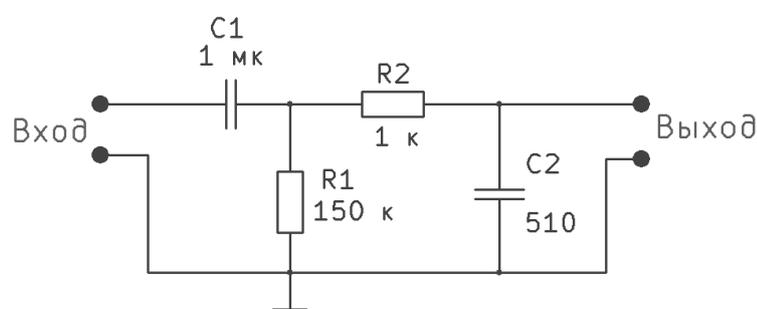


Рисунок 13.15 – Схема полосового фильтра с полосой пропускания от 1 Гц до 300 кГц

Примечание - Полосовой фильтр с полосой пропускания от 1 Гц до 300 кГц реализован в устройстве «Блок нагрузок и делителей» КБИС.434159.001, входящий в состав комплекта поставки калибратора универсального И4-56.

13.11.10 Определение параметров катушки токовой КТИ-1000/34

13.11.10.1 При проведении первичной поверки производится определение действительного значения входного сопротивления токовой катушки постоянному току в соответствии с методикой п.13.11.10.2 и определение значения коэффициента преобразования в соответствии с методикой п.13.11.10.3.

При проведении периодической поверки производится определение только действительного значения входного сопротивления токовой катушки постоянному току в соответствии с методикой п.13.11.10.2.

13.11.10.2 Определение входного сопротивления выполняется методом косвенных измерений путём определения напряжения непосредственно на входных клеммах катушки при протекании через неё постоянного тока величиной 10 А с последующим вычислением величины входного сопротивления R , Ом, в соответствии с формулой 13.17.

$$R = \frac{U}{I}, \quad (13.17)$$

где U - напряжение, измеренное на входных клеммах катушки, В;
 I - величина силы тока, протекающая в катушке, равная 10 А.

Схема измерения приведена на рисунке 13.16. В качестве источника тока допускается использовать поверяемый прибор после положительных результатов его проверки в соответствии с п.13.11.4. Если текущая температура при которой проводились измерения отличается от 25 °С более чем на 2 °С, то необходимо к сопротивлению катушки, приведенному в п.4.6.2 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57», ввести поправку на текущую температуру, вычислив сопротивление катушки R , Ом, по формуле (13.18).

$$R = R_0 \times (1 + \alpha \times (t - 25)), \quad (13.18)$$

где R_0 - нормируемое сопротивление катушки, Ом, при 25 °С, п.4.6.2 РЭ;
 α - ТКС электротехнической меди, равный 0,004 °С⁻¹;
 t - текущая температура, °С.

ПРИМЕЧАНИЕ - Если перед проведением испытания через катушку протекал ток величиной более 2 А, то перед измерением сопротивления необходимо выдержать катушку в нормальных условиях применения без тока в течении 30 мин.

13.11.10.3 Определение значения коэффициента передачи выполняется методом сличения силы переменного тока в катушке с силой тока в проводнике с помощью токовых клещей переменного тока. Проводник представляет собой один виток провода, имеющий отдельные гнезда для подключения к источнику тока и конструктивно совмещённый с витками катушки таким образом, что токовые клещи одновременно обхватывают витки самой катушки и проводник. Данное конструктивное совмещение катушки и проводника позволяет в процессе проведения измерений не менять положение токовых клещей по отношению к катушке, что исключает дополнительную погрешность позиционирования. Токовые клещи с коэффициентом преобразования 1 мВ/А подключаются к вольтметру переменного тока с пределом измерения 200 мВ и разрешением не менее шести десятичных разрядов.

Операции поверки необходимо выполнять в следующей последовательности:

- а) собрать схему измерения в соответствии с рисунком 13.17.
- б) подключить токовые клещи к проверяемой катушке при этом, положение клещей должно быть симметрично и перпендикулярно охватываемой обмотке, одновременно магнитопровод токовых клещей будет замкнут вокруг проводника;
- в) подключить источник тока к входным гнездам катушки I (1 виток) рисунок 13.17 а), а затем установить на его выходе величину силы переменного тока I_1 , А, в соответствии с данными приведёнными в таблице 13.13 для проверяемого предела воспроизведения;
- г) после установления показаний вольтметра считать и зафиксировать измеренное значение напряжения на выходе токовых клещей или установить режим относительных измерений при наличии этой функции в вольтметре;

е) подключить источник тока к входным гнездам катушки I (34 витка) рисунок 13.17 б), а затем установить на его выходе величину силы переменного тока I_2 , А, в соответствии с данными приведёнными в таблице 13.13;

ж) откорректировать выходной уровень источника тока для получения ранее зафиксированных показаний или добиться нулевых показаний вольтметра при включенном режиме относительных измерений;

з) зафиксировать, полученную после коррекции, выходную величину силы тока источника I_3 , А, а затем вычислить с помощью формулы (13.19) коэффициент передачи проверяемой катушки К, А/А;

$$K = \frac{I_1}{I_3}, \quad (13.19)$$

где I_1 - сила тока в проводнике, А;

I_3 - сила тока в катушке после коррекции, А.

и) определить абсолютную погрешность коэффициента передачи как разность между его номинальным значением и значением, полученным в результате вычисления по формуле (13.19)

к) повторить измерения по перечислению а) - и) для следующей частоты, в соответствии с таблицей 13.13.

13.11.10.4 Результаты поверки считают удовлетворительными, если:

- измеренное значение сопротивления катушки постоянному току соответствует требованиям п.4.6.2 руководства по эксплуатации «Калибратор универсальный Н4-57» при условии введения поправки на текущую температуру (при необходимости);

- основная абсолютная погрешность коэффициента преобразования не превышает значений, приведенные в таблице 13.13.

13.11.10.5 В случаи выявления несоответствий катушки токовой требованиям п.13.11.10 катушка бракуется, и направляется в ремонт.

13.11.10.6 Результаты поверки по данному пункту оформляются протоколом по форме, приведенной в приложении В.

Таблица 13.13 Данные определения коэффициента преобразования

Коэффициент преобразования, А/А	Номинальное значение частоты, Гц	Номинальное значение силы тока, I_2 , А	Номинальное значение силы тока, I_1 , А	Пределы допустимых значений основной абсолютной погрешности коэффициента преобразования, $\pm \Delta$, А/А
1	2	3	4	5
34	60	0,735	25	0,17
	100			0,34

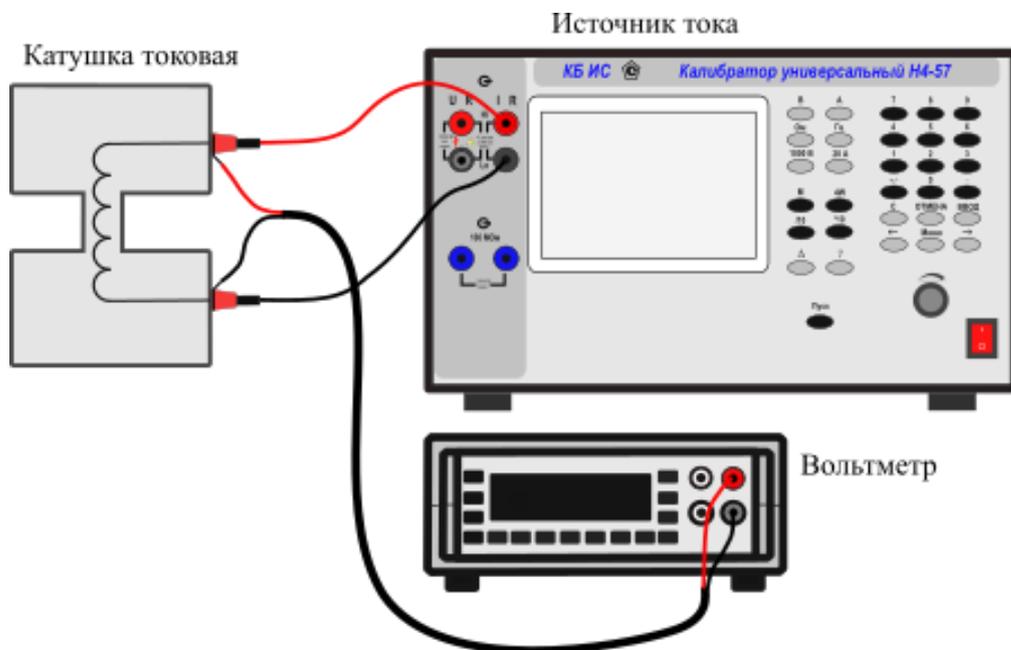
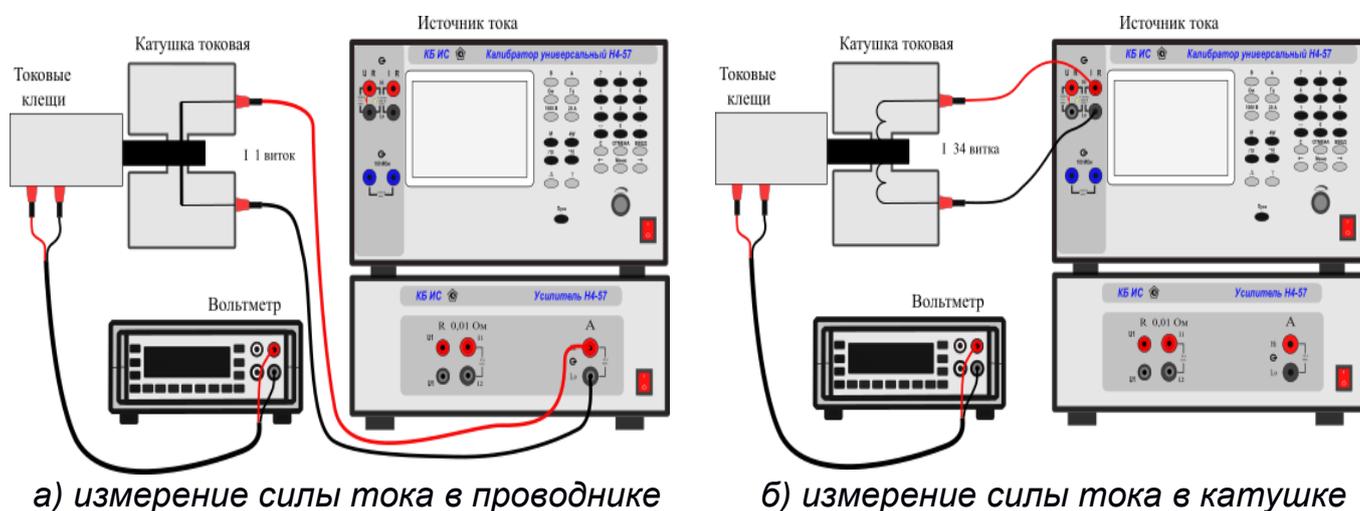


