

КАЛИБРАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Н4-7
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть 1



11199

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ПРИБОРА	5
1.1 Назначение	5
1.2 Принятые сокращения и условные обозначения	6
1.3 Технические характеристики	6
1.3.1 Основные характеристики	6
1.3.2 Общие технические данные	9
1.4 Состав комплекта прибора	10
1.5 Устройство и работа	11
1.5.1 Общие принципы конструктивного исполнения	11
1.5.2 Общие принципы схмотехнической организации	11
1.6 Средства измерения и принадлежности	12
1.6.1 Общие сведения	12
1.6.2 Меры сопротивления переменного тока	13
1.6.3 Фильтр для контроля нелинейных искажений прибора	13
1.7 Маркировка и пломбирование	14
1.8 Упаковка	14
2 ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ	15
2.1 Меры безопасности при подготовке прибора к эксплуатации	15
2.2 Порядок установки и подготовка к работе	15
3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБОРА	16
3.1 Кнопочная панель прибора. Состав и функциональное назначение кнопок	16
3.2 Работа с кнопочной панелью	17
3.2.1 Предварительная информация	17
3.2.2 Установка режима работы	17
3.2.3 Ввод данных (кнопки наборного поля)	18
3.2.4 Редактирование данных	18
3.2.5 Установка предела воспроизводимого параметра	19
3.2.6 Группа кнопок «Девияция»	19
3.2.7 Индикация погрешности прибора (кнопка «SPEC »)	20
3.2.8 Математическая обработка выходного параметра	20
3.2.9 Ограничение уровня воспроизводимых напряжений или силы тока. Установка адреса КОП (кнопка «LIMIT»)	21
3.2.10 Отключение (включение) выходных гнезд прибора (кнопка «OUTPUT OFF»)	21
3.3 Органы присоединения	22
3.3.1 Общие указания	22
3.3.2 Особенности подключения калибратора сопротивлений	22
3.3.3 Особенности подключения калибратора напряжения	22
3.3.4 Особенности подключения калибратора силы тока	24
3.3.5 Использование защитного экрана	26
3.3.6 Оценка влияния нагрузки на погрешность прибора	27
3.3.7 Использование последовательного интерфейса	28
3.3.8 Использование интерфейса КОП	29
3.3.9 Использование калибратора для измерения переменного напряжения (тока)	29
3.4 Порядок работы	30
3.4.1 Подготовка к работе	30
3.4.2 Использование режимов математической обработки	30
3.4.3 Режим девиации выходного напряжения или силы тока	31
3.4.4 Работа с усилителем напряжения	31

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	31
4.1 Общие указания	31
4.2 Перечень и периодичность калибровочных работ	32
4.3 Калибровка нуля	32
4.4 Калибровка опорного напряжения постоянного тока	33
4.5 Калибровка линейности характеристики	33
4.6 Калибровка пределов напряжения постоянного тока	35
4.7 Калибровка приборов в режимах воспроизведения силы постоянного и переменного тока, сопротивлений	36
4.8 Калибровка прибора в режиме воспроизведения напряжения переменного тока	36
4.9 Методика поверки	38
4.9.1 Общие сведения	38
4.9.2 Операции и средства поверки	38
4.9.3 Требования к квалификации поверителей	40
4.9.4 Требования безопасности при поверке	41
4.9.5 Условия поверки и подготовка к ней	41
4.9.6 Внешний осмотр	41
4.9.7 Опробование	42
4.9.8 Определение погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока	42
4.9.9 Определение погрешности воспроизведения напряжения переменного тока	43
4.9.10 Определение погрешности воспроизведения сопротивлений	48
4.9.11 Определение погрешности воспроизведения силы постоянного тока	50
4.9.12 Определение погрешности воспроизведения силы переменного тока	51
4.9.13 Проверка коэффициента гармоник калибратора напряжения	53
4.9.14 Проверка коэффициента гармоник калибратора силы тока	55
4.9.15 Проверка возможности установки частоты	56
4.9.16 Оформление результатов поверки	56
5 ХРАНЕНИЕ	57
6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	57
7 УТИЛИЗАЦИЯ	57
7.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	57
7.2 Мероприятия по подготовке к утилизации	57
Приложение А. Фильтр	58
Приложение Б. Расшифровка информационных диагностических сообщений, выдаваемых на индикатор калибратора Н4-7	63
Руководство по эксплуатации. Часть 2	
Руководство по эксплуатации. Часть 3	

ВНЕШНИЙ ВИД КАЛИБРАТОРА УНИВЕРСАЛЬНОГО Н4-7 и
УСИЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ



Руководство по эксплуатации калибратора универсального Н4-7 предназначено для изучения прибора, его характеристик, а также правил эксплуатации и применения с целью правильного обращения с прибором при эксплуатации и ремонте.

Руководство выполнено в виде трех частей. Во второй и третьей частях приведены описания конструкции, электрических схем и указания по текущему ремонту прибора Н4-7 (часть 2) и усилителя напряжения (часть 3).

Сервисные возможности прибора Н4-7 расширяются, если его дополнить усилителем напряжения и преобразователем напряжение-ток Я9-44. Первый из них расширяет диапазон воспроизводимых напряжений с 200 до 1000 В (для переменного напряжения со 140 до 700 В – эффективные значения), а второй – диапазон воспроизводимых токов с 2 до 30 А.

Индикация устанавливаемых переменных напряжений и токов осуществляется в среднеквадратических (эффективных) значениях.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ПРИБОРА

1.1 Назначение

1.1.1 Универсальный калибратор Н4-7 представляет собой многофункциональный быстродействующий и точный прибор, предназначенный для поверки, калибровки и исследований широкой номенклатурной группы приборов и устройств, как в составе автоматизированных систем, так и автономно.

1.1.2 В режимах ручного, дистанционного, автоматического и программного управления прибор обеспечивает:

- воспроизведение напряжений постоянного тока;
- воспроизведение напряжений переменного тока синусоидальной формы;
- воспроизведение силы постоянного тока;
- воспроизведение силы переменного тока синусоидальной формы;
- воспроизведение сопротивлений постоянному току;
- математические операции масштабирования " $x \cdot c$ " (умножение установленного значения параметра на константу " c ") и сдвига " $x - d$ " (вычитание константы " d ");
- воспроизведение отклонений, в том числе и в процентах, от установленного значения воспроизводимого параметра;
- установку ограничений по максимуму и (или) минимуму воспроизводимой величины с возможностью индикации по вызову ограничивающих значений и отключения от внешней схемы при выходе за установленные ограничения;
- агрегатирование в автоматизированные системы и комплексы многоцелевого назначения на основе приборного интерфейса последовательного типа RS-232C (СТЫК С2) и параллельного типа IEEE 488 (КОП).

1.1.3 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность окружающего воздуха 30 – 80 %;
- атмосферное давление 84 - 106 (630 - 795) кПа (мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети (220 ± 22) В, частота промышленной сети 47- 63 Гц.

1.1.4 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха 5 - 40 $^\circ\text{C}$;
- относительная влажность окружающего воздуха 80 % при температуре до 30 $^\circ\text{C}$;
- напряжение питающей сети (220 ± 22) В, частота промышленной сети 47 - 63 Гц.

1.2 Принятые сокращения и условные обозначения

1.2.1 В последующем тексте приняты следующие сокращения (обозначения) составных частей прибора и терминов:

- АВП - автоматический выбор пределов;
- АРУ - автоматическая регулировка усиления;
- ИКТ - источник калиброванных токов;
- ИОН - источник опорного напряжения;
- ИСП - исполнительная секция прибора;
- ОЗУ - оперативное запоминающее устройство;
- ОУ - операционный усилитель;
- ОЭВМ - однокристалльная ЭВМ;
- ПЗУ - постоянное запоминающее устройство;
- СКЗ - среднеквадратичное значение;
- СВЗ – средневывпрямленное значение;
- ТКС - температурный коэффициент сопротивления;
- УСП - управляющая секция прибора;
- U, I, R - значение установленной на выходе величины напряжения, силы тока или сопротивления соответственно;
- U_n , I_n - предельное значение напряжения или силы тока для установленного предела (соответствует наименованию предела);
- ppm - миллионная часть (10^{-6});
- U_o - опорное напряжение;
- U_{\sim} - напряжение переменного тока;
- U_{-} - напряжение постоянного тока;
- K_г - коэффициент гармоник;
- I_n – максимальный ток нагрузки;
- ВЧ – высокая частота, НЧ – низкая частота.

1.3 Технические характеристики

1.3.1 Основные характеристики

1.3.1.1 Прибор (в том числе и с усилителем напряжения) обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм по истечении времени установления рабочего режима, равного 2 ч.

1.3.1.2 Основные характеристики прибора в режимах воспроизведения напряжений и силы постоянного и переменного тока, а также сопротивлений приведены в таблицах 1.1 - 1.6. Формат представления числовой информации - 6,5 десятичных разрядов.

Таблица 1.1 - **Воспроизведение напряжения постоянного тока**

Диапазон 0 - 200 В. Расширяется усилителем напряжения до 1000 В

Предел U_n	Предел допускаемой основной погрешности, $\pm(\% \text{ от } U + \% \text{ от } U_n)$			Выходное сопротив- ление, Ом	Максима- льный ток нагрузки, I_n
	90 дней, (23 ± 1) °C	1 год, (23 ± 5) °C	3 года, (23 ± 5) °C		
0,2 В	0,001 +0,0004	0,002+0,0005	0,004+0,0008	50	-
2 В	0,001 +0,00015	0,002+0,00025	0,004+0,0005	0,0003	30 мА
20 В	0,0008+0,00008	0,002 +0,00015	0,0035+0,0003	0,0005	30 мА
200 В	0,0012+0,00012	0,0025+0,00025	0,005+0,0005	0,01	10 мА
1000 В	0,0015+0,00015	0,0035+0,0004	0,006+0,0006	1	10 мА

Таблица 1.2 - **Воспроизведение напряжения переменного тока**

Диапазон 0 - 140 В. Расширяется усилителем напряжения до 700 В

Частотные диапазоны

- 0,1 Гц – 1 МГц до 20 В;

- 0,1 Гц – 20 кГц до 500 В;

- 0,1 Гц – 100 кГц до 100 В;

- 0,1 Гц – 10 кГц до 700 В

- 0,1 Гц – 30 кГц до 300 В;

Предел Уп, В	Частотный диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, $\pm(\% \text{ от } U + \% \text{ от } U_p)$		Суточная не- стабильность $\pm(\% \text{ от } U + \% \text{ от } U_p), \pm 1^\circ \text{C}$	Выход- ное со- проти- вление, Ом, не более	Погреш- ность от емкост- ной на- грузки, % от U, не более*	Кг, %
		1 год, (23 \pm 5) $^\circ \text{C}$	3 года, (23 \pm 5) $^\circ \text{C}$				
0,2	0,1 Гц-20 кГц	0,006+0,003	0,009+0,004	0,001 +0,001	50 \pm 0,5	-	0,015
	20 – 50 кГц	0,02 +0,003	0,03 +0,005	0,001 +0,001			0,02
	50 – 100 кГц	0,04 +0,004	0,06 +0,006	0,0015+0,002			0,05
	100 – 300 кГц	0,1 +0,01	0,15 +0,015	0,02 +0,002			0,2
	300 –1000 кГц	0,25 +0,025	0,3 +0,03	0,1 +0,01			1
2	0,1 Гц-20 кГц	0,005+0,0005	0,01 +0,001	0,001 +0,0002	0,001	0,0015	0,015
	20 - 50 кГц	0,008+0,0008	0,012+0,0012	0,0015+0,0002	0,002	0,005	0,02
	50 - 100 кГц	0,01 +0,001	0,018+0,0018	0,0015+0,0002	0,003	0,02	0,05
	100 - 300 кГц	0,04 +0,004	0,06 +0,006	0,005 +0,0005	0,03	0,06	0,2
	300 - 500 кГц	0,1 +0,01	0,15 +0,015	0,02 +0,002	0,06	0,15	0,3
20	500 -1000 кГц	0,25 +0,025	0,3 +0,03	0,1 +0,01	0,3	0,4	1
	0,1 Гц-20кГц	0,004+0,0004	0,008+0,0008	0,001 +0,0001	0,01	0,001	0,015
	20 - 50 кГц	0,008+0,0008	0,012+0,0012	0,0015+0,00015	0,02	0,005	0,02
	50 - 100 кГц	0,01 +0,001	0,018+0,0018	0,0015+0,00015	0,03	0,015	0,05
	100- 300 кГц	0,04 +0,004	0,06 +0,006	0,005 +0,0005	0,3	0,05	0,2
200	300- 500 кГц	0,1 +0,01	0,15 +0,015	0,02 +0,002	0,6	0,15	0,3
	500-1000кГц	0,25 +0,025	0,3 +0,03	0,1 +0,01	3,0	0,4	1
	0,1 Гц-20кГц	0,005+0,0005	0,01 +0,001	0,0015+0,00015	1	0,003	0,03
	20 - 50 кГц	0,015+0,0015	0,025+0,0025	0,003 +0,0003	1	0,015	0,05
	50 - 100 кГц	0,025+0,0025	0,035+0,0035	0,005 +0,0005	1	0,06	0,1
1000	0,1 Гц-1 кГц	0,008+0,0008	0,015+0,001	0,0015+0,0001	5	0,003	0,05
	1 –10 кГц	0,008+0,0008	0,015+0,001	0,0015+0,0001	5	0,01	0,05
	10 - 20 кГц	0,015 +0,001	0,025 + 0,002	0,003 +0,0002	5	0,03	0,15
	20 - 30 кГц	0,03 +0,003	0,04 + 0,004	0,005 +0,0002	5	0,03	0,15

* Приведены значения для максимальной емкостной нагрузки

Предельные нагрузочные характеристики калибратора переменного напряжения

Предел	Максимальный ток нагрузки	Максимальная емкость нагрузки
0,2 В	50 Ом – выходное сопротивление	
2 В	30 мА (амплитудное значение)	1000 пФ (300 пФ для частот выше 100 кГц)
20 В	30 мА (амплитудное значение)	1000 пФ (300 пФ для частот выше 100 кГц)
200 В	15 мА (амплитудное значение)	300 пФ
1000 В	15 мА (амплитудное значение)	300 пФ

Формирование частотных поддиапазонов

Поддиапазон частот	Дискретность	Погрешность, %
0,05 - 5 Гц	0,05 Гц	0,5
5,5 - 50 Гц	0,5 Гц	0,5
55 - 220 Гц	5 Гц	1
0,3 - 22 кГц	0,1 кГц	0,5
20 - 220 кГц	1 кГц	0,5
200 - 1000 кГц	5 кГц	1

Таблица 1.3 - **Воспроизведение силы переменного тока**

Диапазон 0 – 2 А. Расширяется до 30 А преобразователем напряжение-ток Я9-44

Предел Iп	Частотный диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, $\pm(\% \text{ от } I + \% \text{ от } I_p), (23 \pm 5) ^\circ\text{C}$		Выходное сопротив- ление, не менее	Кг, %
		1 год	3 года		
2 mA	0,1 - 200 Гц	0,015 + 0,0015	0,03 + 0,003	30 МОм	0,03
	0,3 - 1 кГц	0,03 + 0,003	0,04 + 0,004	10 МОм	0,03
	1,1 - 10 кГц	0,06 + 0,01	0,1 + 0,02	1 МОм/f	0,03·f
20 mA	0,1 - 200 Гц	0,015 + 0,0015	0,03 + 0,003	3 МОм	0,03
	0,3 - 1 кГц	0,03 + 0,003	0,04 + 0,004	1 МОм	0,03
	1,1 - 10 кГц	0,06 + 0,01	0,1 + 0,02	0,5 МОм/f	0,03·f
200 mA	0,1 - 200 Гц	0,015 + 0,0015	0,03 + 0,003	300 кОм	0,03
	0,3 - 1 кГц	0,03 + 0,003	0,04 + 0,004	100 кОм	0,03
	1,1 - 10 кГц	0,06 + 0,01	0,1 + 0,02	50 кОм/f	0,03·f
2000 mA	0,1 - 200 Гц	0,025 + 0,0025	0,04 + 0,004	30 кОм	0,05
	0,3 - 1 кГц	0,06 + 0,006	0,08 + 0,01	10 кОм	0,07
	1,1 - 10 кГц	0,15 + 0,015	0,15 + 0,02	5 кОм/f	0,07·f
20 A	0,1 - 200 Гц	0,03 + 0,005	0,05 + 0,005	1 кОм	0,05
	0,3 - 1 кГц	0,05 + 0,005	0,08 + 0,008	200 Ом	0,05
	1,1 - 10 кГц	(0,05 + 0,005) · f	(0,08+0,008)f	50 Ом/f	0,05·f
30 A	30 – 1000 Гц	0,1	0,15	200 Ом	0,05
	1,1 - 5 кГц	0,3	0,3	50 Ом/f	0,1·f

Примечания
 1 f – значение частоты в килогерцах.
 2 Напряжение на нагрузке не более 2 В, для токов от 2 до 20 А - не более 1 В.
 3 Индуктивность нагрузки для токов до 2 А не более 20 мкГн.

Таблица 1.4 - **Воспроизведение силы постоянного тока**

Диапазон 0 – 2 А. Расширяется до 30 А преобразователем напряжение-ток Я9-44

Предел Iп	Предел допускаемой основной погрешности, $\pm(\% \text{ от } I + \% \text{ от } I_p)$		Максималь- ное напря- жение на нагрузке, В	Выходное со- противление, не менее
	1год, (23 ±5) °C	3года, (23 ±5) °C		
0,2 mA	0,004 + 0,001	0,008 + 0,002	3	1 ГОм
2 mA	0,004 + 0,0004	0,008 + 0,001	3	0,1 ГОм
20 mA	0,004 + 0,0004	0,008 + 0,001	3	10 МОм
200 mA	0,006 + 0,0006	0,01 + 0,0012	3	1 МОм
2000 mA	0,01 + 0,001	0,015 + 0,003	3	0,1 МОм
20 A	0,025 + 0,0025	0,05 + 0,005	1,5	3 кОм
30 A	0,05 % *	0,1 % *	1	3 кОм

* Нормируется при кратковременном (в течение 1 – 2 мин) использовании, при неограниченном использовании погрешность увеличивается на 0,1 % из-за разогрева меры сопротивления (ориентировочно в течение 15 – 20 мин)

Примечание - На пределе «30 А» нормирование основной погрешности при-
ведено для токов более 20 А.

