

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ЗАО НПК «Мера»

_____ Суровенный В.Г.

«__» _____ 20__ г.

КАЛИБРАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

Н4-11/1

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть 1

МЕРА.411182.003 РЭ

*Замечания по безопасности оператора***ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ****ОПАСНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**

может присутствовать на выходных клеммах прибора,
изучите все меры предосторожности!

1 Считается, что опасность электрического удара существует, когда присутствуют уровни напряжения, больше чем 30 В среднеквадратического значения переменного тока (42 В пикового), или 60 В постоянного тока. По правилам безопасности необходимо ожидать, что опасное напряжение присутствует в любом неизвестном месте предполагаемого подключения. Во избежание опасности поражения электрическим током оператор не должен электрически контактировать с выходными клеммами или любыми проводниками, подсоединенными к ним, когда прибор находится в режиме измерений. Во время эксплуатации прибора на этих клеммах может присутствовать напряжение, опасное для жизни (амплитудой до 1000 В). Если позволяет характер работы, работайте с оборудованием одной рукой, чтобы свести к минимуму опасность прохождения тока через тело.

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

3 Символы в документации и маркировке изделия:

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Этот знак обозначает необходимость использования содержащейся в настоящем документе информации и особых указаний на условия или действия, которые могут предотвратить возможность травмы, смерти или повреждения оборудования.

**ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**

Этот знак обозначает возможность появления на указанных клеммах опасного для жизни напряжения.

Гарантии

1 Изготовитель гарантирует отсутствие дефектов изделия при эксплуатации и хранении в условиях, соответствующих указаниям настоящего документа, и при надлежащем техническом обслуживании.

Гарантия распространяется:

- на срок 36 мес с момента изготовления или последней пере проверки, проведенной Изготовителем (в случае хранения прибора у изготовителя более 3 месяцев);
- на срок хранения 38 мес с момента изготовления до ввода в эксплуатацию;
- на срок 3 мес на запасные части (измерительные принадлежности) со дня ввода в эксплуатацию;
- только для первоначального покупателя или конечного пользователя изделия, осуществившего ввод в эксплуатацию;
- на 90 дней в случае ремонта и технического обслуживания изделия, проведенного изготовителем в послегарантийный период.

Гарантийный срок продлевается на период от подачи рекламаций до введения прибора в эксплуатацию силами Изготовителя. Указанные гарантийные сроки действуют, если не заключено другого соглашения, устанавливающего их.

Гарантия не распространяется:

- на предохранители, расходные материалы, аккумуляторы или одноразовые батареи;
- на прибор, отдельные составные части или любые компоненты, которые, по заключению изготовителя, использовались не по назначению, подвергались несанкционированной модификации или были повреждены вследствие неправильной эксплуатации или хранения.

Действие гарантийных обязательств прекращается:

- при истечении гарантийного срока, если прибор введен в эксплуатацию до истечения гарантийного срока хранения;
- при истечении гарантийного срока хранения, если прибор не введен в эксплуатацию до его истечения.

2 Торговые посредники не уполномочены расширять сферу действия гарантии или предоставлять какую-либо иную гарантию от имени Изготовителя. Гарантийному обслуживанию подлежат только те изделия, которые были куплены у официального представителя Изготовителя.

3 Гарантийное обязательство ограничивается, по усмотрению Изготовителя, бесплатным ремонтом или заменой неисправного изделия, возвращенного для гарантийного обслуживания либо возмещением суммы, равной покупной цене изделия. Если изделие вышло из строя вследствие использования не по назначению, несанкционированной модификации, неправильных условий эксплуатации и хранения либо аварии по вине третьей стороны, Изготовитель оценивает приблизительную стоимость ремонта и не начинает работу по ремонту до тех пор, пока Покупатель не подтвердит свое согласие на уплату указанной суммы.

4 Для получения гарантийного обслуживания обратитесь к Изготовителю с извещением о претензии или отправьте дефектное изделие по почте, предварительно оплатив почтовые расходы и страховку. При этом необходимо сообщать, как можно подробно, признаки и характер неисправности, а также обстоятельства ее проявления или возникновения. Это обеспечит правильную и более полную диагностику неисправности и ускорит ремонт. Изготовитель не несет ответственности за повреждения изделия во время транспортировки. После гарантийного ремонта Изготовитель возвращает изделие Покупателю, оплачивая транспортировку.