Рисунок 13.16 – Схема измерения сопротивления катушки токовой



а) измерение силы тока в проводнике

б) измерение силы тока в катушке

Рисунок 13.17 – Схема измерения для определения коэффициента преобразования катушки токовой

13.12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

13.12.1 Результаты поверки по определению коэффициента нелинейных искажений в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока считаются положительными, если измеренное значение коэффициента нелинейных искажений в режимах воспроизведения поверяемым прибором напряжения и силы переменного тока для всех контролируемых значений не превышает максимально допустимого значения, приведенного в графе 4 таблицы 13.5.

13.12.2 Результаты поверки по определению абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока считаются положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения поверяемым прибором напряжения постоянного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в графе 3 таблицы 13.6.

13.12.3 Результаты поверки по определению абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока считаются положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения поверяемым прибором напряжения переменного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в графах 3-7 таблицы 13.7.

13.12.4 Результаты поверки по определению абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока считаются положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения поверяемым прибором силы постоянного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в графе 4 таблицы 13.8.

13.12.5 Результаты поверки по определению абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока считаются положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения поверяемым прибором силы переменного тока для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в графе 4 таблицы 13.9.

13.12.6 Результаты поверки по определению основных метрологических характеристик в режиме воспроизведения сопротивления постоянному току считаются положительными, если относительное отклонение определённого действительного значения воспроизводимого сопротивления постоянному току от его номинального значения не превышает величины, указанной в графе 5 таблицы 13.10.

13.12.7 Результаты поверки по определению основных метрологических характеристик в режиме воспроизведения сопротивления переменному току считаются положительными, если относительное отклонение определённого действительного значения воспроизводимого сопротивления переменному току на фиксированных частотах от его номинального значения не превышает величины, указанной в графе 5 таблицы 13.11.

13.12.8 Результаты поверки по определению абсолютной погрешности воспроизведения частоты считаются положительными, если абсолютная погрешность воспроизведения поверяемым прибором частоты для всех контролируемых значений находится в пределах, указанных в графе 3 таблицы 13.12.

13.12.9 Результаты поверки по определению параметров катушки токовой КТИ-1000/34 считаются положительными если:

- измеренное значение сопротивления катушки постоянному току не превышает 0,035 Ом при условии введения поправки на текущую температуру (если температура окружающего воздуха превышает 25 ± 2 °C);

- абсолютная погрешность коэффициента преобразования не превышает значений, приведенные в графе 5 таблицы 13.13.

13.13 Оформление результатов поверки

13.13.1 Оформление результатов поверки осуществляется в соответствии с требованиями действующих нормативно правовых актов в области обеспечения единства измерений, устанавливающих порядок проведения поверки средств измерений.

13.13.2 В целях подтверждения поверки, сведения о результатах поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и вне-

сения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений.

13.13.3 В случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие поверяемого СИ установленным метрологическим требованиям) в целях исключения несанкционированного доступа к элементам регулировки и настройки на средство измерений, в специально отведенных местах в соответствии с указаниями описания типа, руководствуясь положениями пункта 10.3.8 настоящего руководства по эксплуатации аккредитованным лицом, проводившим поверку наносится знак поверки.

13.13.4 По письменному заявлению владельца или лица представившего СИ на поверку в случае положительных результатов поверки аккредитованным лицом, проводившим поверку, выдаётся свидетельство о поверке установленного образца и вносится запись в формуляр по установленной форме, а в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие поверяемого СИ установленным метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению установленного образца.

13.13.5 При положительных результатах первичной поверки (при выпуске прибора из производства) организация, проводившая поверку, производит оформление результатов поверки в формуляре изделия по установленной форме (раздел 7 Свидетельство о приёмке), путем внесения записи «поверка выполнена», которая заверяется подписью работника аккредитованного лица проводившего поверку с расшифровкой подписи (указывается фамилия и инициалы поверителя) и наносится знак поверки с указанием даты поверки.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

А.1 ПЕРЕЧЕНЬ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРОМ

Набор команд управления прибором основан на стандарте SCPI – 1999, Standard Commands for Programmable Instruments, и расширен с целью увеличения функциональности. Команды имеют древовидную структуру, образуя подсистемы. При описании команд применена следующая терминология:

- заглавные буквы в описании команды обязательны, строчные можно опустить, кроме этого, интерпретатор команд одинаково воспринимает заглавные и строчные буквы, таким образом команды OUTP, OUTPUT, OUTPut, output равнозначны;
- квадратные скобки [] означают, что часть команды, заключенная в них, не обязательна;
- фигурные скобки { } заключают в себя перечень допустимых параметров;
- вертикальная линия | (или) между параметрами означает, что указать можно один из перечисленных параметров;
- треугольные скобки <> означают, что команда оперирует числовыми значениями, число указывается в команде без скобок, разделитель дробной части — точка;
- двойные кавычки « » означают текстовый параметр, параметр указывается либо в прямых кавычках "", либо в апострофах "';
- круглые скобки () означают составной параметр, подробно будет рассмотрен ниже;
- решетка # означает целочисленный параметр.

*IDN?

OUTPut

[:STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}

[:STATe]?

:W4

[:STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}

[:STATe]?

CONFigure:

VOLTage

[:DC] <Voltage>

:AC <Voltage>[,<Freq>]

CURRent

[:DC] <Current>

:AC <Current>[,<Freq>]

RESistance

[:DC] <Resistance>

:AC <Resistance>[,<Freq>]

[SOURce:]

FUNCTion

[:SHAPE] {DC | SINusoid}

[:SHAPE]?

[FUNCTion:]

MODE {VOLTage | CURRent | RESistance}
 MODE?
 VOLTage | CURRent | RESistance
 [:LEVel][:IMMEDIATE][:AMPLitude]
 [:LEVel][:IMMEDIATE][:AMPLitude]?
 CURRent:
 RANGe <value>
 RANGe:AUTO {ON | 1}
 RANGe:AUTO?
 FREQuency:
 [CW | FIXed] <value>
 [CW | FIXed]?
 TEMPerature <value>
 TEMPerature?
 TEMPerature[:TCouple]:RJUNction[:VALue]
 TEMPerature[:TCouple]:RJUNction[:VALue]?
 MANIPulation:
 [STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}
 [STATe]?
 MODE TC, { R | S | B | J | T | E | K | N | A1 | A2 | A3 | L | M }
 MODE?
 SYSTem:
 VERSion?
 REMote
 LOCAl
 ERRor
 [:NEXT]?
 :COUNT?
 [SYSTem:]
 KLOCK {ON | OFF} | {1 | 0}
 KLOCK?
 [COMMunicate:]
 [SERial:][TRANsmit:]
 BAUD <value>
 BAUD?
 SERial:TRANsmit (param)
 SOCKet#:
 ADDRess «value»
 ADDRess?
 PORT <value>
 PORT?
 CONNect
 CONNect?
 DISConnect
 TRANsmit (param)
 DISPlay:[WINDow:]TEXT (param)
 CONTRol#
 [:STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}
 [:STATe]?

CONTROLS

[:STATe] <value>

[:STATe]?