Таблица 1.5 - **Уровень шумов и пульсации на выходе калибратора силы тока**

Частотный диапазон 10 Гц-10 кГц

Предел	0,2 мА	2 мА	20 мА	200 мА	2 А	20 А
мкА СКЗ, не более	0,03	0,1	0,5	5	50	500

Таблица 1.6 - **Воспроизведение сопротивления**

Номинальное значение	Предел допускаемой основной погрешности, (23 ±5) °С, %		Ток через резистор без увеличения погрешности, мА	Отклонение от номинального значения, ±%	Температурный коэффициент сопротивления, ±ppm/°С, не более
	1 год	3 года			
10 Ом	0,003	0,005	100	0,05	3
100 Ом	0,002	0,004	20	0,05	3
1 кОм	0,002	0,004	7	0,05	3
10 кОм	0,002	0,004	2	0,05	3
100 кОм	0,003	0,005	1	0,05	3
1 МОм	0,01	0,03	0,2	0,05	15
10 МОм	0,03	0,05	0,02	0,15	50

1.3.2 Общие технические данные

1.3.2.1 Время установления выходного параметра с нормированной погрешностью:

- не более 0,5 мс (для сопротивлений - 5 мс);
- не более 50 мс при изменении частоты;
- не более 100 мс при изменениях амплитудного или частотного поддиапазонов. Типичное время реагирования на команду через интерфейс IEEE-488 - 50 мс.

1.3.2.2 Дополнительная погрешность от изменения температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С в режимах калибратора напряжения и силы не превышает основной погрешности (нормируемой за год), а в режиме измерения сопротивлений соответствует нормированным значениям температурного коэффициента сопротивления.

1.3.2.3 Параметра интерфейса СТЫК С2:

- прибор может быть использован в составе автоматизированных измерительных систем различного назначения с последовательным интерфейсом, отвечающим требованиям ГОСТ 23675-79 (интерфейс СТЫК С2-ИС), RS-232C (EIA-232E, EIA-232D). При этом обеспечивается полное управление всеми режимами и функциями прибора;

- уровень сигнала на передающих линиях прибора не менее 5 В при нагрузке 3 кОм;
- скорость - 9600 бод
- данные - 8 бит;
- бит "четность" - отсутствует;
- сигнал "стоп" - 1 бит.

1.3.2.4 Параметры интерфейса КОП (IEEE 488) в соответствии с ГОСТ 26.003-80:

- СИ1 - синхронизация источника;
- СП1 - синхронизация приема;
- И5 - источник;
- ПЗ - приемник;
- З1 - запрос на обслуживание;
- ДМ1 - дистанционный местный;
- П1 - параллельный опрос;
- ЗП1 - запуск устройства.

1.3.2.5 Масса прибора не более 8,4 кг, масса усилителя напряжения - не более 7,9 кг. Масса прибора в транспортной таре не более 30 кг (аналогично - для усилителя).

1.3.2.6 Мощность, потребляемая прибором от сети питания при номинальном напряжении не более 70 ВА. Мощность, потребляемая усилителем напряжения, - не более 150 ВА.

1.3.2.7 Габаритные размеры калибратора и усилителя напряжения 360 x 80 x 460 мм (ширина x высота x глубина).

1.4 Состав комплекта прибора

1.4.1 Состав комплекта поставки прибора приведен в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
КМСИ.411182.008	Калибратор универсальный	1	Расширение диапазона напряжений до 1000 В Расширение диапазона воспроизводимых токов до 30 А
КМСИ.411582.013	Усилитель напряжения	1	
КМСИ.411182.010	Преобразователь напряжение-ток Я9-44	1	
	<u>Запасные части и принадлежности</u>		
КМСИ.685631.022	Кабель	1	Двухпроводный «НК1» Четырехпроводный «НК5» 3 шт. установлены на клеммах прибора и 1 шт. – на клеммах усилителя напряжения
КМСИ.685631.025	Кабель	1	
Хв7.755.058	Перемычка	5	
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б-1В 1 А 250 В	4	Сетевой
SCZ-1R	Шнур соединительный	1	
КМСИ.685631.021-12	Соединитель	1	
КМСИ.685631.021-13	Соединитель	1	Усилителя напряжения, красный (для соединения с прибором Н4-7) Усилителя напряжения, черный (для соединения с прибором Н4-7) Сетевой (усилителя напряжения) Для усилителя напряжения
SCZ-1R	Шнур соединительный	1	
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б-1В 2 А 250 В	4	
	<u>Эксплуатационная документация</u>		
КМСИ.411182.007 РЭ	Калибратор универсальный Н4-7. Руководство по эксплуатации. Часть 1	1	
КМСИ.411182.007 ФО	Калибратор универсальный Н4-7. Формуляр	1	

Продолжение таблицы 1.7

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Поставка по отдельному заказу</u>		
КМСИ.685619.014	Кабель	1	Интерфейса СТЫК С2
ЕЭ4.854.130-03	Кабель	1	КОП
КМСИ.323361.016	Футляр	2	Укладочный ящик
КМСИ.411182.007 РЭ1	Калибратор универсальный Н4-7. Руководство по эксплуатации. Часть 2	1	Конструкция, схемы электрические принципиальные прибора
КМСИ.411182.007 РЭ2	Калибратор универсальный Н4-7. Руководство по эксплуатации. Часть 3	1	Конструкция, схемы электрические принципиальные усилителя напряжения
Меры сопротивления переменного тока с аттестованной частотной погрешностью			
КМСИ.434156.034*	Мера сопротивления переменного тока МС-100	1	100 Ом, $I \leq 22$ мА
КМСИ.434156.039-02*	Мера сопротивления переменного тока МС-10	1	10 Ом, $I \leq 220$ мА
КМСИ.434156.039*	Мера сопротивления переменного тока МС-1	1	1 Ом, $I \leq 2$ А
КМСИ.434156.039-03*	Мера сопротивления переменного тока МС-01	1	0,01 Ом, $I \leq 20$ А
КМСИ.434156.040 ПС*	Меры сопротивления переменного тока. Паспорт	1	
КМСИ.468874.006*	Фильтр	1	Для проверки коэффициента гармоник
* Поставляется по спецзаказу			

1.5 Устройство и работа

1.5.1 Общие принципы конструктивного исполнения

1.5.1.1 В основу построения прибора положен принцип функционального и конструктивного разделения прибора на функциональную (исполнительную) и управляющую секции (ИСП и УСП соответственно). Конструктивное разделение обусловлено необходимостью реализации "плавающих" (изолированных от корпуса) выходов прибора; функциональное разделение носит подчиненную роль и имеет целью сохранение степени конструктивной развязки между двумя секциями прибора с возможностью управления прибором сигналами от заземленных источников.

1.5.1.2 В состав УСП входит микро-ЭВМ с устройствами связи и управления прибором со стороны интерфейса или передней панели. Передняя панель представляет собой устройство управления и отображения информации (УУОИ) с элементами коммутации и индикации. Все остальные устройства (о них ниже) включены в состав ИСП.

1.5.1.3 Усилитель напряжения (и преобразователь Я9-44) являются, как бы, продолжением ИСП прибора Н4-7. В них отсутствует УСП и управление ими осуществляется через УСП прибора Н4-7.

1.5.2 Общие принципы схемотехнической организации

1.5.2.1 Состав и взаимосвязь основных узлов ИСП прибора Н4-7 раскрывает упрощенная схема рисунка 1.1. Калибратор представляет собой многозначную меру напряжения (тока). При этом вся сетка напряжения (тока) в диапазоне 0,1 мкВ - 200 В (тока 0,1 нА - 2 А) формируется путем деления или умножения напряжения опорного источника (однозначной меры напряжения).

1.5.2.2 В состав калибратора включены традиционные узлы и устройства:

- ИОН в составе однозначных мер напряжения постоянного и переменного тока;
- резистивный ЦАП, обеспечивающий преобразование как постоянного, так и переменного напряжения, разрядность которого определяется требуемой разрешающей способностью калибратора (двадцать двоичных разрядов);
- буферный усилитель, реализующий основной предел «20 V», из которого путем деления напряжения в 10 и 100 раз декадным делителем формируются пределы «2 V» и «0,2 V». При этом предел «2 V» формируется активной схемой на усилителе 2 V, который функционирует как буфер на выходе делителя 10:1. Это позволяет реализовать ток нагрузки до 30 мА. Расширение диапазона воспроизводимых напряжений до 200 В осуществляется усилителем 200 V с коэффициентом передачи 10.

Наконец, режим калибратора силы тока реализуется схемой на усилителе U/I, в цепь отрицательной обратной связи которого включается нагрузка. Схема осуществляет преобразование напряжения в силу тока. Коэффициент преобразования определяется величиной образцового резистора R_0 и входным напряжением (от 0 до 2 В, а для предела «2 А» - от 0 до 1 В). Таблица на рисунке 1.1 иллюстрирует формирование пределов калибратора силы тока.

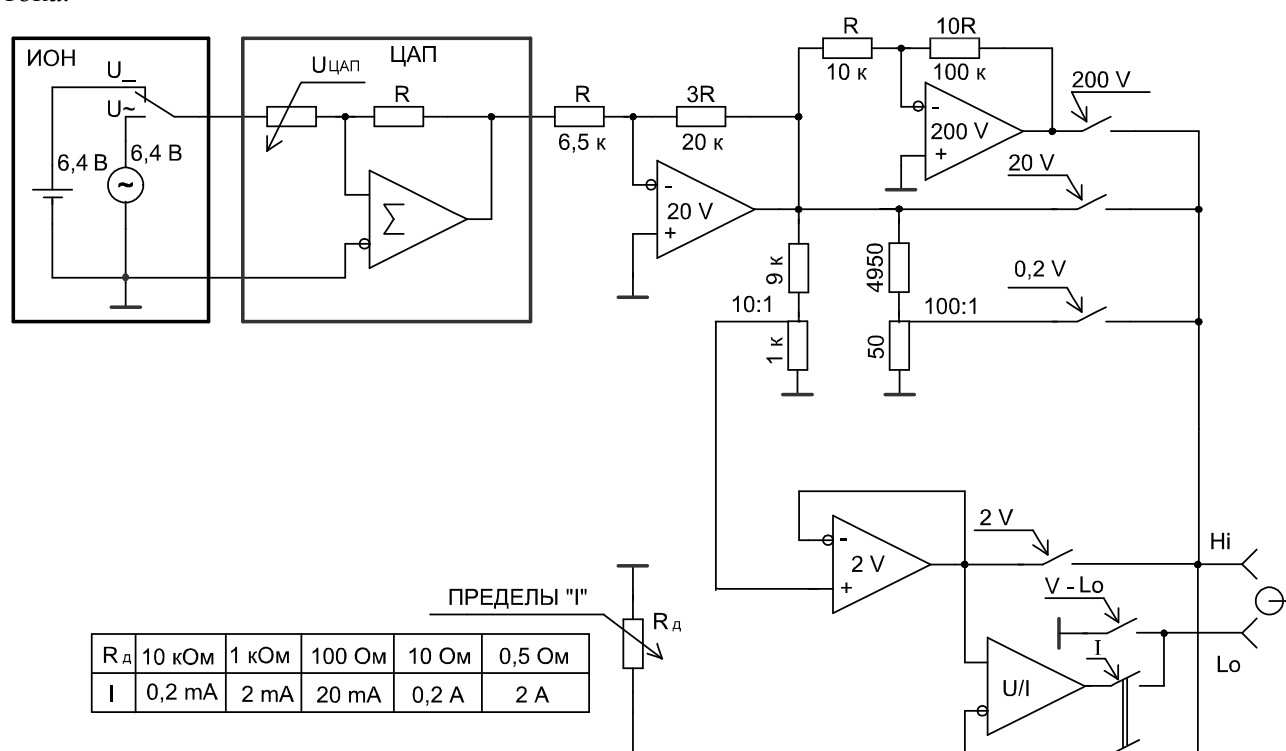


Рисунок 1.1

1.6 Средства измерения и принадлежности

1.6.1 Общие сведения

1.6.1.1 В комплект поставки (см. подраздел 1.4) прибора включены специальные средства измерения, обеспечивающие его калибровку и проверку в процессе эксплуатации. Их поставка обусловлена отсутствием на отечественном рынке доступной замены. Речь идет о мерах сопротивления с аттестованной частотной погрешностью, предназначенных для проверки и калибровки прибора в режиме калибратора силы переменного тока, и фильтре, обеспечивающем подавление первой гармоники выходного сигнала калибратора и предназначенном для определения коэффициента гармоник (нелинейных искажений) калибратора напряжения.

1.6.2 Меры сопротивления переменного тока

1.6.2.1 Меры сопротивления переменного тока (меры сопротивления с аттестованной частотной погрешностью) с номинальными значениями 100; 10; 1 Ом (из комплекта поставки прибора Н4-7) и 0,01 Ом (из комплекта поставки прибора Я9-44) предназначены для использования в качестве образцовых сопротивлений в режиме измерения силы переменного тока 0,02; 0,2; 2 и 20 А соответственно в частотном диапазоне от 0 до 10 кГц. Для меры сопротивления 0,01 Ом допускается увеличение тока до 50 А.

1.6.2.2 Технологические и конструктивные решения изготовления мер сопротивления обеспечивают сохранение частотных характеристик (отличие от сопротивления постоянному току) в течение всего срока эксплуатации.

1.6.2.3 Основные метрологические характеристики мер сопротивления с номинальными значениями 100; 10 и 1 Ом приведены в таблице 1.8, а для меры сопротивления 0,01 Ом – в таблице 1.9.

Таблица 1.8

Тип меры	Номинальное значение, Ом	Отклонение от номинального значения, %, не более	Основная погрешность относительно калибровочных эталонов, 1 год, (23±5)°С, %, не более	Дополнительная погрешность в частотном диапазоне (отклонение от сопротивления постоянному току), %, не более		Дополнительная температурная погрешность, %/°С, не более	Допускаемая сила тока, мА, не более
				0,1-1000 Гц	1-10 кГц		
МС-100	100	± 0,03	± 0,003	± 0,005	± 0,01	± 0,0003	30
МС-10	10	± 0,03	± 0,003	± 0,005	± 0,01	± 0,0003	200
МС-1	1	± 0,03	± 0,003	± 0,005	± 0,01	± 0,0003	2000

Таблица 1.9

Тип меры	Номинальное значение, Ом	Отклонение от номинального значения, %, не более		Основная погрешность относительно калибровочных эталонов, 3 мес, (23±5)°С, %, не более	Дополнительная погрешность в частотном диапазоне (отклонение от значения сопротивления, указанного в свидетельстве о поверке для данной частоты), %, не более		Дополнительная температурная погрешность, %/°С, не более
		на постоянном токе	в частотном диапазоне до 10 кГц		0,1-1000 Гц	1-10 кГц	
МС-01	0,01	± 0,1	± 1	± 0,01	± 0,01	± 0,03	± 0,0003

1.6.2.4 Порядок и процедура использования мер сопротивления описана в подразделе 4.9 «Методика поверки».

1.6.3 Фильтр для контроля нелинейных искажений прибора

1.6.3.1 Фильтр обеспечивает подавление первой гармоники выходного сигнала калибратора с тем, чтобы по величине напряжения оставшихся компонентов спектра оценить качество сигнала калибратора, количественной оценкой которого является коэффициент гармоник.

1.6.3.2 Фильтр предназначен для измерения коэффициента гармоник выходного напряжения 2 и 20 В на частотах 100, 300, 500 и 1000 кГц.

1.6.3.3 Описание схемы, принципа действия и порядка работы фильтра приведено в приложении А.

1.7 Маркировка и пломбирование

1.7.1 На лицевой панели калибратора и усилителей нанесены наименование и тип приборов.

1.7.2 На задней панели нанесены:

- значение сетевого напряжения;
- значение силы тока плавких вставок;
- заводской номер и год изготовления приборов.

1.7.3 Пломбирование приборов выполняется в следующих местах:

- основное пломбирование - верхняя и нижняя крышки приборов;
- дополнительное пломбирование - ограничитель тумблера «▼» ("калибровка") прибора Н4-7.

1.7.4 Пломбирование верхней и нижней крышек прибора производится изготовителем. Нарушение этих пломб снимает гарантии изготовителя.

1.8 Упаковка

1.8.1 В состав тары прибора и усилителя напряжения входят:

- картонная коробка для прибора и принадлежностей, содержащая противоударные амортизаторы;

- полиэтиленовый чехол для прибора;
- транспортный ящик.

1.8.2 Для распаковывания прибора (усилителя напряжения) необходимо:

- вскрыть транспортный ящик;
- извлечь прибор в картонной коробке;
- вскрыть чехол;
- извлечь прибор.

1.8.3 Для распаковывания принадлежностей следует:

- извлечь упакованные в бумагу принадлежности;
- снять бумагу с принадлежностей.

1.8.4 Повторное упаковывание прибора (усилителя напряжения) выполняется в следующей последовательности:

- поместить прибор в картонную коробку и уложить принадлежности согласно п.1.8.5;

- надеть полиэтиленовый чехол на прибор и оклеить его свободную часть липкой лентой;

- выстлать транспортный ящик внутри битумной бумагой;
- уложить на дно ящика картон гофрированный;
- поместить прибор (в чехле) в транспортный ящик и заполнить пространство с боков и под верхней крышкой гофрированным картоном;
- закрепить крышку ящика гвоздями;
- оббить ящик металлической лентой;
- опломбировать транспортный ящик.

1.8.5 Повторное упаковывание принадлежностей выполняется в следующей последовательности:



- провода и шнуры свить в бухты;
- завернуть принадлежности в бумагу и обвязать шпагатом;
- уложить пакет принадлежностей в картонную коробку.

1.8.6 На картонной коробке для прибора нанести маркировку типа прибора и заводской номер. На транспортном ящике нанести надписи и знаки № 1, 3, 11 по ГОСТ 14192-96 черной эмалью НЦ-11 ГОСТ 9198-83.

1.8.7 Транспортный ящик пломбуют пломбами, установленными на упаковочной ленте и защищенными скобами. Требования к пломбированию - по ГОСТ 18680-73.

2 ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

2.1 Меры безопасности при подготовке прибора к эксплуатации

2.1.1 По степени защиты от поражения электрическим током прибор Н4-7 и усилитель напряжения относятся к классу I по ГОСТ 26104-89. Заземление корпуса приборов обеспечивается через трехполюсную сетевую вилку или зажим «» на задней панели. При использовании зажима «» он должен присоединяться к заземляющей шине первым, а отсоединяться - последним.

ПОМНИТЕ! При отсутствии заземления на корпусе прибора имеется потенциал 110 В частотой 50 Гц относительно земли.

2.1.2 При автономной работе прибор Н4-7 является источником опасного напряжения 200 В. При работе в комплекте с усилителем напряжения последний становится источником опасного (до 1000 В) напряжения, которое выдается на его выходные гнезда. На входные гнезда при этом подается напряжение до 200 В (от Н4-7).

Отключение схемы прибора от выходных гнезд обеспечивается нажатием кнопки «OUTPUT OFF». Подсвет кнопки соответствует отключенному состоянию прибора.

ВНИМАНИЕ! При выходном напряжении свыше 500 В и использовании заземленной нагрузки необходимо подключать низкопотенциальные гнезда выхода (усилителя) к заземленному выводу нагрузки.

2.1.3 Источниками опасного напряжения 220 В, 50 Гц в приборе являются сетевые цепи:

- первичная обмотка сетевого трансформатора;
- выводы сетевых предохранителей;
- сетевые разъем и фильтр;
- тумблеры включения приборов.