5 Изготовитель гарантирует, что сведения, содержащиеся в данном документе, соответствуют изделию. Изготовитель не принимает ответственности за убытки, возникшие при неправильном использовании информации, содержащейся в данном документе. Материалы, содержащиеся в этом документе, могут быть изменены, без уведомления, в будущих редакциях.

Претензии к изделию, замечания и предложения по работе программного продукта необходимо отправлять изготовителю по адресу:

**350072, Краснодар, ул. Московская 5,
ЗАО «Научно-производственная компания «Мера».**

Порядок оформления претензий определен формуляром МЕРА.411252.003 ФО

СОДЕРЖАНИЕ		Лист
1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА		6
1.1 Назначение калибратора универсального		6
1.2 Технические характеристики		6
1.2.1 Условия нормирования параметров		6
1.2.2 Воспроизведение напряжения постоянного тока		6
1.2.3 Воспроизведение напряжения переменного тока		7
1.2.4 Воспроизведение силы постоянного тока		8
1.2.5 Воспроизведение силы переменного тока		9
1.2.6 Параметры преобразователя ПНТ-50		10
1.2.7 Воспроизведение сигналов с манипуляцией		10
1.2.8 Общие технические характеристики		13
1.3 Состав комплекта		14
1.4 Устройство и работа		15
1.5 Средства измерений		19
1.6 Маркирование и пломбирование		19
1.7 Упаковка		20
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ		21
2.1 Подготовка прибора к использованию		21
2.1.1 Меры безопасности		21
2.1.2 Подготовка к работе		21
2.2 Использование прибора и порядок работы		22
2.2.1 Передняя панель калибратора		22
2.2.2 Задняя панель калибратора		23
2.2.3 Индикатор калибратора		23
2.2.4 Клавиатура калибратора		28
2.2.5 Включение калибратора		29
2.2.6 Установка напряжения постоянного тока		34
2.2.7 Установка напряжения переменного тока		35
2.2.8 Установка силы постоянного тока		35
2.2.9 Установка силы переменного тока		36
2.2.10 Установка сигналов с манипуляцией		36
2.2.11 Редактирование выходных параметров		39
2.2.12 Использование памяти профилей		42
2.2.13 Отключение выхода калибратора		42
2.2.14 Тестирование		43
2.2.15 Использование интерфейса (режима дистанционного управления)		43
2.2.16 Порядок работы с преобразователем ПНТ-50		50
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ		54
3.1 Общие положения		54
3.2 Общие указания по введению поправочных коэффициентов		54
3.3 Введение цифровых поправочных коэффициентов		55
3.4 Аналоговое калибрование прибора (регулировка)		64
3.5 Требования к средствам калибрования и регулировки прибора		64
4 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ		66
5 УТИЛИЗАЦИЯ		66
6 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ (КАЛИБРОВКИ)		66
6.1 Общие сведения		66
6.2 Операции поверки (калибровки)		67
6.3 Средства поверки (калибровки)		68
6.4 Требования безопасности		70
6.5 Условия поверки (калибровки) и подготовка к ней		70
6.6 Проведение поверки (калибровки)		70
6.7 Оформление результатов поверки (калибровки)		86

Руководство по эксплуатации калибратора универсального Н4-11/1 предназначено для изучения прибора, его характеристик, а также правил эксплуатации и применения с целью квалифицированного обращения с прибором при эксплуатации и ремонте.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение калибратора универсального

1.1.1 Калибратор универсальный Н4-11/1 предназначен для воспроизведения напряжения и силы постоянного и переменного тока с целью осуществления калибровки (поверки) электроизмерительных приборов на месте их установки за счет высокой мобильности прибора и малого времени установления рабочего режима. Дополнительной функцией прибора является воспроизведение возможность амплитудной модуляции (манипуляции) уровней напряжения и тока специальными сигналами железнодорожной автоматики.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Условия нормирования параметров

1.2.1.1 Приведенные ниже характеристики нормируются:

- в температурном диапазоне от 18 до 28 °С или при температуре $T = T_k \pm 5$ °С, где T_k – температура калибрования. При значениях температуры, за пределами указанного диапазона, погрешность воспроизведения вычисляется как сумма основной и дополнительной температурной погрешностей;

- при нормальном токе нагрузки (при воспроизведении напряжения) и при сопротивлении нагрузки (при воспроизведении тока), не превышающем максимального значения. За пределами указанных норм погрешность воспроизведения вычисляется как сумма основной и дополнительной погрешности, вычисленной на основании нормируемого значения выходного сопротивления прибора.