MMEMory:NAME «text»

[MMEMory:]

WRITE (param)

WRITELN (param)

CALibration

{VOLTage | VOLTageHI | CURRent | RESistance},<value>

:VALue<value>

:STATeOFF

Команды, доступные только в автономном режиме:

MMEMory:NAME:ASK «text»

[SYSTem]:WAIT

PAUSE <value>

STEP text

REM text

A.2 ОПИСАНИЕ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРОМ

1) *IDN?

Запрос идентификационных данных прибора.

Ответ на запрос: «**KBIS,N4-57,,1.1**»

2) OUTPut

[:STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}

[:STATe]?

Изменение состояния выхода прибора: команда включает (ON или 1) либо отключает (OFF или 0) выходную величину на клеммах.

Ответ на запрос: 0 (выключено) или 1 (включено).

Примеры использования:

Полная форма: **OUTPUT:STATE 1** или **OUTP:STAT ON**.

Краткая форма: **OUTP OFF** или **OUTP 0**.

3) OUTPut:W4

[:STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}

[:STATe]?

Изменение состояния выхода прибора: команда включает (ON или 1) либо отключает (OFF или 0) режим воспроизведения «4 линии».

Ответ на запрос: 0 (режим «4 линии» выключен) или 1 (режим «4 линии» включен).

Примеры использования:

Полная форма: **OUTPUT:W4:STATE 1** или **OUTP:W4:STAT ON**.

Краткая форма: **OUTP:W4 OFF** или **OUTP:W4 0**.

4) **CONFigure:VOLTage[:DC] <Voltage>**

Включение режима воспроизведения напряжения постоянного тока и установка величины напряжения.

Если калибратор не сможет установить заданную в команде величину – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая напряжению размерность величины, например «мА» – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Примеры использования:

Полная форма: **CONFIGURE:VOLTAGE:DC 1.**

Краткая форма: **CONF:VOLT 100 mV.**

5) **CONFigure:VOLTage:AC <Voltage>[,<Freq>]**

Включение режима воспроизведения напряжения переменного тока и установка величин напряжения и частоты. Значение частоты может быть не указано, в этом случае частота останется без изменений.

Если калибратор не сможет установить заданные в команде величины – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая напряжению или частоте размерность величины – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Примеры использования:

Полная форма: **CONFIGURE:VOLTAGE:AC 1, 1 kHz.**

Краткая форма: **CONF:VOLT:AC 100 mV,100.**

6) **CONFigure:CURREnt[:DC] <Current>**

Включение режима воспроизведения силы постоянного тока и установка величины силы тока. Если указанная величина силы тока превышает диапазон значений, воспроизводимых с клемм «I», включится режим воспроизведения с клемм «50 А».

Если калибратор не сможет установить заданную в команде величину – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая силе тока размерность величины – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Примеры использования:

Полная форма: **CONFIGURE:CURRENT:DC 1.**

Краткая форма: **CONF:CURR 100 mA.**

7) **CONFigure:CURREnt:AC <Current>[,<Freq>]**

Включение режима воспроизведения силы переменного тока и установка величин силы тока и частоты. Значение частоты может быть не указано, в этом случае частота останется без изменений. Если указанная величина силы тока превышает диапазон значений, воспроизводимых с клемм «I», включится режим воспроизведения с клемм «30 А».

Если калибратор не сможет установить заданные в команде величины – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая силе тока или частоте размерность величины – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Примеры использования:

Полная форма: **CONFIGURE:CURRENT:AC 10 mA, 1 kHz.**

Краткая форма: **CONF:CURRENT:AC 0.1,100.**

8) **CONFigure:RESistance[:DC] <Resistance>**

Включение режима воспроизведения сопротивления постоянному току и установка величины сопротивления. Поскольку воспроизводимая величина сопротивления может иметь только определённые дискретные значения, то указанное в команде числовое значение будет заменено ближайшим дискретным значением.

Если калибратор не сможет установить заданную в команде величину – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая сопротивлению размерность величины – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Примеры использования:

Полная форма: **CONFIGURE:RESISTANCE:DC 1 kohm.**

Краткая форма: **CONF:RES 100.**

9) **CONFigure:RESistance[:AC] <Resistance>[,<Freq>]**

Включение режима воспроизведения сопротивления переменному току и установка величины сопротивления и частоты. Поскольку воспроизводимая величина сопротивления может иметь только определённые дискретные значения, то указанное в команде числовое значение будет заменено ближайшим дискретным значением.

Если калибратор не сможет установить заданную в команде величину – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая сопротивлению или частоте размерность величины – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Примеры использования:

Полная форма: **CONFIGURE:RESISTANCE:AC 1,1000 Hz.**

Краткая форма: **CONF:RES:AC 100,300.**

10) **[SOURce:]FUNction**

[:SHAPE] {DC | SINusoid}

[:SHAPE]?

Выбор вида воспроизведения: постоянное напряжение, сила тока или сопротивление (параметр DC), либо переменное напряжение, сила тока или сопротивление переменному току (SINusoid).

Если при подаче команды включить вид, не допустимый в текущем режиме воспроизведения — будет зафиксирована ошибка «-221, "Settings conflict"».

Ответ на запрос состояния: DC, SIN.

Примеры использования:

Полная форма: **SOURCE:FUNCTION:SHAPE DC.**

Краткая форма: **FUNC SIN.**

11) **[SOURce:][FUNction:]**

MODE {VOLTage | CURRent | RESistance}

MODE?

Включение режима воспроизведения напряжения, силы тока, либо сопротивления соответственно указанному параметру.

Возможные ответы на запрос состояния: **VOLTAGE** – режим воспроизведения напряжения; **CURRENT** – силы тока; **RESISTANCE** – сопротивления.

Примеры использования:

Полная форма: **SOURCE:FUNCTION:MODE VOLTAGE**.

Краткая форма: **MODE CURR**.

12) [SOURCE:] VOLTage | CURRent | RESistance [:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude] [:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]?

Установить величину напряжения, силы тока или сопротивления. При необходимости прибор переключится в соответствующий режим воспроизведения. Например, при подаче команды «**SOURCE:CURRENT 1 A**» в режиме воспроизведения напряжения, прибор переключится в режим воспроизведения силы тока.

Если в текущем режиме калибратор не сможет установить заданную в команде величину – зафиксируется ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая команде размерность величины (например «мА» для команды «**RESistance**») – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Ответ на запрос величины – текущее значение, в научном формате, соответственно поданной команде в вольтах, амперах или омах.

Примеры использования:

Полная форма:

SOURCE:RESISTANCE:LEVEL:IMMEDIATE:AMPLITUDE 5 V.

Краткая форма: **CURR 1**.

13) [SOURCE:]CURRent: RANGe <value> RANGe? RANGe:AUTO {ON | 1} RANGe:AUTO?

Изменение предела воспроизведения силы тока. Во всех режимах работы, за исключением режима воспроизведения силы тока, прибор всегда использует автоматический выбор предела воспроизведения.

Однако, в режимах воспроизведения силы тока для пределе воспроизведения 30 А используются отдельные выходные клеммы, что требует изменения измерительной схемы, поэтому необходима возможность включить и зафиксировать предел 30 А.

Таким образом, команда «**SOURCE:CURRENT:RANGE30**» включает режим воспроизведения силы тока (предел 30 А), команда «**SOURCE:CURRENT:RANGE:AUTO ON**» включает обычный режим работы – автоматический выбор предела до 2 А.

Если указана не соответствующая силе тока размерность величины – зафиксируется ошибка «-131, "Invalid suffix"».

14) [SOURCE:]FREQuency: [CW | FIXed] <value> [CW | FIXed]?

Установка частоты воспроизведения. Если команда не применима для текущего режима работы, либо прибор не может выставить требуемое значение частоты, то будет зафиксирована ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если указана не соответствующая команде размерность величины, то зафиксирована ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Ответ на запрос величины – текущее значение частоты, в научном формате, в герцах.

Примеры использования:

Полная форма: **SOURCE:FREQUENCY:CW 1.5 KHZ.**

Краткая форма: **FREQ 440.**

15) [SOURce:]

TEMPerature <value>

TEMPerature?

Установка температуры в режиме имитации сигналов термопар. Температура задается в градусах по шкале Цельсия, Фаренгейта (размерность FAR) или в кельвинах (размерность K). Если в текущем режиме калибратор не сможет установить заданную в команде величину, то зафиксирована ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если не включен режим имитации сигналов термопар — зафиксирована ошибка «-221, "Settings conflict"».

Ответ на запрос величины – текущее значение температуры, в научном формате, в градусах Цельсия.

Примеры использования:

Полная форма: **SOURCE:TEMPERATURE 100.**

Краткая форма: **TEMP 32 FAR.**

16) [SOURce:]

TEMPerature[:TCouple]:RJUNction[:VALue]<value>

TEMPerature[:TCouple]:RJUNction[:VALue]?

Установка температуры холодного спая в режиме имитации сигналов термопар. Температура задается в градусах по шкале Цельсия, Фаренгейта или в кельвинах.