В приборе Н4-7 источником опасного напряжения до ± 300 В является плата усилителя 200 В, источник питания этого усилителя и обмотка трансформатора, питающего этот источник. В усилителе напряжения практически все цепи являются источниками опасного напряжения от ± 200 до ± 1000 В. При снятии верхней или нижней крышек усилителя блокирующими контактами отключается его питание.

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

2.2 Порядок установки и подготовка к работе

2.2.1 Разместить прибор на рабочем месте, обеспечив удобство и безопасность его обслуживания и предохранив от воздействия прямых солнечных лучей.

ВНИМАНИЕ! Перфорация корпуса должна быть открыта. Перегрев прибора недопустим.

2.2.2 Убедиться, что в розетке питания обеспечивается надежное соединение с заземляющим контактом вилки сетевого соединительного кабеля, причем соединение этого контакта с заземлением происходит раньше, а отсоединение позже контактирования с линиями 220 В.


2.2.3 Проверить комплектность прибора и ознакомиться с его руководством по эксплуатации.

2.2.4 Произвести внешний осмотр прибора и его принадлежностей для выявления видимых механических повреждений, нарушения изоляции кабелей, коррозии контактирующих поверхностей присоединительных устройств, препятствующих эксплуатации прибора и принадлежностей.

2.2.5 Проверить исправность сетевых предохранителей и при необходимости заменить.

2.2.6 При работе прибора в составе автоматизированных систем подключить прибор к системе через разъем интерфейса.

2.2.7 Присоединить к прибору сетевой кабель.

Примечание - Сетевой кабель - трехжильный. Защитное заземление прибора следует производить корпусными (средними) контактами вилки сетевого кабеля. При необходимости прибор может быть заземлен дополнительно через зажим «». Обычно этот зажим используют для выравнивания потенциалов корпусов приборов в системе.

2.2.8 Если предполагается эксплуатация комплекта с усилителями напряжения, необходимо осуществить его соединение с прибором Н4-7 потенциальные («V») зажимы выхода Н4-7 со входом усилителя (используя для этой цели соединители из комплекта поставки усилителя).

ВНИМАНИЕ! Прибор Н4-7 не имеет принудительной вентиляции и при ограниченных габаритах рассеивает внутри объема значительную мощность. В связи с этим необходимо следить за тем, чтобы перфорация корпуса была открыта, а также не устанавливать приборы друг на друга. При работе калибратора Н4-7 с усилителем напряжения прибор Н4-7 устанавливается на усилитель напряжения, но не наоборот.

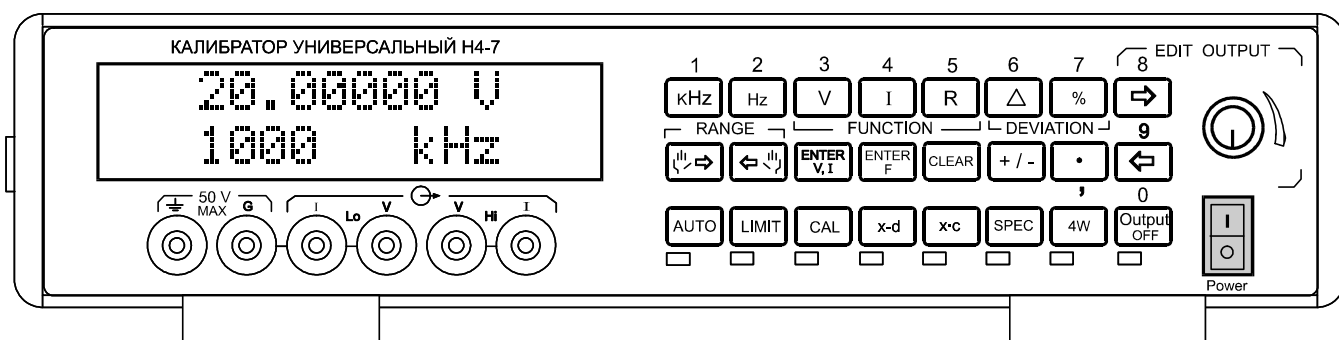
2.2.9 При работе прибора необходимо следить за тем, чтобы низкопотенциальные («Lo») и высокопотенциальные («Hi») гнезда прибора Н4-7 были замкнуты перемычками (особые случаи будут оговорены ниже), т. к. через них замыкается обратная связь усилителя (на пределах «2 V» и «20 V»). При отсутствии перемычек усилитель переходит в режим насыщения.

3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБОРА

3.1 Кнопочная панель прибора. Состав и функциональное назначение кнопок

3.1.1 Кнопочная панель прибора изображена на рисунке 3.1. Кнопки не имеют механической фиксации, и поэтому их включенное состояние индицируется либо подсветом кнопки, либо соответствующей информацией на индикаторе прибора.

3.1.2 На панели управления могут быть выделены восемь функциональных групп кнопок. Их наименование, назначение раскрываются ниже.



Расшифровка названий и обозначений

POWER	- сеть	G	- экран
ENTER	- ввод	Lo	- низкопотенциальный
CLEAR	- очистка	Hi	- высокопотенциальный
AUTO	- автомат	EDIT OUTPUT	- редактирование выхода
LIMIT	- ограничение	OUTPUT OFF	- отключение выхода
CAL	- калибровка	SPEC	- погрешность (спецификация)
FUNCTION	- род работы	4W	- работа на четырехпроводную линию
DEVIANION	- девиация (отклонение)		
RANGE	- поддиапазоны		

Рисунок 3.1

3.2 Работа с кнопочной панелью

3.2.1 Предварительная информация

3.2.1.1 Часть кнопок прибора H4-7 - с двойным назначением. Вторая функция обозначена символом, расположенным вне поля кнопки (это цифровой ряд и запятая для набора данных), вторая функция реализуется только при включенной кнопке «ENTER V, I» или «ENTER F», о чем свидетельствует гашение информации в соответствующей строке индикатора - она освобождается для приема новой информации.

3.2.2 Установка режима работы

3.2.2.1 В приборе предусмотрено пять кнопок (рисунок 3.2) установки режимов работы.



Рисунок 3.2

Указанными кнопками реализуются следующие режимы работы:

- воспроизведение сопротивлений - устанавливается нажатием кнопки «R»;
- воспроизведение напряжения постоянного тока - устанавливается нажатием кнопки «V»;
- воспроизведение силы постоянного тока - устанавливается нажатием кнопки «I»;
- воспроизведение напряжения переменного тока (синусоидальной формы) – устанавливается нажатием кнопки «V» и дополнительно одной из кнопок частоты: «kHz» при работе в частотном диапазоне от 0,3 до 1100 кГц или «Hz» - в частотном диапазоне 0,1 - 200 Гц;
- воспроизведение силы переменного тока (синусоидальной формы) - устанавливается нажатием кнопки «I» и одной из кнопок: «kHz» (для частотного диапазона 0,3 - 10 кГц) или «Hz» (для частотного диапазона 0,1-200 Гц).

3.2.3 Ввод данных (кнопки наборного поля)

3.2.3.1 Мнемосхема кнопок изображена на рисунке 3.3.

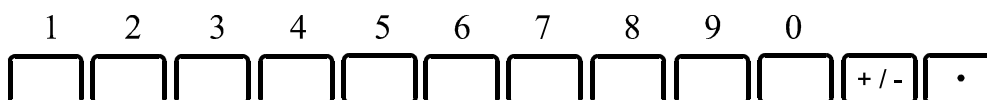


Рисунок 3.3

Кнопками наборного поля осуществляется:

- установка выходных параметров в режимах воспроизведения напряжения и силы тока;
- задание констант математической обработки "d" и "с";
- установка уровней ограничения "max" и "min" воспроизводимых напряжения или силы тока;
- установка частоты.

3.2.3.2 Процедура ввода данных (напряжения, силы тока) начинается с включения кнопок «ENTER V, I». После этой команды индикатор освобождается от текущей информации, а кнопки начинают функционировать по своему второму назначению. Пользуясь наборным полем, осуществляют загрузку индикатора. При этом цифровая информация вводится в разряд, выделенный маркером. Освобождение индикатора от ошибочной информации (отказ от редактирования) реализуется кнопкой «CLEAR».

Установленная на индикаторе информация принимается к исполнению только после выключения кнопки «ENTER V, I» (повторного нажатия).

Новое значение воспроизводимого параметра набирается после включения кнопки «ENTER V, I» и подается на выходные гнезда после ее выключения.

3.2.3.3 Процедура ввода данных частоты начинается с включения кнопки «ENTER F» и ничем не отличается от описанной выше, только загрузка данных осуществляется в сектор индикатора частоты.

3.2.4 Редактирование данных

3.2.4.1 Кнопками «→», «←» и регулятором уровня (вращательного типа) производится редактирование числовой информации (рисунок 3.4). При этом в режимах воспроизведения напряжения и силы тока реализуется прямая (без предварительного набора) загрузка индикатора, в соответствии с которой меняется величина параметра на выходных гнездах.

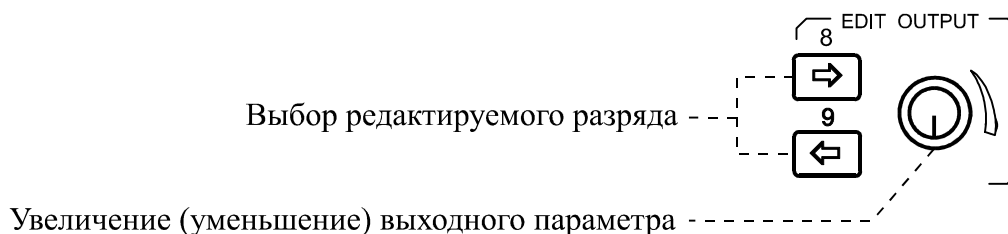


Рисунок 3.4

Редактируемый разряд на индикаторном табло выделяется маркером (мигающий разряд). Если на индикаторе нет маркера, то после нажатия одной из кнопок «→» или «←» он появляется с соответствующей стороны индикатора уровня. Последующим нажатием кнопки обеспечивается продвижение маркера по полю индикатора. Продвижение маркера распространяется и на индикатор частоты (в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока), чем обеспечивается режим редактирования частоты. Маркер исчезает

одновременно с прекращением редактирования путем нажатия кнопки «CLEAR».

Числовое значение установленного параметра изменяется регулятором уровня в сторону возрастания или убывания (в зависимости от направления вращения). При переполнении редактируемого разряда информация переходит в следующий разряд (или в предыдущий) до тех пор, пока вращается регулятор.

3.2.5 Установка предела воспроизводимого параметра

3.2.5.1 Установка предела воспроизводимого параметра в ручном режиме осуществляется кнопками « $\leftarrow \rightarrow$ » (увеличение) и « $\leftarrow \rightarrow$ » (уменьшение), режим автоматического выбора пределов реализуется включением кнопки «AUTO».

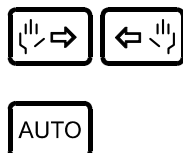


Рисунок 3.5

В связи с тем, что в режиме калибратора сопротивлений прибор воспроизводит только десятичные значения, установка номинальных величин сопротивлений производится кнопками ручной установки пределов. Последовательным нажатием кнопки « $\leftarrow \rightarrow$ » реализуется установка сопротивлений от 10 Ом до 10 МОм.

Обратный порядок установки осуществляется кнопкой « $\leftarrow \rightarrow$ ».

3.2.5.2 Автоматический выбор пределов воспроизведения параметров позволяет произвести установку выходного параметра во всем рабочем диапазоне независимо от установленного предела.

Например: если установлен предел «2 мА» калибратора тока, то в режиме АВП без переключения пределов может быть установлена наборным полем сила тока 1200 мА.

3.2.6 Группа кнопок «Девияция»

3.2.6.1 Режим «Девияция» обеспечивает индикацию приращений (отклонений) воспроизводимого параметра в единицах этого параметра "Δ" или в процентах «%» от предварительно установленного значения (X_0).

При включении любой из кнопок «Δ» или «%» (рисунок 3.6) индикатор обнуляется. При этом на выходных зажимах прибора сохраняется значение установленного параметра, которое фиксируется в запоминающем устройстве.



Рисунок 3.6

Все дальнейшие манипуляции, связанные с установкой новых значений параметров (X), воспринимаются индикатором как отклонение (ΔX) воспроизводимого параметра от его первоначального значения (X_0), зафиксированного в памяти прибора. Таким образом, в режиме воспроизведения приращения параметра реализуются операции (3.1):

$$\Delta X = X - X_0 \quad \text{или} \quad \frac{X - X_0}{X_0} \cdot 100 \% \quad (3.1)$$

3.2.6.2 Включение одной из кнопок «Δ» или «%» автоматически выключает другую. Повторным нажатием включенной кнопки она выключается, а на индикатор возвращается информация о текущем значении параметра.

3.2.7 Индикация погрешности прибора (кнопка «SPEC»)

3.2.7.1 Для удобства пользователя в приборе предусмотрен режим индикации погрешности (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7

3.2.7.2 В связи с неоднозначностью нормирования погрешности (в зависимости от длительности межповерочного интервала и диапазона изменения окружающей температуры) в приборе предусмотрена индикация погрешности, которая соответствует годовому межповерочному интервалу (кнопка «SPEC»).

3.2.7.3 Нормируемая погрешность в абсолютных (« Δ ») или в относительных («%») единицах для текущего (индицируемого в данный момент) значения воспроизводимого параметра отображается на индикаторе при включении кнопки «SPEC» и одной из кнопок размерности « Δ », «%».

3.2.7.4 Кнопка "4W" (4 линии) включается только при четырехпроводной связи калибратора с нагрузкой (см. п.3.3.3.3) при работе с напряжениями предела «20 V».

При работе на других пределах эта кнопка не включается независимо от вида связи с нагрузкой (двух или четырехпроводной).

3.2.8 Математическая обработка выходного параметра

3.2.8.1 В режимах воспроизведения напряжения и тока пользователь может осуществить операции "сдвига" ($x - d$) и "масштабирования" ($x \cdot c$) выходного напряжения или тока. Эта операция позволяет реализовать сопряжение шкалы измерительного прибора, подключенного к выходу калибратора, т.е. совместить начало и конец шкалы в соответствии с выходом калибратора (см. п.3.4.2).

3.2.8.2 Процедурная реализация вычислительных режимов (рисунок 3.8) прибора включает:

- установку (или корректировку) требуемых констант;
- установку вида математической обработки.



Рисунок 3.8

3.2.8.3 Установка констант реализуется вводом числовой информации с помощью кнопок наборного поля следующим образом:

- включить кнопку «ENTER V, I»;
- включить кнопку требуемого вида математической обработки. При этом на индикаторе появляется соответствующий символ "d" или "c" и исходное (или предыдущее) значение константы ("c" или "d");
- наборным полем ввести значение требуемой константы;
- нажатием кнопки «ENTER V I» установленная константа фиксируется в оперативной памяти прибора и сохраняется в ней до следующего набора или выключения прибора из сети;
- в любой момент нажатием кнопки соответствующей математической операции санкционируется реализация заданной функции. С этого момента индицируются показания в соответствии с выбранным видом математической обработки.

3.2.8.4 Независимость кнопок математической обработки и полная автономность

процедуры ввода констант позволяют использовать различные сочетания математических операций. При одновременно включенных кнопках «x - d» и «x · c» реализуются функции "c · (x - d)" или "(c · x - d)" в зависимости от того, какая из кнопок включена (какая из констант введена) первой.

Значения констант могут быть проконтролированы повторением процедуры ввода константы с заменой операции ввода визуальным контролем.

3.2.9 Ограничение уровня воспроизводимых напряжения или силы тока. Установка адреса КОП (кнопка «LIMIT»)

3.2.9.1 Кнопка «LIMIT» позволяет ограничить напряжение и ток по абсолютному значению.

3.2.9.2 Установка уровня ограничения реализуется вводом числовой информации с помощью кнопок наборного поля следующим образом:

- включить кнопку «ENTER V, I»;
- включить кнопку «LIMIT»;
- кнопками наборного поля набрать числовое значение уровня ограничения и нажатием кнопки «ENTER V, I» ввести в память прибора, где оно хранится до ввода нового значения или выключения прибора из сети;
- в любой момент нажатием кнопки «LIMIT» реализуется установленная функция ограничения.

С этого момента значение выходного параметра, превышающее установленный уровень, на выходные гнезда не поступит, а при попытке установить его на индикаторе высвечивается сообщение "Error".

3.2.9.3 Значение установленного уровня ограничения может быть проконтролировано повторением процедуры ввода ограничения с заменой самой операции ввода визуальным контролем.

При включении прибора ограничения на установку выходных параметров отсутствуют.

3.2.9.4 В режиме воспроизведения сопротивлений кнопка «LIMIT» используется для просмотра (изменения) адреса КОП прибора. При нажатии этой кнопки на индикаторе появляется сообщение "adr" и адрес КОП прибора в двоичном коде.

Для изменения адреса КОП кнопками редактирования («EDIT OUTPUT») устанавливается желаемый адрес, затем выключается кнопка «LIMIT».

3.2.10 Отключение (включение) выходных гнезд прибора (кнопка «OUTPUT OFF»)

3.2.10.1 Кнопка «OUTPUT OFF» обеспечивает отключение выходных гнезд от схемы прибора. В этом качестве кнопка «OUTPUT OFF» выполняет свое основное функциональное назначение - "сброс". Именно этому соответствует подсвеченное состояние кнопки. Эта команда может выполняться вручную или автоматически (при изменениях режима воспроизводимых параметров, перегрузках напряжения и по включении прибора).

Примечание - Особенности использования кнопки «4W» («4 линии») описаны в п.3.3.3.3.

3.3 Органы присоединения

3.3.1 Общие указания

3.3.1.1 Задачей подраздела является ознакомление пользователя с назначением и правилами эксплуатации выходных гнезд прибора (рисунок 3.1) в режимах воспроизведения напряжения, силы тока, сопротивлений.

3.3.1.2 Калибратор Н4-7 относится к классу защищенных приборов с "плавающими" (изолированными от корпуса) гнездами выхода, что допускает работу прибора с заземленными и незаземленными объектами, потенциал которых относительно земли не превышает 100 В.

Смена режима калибратора (V, I, R) автоматически отключает его от выходных гнезд, только выключением кнопки «OUTPUT OFF» восстанавливается связь калибратора с выходными гнездами. Неквалифицированные действия оператора можно дополнительно подстраховать предварительной установкой ограничения уровня выходного параметра (превышение этого уровня вызывает блокирование выхода калибратора).

3.3.2 Особенности подключения калибратора сопротивлений

3.3.2.1 В режиме калибратора сопротивления воспроизводимое сопротивление подключается к токовым и потенциальным гнездам прибора, допуская использование как двух, так и четырехпроводной связи с приемником (измерителем).

3.3.2.2 Для реализации четырехпроводной связи необходимо удалить перемычки, замыкающие низкопотенциальные («Lo») и высокопотенциальные («Hi») гнезда прибора. Следует отметить, что четырехпроводный выход реализуется только для низкоомных сопротивлений 10, 100, 1000 и 10000 Ом, для высокоомных резисторов 100 кОм, 1 и 10 МОм, где влияние соединительных проводников и цепей коммутации ослаблено, реализуется только двухпроводная связь. В этом случае не следует удалять перемычки, а если они удалены, подключаться следует только к потенциальным («V») гнездам прибора.