1.2.2 Воспроизведение напряжения постоянного тока

1.2.2.1 Калибратор обеспечивает воспроизведение напряжения постоянного тока от 0,1 мВ до 600 В с погрешностью, указанной в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Диапазон и основная погрешность в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока

Предел (Up)	Диапазон воспроизведения в значениях устанавливаемой шкалы, В	Предел допускаемой основной погрешности при $T=T_k \pm 5$ °С, $\pm(\% \text{ от } U + \% \text{ от } U_p)$, не более
0.2 В	$\pm(0.00010 - 0.20009)$	0.1 + 0.05
2 В	$\pm(0.2001 - 2.0009)$	0.05 + 0.01
20 В	$\pm(2.001 - 20.009)$	0.05 + 0.005
200 В	$\pm(20.01 - 200.09)$	0.1 + 0.01
600 В	$\pm(200.1 - 625.0)$	0.1 + 0.03

Примечание U – установленное значение напряжения, Up – конечное значение предела

1.2.2.2 Предел дополнительной температурной погрешности на 10 °С не превышает предела основной погрешности, указанной в таблице 1.1. Предел дополнительной погрешности в условиях повышенной влажности не превышает предела основной погрешности, указанной в таблице 1.1.

1.2.2.3 Среднеквадратическое значение напряжения шумов и пульсаций в полосе частот 10 Гц – 300 кГц на выходе калибратора не превышает значений, приведенных в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Параметры в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока

Предел	Напряжения шумов и пульсаций на выходе калибратора, мВ	Выходное сопротивление, Ом, не более	Нормальный ток нагрузки, мА, не более	Максимальный ток нагрузки, мА	Максимальная емкость нагрузки, пФ
0.2 В	1	0.02	5	100	1000
2 В	5	0.02	25	100	
20 В	20	0.02	25	100	
200 В	200	0.1	25	50	
600 В	1000	1	5	10	

1.2.2.4 Выходное сопротивление калибратора не превышает значений, приведенных в таблице 1.2.

1.2.2.5 Калибратор обеспечивает защиту от превышения максимального тока нагрузки. Значения нормального и максимального тока нагрузки, а также максимальной емкости нагрузки соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.2.

1.2.2.6 Среднее время установления выходного напряжения прибора с нормированной погрешностью не превышает 3 с.

1.2.3 Воспроизведение напряжения переменного тока

1.2.3.1 Калибратор обеспечивает воспроизведение напряжения переменного тока от 1 мВ до 600 В синусоидальной формы в диапазоне частот от 10 Гц до 33 кГц (при воспроизведении напряжения более 150 В – в диапазоне частот от 20 Гц до 1.2 кГц) с погрешностью, указанной в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Диапазон и основная погрешность в режиме воспроизведения напряжения переменного тока

Предел (Uп)	Диапазон воспроизведения в значениях устанавливаемой шкалы, В	Предел допускаемой основной погрешности при T=Tк ±5 °С, ±(% от U + % от Uп), не более					
		на частотах					
		10 – 20 Гц	20 – 40 Гц	0,04 – 1.2 кГц	1.2 – 10 кГц	10 – 20 кГц	20 – 33 кГц
0.2 В	.00100 – 0.20009	0.3 + 0.1	0.2 + 0.1	0.2 + 0.1	0.2 + 0.1	0.3 + 0.1	0.5 + 0.1
2 В	0.2001 – 2.0009	0.3+0.02	0.2+0.02	0.1+0.02	0.2+0.02	0.3+0.03	0.5+0.05
20 В	02.001 – 20.009	0.3+0.02	0.2+0.015	0.1+0.015	0.2+0.02	0.3+0.03	0.5+0.05
150 В	020.01 – 150.09	0.3+0.02	0.2+0.02	0.1+0.02	0.2+0.02	0.3+0.03	0.5+0.05
600 В	150.1 – 625.0	-	0.3 + 0.1*	0.3 + 0.1	-	-	-

Примечание * В диапазоне воспроизведения 150.1 – 330 В на частотах ниже 32 Гц

1.2.3.2 Предел допускаемой дополнительной температурной погрешности на 10 °С не превышает предела основной погрешности, указанной в таблице 1.3.