Если в текущем режиме калибратор не сможет установить заданную в команде величину, то зафиксирована ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если не включен режим имитации сигналов термопар, то зафиксирована ошибка «-221, "Settings conflict"».

Если указана не соответствующая команде размерность величины, то зафиксирована ошибка «-131, "Invalid suffix"».

Ответ на запрос величины – текущее значение температуры холодного спая, в научном формате, в градусах Цельсия.

Примеры использования:

Полная форма:

SOURCE:TEMPERATURE:TCOUPLE:RJUNCTION:VALUE 25.

Краткая форма: **TEMP:RJUN 298.15 K.**

17) [SOURce:]MANIPulation:

[STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}

[STATe]?

Управление режимом установки дополнительных функций – команда включает (ON или 1) либо отключает (OFF или 0) режим установки дополнительных функций.

Ответ на запрос состояния – 0 или 1.

Примеры использования:

Полная форма: **SOURCE:MANIPULATION:STATE ON.**

Краткая форма: **MANIP OFF.**

18) [SOURCE:]MANIPulation:

**MODE TC, { R | S | B | J | T | E | K | N | A1 | A2 | A3 | L | M }
MODE?**

Выбор дополнительной функции — имитация сигналов термопар. Тип термопары задается вторым параметром команды.

Если указано не допустимое значение параметра, то зафиксировается ошибка «-224, "Illegal parameter value"».

Если заданную в команде дополнительную функцию установить невозможно в текущем режиме работы — зафиксировается ошибка «-221, "Settings conflict"».

Ответ на запрос состояния дополнительной функции, например: «TC,R».

Примеры использования:

Полная форма: **SOURCE:MANIPULATION:MODE TC,S.**

Краткая форма: **MANIP:MODE TC,B.**

19) SYSTem:VERSion?

Запрос версии SCPI. Ответ на запрос: 1999.0.

20) SYSTem:LOCal

Отключение режима дистанционного управления, переход к локальному управлению прибором с передней панели. Отключить дистанционное управление так же можно, нажав кнопку «Меню» на передней панели.

21) SYSTem:REMOte

Включение режима дистанционного управления. Блокируется локальное управление с передней панели прибора.

22) SYSTem:ERRor:COUNT?

Запрос количества не прочитанных ошибок.

23) [SYSTem:]ERRor[:NEXT]?

Запрос ошибок обработки команд. Если при выполнении команд были зафиксированы ошибки, прибор выдаст код последней не прочитанной ошибки. Если не было зафиксировано ошибок, либо прочитаны все ошибки – прибор выдаст «0, "No error"». Перечень возможных ошибок приведен в таблице А.2.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:ERROR:NEXT?**

Краткая форма: **ERR?**

Таблица А.2 – Перечень ошибок

Ошибка	Описание
0, "No error"	Нет ошибок
-101, "Invalid character"	В команде обнаружен недопустимый символ
-103, "Invalid separator"	Неверный разделитель
-104, "Data type error"	Неверный тип данных
-108, "Parameter not allowed"	Недопустимый параметр
-109, "Missing parameter"	Отсутствует обязательный параметр
-113, "Undefined header"	Неизвестная команда
-131, "Invalid suffix"	Неверная размерность данных
-138, "Suffix not allowed"	Размерность данных неприменима
-151, "Invalid string data"	Ошибочные текстовые данные
-170, "Expression error"	Ошибка выражения
-171, "Invalid expression"	Ошибочное выражение
-200, "Execution error"	Ошибка выполнения
-203, "Command protected"	Режим калибровки не разрешен
-221, "Settings conflict"	Конфликт установок
-224, "Illegal parameter value"	Недопустимое значение параметра
-250, "Mass storage error"	Ошибка доступа к карте памяти прибора
-310, "System error"	Системная ошибка
-350, "Queue overflow"	Чрезмерное количество ошибок
-360, "Communication error"	Ошибка обмена данными по интерфейсу
-363, "Input buffer overrun"	Переполнение входного буфера

24) [SYSTEM:]

KLOCK {ON | OFF} | {1 | 0}

KLOCK?

Управление блокировкой клавиатуры прибора. Значение параметра ON или 1 — клавиатура заблокирована, OFF или 0 — клавиатура разблокирована. Не рекомендуется разблокировать клавиатуру во время дистанционного или автономного управления, поскольку вмешательство оператора может привести к непредсказуемым последствиям.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:KLOCK ON**

Краткая форма: **KLOCK 0**

25) [SYSTEM:][COMMunicate:][SERial:][TRANsmit:]

BAUD<value>

BAUD?

Устанавливает скорость обмена по порту RS-232.

Ответ на запрос — текущая скорость обмена.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:COMMUNICATE:SERIAL:TRANSMIT:BAUD 9600**

Краткая форма: **BAUD 19200**

26) [SYSTem:][COMMunicate:]SERial:TRANsmit (param)

Послать строку, сформированную из параметров (param) по интерфейсу RS-232. Формирование строки будет рассмотрено ниже.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:COMMUNICATE:SERIAL:TRANSMIT "Hello, World!"**

Краткая форма: **SER:TRAN '123\0D\0A'**

27) [SYSTem:][COMMunicate:]SOCKet#:

ADDRes «value»

ADDRes?

Задать IP-адрес сокету номер #. Тип сокета — клиент. Всего можно использовать до 5-ти сокетов одновременно, номера сокетов от 0 до 4. Ответ на запрос — IP-адрес запрашиваемого сокета.

Примеры использования:

Полная форма:

SYSTEM:COMMUNICATE:SOCKET0:ADDRESS"192.168.0.1"

Краткая форма: **SOCK0:ADDR "192.168.0.1"**

28) [SYSTem:][COMMunicate:]SOCKet#:

PORT<value>

PORT?

Задать номер порта сокету номер #. Допустимый диапазон портов — от 0 до 65535. Ответ на запрос — номер порта запрашиваемого сокета.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:COMMUNICATE:SOCKET0:PORT 5025**

Краткая форма: **SOCK0:PORT 5025**

29) [SYSTem:][COMMunicate:]SOCKet#:

CONNect

CONNect?

Выполнить подключение сокета номер # к удаленному серверу. При невозможности создать сокет и выполнить подключение зафиксировается ошибка - 360, "Communication error". Если команда выполняется в автономном режиме, дальнейшее выполнение скрипта SCPI приостанавливается и ожидается установка соединения в течение одной секунды. Если за 1 секунду соединение установить не удалось, на экран прибора выводится соответствующее сообщение, и пользователь может выбрать, проигнорировать ошибку и продолжить выполнение скрипта, либо прервать и вернуться в локальный режим работы.

Ответ на запрос: 0 — сокет не подключен, 1 — соединение установлено.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:COMMUNICATE:SOCKET0:CONNECT**

Краткая форма: **SOCK0:CONN**

30) [SYSTem:][COMMunicate:]SOCKet#:DISConnect

Отключить сокет номер # от удаленного сервера.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:COMMUNICATE:SOCKET1:DISCONNECT**

Краткая форма: **SOCK1:DISC**

31) [SYSTem:][COMMunicate:]SOCKEt#:TRANsmit (param)

Послать строку, сформированную из параметров (param) по сокету номер #. Формирование строки будет рассмотрено ниже. Если произошла ошибка передачи данных — зафиксированная ошибка -360, "Communication error"

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:COMMUNICATE:SOCKET2:TRANSMIT'Abc'**

Краткая форма: **SOCK2:TRAN "1"**

32) DISPlay:[WINDow:]TEXT (param)

Вывести на экран окно с сообщением, сформированным из параметров (param). При наличии в строке последовательности из трех символов \0A (интерпретатор команды заменит последовательность символом с кодом 0Ah – управляющий символ ASCII “перевод строки”) выводимое сообщение будет разделено на строки, например сообщение "ABC\0A123" будет отображено в две строки:

ABC

123.

Более подробно формирование сообщения будет рассмотрено ниже.

Примеры использования:

Полная форма: **DISPLAY:WINDOW:TEXT "1"**

Краткая форма: **DISP:TEXT 'Подключите мультиметр "34460A"\0Ак клеммам U.'**

33) CONTRol#

[:STATe] {ON | OFF} | {1 | 0}

[:STATe]?

Перевести состояние управляющего выхода номер # в состояние 0 или 1. Нумерация выходов от 0 до 7.

Ответ на запрос состояния — 0 или 1, в зависимости от текущего состояния запрашиваемого выхода.

Примеры использования:

Полная форма: **CONTROL0:STATE 1**

Краткая форма: **CONTR5 OFF**

34) CONTROLS

[:STATe] <value>

[:STATe]?

Перевести все управляющие выходы в состояние, соответствующее значению value. Здесь value – целое число от 0 до 255, нулевой бит соответствует выходу 0, 7-й бит соответствует выходу 7. Например, значение value=10 включит выходы 1 и 3, все остальные выключит.

Ответ на запрос состояния — число от 0 до 255, в зависимости от текущего состояния выходов.