Если погрешность (до 1 Ом) позволительна, - можно использовать двухпроводный выход и для низкоомных сопротивлений.

3.3.2.3 Что касается соединения перемычками низкопотенциальных гнезд («Lo») с гнездом «G» (экран), то необходимо помнить, что данный вид соединения позволяет снизить уровень наводок на сопротивление и соединительные провода.

Соединение гнезда «G» с гнездом « \equiv » вполне допустимо в тех случаях, когда допускается заземление.

3.3.2.4 В тех случаях, когда измерительный прибор имеет двухпроводный вход, а необходимо сохранить высокую точность воспроизводимого сопротивления, следует использовать четырехпроводный кабель из комплекта поставки прибора. Этот кабель "преобразует" четырехпроводную связь в двухпроводную с минимальной погрешностью. Соединение низкопотенциальных и высокопотенциальных гнезд в этом кабеле осуществляется непосредственно на выводах двухпроводного выхода. Кабель экранирован, однако экран не соединен с выводами, поэтому при работе с этим кабелем перемычку, соединяющую гнездо «G» с гнездом «I - Lo», следует сохранить. О полезности такого соединения см. п.3.3.2.3.

3.3.3 Особенности подключения калибратора напряжения

3.3.3.1 При работе прибора в режиме калибратора напряжения соединение низкопотенциальных («Lo») и высокопотенциальных («Hi») гнезд («V» и «I») обязательно.

Без такого соединения обрывается отрицательная обратная связь выходных усилителей пределов «2 V», «20 V» и прибор теряет работоспособность. По этой причине после использования четырехпроводной связи необходимо восстанавливать перемычками связь токовых («I») и потенциальных («V») гнезд низко и высокопотенциальных пар выхода.

3.3.3.2 При малом токопотреблении нагрузки (менее 0,1 мА) можно использовать двухпроводный выход калибратора. Соединение перемычкой гнезда «I - Lo» с экраном «G» целесообразно с точки зрения снижения уровня наводок и помех.

3.3.3.3 При соединении калибратора напряжения с нагрузкой с заметным токопотреблением следует помнить, что падение напряжения на переходных сопротивлениях органов коммутации внутри прибора и соединительных проводах может существенно исказить результат измерения. По этой причине при наличии нагрузки с током потребления более 0,1 мА необходимо использовать четырехзажимный выход прибора, реализуемый удалением перемычек между токовыми («I») и потенциальными («V») гнездами прибора. Четырехпроводная связь с нагрузкой (R_n на рисунке 3.9) позволяет скомпенсировать падение напряжения на силовых (токовых «I») проводниках за счет обратной связи, осуществляемой через измерительные (потенциальные «V») провода. Эта связь обеспечивает равенство напряжения на R_n выходному напряжению калибратора независимо от падения напряжения на силовых проводах.

ВНИМАНИЕ! Максимально допустимое падение напряжения на силовых проводах не должно превышать 1 В (по 0,5 В на каждом проводнике - прямом и обратном).

3.3.3.4 Чтобы не обрывать отрицательную обратную связь (см. п.3.3.3.1) необходимо соблюдать следующую последовательность операций:

- включить кнопку «OUTPUT OFF»;
- удалить перемычки между токовыми («I») и потенциальными («V») гнездами;
- реализовать требуемое соединение (см. рисунок 3.9);
- повторным нажатием кнопки «OUTPUT OFF» восстановить связь прибора с выходными гнездами (подсвет кнопки погашен);
- только при использовании предела «20 V» включить кнопку "4W" («4 линии»).

ВНИМАНИЕ! Четырехпроводная связь с нагрузкой реализуется и при отключенной кнопке «4W» (достаточно удалить перемычки), однако в этом случае из-за специфики схемы имеет место дополнительная погрешность (до 0,0003 %). Эта погрешность программно компенсируется только при нажатой кнопке «4W».

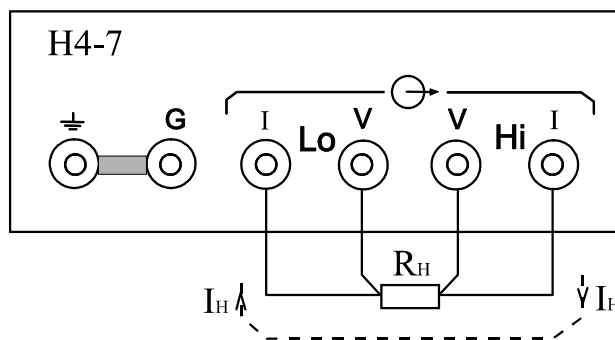


Рисунок 3.9

3.3.3.5 Для четырехпроводной связи с нагрузкой следует использовать кабель из комплекта поставки прибора (см. п.3.3.2.4). Однако в режиме калибратора переменного напряжения на частотах выше 300 кГц работа на четырехпроводную линию может привести к увеличению погрешности и единственной альтернативой остается использование двухпроводной связи.

3.3.3.6 На пределах «0,2 V», «200 V» и «1000 V» (и постоянного и переменного напряжения) используется только двухпроводная связь с нагрузкой. В первом случае («0,2 V») высокое выходное сопротивление не предполагает нагрузки с большим токопотреблением, а во втором («200 V» и «1000 V») - небольшой уровень падения напряжения на проводниках оказывает малое влияние на погрешность высокого напряжения.

3.3.3.7 Прибор допускает заземление как низко, так и высокопотенциальных гнезд при напряжениях ниже 100 В. При напряжении выше 100 В можно заземлять только низкопотенциальные гнезда.

3.3.4 Особенности подключения калибратора силы тока

3.3.4.1 Нагрузка к калибратору силы тока подключается к токовым гнездам («I»). При этом перемычки, соединяющие потенциальные («V») и токовые («I») гнезда, могут не удаляться (их наличие может оказывать незначительное влияние только на высоких частотах калибратора силы переменного тока). По этой причине жестких требований по удалению перемычек, соединяющих токовые и потенциальные гнезда, нет.

На рисунке 3.10 приведены рекомендуемые схемы соединения калибратора с нагрузкой в зависимости от режима работы прибора и вида нагрузки, причем пунктирное изображение перемычек дано для случаев их необязательного применения.

Все соединения рекомендуется осуществлять штатными (т.е. из комплекта поставки) кабелями.

3.3.4.2 В режиме калибратора силы тока возможна работа с нагрузками, имеющими индуктивность, значительно превышающую указанную в примечании 3 к таблице 1.3, т.е. в режимах воспроизведения силы постоянного и переменного тока индуктивность нагрузки не должна превышать 20 мкГн при работе с прибором Н4-7 и 400 мкГн при работе с прибором Я9-44. Указанные ограничения могут быть значительно уменьшены, если воспользоваться следующей методикой подключения:

- перевести прибор Н4-7 в режим калибратора силы тока (или калибратора напряжения при работе с преобразователем напряжение-ток Я9-44);
- закоротить токовые («I») выводы прибора Н4-7 при воспроизведении токов до 2 А или токовые выводы преобразователя Я9-44 при воспроизведении токов свыше 2 А;
- установить на табло калибратора требуемую величину силы тока при работе с прибором Н4-7 или напряжения при работе с преобразователем Я9-44 и, при необходимости, их частоту;
- подключить нагрузку;
- осуществить пуск прибора Н4-7 кнопкой «OUTPUP OFF»;
- снять установленную перемычку с токовых выводов прибора Н4-7 или преобразователя Я9-44.

3.3.4.3 Если индуктивная нагрузка имеет малую активную составляющую, то во избежание потери устойчивости калибратора силы тока прибора Н4-7 необходимо увеличить ее активную часть вплоть до номинальной величины, соответствующей включенному диапазону калибратора силы тока. Для этого последовательно с нагрузкой включается малоиндуктивный резистор соответствующего номинала.

Для пределов «0,2 mA», «2 mA», «20 mA», «200 mA» и «2000 mA» номинальными активными нагрузками являются 10000, 1000, 100, 10 и 1 Ом соответственно. При этом необходимо следить за тем, чтобы напряжение на выходных клеммах калибратора силы тока не превышало 2 В.

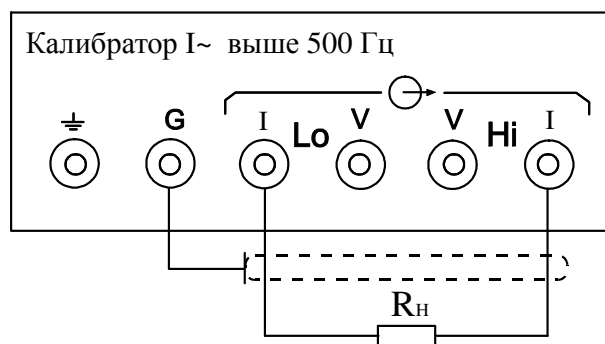
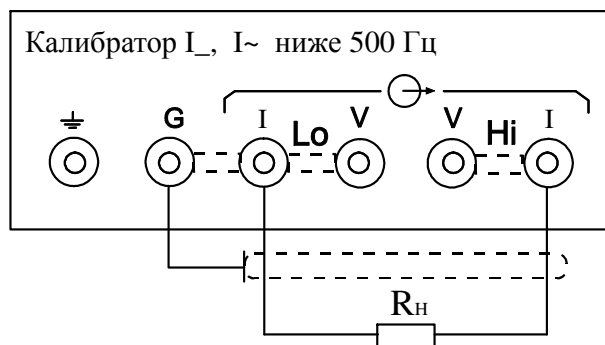
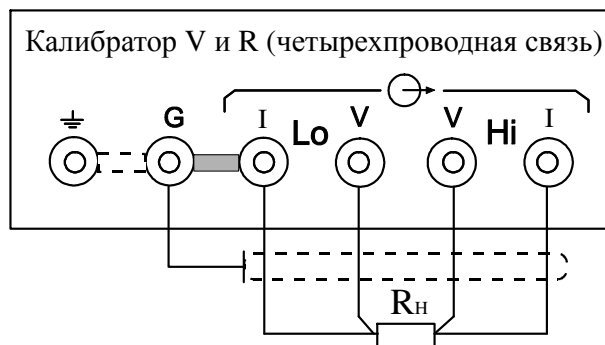
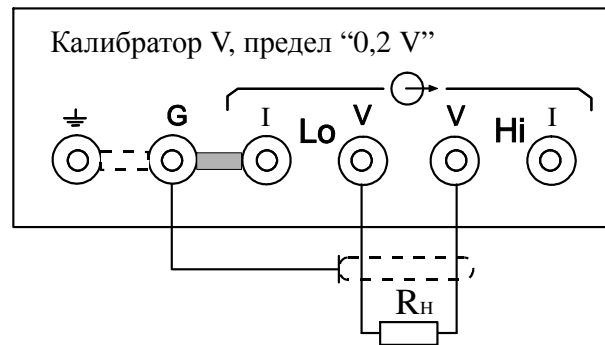
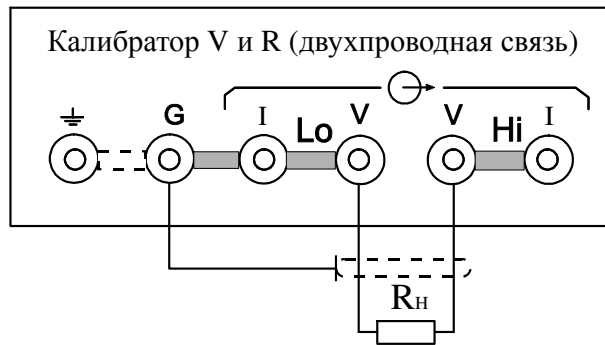


Рисунок 3.10

3.3.5 Использование защитного экрана

3.3.5.1 Работа прибора на удаленную нагрузку требует применения специальных мер по снижению влияния помехи общего вида, вызываемой разностью потенциалов точек заземления источника (калибратора) и его приемника (измерителя), которая на практике может достигать сотен милливольт и даже единиц вольт.

На рисунке 3.11 указанный источник помехи обозначен E_n . Этот источник создает паразитный ток I_n , который через паразитную емкость C_n (корпус- схема прибора) попадает в низкопотенциальный «Lo» провод, соединяющий источник сигнала с приемником сигнала. Складываясь или вычитаясь с током нагрузки I_H , помеха искажает картину измерительного процесса. Применение защитного экрана (гнездо «G»), как это показано на рисунке 3.12, создает отдельный путь для паразитного тока I_n , благодаря чему он не попадает в измерительную цепь. Таким образом, назначение защитного экрана заключается в отведении токов помехи, действующей между корпусами приборов, в обход сопротивления низкопотенциального провода кабеля. Кроме того, экранирование снижает паразитную емкость C_n , т. к. емкость последовательно соединенных конденсаторов C_n (см. рисунок 3.12) меньше емкости одиночного конденсатора (см. рисунок 3.11).

3.3.5.2 Для эффективного использования защитного экрана необходимо придерживаться правила: гнездо «G» нужно подключать таким образом, чтобы паразитный (синфазный) ток не проходил через входное сопротивление. Это условие выполняется при подключении защитного экрана «G» к низкопотенциальному выводу нагрузки (или источника).

В тех случаях, когда описанная помеха не имеет значения (нагрузка не удалена и не заземлена), гнездо «G» может быть соединено перемычкой с низкопотенциальным гнездом прибора.

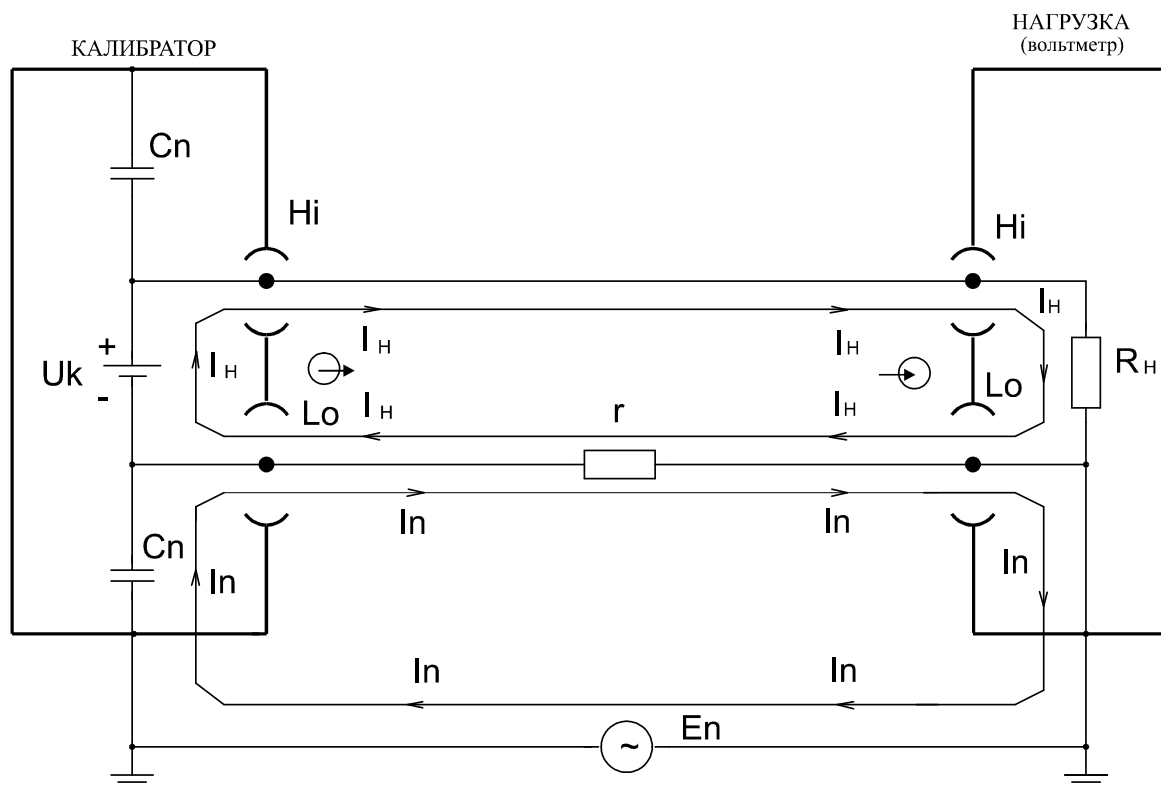


Рисунок 3.11

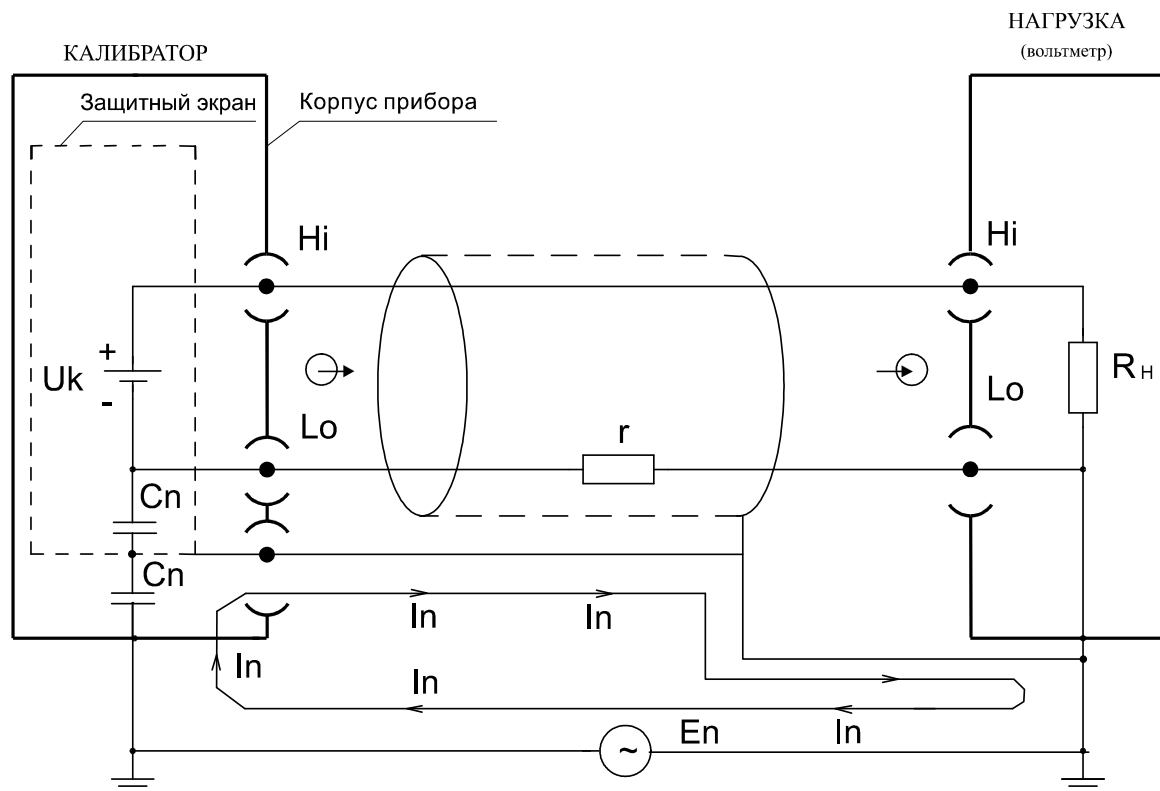


Рисунок 3.12

3.3.6 Оценка влияния нагрузки на погрешность прибора

3.3.6.1 Для оценки влияния нагрузки на выходное напряжение калибратора постоянного напряжения используется характеристика, названная выходным сопротивлением (см. п.1.3.1, таблицы 1.1 – 1.4) и определяемая математическим выражением $R_{\text{вых}} = \Delta U / \Delta I_n$, где ΔU - изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки на величину ΔI_n . Если известна величина ΔI_n , то $\Delta U = \Delta I_n \cdot R_{\text{вых}}$.