Примеры использования:

Полная форма: **CONTROLS:STATE 85**

Краткая форма: **CONTROLS 0**

35) MMEMory:NAME (param)

Задать имя файла для записи, имя файла формируется из параметров (param). Формирование строки будет рассмотрено ниже. Файл создается в каталоге RESULTS

на встроенной карте памяти прибора. Если файл с указанным именем существует — он будет перезаписан. В случае, если создать файл с указанным именем не удалось, будет зафиксирована ошибка -250, "Mass storage error". Одновременно может быть использован только один файл. В связи с неполной поддержкой прибором различных языков и символов, в имени файла следует использовать только буквы латинского алфавита и цифры.

Примеры использования:

Полная форма: **MMEMORY:NAME "File1.txt"**

Краткая форма: **MMEM:NAME "File2.txt"**

36) [MMEMory:]

WRITE (param)

WRITELN (param)

Записать в заданный файл строку, сформированную из параметров (param). Формирование строки будет рассмотрено ниже. Если запись произвести не удалось, будет зафиксирована ошибка - 250, "Mass storage error".

Отличие команды **WRITELN** в том, что при записи строки в файл будет добавлена последовательность символов с кодами 0Dh, 0Ah — маркер конца строки.

Примеры использования:

Полная форма: **MMEMORY:WRITE "1.0001 B"**

Краткая форма: **WRITE "1.0001 B"**

37) CALibration {VOLTage | VOLTageHI | CURRent | PHASe | RE-Sistance},<value>

Инициализация калибровки, номер шага калибровки – <value>. Номер шага соответствует нумерации в меню калибровок.

В случае, если тумблер на задней панели прибора находится в положении «калибровка запрещена», вход в калибровку не выполняется, и зафиксировается ошибка - 203, "Command protected".

Если задан недопустимый номер шага калибровки — зафиксировается ошибка - 224, "Illegal parameter value"

Примеры использования:

Полная форма: **CALIBRATION VOLTAGE,1**

Краткая форма: **CAL CURR,2**

38) CALibration:VALue <value>

Ввод калибровочного значения для текущего шага калибровки.

Примеры использования:

Полная форма: **CALIBRATION:VALUE 1.0001**

Краткая форма: **CAL:VAL 1.0001**

39) CALibration:STATe OFF | 0

Завершение текущего шага калибровки.

Примеры использования:

Полная форма: **CALIBRATION:STATE OFF**

Краткая форма: **CAL:STAT 0**

40) CALibration:SAVE

Сохранение калибровочных данных в энергонезависимую память. Операция длится несколько секунд.

Примеры использования:

Полная форма: **CALIBRATION:SAVE**

Краткая форма: **CAL:SAVE**

Команды, доступные только в автономном режиме:

41) MMEMory:NAME:ASK [(param)]

Запросить у пользователя имя файла для записи. Начальное имя файла формируется из параметров (param). При выполнении команды на индикаторе прибора отобразится экранная клавиатура и предложение ввести имя файла.

Если файл с введенным именем существует, прибор выдаст соответствующее сообщение, и предложит варианты: перезаписать файл, изменить имя, либо завершить выполнение скрипта SCPI и вернуться в локальный режим. Расположение файла, правила формирования имен и фиксируемые ошибки аналогичны команде **MMEMory:NAME**.

Примеры использования:

Полная форма: **MMEMORY:NAME:ASK "File1.txt"**

Краткая форма: **MMEM:NAME:ASK**

42) [SYSTem]:WAIT

Ожидание действий пользователя. Управление прибором передается пользователю. Пользователь может производить любые действия, например отредактировать установленную величину. Для продолжения выполнения скрипта SCPI пользователю следует нажать кнопку «**Меню**», и выбрать соответствующий пункт в появившемся меню.

Примеры использования:

Полная форма: **SYSTEM:WAIT**

Краткая форма: **WAIT**

43) PAUSE<value>

Приостановить выполнение скрипта SCPI на указанное в <value> время. По умолчанию размерность — секунда. Разрешающая способность счетчика времени — 1 мс. Максимальное время паузы — 1 ч.

Пример использования: **PAUSE 100 ms**

44) STEP text

Метка шага в скрипте. Служит для обозначения места в скрипте, к которому возможен переход из меню управления выполнением скрипта. Текст, указанный в команде, будет отображаться в меню. Допустимо указывать текст без кавычек, однако в случае наличия в строке недопустимых для команд SCPI символов (например символ «=») будет зафиксирована ошибка -101, "Invalid character". По этой причине лучше обрамлять текст в кавычки. При выполнении скрипта команда игнорируется. В скрипте допускается до 99 шагов.

Пример использования: **STEP "1 В, 10 кГц"**

45) REM text

Комментарий в скрипте SCPI. Текст, следующий за REM, игнорируется.

А.3 ФОРМИРОВАНИЕ СТРОКИ ИЗ ПАРАМЕТРОВ (PARAM)

Все команды, имеющие в описании параметр (param), воспринимают несколько параметров, разделенных запятой, и формируют из них строку для дальнейших действий. В качестве параметров могут выступать:

- любые текстовые строки, заключенные в одинарные или двойные кавычки, например "Мама мыла раму" или 'Мама мыла раму'. В случае, если текст внутри параметра необходимо заключить в кавычки, следует использовать разные типы кавычек: 'Нажмите кнопку "ОК" для продолжения';

- служебные слова: VOLTage, CURRent, RESistance, FREQuency, DATE, TIME, SERial, SOCKet0, SOCKet1, SOCKet2, SOCKet3, SOCKet4. При анализе параметров эти служебные слова будут заменены значением соответствующего параметра: VOLTage — напряжение, CURRent — сила тока, RESistance — сопротивление, FREQuency — частота, DATE — текущая дата, TIME — текущее время (при использовании TIME для формирования имени файла символ двоеточия «:», запрещенный для имен файлов, будет заменен на пробел « »), SERial — последняя полученная по интерфейсу RS-232 строка, SOCKet0...SOCKet4 — последняя полученная по соответствующему сокету строка. Принятой строкой считается последовательность символов, завершающаяся одним из символов с кодом 0Dh (CR), 0Ah (LF), либо последовательность символов с кодами 0Dh 0Ah (CR LF), сами символы 0Dh 0Ah в строку не включаются.

Существует возможность вставить непечатаемые ASCII-символы в формируемую строку, для этого необходимо использовать обратную косую черту, и затем указать шестнадцатеричный код символа, например, \0D или \0A. Необходимо осторожно использовать обратную косую черту в обычном применении, как обычный символ, так как если после неё в строке окажется пара символов, формирующих шестнадцатеричное число, эти три символа заменятся одним. Самый безопасный способ — указывать вместо черты её код: \5C.

Например, предположим, что к прибору по интерфейсу RS-232 подключен мультиметр, управляемый с помощью команд SCPI, а разделителем команд служит последовательность 0Dh 0Ah. Сформируем управляющую команду для включения нужного предела и передадим её командой:

SERIAL:TRANSMIT "CONF:VOLT:RANGE ",VOLT," V\0D\0A"

При обработке этой команды интерпретатор заменит служебное слово "VOLT" установленным значением напряжения, а строку из шести символов "\0D\0A" заменит на два символа с соответствующими кодами 0Dh 0Ah. Если текущее установленное напряжение 1 В, то по интерфейсу RS-232 будет передана команда:

**CONF:VOLT:RANGE 1.000000
V 0D 0A**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

АВТОНОМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Управление прибором возможно путем выполнения последовательностей SCPI-команд, записанных в файл управляющей программы. Такие управляющие программы (скрипты SCPI) представляют собой текстовые файлы с расширением «.scr», содержащие в себе строки с управляющими SCPI-командами. Эти программы записываются на встроенный накопитель прибора в каталог SCPI. Работа прибора под управлением таких программ называется режимом автономного управления.

Включение режима автономного управления осуществляется запуском выполнения управляющей программы, путем выбора пункта меню «Автономное управление/Выполнить скрипт». О включенном режиме автономного управления говорит соответствующая надпись на экране прибора на голубом либо зеленом фоне. Надпись на голубом фоне выводится, если прибор выполняет команды и органы управления заблокированы. Зеленый фон появляется при выполнении команды WAIT, когда работа скрипта приостанавливается, прибор разблокирует органы управления и ожидает действий оператора.

Создавать управляющие программы можно двумя способами:

- создать файл с необходимым набором команд на компьютере и записать его на встроенный накопитель прибора — данный метод позволяет создавать скрипты, используя весь функционал системы команд;

- создать программу непосредственно на приборе — способ позволяет создавать простые скрипты путем записи текущего состояния прибора в файл.

Создание скрипта на приборе производится следующим образом.

Необходимо выбрать пункт меню «Автономное управление / Записать скрипт», прибор предложит ввести имя файла создаваемой управляющей программы. Следует ввести имя файла, пользуясь клавиатурой прибора или экранной клавиатурой, избегая запрещенных для имен файлов символов `/*?<>|+%!@"\`, после чего нажать кнопку "Ввод". Расширение файла «.scr» допускается не вводить, прибор добавит его в случае необходимости. Если файл с указанным именем существует, будет предложен один из вариантов: перезаписать файл либо вернуться к вводу имени файла. Если же введено корректное и уникальное имя файла — прибор войдет в режим записи скрипта, о чем будет свидетельствовать на экране прибора соответствующая надпись на желтом фоне.

Теперь необходимо устанавливать органами управления нужные состояния прибора и сопровождать их выполнением пункта меню «Записать состояние в скрипт». Когда все требуемые точки будут записаны в файл скрипта, необходимо выбрать пункт меню «Завершить запись», после чего прибор перейдет в обычный режим работы.

При записи текущего состояния прибора в файл сначала записывается команда STEP с краткой информацией о текущем состоянии прибора, затем следуют команды установки параметров, в завершении записывается команда WAIT. Таким образом, записанный этим методом скрипт будет состоять из последовательности «шагов», устанавливающих нужные режимы и параметры, затем ожидающих действий пользователя.

Как указывалось выше, запуск выполнения управляющей программы производится выбором пункта меню «Автономное управление/Выполнить скрипт». На индикатор прибора будет выведен список доступных программ. Необходимо выбрать нужный скрипт и нажать кнопку «Ввод».

Если управляющая программа содержит команды STEP, будет выведен список «шагов», необходимо выбрать нужный и запустить скрипт.

Прибор начнет поочередно считывать из файла скрипта команды и выполнять их. Типичная программа поверки многофункционального средства измерений — большое количество точек измерения, следующих друг за другом. Простейший вариант скрипта — команды установки нужных значений параметров для текущей точки программы поверки — позволит значительно ускорить работу поверителя, поскольку не нужно будет нажимать большое количество кнопок для введения значений. Однако функционал системы команд гораздо шире, и позволяет сохранять результаты в файл, а также управлять внешними устройствами, например включать нужные режимы у поверяемого мультиметра.

Рассмотрим работу идущего в комплекте с прибором скрипта Demo.scr. В данном демонстрационном скрипте показан пример определения погрешности измерения мультиметра В7-64/3 в двух точках с применением следующих режимов управления:

- 1) автоматизированный с ручным вводом показаний измерителя;
- 2) автоматический - считывание результатов измерения производится командой скрипта по интерфейсной линии.

На первом шаге скрипта определение погрешности в точке 1 В; 1 кГц производится по первому варианту. В соответствии с командами скрипта выполняются следующие действия:

- включение соответствующего режима измерения мультиметра В7-64/3, подключенного к калибратору по интерфейсу RS-232;
- установка режима и параметров воспроизведения калибратора;
- переход в режим ожидания, в течение которого управление калибратором передается оператору;
- оператор либо вводит с клавиатуры калибратора показание мультиметра, либо редактируя уровень выходного напряжения, добивается показаний мультиметра, равных установленному значению напряжения;
- возврат в режим автоматического управления калибратором;
- результаты действий оператора записываются в файл с расширением «.csv».

Формат файла «.csv» выбран не случайно: это текст с разделителями, который отлично открывается и обрабатывается табличными процессорами, такими как MicrosoftExcel или LibreOfficeCalc. Поскольку в файл результатов скрипт записывает «шапку» и дополняет информацию об измерениях допусками погрешностей и формулами для расчетов табличным процессором, на экране Excel мы увидим практически готовый протокол поверки.

На втором шаге, в точке 1 В; 10 кГц, определение погрешности производится по второму варианту: в автоматическом режиме выполняется установка режимов и параметров мультиметра и калибратора, считывание результата измерения мультиметра и запись в файл. Поскольку В7-64/3 выдает результаты измерения в интерфейс самостоятельно без запросов, достаточно просто записать в файл значение параметра SERIAL.

Текст скрипта:

```

ММЕМ:NAME "1.csv"
ММЕМ:WRITELN 'Действительное, ед. изм., "Частота, Гц", Измеренное, Допуск,
Погрешность, В допуске'
SERIAL:BAUD 9600
STEP "1 В 1кГц"
SERIAL:TRANSMIT "8"
MODE VOLT
FREQ 1000
VOLT 1
OUTP 1
ММЕМ:WRITE VOLT, ",B,", FREQ, ", "
WAIT
ММЕМ:WRITELN VOLT, ',0.0015,=A:A-D:D,=ЕСЛИ(ABS(F:F)>E:E;"Нет";"+")'
STEP "1 В 10кГц"
SERIAL:TRANSMIT "8"
MODE VOLT
FREQ 10000
VOLT 1
OUTP 1
PAUSE 10
ММЕМ:WRITELN VOLT, ",B,", FREQ, ',=ЧЗНАЧ(ПСТР(" ",SERIAL,"";2;8);"."),0.0015,=A:A-
D:D, =ЕСЛИ(ABS(F:F)>E:E;"Нет";"+")'
OUTP 0

```

Рассмотрим подробно каждую команду:

Команда	Описание
ММЕМ:NAME "1.csv"	Задание имени файла результата
ММЕМ:WRITELN 'Действительное, ед. изм., "Частота, Гц", Измеренное, Допуск, Погрешность, В допуске'	<p>Запись в файл «шапки». Записываются наименования столбцов таблицы. Стоит обратить внимание на двойные кавычки " внутри строки, обрамляющие "Частота, Гц" — так сделать необходимо для того, чтобы табличный процессор не разбил Частота и Гц на разные столбцы. При этом вся строка заключена в одинарные кавычки - '.</p> <p>Поскольку использована команда WRITELN — следующие запись в файл будут производиться со следующей строки.</p>
SERIAL:BAUD 9600	Устанавливается скорость обмена по последовательному порту RS-232

Команда	Описание
STEP "1 В 1 кГц"	Маркер шага. В меню выбора шагов появится строка «1 В 1 кГц». При выполнении скрипта команда игнорируется.
SERIAL:TRANSMIT "8"	Посылается команда «8» в мультиметр - включается режим измерения переменного напряжения
MODE VOLT	Устанавливается режим воспроизведения напряжения
FREQ 1000	Частота сигнала 1 кГц
VOLT 1	Установить уровень напряжения 1 В
OUTP 1	Подключить выход
MMEM:WRITE VOLT,"В",FREQ,""	Запись в файл текущих установленных значений напряжения, единицы измерения и частоты. Использована команда WRITE (без LN) - следующая запись будет произведена в эту же строку.
WAIT	Ожидание действий оператора. Оператор корректирует значение выходного напряжения, и продолжает выполнение скрипта
MMEM:WRITELN VOLT,'0.0015,=A:A-D:D,=ЕСЛИ(ABS(F:F)>E:E;"Нет";"+")'	Запись в файл откорректированного значения напряжения, так же записываются допуск и формулы для расчета погрешности и принятия решения, в допуске погрешность или нет.
STEP "1 В 10 кГц"	Маркер шага «1 В 10 кГц»
SERIAL:TRANSMIT "8" MODE VOLT FREQ 10000 VOLT 1 OUTP 1	Переключаем мультиметр в режим измерения переменного напряжения, устанавливаем частоту 10 кГц, уровень напряжения 1 В, подключаем выход. Некоторые команды повторяют предыдущий шаг, и, казалось бы, их можно не указывать. Однако из-за наличия команд управления STEP пользователь может запустить второй шаг, не выполнив первый, что приведет к нежелательному поведению прибора.
PAUSE 10	Пауза 10 секунд — ожидание установления показаний.

Команда	Описание
<pre>MMEM:WRITELN VOLT,"В","FREQ;', =ЧЗНАЧ(ПСТР("SERIAL",";2;8);"."), 0.0015,=D:D-A:A, =ЕСЛИ(ABS(F:F)>E:E;"Нет";"+")'</pre>	<p>Запись в файл установленного значения напряжения, единицы измерения, частоты, считанных с мультиметра данных и формул для расчета погрешности.</p> <p>Поскольку В7-64/3 выдает данные об измерении переменного напряжения в формате «A0.000000 V», то на месте параметра SERIAL в файл запишется строка вида «A1.002345V». Для обработки в Excel числового значения, необходимо из строки извлечь 1.002345 и преобразовать в число. Это сделано при помощи функций ПСТР и ЧЗНАЧ. Функция ЧЗНАЧ доступна начиная с версии Excel 2016.</p>
OUTP 0	Отключение выхода — снятие напряжения с выходных клемм

Допустим, на первом шаге скрипта оператор отредактировал значение выходного напряжения, добился показаний мультиметра ровно 1 В, при этом значение на экране калибратора стало 1.0001 В, а на втором шаге считано показание мультиметра, равное 1.002345 В. В этом случае в результате работы скрипта в каталоге RESULTS внутренней карты памяти прибора появится файл «1.csv» следующего содержания: Действительное, ед. изм., "Частота, Гц", Измеренное, Допуск, Погрешность, В допуске

```
1.000000,В,1000.000000,1.000100,0.0015,=A:A-D:D,=ЕСЛИ(ABS(F:F)>E:E;"Нет";"+")
1.000000,В,10000.000000,=ЧЗНАЧ(ПСТР("A1.002345 V";2;8);"."),0.0015,=D:D-
A:A,=ЕСЛИ(ABS(F:F)>E:E;"Нет";"+")
```

Открываем полученный файл в Excel или Calc, в настройках импорта при этом необходимо правильно указать: кодировка файла - кириллица Windows 1251, разделитель столбцов - запятая, ограничитель строк - двойная кавычка ", разделитель дробной части — точка (в Calc для этого требуется выбрать язык «Английский»). Результат - практически готовый протокол поверки, представлен на рисунке Б.1.