Например: при установленном пределе «20 V» и токе нагрузки $\Delta I_n = 10 \text{ мА}$ имеет место изменение установленного напряжения на величину:

$$\Delta U = 10 \text{ мА} \cdot 0,0003 \text{ Ом} = 0,003 \text{ мВ} = 3 \text{ мкВ}$$

3.3.6.2 Аналогичная характеристика (выходное сопротивление) используется для оценки влияния нагрузки на стабильность установленной величины силы тока в режиме воспроизведения силы постоянного и переменного тока. В таблицах 1.1 – 1.4 приведены численные значения выходного сопротивления ($R_{\text{вых}} = \Delta U_n / \Delta I$). Если известно изменение напряжения на нагрузке (ΔU_n), то изменение тока определяется выражением: $\Delta I = \Delta U_n / R_{\text{вых}}$. Если известно сопротивление нагрузки R_n , то дополнительная погрешность определяется выражением: $R_n / R_{\text{вых}}$.

Пример: Установлена нагрузка 1 кОм в режиме калибратора силы переменного тока предела «2 мА» и частотой 1 кГц ($R_{\text{вых}} = 10 \text{ МОм}$). Дополнительная погрешность не превышает: $1 \text{ кОм} / 10 \text{ МОм} = 0,0001$ или 0,01 %.

На частотах 1 и 5 кГц выходное сопротивление отличается на порядок, и потому расчетное значение дополнительной погрешности также отличается на порядок. Для промежуточных значений частоты (между 1 и 5 кГц) имеет место пропорциональное (а не скачкообразное) изменение погрешности.

3.3.6.3 Для режима калибратора переменного напряжения задается изменение напряжения от полной нагрузки (см. таблицу 1.2). Для промежуточных значений нагрузки (и частот) имеет место пропорциональное снижение погрешности.

3.3.7 Использование последовательного интерфейса

3.3.7.1 Последовательный интерфейс СТЫК (RS-232C) обеспечивает возможность подключения прибора без дополнительных аппаратных затрат к компьютеру стандартной конфигурации, обычно предусматривающей наличие последовательного порта (COM - порта).

3.3.7.2 Подключение прибора к компьютеру осуществляется через девятиконтактный разъем (розетку), расположенный на задней стенке прибора, посредством специального кабеля. Схема и таблица соединения прибора приведена на рисунке 3.13.

3.3.7.3 Дистанционное управление прибором, в основном, аналогично с передней панели: нажатие каждой кнопки передней панели соответствует прием прибором через интерфейс двух символов, указанных в таблице 3.1.

Отличие состоит в том, что дистанционное управление прибором осуществляется с помощью командных строк: символы сначала принимаются в буфер, а исполнение начинается при приеме прибором символа "BK" - "возврат каретки" ("0Dh").

Символы "PC" - "перевод строки" ("0Ah") и пробел ("20h") могут передаваться прибору для упрощения обмена, однако они игнорируются.

Кроме того, для упрощения управления прибором имеются дополнительные команды:

- «R0» - «R6» - подключить к выходным клеммам резистор номиналом 10 Ом - 10 МОм соответственно;

- «UD» <число> - подать на выходные клеммы постоянное напряжение величиной <число>, вольт. Число может быть целое, с плавающей запятой и в экспоненциальной форме (см. пример в конце пункта);

- «ID» <число> - подать на выходные клеммы постоянный ток величиной <число>, миллиампер;

- «UA» <число 1> F <число 2> - подать на выходные клеммы переменное напряжение величиной <число 1>, вольт, частоты <число 2>, килогерц;

- «IA» <число 1> F <число 2> - подать на выходные клеммы переменный ток величиной <число 1>, миллиампер, частоты <число 2>, килогерц;

- «T0» - передать номер ошибки; по этой команде прибор передает в канал две цифры - номер ошибки, затем символы <BK> <PC>, номер "00" соответствует отсутствию ошибок;

- «T1» - передать точное значение резистора: по этой команде прибор передает в канал восемь цифр, разделенных точкой (величину резистора в килоомах), затем символы <BK> <PC>. Позиция точки совпадает с позицией точки на табло прибора.

Примеры:

UD27 <BK>

или

UD27 <BK> <PC>

или

UD+27 <BK>

или

UD27.000 <BK>

или

UD0.27E2 <BK>

или

UD0.27E+02 <BK> - прибор подает на выход +27 В

X6UD-103.5 <BK>

или

UD-103.5 X6 <BK> - прибор подает на выход -103.5 В

IA25.2F7 <BK> - прибор подает на выход 25,2 мА частотой 7 кГц

3.3.8 Использование интерфейса КОП

3.3.8.1 Подключение прибора к КОП осуществляется через двадцатичетырехконтактный разъем РПМ7-24-Г-ПБ, расположенный на задней стенке прибора, посредством стандартного кабеля КОП.

Управление прибором, в основном, аналогично управлению прибором по последовательному каналу (п.3.3.7). Отличие состоит в том, что исполнение командной строки начинается при приеме прибором байта данных с низким уровнем линии "КП" или символа "перевод строки" ("0AH"), а символ "возврат каретки" ("0DH") игнорируется.

При необходимости установить адрес КОП прибора следует воспользоваться указаниями п.3.2.9.4.

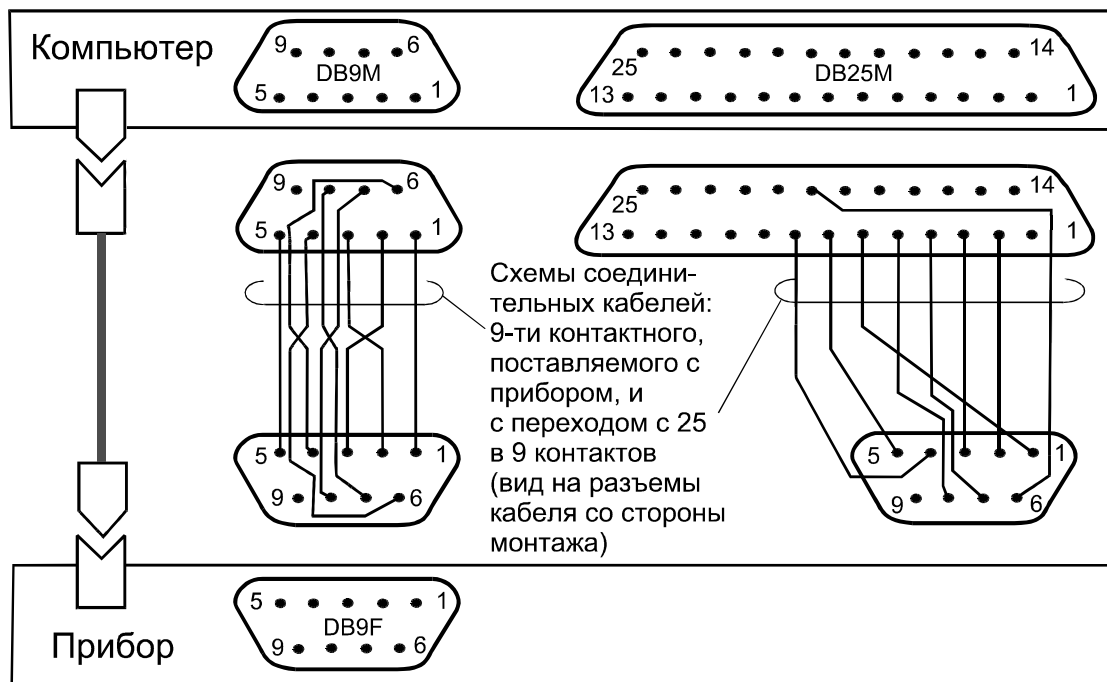


Рисунок 3.13

3.3.9 Использование калибратора для измерения переменного напряжения (тока)

3.3.9.1 При наличии вольтметра переменного тока с высокой разрешающей способностью 5-6 разрядов (десятичных) и калибратора Н4-7 можно осуществлять измерения с погрешностью прибора Н4-7, для чего используется, так называемый, метод замещения:

- источник измеряемого напряжения подключить к вольтметру и зафиксировать показание;
- подключить к вольтметру прибор Н4-7, установив на его выходе напряжение и частоту проверяемого источника;
- редактируя выход калибратора Н4-7, добиться показания вольтметра, равного зафиксированному при измерении источника;
- по индикатору калибратора отсчитать точное значение.

Таблица 3.1

Символы и их коды	Соответствующая кнопка передней панели	
	при изменении режима работы	при введении цифровой информации
X0 (58h, 30h)	F-kHz	1
XI (58h, 31h)	F-Hz	2
X2 (58h, 32h)	V	3
X3 (58h, 33h)	I	4
X4 (58h, 34h)	R	5
X5 (58h, 35h)	Девияция Δ	6
X6 (58h, 36h)	Девияция %	7
X7 (58h, 37h)	Редактирование вправо \rightarrow	8
Y0 (59h, 30h)	Запятая вправо \rightarrow	
Y1 (59h, 31h)	Запятая влево \leftarrow	
Y2 (59h, 32h)	ENTER V, I ("ввод V,I")	
Y3 (59h, 33h)	ENTER F ("ввод F")	
Y4 (59h, 34h)	CLEAR (очистка)	
Y5 (59h, 35h)	+/-	
Y6 (59h, 36h)	-	•
Y7 (59h, 37h)	Редактирование влево \leftarrow	9
Z0 (5Ah, 30h)	AUTO ("автоматический")	
Z1 (5Ah, 31h)	LIMIT	
Z2 (5Ah, 32h)	CAL	
Z3 (5Ah, 33h)	x-d	
Z4 (5Ah, 34h)	c · x	
Z5 (5Ah, 35h)	SPEC ("погрешность")	
Z6 (5Ah, 36h)	4W	
Z7 (5Ah, 37h)	OUTPUT OFF	0

3.4 Порядок работы

3.4.1 Подготовка к работе

3.4.1.1 Основной задачей подготовки прибора к измерениям является его прогрев.

3.4.1.2 Перед работой прибор Н4-7 (а также усилитель) должен быть прогрет в течение 2 ч. Время прогрева может быть сокращено вдвое при удвоенной погрешности.

3.4.1.3 Последующая работа проводится в соответствии с указаниями подразделов 3.2 «Работа с кнопочной панелью прибора» и 3.3 «Органы присоединения».

3.4.1.4 Расшифровка информационных диагностических сообщений, которые могут появиться на индикаторе в процессе работы, приведена в приложении Б.

3.4.2 Использование режимов математической обработки

3.4.2.1 Реализация операций масштабирования («с · x») и сдвига («x - d») может оказаться полезной для сопряжения масштабов приборов измерительной схемы. На практике такое сопряжение осуществляется установкой исходных уровней измерительного диапазона, например, нуля и опорного уровня (середина или верхняя граница шкалы). Нулевого показания измерительного прибора можно добиться сдвигом на "d" мкВ нуля калибратора, а константой "с" добиться равенства показаний в середине или в конце шкалы. После сопряжения шкал прибора - источника и прибора – и измерителя реализуется более высокая точность измерений, т.к. она в этом случае определяется нелинейностью характеристики приборов.

3.4.3 Режим девиации выходного напряжения или силы тока

3.4.3.1 Режим отклонения выходного напряжения или силы тока калибратора от предварительно установленного значения (кнопки «Δ» и «%») может оказаться полезным при оценке погрешности вольтметров, коэффициентов передачи усилителей, делителей, исследованиях стабилизаторов, стабилизаторов и т.п.

Использование указанного режима поясняется примером п.3.4.3.2.

3.4.3.2 Определение погрешности вольтметра:

- на вход вольтметра подать напряжение контролируемой точки, например, 10 В;
- включить кнопку «%» или «Δ»;
- группами кнопок редактирования и наборного поля добиться показания вольтметра, равного установленному на выходе калибратора;
- индикатор калибратора фиксирует погрешность проверяемого прибора в процентах или абсолютной величине.

3.4.4 Работа с усилителем напряжения

3.4.4.1 Если предполагается работа с выходным напряжением предела «1000 V», необходимо подготовить к работе усилитель напряжения из комплекта поставки, для чего:

- нагрузку подключить к выходным гнездам усилителя;
- соединителями из комплекта поставки усилителя напряжения его вход соединить с выходом калибратора Н4-7 (гнездами «V»), при этом последний функционирует в режиме калибратора напряжения (постоянного или переменного);
- клавиатурой прибора Н4-7 установить предел «1000 V» и требуемое значение напряжения (и частоты).

4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

4.1 Общие указания

4.1.1 Во время, до и после проведения работ по уходу за приборами необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в подразделе 2.1 «Меры безопасности при подготовке прибора к эксплуатации».

О проводимых операциях по техническому обслуживанию необходимо делать отметки в формуляре прибора.

4.1.2 Порядок и периодичность технического обслуживания зависят от этапов эксплуатации (непосредственное использование по назначению, хранение - кратковременное или длительное, транспортирование).

Техническое обслуживание включает контрольный осмотр и устранение мелких неисправностей, а также периодическую поверку прибора в объеме, зависящем от этапов эксплуатации.

4.1.3 Техническое обслуживание при использовании по назначению включает:

- контрольный осмотр (КО) - до и после использования по назначению и транспортирования. Если прибор не использовался - не реже одного раза в квартал;
- техническое обслуживание №1 (ТО-1) - один раз в год, а также при постановке на кратковременное хранение. ТО-1 - заключается в контрольном осмотре и проверке функционирования по п.4.9.7.1;
- техническое обслуживание №2 (ТО-2) - с периодичностью поверки и совмещается с ней, а также после ремонта и при постановке на длительное хранение. ТО-2 - включает поверку в полном объеме подраздела 4.9 «Методика поверки» и подготовку к ней прибора в соответствии с пп.4.2 - 4.8.

4.1.4 Техническое обслуживание при кратковременном хранении (до 1 года) заключается в контрольном осмотре с периодичностью один раз в 6 мес.

4.1.5 Техническое обслуживание при длительном хранении (более года) включает:

- техническое обслуживание №1 при хранении (Т0 - 1х), которое заключается в контрольном осмотре и проверке функционирования по п.4.9.7.1;
- техническое обслуживание №2 при хранении (Т0 - 2х), которое включает поверку в полном объеме подраздела 4.9 и проводится один раз в 5 лет.

4.2 Перечень и периодичность калибровочных работ

4.2.1 Поддержание нормированного уровня погрешности прибора гарантируется процедурами и регламентом обязательных калибровочных работ. Виды необходимых калибровок приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Режимы работы	Виды калибровок
U ₋	1 Калибровка нуля 2 Калибровка опорного напряжения постоянного тока 3 Калибровка линейности характеристики 4 Калибровка пределов (их масштабирование)
U _~	5 Калибровка опорного напряжения переменного тока 6 Калибровка пределов (амплитудная и частотная)
I ₋	7 Калибровка пределов и нулевых уровней
I _~	8 Калибровка пределов
R	9 Калибровка сопротивлений

Порядок калибровок с 1 по 6 должен выдерживаться строго. Для последующих (7, 8, 9) – порядок роли не играет.

В зависимости от требуемой точности пользователь сам определяет периодичность калибровочных работ. В самом общем случае периодичность калибровочных работ регламентируется двумя межповерочными интервалами - 1 и 3 года. Для калибровок нуля и опорного напряжения (виды калибровок 1 и 2 из таблицы 4.1) межповерочный интервал может быть сокращен до 90 дней. Эти калибровки требуют минимального количества аппаратуры (вольтметр с чувствительностью 1 мкВ и меру напряжения) и времени (2- 3 мин).

4.2.2 Любой вид калибровки инициируется включением кнопки «CAL» («калибровка»), функционирование которой возможно только при включенном положении тумблера «CAL», расположенного на задней стенке прибора, т.е. калибровка возможна только тогда, когда этот тумблер установлен в положение «CAL», а кнопка «OUTPUT OFF» выключена. Выйти из состояния калибровки можно на любой ее стадии повторным нажатием кнопки «CAL».

4.2.3 Калибровка прибора должна производиться после его двух - трехчасового прогрева.

4.3 Калибровка нуля

4.3.1 Операцией калибровки нуля устанавливается нулевой уровень выходного напряжения калибратора при его работе на основном пределе «20 V», причем калибруются два нуля: для отрицательной и положительной полярности опорного напряжения, так называемые "минус ноль" и "плюс ноль".

4.3.2 Исходным состоянием для калибровки нуля является режим калибратора напряжения постоянного тока, предел «20 V», обнуленный индикатор.

4.3.3 Процедура калибровки заключается в следующем:

- к выходным гнездам калибруемого прибора подключить вольтметр В2-41;
- включить кнопку «CAL» - на табло будет индигироваться ноль отрицательной по-

лярности, записанный при предыдущей калибровке;

- включить кнопку «ENTER V,I», которой в память прибора записывается установленное значение нуля, а на табло появляется цифровое значение нуля положительной полярности, записанное при предыдущей калибровке, т.е. прибор перешел к шагу 2 калибровки нуля;

- аналогичным образом ввести цифровое значение и полярность нуля по показанию вольтметра, т.е. нажать кнопку «ENTER V,I», ввести показание вольтметра, нажать кнопку «ENTER V,I», после чего прибор перейдет в исходное состояние.

4.3.4 После проведения калибровки по показанию вольтметра убедиться в ее положительных результатах (показания не должны превышать 3 - 5 мкВ). В противном случае калибровку необходимо повторить.

Примечание - Если в процессе ввода данных внесены ошибочные, то следует аннулировать показания нажатием кнопки «CLEAR» и внести новые.

4.4 Калибровка опорного напряжения постоянного тока

4.4.1 Перед началом калибровки прибор Н4-7 устанавливается в режим калибратора постоянного тока с выходным напряжением минус 10 В (предел «20 V»).

4.4.2 Калибровку произвести следующим образом:

- к выходу прибора подключить вольтметр В2-41, калиброванный (или "масштабированный" соответствующей константой "с") по мере напряжения класса не ниже 0,0005;

- включить кнопки «CAL» и «ENTER V,I». При этом табло освобождается для ввода калиброванного значения напряжения, которое регистрирует вольтметр;

- ввести кнопками наборного поля это напряжение (индекс полярности можно не вводить);

- вновь нажать кнопку «ENTER V,I», после чего калиброванное значение опорного напряжения отрицательной полярности фиксируется в памяти прибора;

- по показанию вольтметра убедиться в успешном завершении калибровочной процедуры (отличие от значения напряжения 10 В не должно превышать ± 10 мкВ). В противном случае калибровку необходимо повторить;

- на выходе прибора Н4-7 установить напряжение +10 В и аналогичным образом осуществить калибровку положительной полярности опорного напряжения.