A	B	C	D	E	F	G
Действительное	ед. изм.	Частота, Гц	Измеренное	Допуск	Погрешность	В допуске
1	В	1000	1,0001	0,0015	-9,99999999999989E-05	+
1	В	10000	1,002345	0,0015	0,002345	Нет

Рисунок Б.1 — Вид файла «1.csv», открытого в табличном процессоре

Из рисунка видно, что в первой строке абсолютная погрешность рассчитывается по формуле (Б.1).

$$\text{"Погрешность"} = \text{"Действительное"} - \text{"Измеренное"}, \quad (\text{Б.1})$$

где "Действительное" - величина установленного напряжения;

"Измеренное" - значение воспроизводимого напряжения после редактирования.

Стоит отметить, что знак погрешности зависит от того, каким образом оператор внес корректировку: при редактировании выходного напряжения погрешность рассчитывается с правильным знаком, при вводе показаний мультиметра с клавиатуры калибратора знак будет обратным.

Во второй строке погрешность рассчитывается по традиционной формуле (Б.2)

$$\text{"Погрешность"} = \text{"Измеренное"} - \text{"Действительное"}, \quad (\text{Б.2})$$

где *"Действительное"* - величина установленного напряжения;

"Измеренное" - считанные по последовательному порту показания мультиметра в автоматическом режиме управления.

Если погрешность меньше значения, указанного в столбце «Допуск», то в столбце «В допуске» формула ставит пометку «+». Если же погрешность больше допуска, ставится метка «Нет».

Изменив настройки отображения информации, получаем более привычный вид, показанный на рисунке Б.2.

A	B	C	D	E	F	G
Действительное	ед. изм.	Частота, Гц	Измеренное	Допуск	Погрешность	В допуске
1	B	1000	1,0001	0,0015	-0,000100	+
1	B	10000	1,002345	0,0015	0,002345	Нет

Рисунок Б.2 — Измененный вид файла «1.csv»

Остается только сохранить полученные результаты в «родном» для табличного процессора формате.

Во время работы SCPI-скрипта может возникнуть необходимость управлять ходом выполнения скрипта - например, по каким-либо причинам пришлось завершить выполнение скрипта в середине, и теперь нужно продолжить выполнение с середины скрипта. Для возможности управления ходом выполнения скрипта применяется команда «STEP», разбивающая скрипт на «шаги».

Перед запуском скрипта прибор анализирует наличие команд «STEP», при их присутствии в скрипте составляет список из параметров команды «STEP», выводит полученный список в виде меню, предлагая выбор, с какой точки начать выполнение: с начала или с какого-либо другого шага. Для приведенного примера вид меню будет выглядеть так:

Запустить скрипт с:

- 1) С начала
- 2) 1 В 1 кГц
- 3) 1 В 10 кГц
- 4) Отмена

Аналогичное меню появится, если во время выполнения скрипта нажать кнопку «Меню», и выбрать пункт «Завершить текущий шаг и перейти к...» или «Перейти к шагу...». Различие этих пунктов заключается в том, что в первом варианте текущий шаг будет выполняться до команды «STEP», и только после этого осуществится переход к выбранному шагу, а во втором случае переход будет осуществлен сразу после выбора нового шага.

Следует проявлять осторожность как при выборе шагов, так и при выборе метода продолжения выполнения скрипта, т. к. возможно пропустить какие-то необходи-

мые действия, например задание имени выходного файла или запись в файл, из-за чего может нарушиться вся последующая работа SCPi-скрипта.

Так же следует учитывать, что команды задания имени файла не привязаны к скриптам, а действуют глобально, т. е. можно задать имя файла в первом скрипте, завершить его, и выполнять команды записи во втором скрипте. Это может привести к нежелательным последствиям, если в начале второго скрипта назначается другое имя файла, но соответствующая команда была пропущена из-за того, что скрипт запущен не с начала.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)
ФОРМА ПРОТОКОЛОВ ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

№ _____ от « ____ » _____ 20__ г.

Наименование и тип СИ: Калибратор универсальный Н4-57

Регистрационный номер сведений
об утверждённых типах СИ: _____

Год выпуска: _____

Заводской номер: _____

В составе: Усилитель Н4-57,
катушка токовая КТИ-1000/34

Заказчик: _____

Поверено на основании: _____

Условия поверки: _____

температура окружающей среды - _____

относительная влажность воздуха - _____

атмосферное давление - _____

напряжение питающей сети - _____

частота питающей сети - _____

Дата поверки: _____

Средства поверки: _____

1. Внешний осмотр: _____

соответствует / не соответствует п.13.7 методики поверки

2. Проверка программного
обеспечения _____

соответствует / не соответствует п.13.8 методики поверки

3. Опробование: _____

соответствует / не соответствует п.13.9 методики поверки

Проверка выполнения требований электробезопасности

4. Проверка электрической прочности изоляции:

соответствует / не соответствует п.13.10.1. методики поверки

5. Проверка электрического сопротивления изоляции:

соответствует / не соответствует п.13.10.2 методики поверки

6. Проверка электрического сопротивления защитного заземления:

соответствует / не соответствует п.13.10.3 методики поверки

Определение метрологических характеристик

7. Определение коэффициента нелинейных искажений в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока п.13.11.1 методики поверки

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемого уровня	Номинальное значение контролируемой частоты	Значение	
			допустимой величины коэффициента нелинейных искажений К, %, не более	определённой величины коэффициента нелинейных искажений К, %
напряжение переменного тока				
2 В	2 В	10 Гц	0,02	
	2 В	10 кГц	0,02	
	2 В	40 кГц	0,04	
	2 В	100 кГц	0,08	
20 В	15 В	10 Гц	0,02	
	15 В	10 кГц	0,02	
	15 В	40 кГц	0,04	
	15 В	100 кГц	0,08	
200 В	150 В	10 Гц	0,02	
	150 В	10 кГц	0,02	
	150 В	40 кГц	0,05	
	150 В	100 кГц	0,10	
1000 В	700 В	500 Гц	0,03	
	700 В	15 кГц	0,10	
	700 В	30 кГц	0,30	
	500 В	50 кГц	0,50	
сила переменного тока				
2 мА	2,0 мА	190 Гц	0,030	
	2,0 мА	12 кГц	0,120	
20 мА	20,0 мА	190 Гц	0,015	
	20,0 мА	12 кГц	0,060	

Предел воспроизведения	Номинальное значение контролируемого уровня	Номинальное значение контролируемой частоты	Значение	
			допустимой величины коэффициента нелинейных искажений К, %, не более	определённой величины коэффициента нелинейных искажений, К, %
200 мА	200,0 мА	190 Гц	0,020	
	200,0 мА	12 кГц	0,080	
2000 мА	2000 мА	190 Гц	0,030	
	2000 мА	12 кГц	0,120	
30 А	20 А	190 Гц	0,030	
	20 А	12 кГц	0,120	

8. Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока п.13.11.2 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение		
	номинального уровня, В	допустимой погрешности, $\pm \Delta$, мВ	определённой погрешности, Δ , мВ
200 мВ	000,0000	0,0010	
	+200,0000 мВ	0,0050	
	-200,0000 мВ	0,0050	
2 В	+0,300000	0,0085	
	-0,300000	0,0085	
	+0,500000	0,0115	
	+1,000000	0,0190	
	-1,000000	0,0190	
	-1,500000	0,0265	
	+2,000000	0,0340	
20 В	-2,000000	0,0340	
	+3,000000	0,0850	
	-3,000000	0,0850	
	+10,00000	0,1900	
	+20,00000	0,3400	
200 В	-20,00000	0,3400	
	+30,0000	1,1000	
	-30,0000	1,1000	
	+100,0000	2,5000	
	+200,0000	4,5000	
1000 В	-200,0000	4,5000	
	+300,00	12,0000	
	-300,00	12,0000	
	+1000,00	33,0000	
	-1000,00	33,0000	

9. Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока п.13.11.3 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение			
	номинального уровня, В	номинальной частоты	допустимой погрешности, $\pm \Delta$, мВ	определённой погрешности, Δ , мВ
20 мВ	0,10000 мВ	1 кГц	0,004	
		20 Гц	0,010	
	20,00000 мВ	1 кГц	0,010	
		10 кГц	0,010	
		20 кГц	0,010	
		50 кГц	0,018	
		100 кГц	0,030	
		300 кГц	0,080	
		500 кГц	0,110	
		1000 кГц	0,180	
200 мВ	200,0000 мВ	10 Гц	0,018	
		20 Гц	0,018	
		1 кГц	0,018	
		10 кГц	0,018	
		20 кГц	0,018	
		50 кГц	0,044	
		100 кГц	0,088	
		1000 кГц	0,550	
2 В	0,316000	10 Гц	0,020	
		20 Гц	0,020	
		1 кГц	0,020	
		10 кГц	0,020	
		20 кГц	0,020	
		50 кГц	0,041	
		100 кГц	0,051	
		1000 кГц	1,032	
	0,600000	1 кГц	0,032	
	1,000000	1 кГц	0,048	
	2,000000	10 Гц	0,088	
		20 Гц	0,088	
		1 кГц	0,088	
		10 кГц	0,088	
20 кГц		0,088		
50 Гц		0,176		
100 кГц		0,220		
1000 кГц		4,400		
20 В	6,00000	10 Гц	0,32	
		20 Гц	0,32	
		1 кГц	0,32	
		10 кГц	0,32	

Предел воспроизведения	Значение			
	номинального уровня, В	номинальной частоты	допустимой погрешности, $\pm \Delta$, мВ	определённой погрешности, Δ , мВ
20 В	6,00000	20 кГц	0,32	
		50 кГц	0,64	
		100 кГц	0,80	
		1000 кГц	16,00	
	10,00000	1 кГц	0,48	
	20,00000	10 Гц	0,88	
		20 Гц	0,88	
		1 кГц	0,88	
		10 кГц	0,88	
		20 кГц	0,88	
		50 кГц	1,76	
		100 кГц	2,20	
		1000 кГц	44,00	
200 В	60,0000	1 кГц	4,0	
	100,0000	10 Гц	6,0	
		20 Гц	6,0	
		1 кГц	6,0	
		10 кГц	6,0	
		20 кГц	6,0	
		50 кГц	18,0	
		100 кГц	30,0	
	200,0000	10 Гц	11,0	
		20 Гц	11,0	
		1 кГц	11,0	
		10 кГц	11,0	
		20 кГц	11,0	
50 кГц		33,0		
1000 В	200,000	10 Гц	24	
		20 Гц	24	
		1 кГц	24	
		10 кГц	24	
		20 кГц	60	
		50 кГц	300	
	600,000	10 Гц	56	
		20 Гц	56	
		1 кГц	56	
		10 кГц	56	
		20 кГц	140	

10. Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока п.13.11.4 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение		
	номинального уровня, мА	допустимой погрешности, $\pm \Delta$, мкА	определённой погрешности, Δ , мкА
2 мА	+0,100000	0,012	
	+1,000000	0,048	
	+1,900000	0,084	
	-1,900000	0,084	
20 мА	+5,00000	0,28	
	+10,00000	0,48	
	+19,00000	0,84	
	-19,00000	0,84	
200 мА	+50,0000	2,8	
	+100,0000	4,8	
	+190,0000	8,4	
	-190,0000	8,4	
2000 мА	+500,000	35	
	+1000,000	60	
	+1900,000	105	
	-1900,000	105	
30 А	+3,00000 А	0,90 мА	
	+15,00000 А	2,70 мА	
	+30,00000 А	4,95 мА	
	-30,00000 А	4,95 мА	

11. Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока п.13.11.5 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение			
	номинального уровня, мА	номинальной частоты	допустимой погрешности, $\pm \Delta$, мкА	определённой погрешности, Δ , мкА
2 мА	0,500000 мА	200 Гц	0,105	
	1,000000 мА	200 Гц	0,180	
	1,500000 мА	200 Гц	0,255	
	2,000000 мА	1 кГц	0,330	
	2,000000 мА	5 кГц	1,100	
	2,000000 мА	10 кГц	1,100	
20 мА	5,000000 мА	200 Гц	1,05	
	10,000000 мА	200 Гц	1,80	
	15,000000 мА	200 Гц	2,55	
	20,000000 мА	1 кГц	3,30	
	20,000000 мА	5 кГц	11,00	
	20,000000 мА	10 кГц	11,00	
200 мА	50,000000 мА	200 Гц	10,5	
	100,000000 мА	200 Гц	18,0	
	150,000000 мА	200 Гц	25,5	
	200,000000 мА	1 кГц	33,0	
	200,000000 мА	5 кГц	110,0	
	200,000000 мА	10 кГц	110,0	
2000 мА	500,000000 мА	200 Гц	105	
	1000,000000 мА	200 Гц	180	
	1500,000000 мА	200 Гц	255	
	2000,000000 мА	1 кГц	330	
	2000,000000 мА	5 кГц	1100	
	2000,000000 мА	10 кГц	1100	
30 А	3,000000 А	120 Гц	1,8 мА	
	5,000000 А	600 Гц	2,4 мА	
	10,000000 А	1 кГц	3,9 мА	
	15,000000 А	2 кГц	18,0 мА	
	30,000000 А	10,0 кГц	165,0 мА	

12. Определение действительного значения сопротивления резистора постоянному току п.13.11.6 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение сопротивления			
	номинальное	минимально допустимое	максимально допустимое	действительное
0,01 Ом	10,00000 мОм	0,00999 Ом	0,01001 Ом	
1 Ом	1,000000 Ом	0,999500 Ом	1,000500 Ом	
10 Ом	10,00000 Ом	9,99500 Ом	10,00500 Ом	
100 Ом	100,0000 Ом	99,9500 Ом	100,0500 Ом	
1 кОм	1,000000 кОм	0,999500 кОм	1,000500 кОм	
10 кОм	10,00000 кОм	9,99500 кОм	10,00500 кОм	
100 кОм	100,0000 кОм	99,9500 кОм	100,0500 кОм	
1 МОм	1,000000 МОм	0,999500 МОм	1,000500 МОм	
10 МОм	10,00000 МОм	9,99500 МОм	10,00500 МОм	
100 МОм	100,0000 МОм	99,8500 МОм	100,1500 МОм	

13. Определение действительного значения сопротивления резистора переменному току на фиксированных частотах п.13.11.7 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение				
	номинального сопротивления, Ом	номинальной частоты, кГц	действительного сопротивления, Ом	допустимой дополнительной частотной погрешности, $\pm \delta, \%$	определённой дополнительной частотной погрешности, $\delta, \%$
0,01 Ом	10,00000 мОм	0,12		0,100	
		0,19		0,100	
		0,4		0,100	
		0,6		0,100	
		0,8		0,100	
		1		0,100	
		1,5		0,500	
		2		0,500	
		3		0,500	
		5		0,500	
		7		1,000	
		10		1,000	
1 Ом	1,000000	0,19		0,005	
		1		0,005	
		5		0,040	
		10		0,050	
10 Ом	10,00000	0,19		0,005	
		1		0,005	
		5		0,010	
		10		0,020	
100 Ом	100,0000	0,2		0,005	
		1		0,005	
		5		0,010	
		10		0,020	

14. Определение основной относительной погрешности сопротивления резистора постоянному току п.13.11.8 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение			
	номинального сопротивления	действительного сопротивления, предыдущая поверка	действительного сопротивления, настоящая поверка	определённой временной нестабильности сопротивления, $\pm v, \%$
0,01 Ом	10,00000 мОм			
1 Ом	1,000000 Ом			
10 Ом	10,00000 Ом			
100 Ом	100,0000 Ом			
1 кОм	1,000000 кОм			
10 кОм	10,00000 кОм			
100 кОм	100,0000 кОм			
1 МОм	1,000000 МОм			
10 МОм	10,00000 МОм			
100 МОм	100,0000 МОм			

15. Определение основной относительной погрешности сопротивления резистора переменному току на частоте 1 кГц п.13.11.8 методики поверки.

Предел воспроизведения	Значение			
	номинального сопротивления	действительного сопротивления, предыдущая поверка	действительного сопротивления, настоящая поверка	определённой временной нестабильности сопротивления, $\pm v, \%$
0,01 Ом	10,00000 мОм			
1 Ом	1,000000 Ом			
10 Ом	10,00000 Ом			
100 Ом	100,0000 Ом			

16. Определение погрешности воспроизведения частоты п.13.11.9 методики поверки.

Значение			
номинального напряжения	номинальной частоты, кГц	допустимой погрешности $\pm \Delta$, Гц	определённой погрешности, Δ , Гц
10 В	0,1	0,03	
10 В	1	0,3	
10 В	10	3	
10 В	100	30	
10 В	1000	300	

17. Определение параметров катушки токовой п.13.11.10 методики поверки.

Номинальное значение сопротивления катушки при 25 °С, не более	Температура окружающей среды, °С	Измеренное сопротивление, Ом	Сопротивление катушки с поправкой на температуру, Ом
0,035			

Значение			
номинального коэффициента преобразования, А/А	номинальной частоты, Гц	допустимой погрешности, $\pm \Delta$, А/А	определённой погрешности, Δ , А/А
34	60	0,17	
	100	0,34	

Заключение по результатам поверки - _____
годен / не годен

Поверитель: _____
подпись _____ *Ф. И. О*

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)
ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Таблица Г.1

Обозначение документа, на который дана ссылка	Номер раздела, подраздела, пункта, подпункта, перечисления, приложения в котором дана ссылка
ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия	2.1, 9.2.1, 11.1
ГОСТ ИЕС 61010-2014. Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования Часть 1. Общие требования	2.1, 9.2.1, 13.8.5
ГОСТ Р 8.585-2001 Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования	4.7.1, 9.3.8
ТР ТС 004/2011 Технический регламент Таможенного союза. О безопасности низковольтного оборудования	2.1, 9.2.1