Примечания:

1 Необходимо соблюдать указанную выше последовательность калибровки: сначала калибруется напряжение отрицательной полярности, а затем - положительной, т.к. калибровка опорного напряжения отрицательной полярности пропорционально влияет и на калибровку напряжения положительной полярности.

2 Калибровку опорного напряжения целесообразно проводить по уровню 10 В, хотя можно это делать и по любому другому уровню от 6 до 20 В.

3 При наличии меры напряжения для калибровки опорного напряжения используют встречное включение меры и калибруемого прибора. Разность их напряжений регистрируется вольтметром с чувствительностью 1 – 5 мкВ (его точность значения в этом случае не имеет).

4.5 Калибровка линейности характеристики

4.5.1 Линеаризация обеспечивается измерением и последующим учетом неравенства резисторов, формирующих дискретную сетку напряжений ЦАП. Измерение этих напряжений осуществляется прибором В2-41. Все измеренные значения напряжений фиксируется в памяти прибора и учитываются в его последующей работе, соответствующей установкой выходного напряжения ЦАП.

4.5.2 Линеаризация характеристики - наиболее сложный и ответственный вид калибровки, т. к. влияет, практически, на все метрологические параметры прибора. По этой при-

чине калибровка должна осуществляться с исключительной тщательностью и только опытным оператором.

4.5.3 Калибровка линейности включает 36 шагов (18 шагов при отрицательной полярности опорного напряжения и 18 аналогичных шагов при положительной полярности). Шагами калибровки к выходу прибора последовательно подключаются:

- обнуленный ЦАП (шаг «-0-0»);
- ЦАП младших разрядов (шаг «CAP»);
- ступени октады 3 с первой по восьмую (шаги «03.1 - 03.8»);
- ступени октады 2 с первой по восьмую (шаги «02.1 - 02.8», эти шаги не калибруются);
- ступени октады 1 с первой по восьмую (шаги «01.1 - 01.8»).

Примечание - Наименование шагов индицируется на табло индикатора прибора.

4.5.4 Процедура калибровки начинается с установки прибора в режим калибратора напряжения постоянного тока с пределом «20 V» и любым выходным напряжением, отличным от нуля. К выходу прибора подключается вольтметр В2-41.

Далее необходимо:

- последовательно включить кнопки «CAL» и «AUTO». При этом вольтметр будет индцировать нуль прибора Н4-7 при отрицательной полярности опорного напряжения;
- нажатием кнопки «ENTER V,I» освободить табло и ввести кнопками наборного поля значение напряжения, соответствующее показанию вольтметра с учетом полярности;
- повторным нажатием кнопки «ENTER V,I» зафиксировать калиброванное значение нуля в памяти прибора. Одновременно прибор переходит к следующему шагу «CAP», и вольтметр индицирует напряжение ЦАП младших разрядов, значение которого ввести аналогично предыдущему после нажатия кнопки «ENTER V,I» (знак полярности можно не вводить, он обязателен только при калибровке нулевых уровней);
- аналогично реализуются калибровки последующих ступеней, приведенных в п.4.5.3.

Примечание - Переход к следующему шагу калибровки осуществляется автоматически после нажатия кнопки «ENTER V,I». Продвижение калибровки в ту или другую сторону может быть произведено последовательным нажатием кнопок « $\leftarrow \frac{1}{2}$ », « $\frac{1}{2} \rightarrow$ » ручного выбора пределов (RANGE).

4.5.5 Таблица 4.2 иллюстрирует процедуру калибровки линейности ЦАП при отрицательной полярности опорного напряжения (для положительной полярности имеет место полная симметрия). В таблице приведены значения выходных напряжений, соответствующих каждому шагу калибровки ("калибровочное"). Реальные напряжения из-за разбросов напряжения опорного источника могут отличаться на $\pm 5\%$.

4.5.6 После окончания калибровки необходимо осуществить проверку ее качества, устанавливая и контролируя напряжения в соответствии с таблицей 4.2 (колонка "Контрольное выходное напряжение"), которые позволяют оценивать корректность действий оператора для каждого шага калибровки.

Таблица 4.2

Шаг калибровки		Выходное напряжение	
№	Символ на табло	калибровочное	контрольное
1	-0-0	0	0
2	-CAP	10 мВ	9 мВ
3	-03.1	10 мВ	12 мВ
4	-03.2	20 мВ	23 мВ
5	-03.3	40 мВ	50 мВ
6	-03.4	80 мВ	100 мВ
7	-03.5	160 мВ	200 мВ
8	-03.6	320 мВ	400 мВ

Продолжение таблицы 4.2

Шаг калибровки		Выходное напряжение	
№	Символ на табло	калибровочное	контрольное
9	-03.7	640 мВ	1 В
10	-03.8	1,28 В	1,5 В
11	-02.1	≈ 9 В	-
12	-02.2	≈ 9 В	-
13	-02.3	≈ 9 В	-
14	-02.4	≈ 9 В	-
15	-02.5	≈ 9 В	-
16	-02.6	≈ 9 В	-
17	-02.7	≈ 9 В	-
18	-02.8	≈ 9 В	-
19	-01.1	2,4 В	2,5 В
20	-01.2	4,8 В	5 В
21	-01.3	7,2 В	8 В
22	-01.4	9,6 В	10 В
23	-01.5	12 В	13,5 В
24	-01.6	14,4 В	15 В
25	-01.7	16,8 В	17,5 В
26	-01.8	19,2 В	20 В

Примечание – В реальной схеме прибора отсутствует октада 2. По этой причине шаги 02.1 – 02.8 при калибровке пропускаются (последовательным нажатием кнопки «→»). Занесенное в память значение ≈ 9 В при выпуске прибора позволяет исключить влияние универсальной программы на результат калибровки.

Например: если неудовлетворительные результаты получены при контроле выходного напряжения 1,4 В, то в коррекции нуждается шаг 10 и т.п. Качество калибровки проверяется и для положительной полярности выходного напряжения.

При качественной калибровке нелинейность характеристики ЦАП не должна быть хуже 0,0003 % + 5 мкВ.

Примечание - Прежде чем приступить к трудоемкому процессу калибровки, целесообразно оценить необходимость ее проведения (по крайней мере, в полном объеме). С этой целью необходимо просмотреть контрольные напряжения из таблицы 4.2, выяснив "дефектные" точки для их последующей корректировки. Если исходная (до калибровки) линейность находится на уровне 0,0005 % + 5 мкВ (после калибровки нуля и опорного напряжения), то необходимости в калибровке линейности нет.

4.6 Калибровка пределов напряжения постоянного тока

4.6.1 Пределы «0,2 В», «2 В», «200 В» и «1000 В» калибруются только после калибровки основного предела «20 В». При этом для каждого из них калибруется нуль, а затем отрицательное и положительное значения напряжения. Выходное напряжение контролируется вольтметром В2-41.

4.6.2 Для калибровки нуля пределов «0,2 В» и «2 В» необходимо подготовить вольтметр для измерения малых уровней напряжения:

- замкнуть выводы входного кабеля вольтметра перемычками на низкопотенциальных выводах калибратора и после минутной паузы нажатием кнопки «Δ» вольтметра

скомпенсировать нуль на пределе измерения «2 V»;

- подключить выводы кабеля вольтметра к выходу калибратора с обнуленным выходом и пределом «0,2 V»;

- прибор Н4-7 (Н4-7/1) перевести в режим калибровки нажатием кнопки «CAL»;

- включить кнопку «ENTER V,I» и ввести значение напряжения (с учетом полярности),

индицируемое вольтметром, после чего повторным нажатием кнопки «ENTER V,I» зафиксировать его в памяти прибора;

- убедиться в качестве калибровки (по показанию вольтметра).

Аналогичным образом калибруются нули остальных пределов («2 V», «200 V»).

4.6.3 Калибровку пределов (масштабирование) начинают с предела «0,2 V» и осуществляют следующим образом:

- на выходе калибратора установить напряжение минус 0,2 В;

- включить кнопку «CAL»;

- включить кнопку «ENTER V,I» и ввести значение напряжения, индицируемое вольтметром, после чего повторным нажатием кнопки «ENTER V,I» зафиксировать его в памяти прибора;

- убедиться в качестве калибровки.

Установить напряжение +0,2 В и реализовать аналогичные операции калибровки.

Подобным же образом произвести калибровку на пределах «2 V», «200 V».

Калибровка предела «1000 V» осуществляется аналогично в точках 0 В, минус 500 В, +500 В после подключения усилителя напряжения.

4.7 Калибровка прибора в режимах воспроизведения силы постоянного и переменного тока, сопротивлений

4.7.1 Калибровка прибора в режиме воспроизведения силы постоянного тока включает операции по установке нуля и предельных значений силы тока: $\pm 0,2$ мА; ± 2 мА; ± 20 мА; ± 200 мА и ± 2 А на соответствующих поддиапазонах.

4.7.2 Калибровочные значения вносятся в процессе измерений после нажатия кнопок «CAL» и «ENTER V,I». Порядок измерений описан в подразделе 4.9, где операции контроля заменяются операциями калибровки.

4.7.3 Калибровка прибора в режиме воспроизведения силы переменного тока включает операции по установке значений силы тока 1 мА, 10 мА, 100 мА и 1 А на соответствующих пределах («2 мА», «20 мА», «200 мА» и «2000 мА») и частотах 200 Гц, 1, 5 и 10 кГц. Калибровочные значения вносятся в процессе измерений после нажатия кнопок «CAL» и «ENTER V,I». Порядок измерений описан в подразделе 4.9, где операции контроля заменяются операциями калибровки.

4.7.4 Калибровка прибора в режиме воспроизведения сопротивления включает операции по записи в память прибора действительных значений всех воспроизводимых сопротивлений после их измерения, описанного в подразделе 4.9.

Калибровочные значения вносятся нажатием кнопок «CAL» и «ENTER V,I».

4.7.5 Порядок операций калибровки воспроизводимых токов и сопротивлений значения не имеет за исключением режима калибратора силы постоянного тока, где калибровке предельного значения должна предшествовать операция калибровки нуля.

4.8 Калибровка прибора в режиме воспроизведения напряжения переменного тока

4.8.1 Сразу же следует отметить, что в России практически отсутствуют измерительные средства с необходимой точностью во всем амплитудном и частотном диапазоне для реализации калибровочных и поверочных процедур. По этим причинам калибровка может быть проведена только при наличии переходного стандарта модели 792А фирмы FLUKE,

США (792A AC/DC Transfer Standard) или измерительных средств центральных органов Госстандарта. Проверка допускает возможность использования поверочных средств пользователя (при условии увеличения нормированной погрешности, как минимум, на класс этой аппаратуры), но калибровка по этим средствам может привести к окончательной потере прибором своего класса.

При отсутствии аппаратуры класса модели 792A по вопросу калибровки (поверки) прибора Н4-7 потребителю следует обратиться к изготовителю.

Описанная ниже процедура калибровки предполагает использование в качестве основного измерительного средства модель 792A.

4.8.2 Процедура калибровки начинается с установки опорного напряжения переменного тока. Опорным напряжением (т.е. напряжением, которое строго пропорционально воздействует на весь амплитудный и частотный диапазон воспроизводимых напряжений) для калибратора переменного напряжения является 10 В, 10 кГц (предел «20 V» по напряжению и «20 kHz» по частоте). Это напряжение измеряется прибором 792A (порядок измерения приведен в подразделе 4.9) и вносится в память прибора после включения кнопки «CAL». Процедура калибровки стандартная: включить кнопку «ENTER V,I» и набрать измеренное значение, которое следующим нажатием кнопки «ENTER V,I» вводится в память прибора.

ВНИМАНИЕ! Установка опорного напряжения калибратора переменного напряжения обеспечивает пропорциональное увеличение (уменьшение) напряжения на всех пределах и частотах. Такая реакция прибора гарантируется только при установке частоты 10 кГц именно на пределе «20 kHz». Если частота 10 кГц устанавливается на пределе «200 kHz» (010 кГц), или, например, при включенной кнопке «4W», изменение напряжения осуществляется только на частоте 10 кГц и только на пределе «20 V», не меняя масштаба других пределов. При правильной установке опорного напряжения (на частоте 10 кГц) после нажатия кнопки «ENTER V,I» на индикаторе появляется транспарант «PAUSA», после чего напряжение меняется на всех пределах. Это очень важно, когда пользователь желает поправить абсолютное значение напряжения, не нарушая амплитудно-частотной характеристики прибора. Транспарант «PAUSA» является показателем изменения опорного уровня переменного напряжения.

4.8.3 После калибровки опорного напряжения реализуются калибровки, обеспечивающие линейаризацию частотной характеристики предела «20 V». Вышеописанным способом напряжение 10 В калибруется на частотах 60; 120 и 200 Гц; 0,5; 3; 10; 20; 50; 100; 200; 300; 500; 800 и 1000 кГц. Порядок измерений приведен в подразделе 4.9.

Далее (в любой последовательности) реализуется калибровка пределов:

- «0,2 V» в точке 0,2 В на частотах 60; 120 и 200 Гц; 0,3; 1; 10; 20; 50; 100; 300; 500; 800 и 1000 кГц;

- «2 V» в точке 2 В на частотах 60; 120 и 200 Гц; 0,3; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 20; 50; 75; 100; 200; 300; 500; 800 и 1000 кГц;

- «200 V» в точке 100 В на частотах 60; 120 и 200 Гц; 0,3; 0,6; 1; 3; 6; 10; 20; 35; 50; 75 и 100 кГц;

- «1000 V» в точке 500 В на частотах 60; 120 и 200 Гц; 0,3; 0,6; 1; 3; 6; 10; 13; 16; 20 кГц и дополнительно в точке 300 В на частотах 30 и 50 кГц.

Порядок измерений изложен в подразделе 4.9, а процедура записи в память стандартная: кнопка «CAL», затем «ENTER V,I», набрать измеренное значение и повторным нажатием кнопки «ENTER V,I» ввести в память.

4.9 Методика поверки

4.9.1 Общие сведения

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

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

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

4.9.2 Операции и средства поверки

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

Таблица 4.3

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

Продолжение таблицы 4.3

Наименование операции	Номер пункта	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики средства поверки	Обязательность проведения операции при	
				первичной поверке	эксплуатации и хранении
		переходный стандарт переменного напряжения 792A (AC/DC Transfer Standard FLUKE, США)	Погрешность сравнения переменного и постоянного напряжения $\pm(0,0015 - 0,05) \%$ в частотном диапазоне 40 Гц-1 МГц. Диапазон 10 мВ-700 В		
Определение погрешности воспроизведения сопротивления	4.9.10	Набор мер сопротивления МС3004 Вольтметр-калибратор постоянного напряжения В2-41 Калибратор универсальный Н4-6 (или Н4-7)	Номинальные сопротивления 0,1; 1; 10; 100 Ом; 1; 10; 100 кОм, погрешность не более $\pm 0,001 \%$ (для сопротивлений 0,1; 1 и 10 кОм $\pm 0,0006 \%$) Диапазон измерения напряжения 1 мкВ - 2 В; разрешающая способность $\pm 0,0001 \%$ Воспроизведение напряжений 20 В, 101 В и 110 В с нестабильностью $\pm 0,0001 \%$ за 1 мин	Да	Да
Определение погрешности воспроизведения силы постоянного тока	4.9.11	Вольтметр-калибратор постоянного напряжения В2-41 Набор мер сопротивления МС3004	Диапазон измерения напряжения 1 мкВ - 2 В; разрешающая способность $\pm 0,0001 \%$ Номинальные сопротивления 0,1; 1; 10; 100 Ом; 1; 10; 100 кОм, погрешность $\pm 0,001 \%$ (для 0,1 Ом - $\pm 0,002 \%$)	Да	Да
Определение погрешности воспроизведения силы переменного тока	4.9.12	Меры сопротивления переменного тока с аттестованной частотной погрешностью (из комплекта поставки)	Номинальные сопротивления 1; 10; 100 Ом с аттестованной частотной погрешностью: $\pm 0,01 \%$ для частоты 1 кГц и $\pm 0,02 \%$ для частоты 10 кГц	Да	Да
Проверка коэффициента гармоник калибратора переменного напряжения	4.9.13	Измеритель нелинейных искажений СК6-13	Диапазон напряжений 2-100 В; диапазон измеряемых искажений 0,01-0,15 %; частотный диапазон 0,1-100 кГц; погрешность $\pm 10 \%$	Да	Да

Продолжение таблицы 4.3

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

Примечания:

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

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

3 Большая часть измерений связана с проверкой граничных значений поддиапазона (например, 0,2 В, 2 В, 20 В), при этом измерительный прибор (В7-64) может перейти на старший предел измерения, где снижаются его метрологические характеристики. Во всех подобных случаях допускается измерения осуществлять при сниженных на 5 % значениях параметра (например, 0,19 В, 1,9 В, 19 В).

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

4.9.3 Требования к квалификации поверителей

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

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

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

4.9.4 Требования безопасности при поверке

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

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

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

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

4.9.5 Условия поверки и подготовка к ней

4.9.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

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

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

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

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

4.9.6 Внешний осмотр

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

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

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

4.9.7 Опробование

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

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

Порядок проведения испытания:

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

Таблица 4.4

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

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

4.9.8 Определение погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока

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

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

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

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

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

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

Таблица 4.5

Предел U_n	Контролируемое напряжение, В	Допускаемое значение погрешности \pm мкВ, не более	
		1 год	3 года
0,2 В	0	1	1,6
	± 2 мкВ	1	1,6
	$\pm 0,2$	5	9,6
2 В	0	4	8
	± 2	44	88
20 В	$\pm 0,0085$	30	60
	0,016	30	60
	0,025	30	60
	0,03	30	60
	0,06	30	62
	0,1	32	63
	$\pm 0,2$	34	67
	0,4	38	74
	0,7	44	85
	± 1	50	95
	1,2	54	102
	1,4	58	118
	1,7	64	120
	2	70	130
	2,5	80	147
	± 5	130	235
	8	190	340
	11	250	445
	13	290	515
	15	330	585
	17,5	380	670
	± 20	430	760
200 В	0	500	1000
	± 100	3 мВ	6 мВ
	± 200	5,5 мВ	11 мВ
1000 В	± 200	11 мВ	18 мВ
	500	21,5 мВ	36 мВ
	± 1000	39 мВ	66 мВ

4.9.9 Определение погрешности воспроизведения напряжения переменного тока

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

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

Процедура измерения подробно изложена в инструкциях по эксплуатации вышеназванных устройств. Дополнительно требуется отметить, что входная цепь термопреобразователей потребляет заметный ток от калибратора, и падение напряжения на проводах, включая внутренние цепи прибора, может существенно исказить результат измерения. По этой причине на частотах до 100 кГц включительно необходимо использовать четырехпроводный выход прибора, а на более высоких частотах (200 кГц и выше) – двухпроводный. При этом следует учитывать реакцию проверяемого калибратора на нагрузку: в примечании п.4.9.9.8 описано, как это можно сделать.

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

Примечания:

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

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

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

Индикатор подключается к выходу «DC OUTPUT» компаратора.

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

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

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

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

- подать напряжение отрицательной полярности;

- нажатием кнопки «%» индикатора (B2-41) скомпенсировать его показание;
- установить положительную полярность на выходе поверяемого прибора;
- зафиксировать показание индикатора, а затем, редактируя выход поверяемого прибора, добиться двукратного снижения его показания (например, было показание "-0,04 %", необходимо добиться показания "-0,02 %"). Значение напряжения на индикаторе поверяемого прибора и есть среднее значение постоянного напряжения, с которым и следует сравнивать измеряемое переменное напряжение;
- далее двукратным нажатием кнопки "%" индикатора (B2-41) вновь скомпенсировать его показание (соответствующее среднему значению);
- поверяемый прибор перевести в режим воспроизведения переменного напряжения, установив величину и частоту проверяемого напряжения;
- на индикаторе фиксируется погрешность калибратора переменного напряжения;
- устанавливая весь заданный частотный ряд для данного напряжения, зафиксировать показания индикатора, отображающего погрешность.

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

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

Для удобства отсчёта целесообразно ограничить чувствительность индикатора (нажатием кнопки «↓» прибора B2-41) до 0,0001 % при измерениях до 20 кГц, до 0,001 % - до 100 кГц и до 0,01 % при измерениях выше 100 кГц.

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

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

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

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

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

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

Реализуется следующий порядок операций:

- параллельно входу компаратора подключить вольтметр В7-64/1 (или любой другой 5,5 - 6,5 - разрядный), используя для этой цели дополнительные гнезда компаратора (их две пары на каждый вход);
- после установки на выходе поверяемого прибора требуемого напряжения переменного тока (уровня и частоты) перевести переключатель входов компаратора в нейтральное положение и зафиксировать показание прибора В7-64/1;
- переключатель входов установить в рабочее положение и вновь зафиксировать показание прибора В7-64/1;
- по разности показаний оценить реакцию прибора для соответствующей коррекции результатов измерения погрешности;
- отсоединить вольтметр (измерение погрешности прибора осуществляется без вольтметра).

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

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

Таблица 4.6

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

4.9.10 Определение погрешности воспроизведения сопротивлений

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

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

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

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

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

4.9.10.3 Определение погрешности для сопротивлений 0,1; 1 и 10 МОм осуществляется методом "масштабирования" проверяемого сопротивления по образцовой мере сопротивления 10 кОм.

В схеме измерения проверяемое сопротивление соединяется последовательно с образцовой мерой, образуя делитель, на который подается напряжение стабильного ($\pm 0,0001$ % за время измерения) источника Н4-6 в соответствии с рисунком 4.1б. При этом напряжение источника распределяется пропорционально сопротивлениям образованного таким образом делителя.

Порядок определения погрешности сопротивления 100 кОм:

- установить на выходе поверяемого прибора сопротивление 100 кОм;
- на выходе источника напряжения Н4-6 (Н4-7) установить напряжение 11 В;
- контролируя напряжение прибором В2-41 (предел измерения «20 В») на потенциальных выводах R_0 и редактируя выход источника напряжения, добиться показания индикатором В2-41 напряжения, равного действительному значению сопротивления (вернее его десятой части), например, если сопротивление составляет 9,9986 кОм, то напряжение должно быть 0,99986 В;
- прибором В2-41 измерить напряжение на выходе источника напряжения (путем переноса высокопотенциального проводника прибора В2-41 с вывода R_0 на высокопотенциальный вывод проверяемого прибора);
- из показания В2-41 вычесть его показание при измерении напряжения на R_0 . Ре-

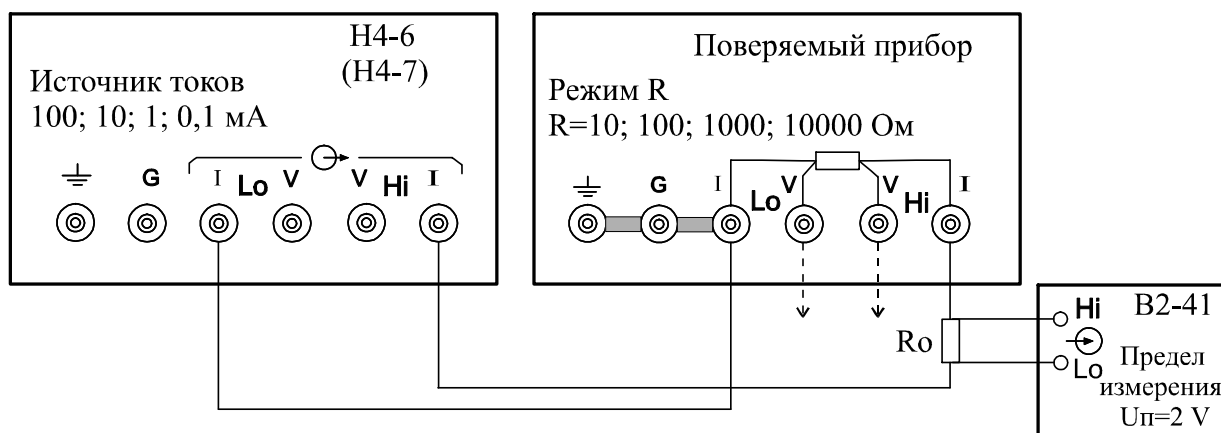
зультат дает численное выражение измеряемого сопротивления (при переносе запятой на одно знакоместо вправо).

Примечания

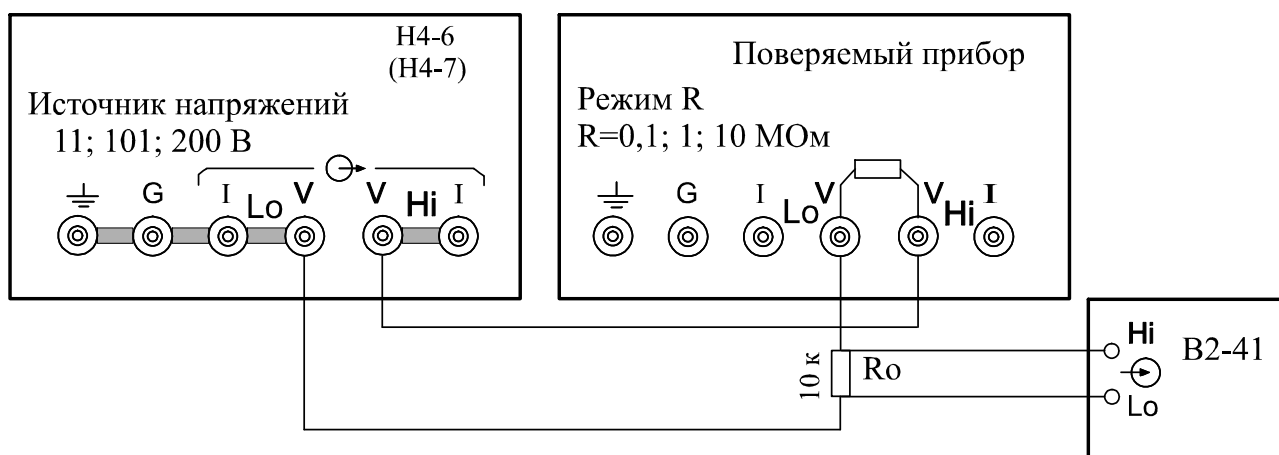
1 Для исключения вычислений достаточно после операции редактирования напряжения источника нажатием кнопки «Δ» прибора В2-41 скомпенсировать его показание (напряжение на R_0). При измерении полного напряжения на индикаторе В2-41 воспроизводится численное показание измеряемого сопротивления (при переносе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

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

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



а) – воспроизведение сопротивлений 10 Ом – 10 кОм



б) – воспроизведение сопротивлений 0,1 – 10 МОм

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

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

- а) ± 3 Ом для резистора 100 кОм;
- б) ± 100 Ом для резистора 1 МОм;
- в) ± 3 кОм для резистора 10 МОм.

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

4.9.11 Определение погрешности воспроизведения силы постоянного тока

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

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

- к токовым выходам "I" поверяемого прибора подключить меру сопротивления R_o (см. рисунок 4.2);
- к потенциальным выводам меры R_o подключить вольтметр В2-41 с пределом измерения «2 В»;
- произвести измерение падения напряжения на R_o при минимальном (равном нулю) и максимальном токе предела. Пределы и проверяемые точки указаны в таблице 4.7.

ВНИМАНИЕ! Вышеописанные процедуры определения погрешности предполагают, что действительное значение сопротивления меры не отличается от номинального, т.е. от значений 10000; 1000; 100 Ом и т.д. Если действительные значения сопротивления мер, взятые из их свидетельств об аттестации, отличаются от номинальных более чем на $\pm 0,0005$ %, то необходимо воспользоваться операцией масштабирования "с · х" прибора В2-41. С этой целью для каждой меры вычисляется константа "с" путем деления номинального значения сопротивления меры на ее действительное значение (например, $c = 1000 / 1000,03 = 0,99997$) и до начала измерения вводится в прибор В2-41 для соответствующей данному измерению меры сопротивления.

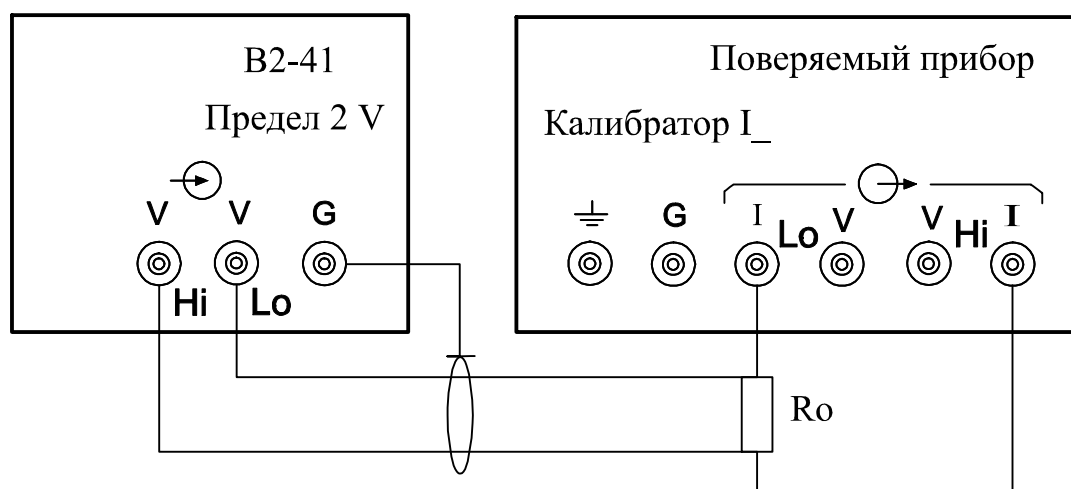


Рисунок 4.2 - Схема определения погрешности калибратора силы постоянного тока

Таблица 4.7

Предел I_p	Номинальные значения сопротивления меры R_o (из набора МС3004), Ом	Проверяемая точка, мА	Допускаемое отклонение, мкВ	
			1 год	3 года
0,2 мА	10000	0	20	40
		± 4 нА	20	40
		$\pm 0,2$	100	200
2 мА	1000	0	8	20
		± 2	88	180
20 мА	100	0	8	20
		± 20	88	180
200 мА	10	0	12	24
		± 200	132	224
2000 мА	1 *	0	20	60
	0,1	± 2000	22	36
* Резистор С5 – 16М - 5 – 1 Ом ± 1 % В ОЖО.467.545 ТУ				

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

4.9.12 Определение погрешности воспроизведения силы переменного тока

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

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

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

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

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

Измерения проводятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации термопреобразователей в точках, соответствующих максимальному значению предела на частотах 200 Гц, 1 кГц, 5 кГц и 10 кГц по нормам таблицы 4.8.

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

- перед работой с термопреобразователями необходимо внимательно ознакомиться с правилами их эксплуатации;

- недопустима более чем полуторкротная перегрузка термопреобразователя;

- отсчет показаний следует производить после установившегося значения термо-э.д.с. преобразователя, а при изменениях измеряемого напряжения более чем на ± 10 % следует дать время на прогрев преобразователя новым значением измеряемого напряжения (тока);

- повышать чувствительность компаратора (Р3003) при измерениях следует до тех пор, пока реализуется возможность отсчета напряжений в три - пять раз меньших допустимых значений погрешности (что может быть проконтролировано, например, соответствующим изменением тока поверяемого прибора);

- термопреобразователи целесообразно поместить в пассивный термостат и оборудовать средства защиты от перегрузок.

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

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

- собрать схему в соответствии с рисунком 4.3, устанавливая R_0 из таблицы 4.8, начав с $R_0 = 100 \text{ Ом}$;

- установить предел «2 мА» и силу тока $I_{ном} = 2 \text{ мА}$ частотой 1 кГц;

- зарегистрировать показание $U_{пок}$ прибора В7-64/1;

- подключить выход поверяемого калибратора Н4-7, переключив его в режим калибратора напряжения переменного тока, ко входу прибора В7-64/1, отключив последний от сопротивления R_0 ;

- изменением выходного напряжения прибора Н4-7 на частоте 1 кГц добиться показания вольтметра, равного ранее зарегистрированному $U_{пок}$. По показанию индикатора прибора Н4-7 зарегистрировать уточненное (истинное) показание $U_{ист}$. Рассчитать погрешность по формуле (4.1):

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

где R_0 - значение сопротивления на частоте измеряемого тока.

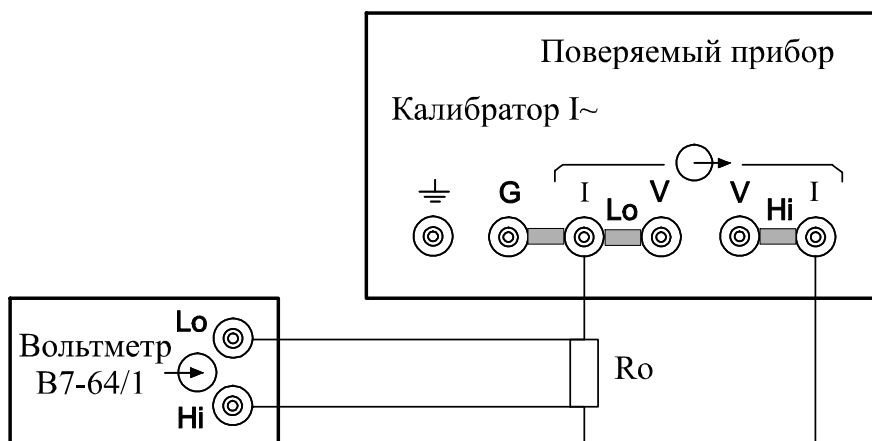


Рисунок 4.3 Схема определение погрешности калибратора силы переменного тока с помощью мер сопротивления

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

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

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

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

Таблица 4.8

Предел I_p (проверяемая точка)	$R_o, \text{ Ом}$	Допустимая погрешность, $\pm\%$, на частоте			
		200 Гц	1 кГц	5 кГц	10 кГц
2 мА	100	0,017	0,033	0,07	0,07
20 мА	100	0,017	0,033	0,07	0,07
200 мА	10	0,017	0,033	0,07	0,07
2000 мА	1	0,027	0,066	0,17	0,17

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

4.9.13 Проверка коэффициента гармоник калибратора напряжения

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

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

Таблица 4.9

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

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

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

- настроить фильтр на частоту напряжения, установленного на выходе калибратора, пользуясь приложением А;

- установить на выходе калибратора значения напряжения и частоты из таблицы 4.10;

- по осциллографу настроить фильтр на частоту выходного сигнала калибратора. Точной настройкой является состояние, при котором на выходе фильтра отсутствует первая гармоника или ее уровень ниже остальных составляющих (достаточно, чтобы амплитуда первой гармоники не превышала половины амплитуды остальных компонентов спектра);

- определить уровень напряжения высших гармоник и шумов (СКЗ) как одну треть двойной амплитуды осциллограммы. При этом амплитуду острых (коротких) выбросов с суммарной длительностью 3-5 % от общего времени развертки осциллографа не учитывать;

- вычислить коэффициент гармоник и шумов как отношение напряжения гармоник и шумов (U_{Γ}) к установленному на выходе калибратора напряжению ($U_{\text{вых}}$), по формуле (4.3):

$$K_{\Gamma} = 100 \% \cdot U_{\Gamma} / U_{\text{вых}} \quad (4.3)$$

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

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

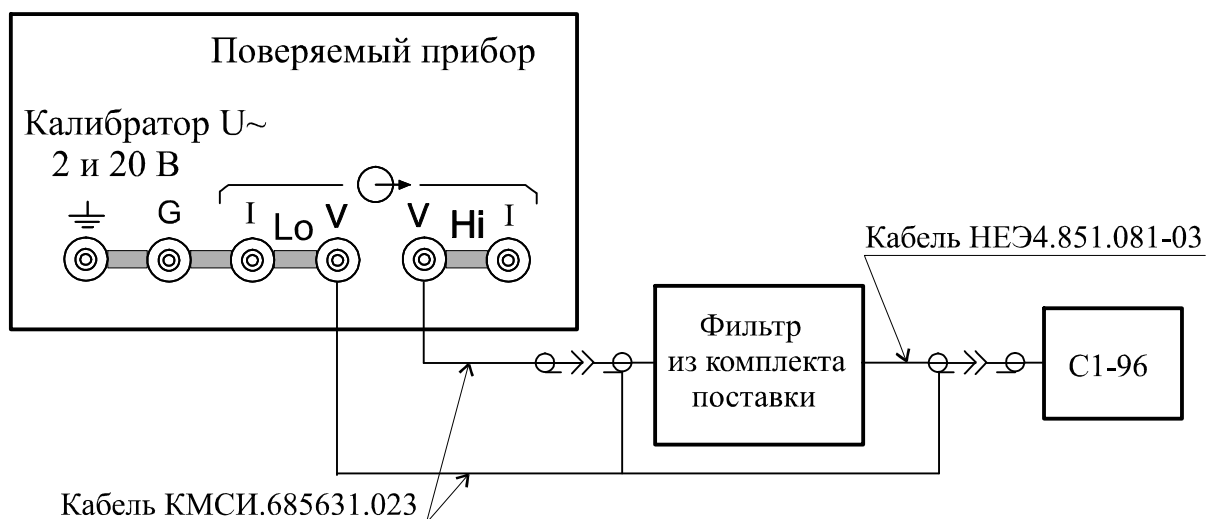


Рисунок 4.4 - Схема проверки коэффициента гармоник в высокочастотной области спектра (режим: калибратор переменного напряжения)

Таблица 4.10

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

4.9.14 Проверка коэффициента гармоник калибратора силы тока

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

Таблица 4.11

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

5 ХРАНЕНИЕ

5.1 Прибор Н4-7, а также усилитель могут храниться в отапливаемых и неотапливаемых хранилищах в упакованном виде.

Гарантийный срок хранения с момента изготовления:

- 60 мес с приемкой заказчика;
- 30 мес с приемкой ОТК.

Условия содержания приборов в отапливаемых хранилищах:

- температура окружающего воздуха от 5 до 40 °С;
- верхнее значение относительной влажности воздуха 80 % при температуре до 25 °С.

Условия содержания приборов в неотапливаемом хранилище:

- температура окружающего воздуха от минус 50 до +50 °С;
- верхнее значение относительной влажности воздуха 98 % при температуре до 25 °С.

6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

6.1 Прибор (в том числе и усилитель) в транспортной упаковке допускают транспортирование всеми видами транспорта при условии защиты их от прямого воздействия атмосферных осадков.

При транспортировании воздушным транспортом прибор (в том числе и усилитель) следует размещать в герметизированном отсеке.

6.2 Прибор (в том числе и усилитель) может транспортироваться при температуре окружающего воздуха от минус 50 до +50 °С и относительной влажности не более 98 % при температуре 25 °С.

7 УТИЛИЗАЦИЯ

7.1 Общие указания

7.1.1 Прибор Н4-7 отдельно или в комплекте с усилителем напряжения - стандартное электроизмерительное устройство. Оно не содержит взрывоопасных, пожароопасных, радиоактивных, ртутносодержащих и др. компонентов, способных принести ущерб населению или окружающей среде.

Утилизация драгметаллов в составе электронных компонентов не представляется экономически целесообразной.

По этим причинам обязательных мероприятий по подготовке изделий к утилизации нет. Предлагаемые ниже мероприятия носят рекомендательный характер.

7.2 Мероприятия по подготовке к утилизации

7.2.1 Ряд компонентов - прецизионные резисторы (проволочные и фольговые), стабилитроны источника опорного напряжения - относятся к элементам, "старение" которых в рабочих или условиях хранения только улучшает их стабильность.

В приборе (с усилителем) имеется более двух десятков таких компонентов. Их суммарная стоимость приближается к сумме 400 долларов США.

7.2.2 Предприятие-изготовитель готово приобрести эти компоненты по остаточной стоимости, оплатив расходы за демонтаж и пересылку (при их работоспособности).

Интересующие изготовителя компоненты маркированы меткой красного цвета.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

ФИЛЬТР

А.1 Назначение

А.1.1 Фильтр гармоник, внешний вид и передняя панель которого представлены на рисунках А.2 и А.3 соответственно, предназначен для измерения гармоник выходного напряжения калибратора на частотах 100, 200, 300, 500 и 1000 кГц.

А.1.2 При использовании фильтра осуществляется подавление (режекция) первой (основной) гармоники выходного напряжения. Все остальные компоненты спектра выходного напряжения проходят через фильтр с минимальным ослаблением.

А.2 Принцип действия

А.2.1 Фильтр представляет собой двойной Т-образный мост (рисунок А.1), частота режекции которого определяется формулой (А.1):

$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{А.1})$$

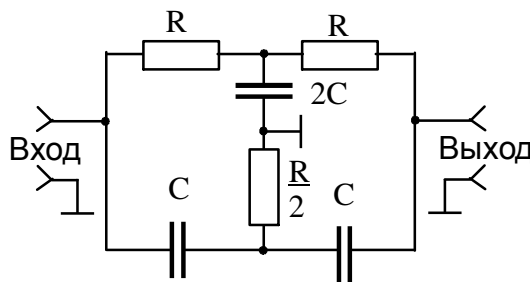


Рисунок А.1

Изменением емкостей и резисторов осуществляется перестройка фильтра по частоте для обеспечения заданного подавления первой гармоники частот, генерируемых проверяемым источником. Таких частот пять: 100, 200, 300, 500, 1000 кГц.

А.2.2 Схема электрическая принципиальная фильтра (рисунок А.4), перечень элементов которой приведен в таблице А.1, содержит делитель напряжения R1, R2, реализующий работу фильтра с двумя уровнями сигналов 2 и 20 В. Резисторы делителя выполняют функцию нагрузки (1 кОм для сигнала 20 В и 100 Ом для сигнала 2 В).

Переключатель S1 подключает плечи делителя ко входу фильтра. Плечи Т-образных мостов состоят из коммутируемых переключателем S4 («ЧАСТОТА кГц») конденсаторов (C1...C15), резисторов R3, R4, R6 и подключаемых к ним переключателями S2 и S3 резисторов R8...R37. Последними обеспечивается грубая настройка фильтра, а плавная - переменными резисторами R5, R7.

А.2.3 Расположение элементов фильтра представлено на рисунке А.5, а расположение элементов на галетах переключателей S2...S4 представлено на рисунке А.6.

А.3 Порядок работы

А.3.1 Порядок работы заключается в следующем:

- установить предел, соответствующий уровню контролируемого сигнала (20 или 2 В);
- подать на вход фильтра сигнал, а к выходу фильтра подключить осциллограф с чувствительностью 1-5 мВ/см;

- точно настроить фильтр на максимальное подавление первой гармоники последовательными действиями органами грубой и плавной подстройки.

Настройка выполняется до достижения минимального уровня сигнала на выходе фильтра.

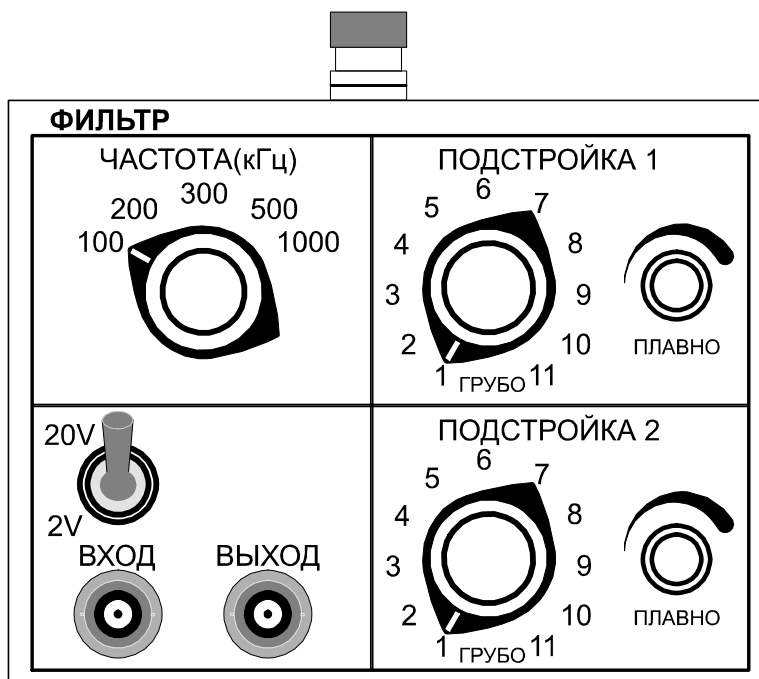
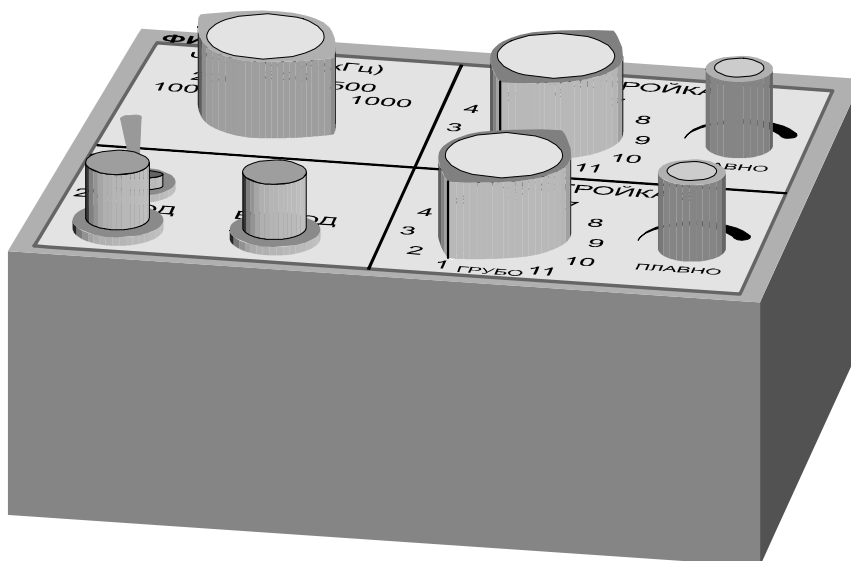


Рисунок А.2 - Внешний вид фильтра

Таблица А.1 - Перечень элементов фильтра

Обозначение	Наименование		Количество
	Конденсатор		
C1	K10-17- 16 -M1500-2000 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	1
C2... C4	K10-17- 16 -M1500-1000 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	3
C5, C6	K10-17- 16 -M1500-510 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	2
C7	K10-17- 16 -M1500-680 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	1
C8, C9	K10-17- 16 -M1500-330 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	2
C10	K10-17- 16 -M1500-390 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	1
C11... C13	K10-17- 16 -M1500-200 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	3
C14, C15	K10-17- 16 -M1500-100 пФ $\pm 10\%$ -B	ОЖО.460.107 ТУ	2
	Резисторы		
R1	C2-29B-1-910 Ом $\pm 1\%$ -1,0-Б	ОЖО.467.099 ТУ	1
R2	C2-29B-0,062-100 Ом $\pm 1\%$ -1,0-Б	ОЖО.467.099 ТУ	1
R3, R4	C2-29B-0,062-1,1 кОм $\pm 1\%$ -1,0-Б	ОЖО.467.099 ТУ	2
R5	СПЗ-4ДМ-0,25-220 Ом $\pm 20\%$ -А	ОЖО.468.404 ТУ	1
R6	C2-29B-0,062-470 Ом $\pm 1\%$ -1,0- А	ОЖО.467.099 ТУ	1
R7	СП4-1А-0,25-100 Ом $\pm 20\%$ -А-BC-2-20	ОЖО.468.365 ТУ	1
R8...R17	C2-29B-0,062-47 Ом $\pm 1\%$ -1,0-Б	ОЖО.467.099 ТУ	10
R18...R37	C2-29B-0,062-91 Ом $\pm 1\%$ -1,0-Б	ОЖО.467.099 ТУ	20
S1	Тумблер МТД1	ОЮО.360.016 ТУ	1
S2	Переключатель ПГЗ-11П1Н В	ОЮО.360.048 ТУ	1
S3	Переключатель ПГЗ-11П2Н В	ОЮО.360.048 ТУ	1
S4	Переключатель ПГЗ-5П4Н В	ОЮО.360.048 ТУ	1
X1, X2	Розетка приборная СР-50-73 ФВ	ВРО.364.010 ТУ	2
X4	Клемма ЯБ4.835.018		1

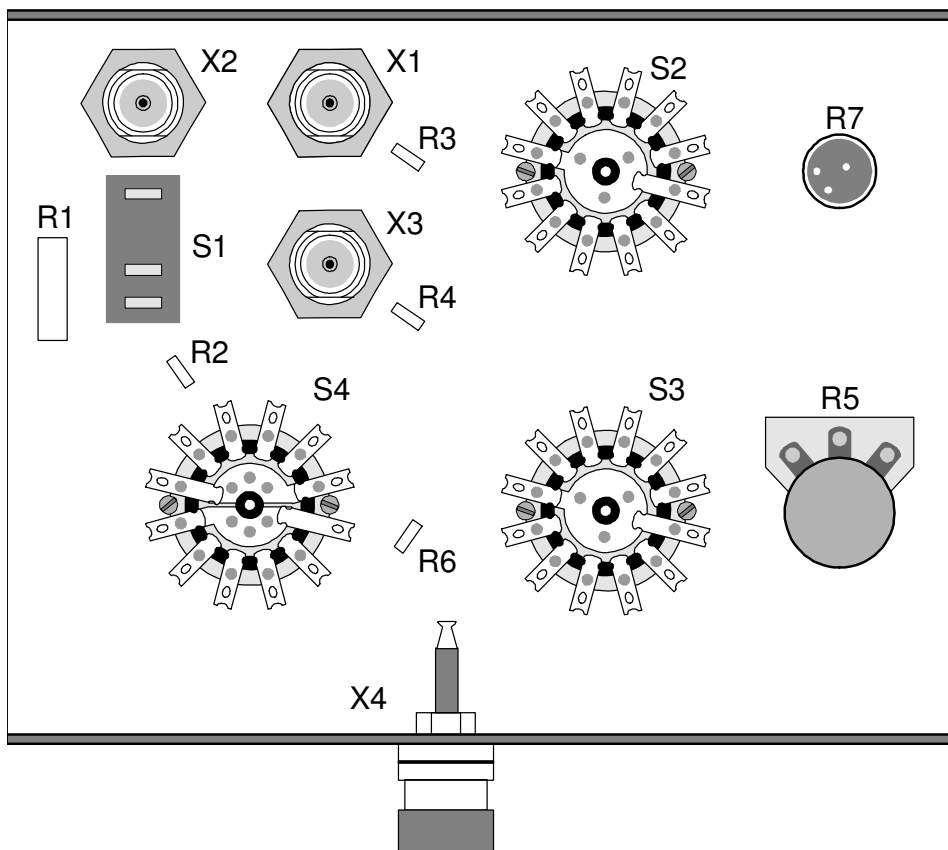


Рисунок А.4 - План размещения элементов

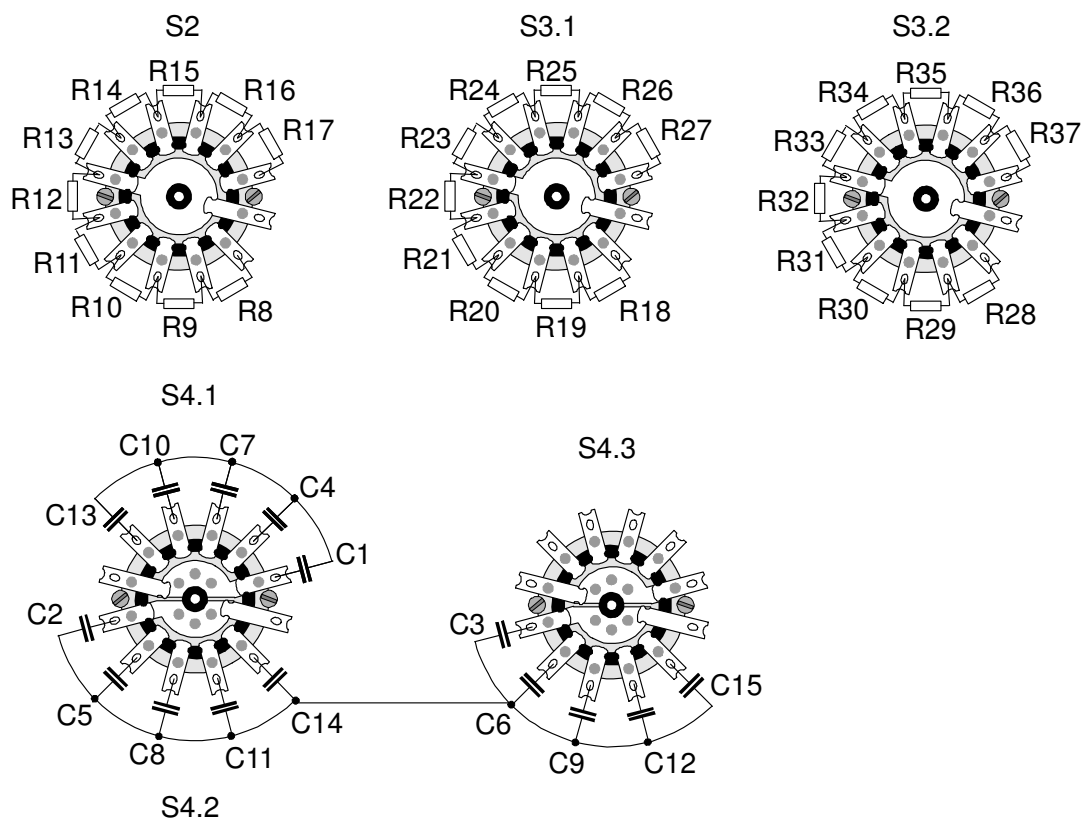


Рисунок А.5 - Расположение элементов на галетных переключателях фильтра

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Расшифровка информационных диагностических сообщений, выдаваемых на индикатор калибратора Н4-7

Б.1 При работе калибратора Н4-7 плата процессора может выводить на индикатор диагностические сообщения, список которых приведен ниже.

Б.2 В случае неисправности процессора на табло индикатора прибора появляются следующие сообщения:

- "ERROR 10" - невозстановимая ошибка ЭНЗУ: после нажатия кнопки "ENTER V, I" прибор произведет заполнение ЭНЗУ исходными константами из ПЗУ прибора; после этого необходимо произвести полную калибровку прибора;

- "ERROR 11", "ERROR 12" - восстановимая ошибка ЭНЗУ: после нажатия кнопки "ENTER V, I" прибор произведет восстановление содержимого ЭНЗУ;

- "ERROR 13" - аппаратная ошибка ЭНЗУ: не выполняется протокол связи «I2C».

Б.3 В случае ошибки оператора на табло индикатора появляются сообщения:

- "ERROR 20" - попытка ввести слишком большое число;

- "ERROR 21" - вводимое напряжение (ток) выходит за выбранный предел;

- "ERROR 22" - попытка ввести отрицательное напряжение (ток) в режимах "Hz", "kHz";

- "ERROR 23" - попытка калибровки не на калибровочной частоте в режимах "Hz", "kHz";

- "ERROR 24" - вводимая калибровочная константа слишком отличается от исходной;

- "ERROR 25" - слишком большая калибровочная константа при калибровке октад;

- "ERROR 26" - попытка калибровки при выключенном тумблере разрешения калибровки;

- "ERROR 27" - вводимое напряжение (ток) выходит за возможности прибора;

- "ERROR 28" - вводимое напряжение (ток) выходит за установленный оператором уровень ограничения.

Б.4 При ошибках связи по каналу интерфейса RS-232C на табло появляются сообщения:

- "ERROR 51" - переполнение входного буфера: обычная причина – не та частота (не 9600 бод);

- "ERROR 52" - непонятная команда: обычная причина - ошибка оператора.

Б.5 Прочие сообщения:

- "PAUSE" - прибор занят записью в ЭНЗУ и не может реагировать на нажатие кнопок передней панели;

Внимание! - Выключение питания в этом состоянии может привести к стиранию ЭНЗУ

- "ERROR 19" - прибор не может точно выставить заданное напряжение (ток);

- "ERROR 60" - неисправность интерфейса КОП: обычная причина - ошибка оператора, допущенная при калибровке октад, однако, возможна и неисправность платы ЦАП. При возникновении этой ошибки следует не только проверить правильность констант октад, но и стыковку октад: для любой константы октад прибор должен иметь возможность выставить то же напряжение более младшими октадами;

- "ERROR 40" - перегрузка платы ЦАП. Если это сообщение появляется без видимых причин или, наоборот, не появляется при действительной перегрузке, то это свидетельствует о неисправности прибора.