1.2.3.3 Постоянная составляющая на выходе калибратора и коэффициент гармоник и шумов выходного напряжения не превышает значений, приведенных в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Параметры в режиме воспроизведения напряжения переменного тока

Предел	Постоянная составляющая, мВ, не более	Коэффициент гармоник и шумов, %				Выходное сопротивление, Ом, не более	Нормальный ток нагрузки, мА, не более	Максимальный ток нагрузки, мА	Максимальная емкость нагрузки, пФ
		на частотах, Гц							
		10 - 20	20 - 40	0.04-1.2 к	1.2 - 33 к				
0.2 В	1	0.5	0.2	0.15 + 0.02·f		0.03	5	100	1000
2 В	1	0.5	0.2			0.03	25	100	
20 В	3	0.5	0.2			0.03	25	100	
150 В	25	0.5	0.2			0.3	25	50	
600 В	1	-	0.5	0.3	-	3	5	10	

Примечание. f – коэффициент, численно равный установленной частоте в килогерцах

1.2.3.4 Выходное сопротивление калибратора не превышает значений, приведенных в таблице 1.4.

1.2.3.5 Калибратор обеспечивает защиту от превышения максимального тока нагрузки. Значения нормального и максимального тока нагрузки, а также максимальной емкости нагрузки соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.4.

1.2.3.6 Погрешность установки частоты выходного напряжения не превышает значения $\pm(0.05\% \text{ от } F + 0.1 \text{ Гц})$, где F – установленное значение частоты.

1.2.3.7 Среднее время установления выходного напряжения прибора и частоты с нормированной погрешностью не превышает 3 с.

1.2.4 Воспроизведение силы постоянного тока

1.2.4.1 Калибратор обеспечивает воспроизведение силы постоянного тока от 10 мкА до 2 А, с погрешностью, указанной в таблице 1.5. При подключении к калибратору преобразователя ПНТ-50 обеспечивается воспроизведение силы постоянного тока от 2 А до 50 А с погрешностью, указанной в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Диапазон и погрешность в режиме воспроизведения силы постоянного тока

Предел (Iп)	Диапазон воспроизведения в значениях устанавливаемой шкалы	Предел допускаемой основной погрешности при T=Tк±5 °С, $\pm(\% \text{ от } I + \% \text{ от } I_p)$, не более
20 мА	$\pm(00.000 - 20.009) \text{ мА}$	0.1 + 0.01
200 мА	$\pm(02.001 - 200.09) \text{ мА}$	0.1 + 0.01
2000 мА	$\pm(0200.01 - 2000.9) \text{ мА}$	0.1 + 0.01
20 А*	$\pm(02.001 - 20.009) \text{ А}$	0.25 + 0.025
50 А*	$\pm(20.01 - 52.50) \text{ А}$	0.25 + 0.1

Примечания I – установленное значение тока, Iп – конечное значение предела,
* Воспроизведение с помощью преобразователя ПНТ-50.

1.2.4.2 Предел допускаемой дополнительной температурной погрешности на 10 °С не превышает половины предела основной погрешности, указанной в таблице 1.5.

1.2.4.3 Среднеквадратическое значение напряжения шумов и пульсаций на выходе калибратора в полосе частот 10 Гц - 300 кГц не превышает значений, приведенных в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Параметры в режиме воспроизведения силы постоянного тока

Предел	Ток шумов и пульсаций на выходе калибратора, мА	Выходное сопротивление, кОм	Максимальное сопротивление нагрузки, Ом	Максимальное напряжение на нагрузке, В
20 мА	0.01	100	500	3
200 мА	0.1	10	50	3
2000 мА	1	1	5	3
20 А*	50	0.1	0.5	2
50 А*	150	0.1	0.1	1.5

Примечания *На выходе преобразователя ПНТ-50

1.2.4.4 Значения максимального сопротивления нагрузки и максимального напряжения на нагрузке прибора соответствует значениям, приведенным в таблице 1.6.

1.2.4.5 Среднее время установления выходного тока прибора с нормированной погрешностью не превышает 3 с.

1.2.5 Воспроизведение силы переменного тока

1.2.5.1 Калибратор обеспечивает воспроизведение силы переменного тока от 0.1 мА до 2 А синусоидальной формы в диапазоне частот 10 Гц – 10 кГц с погрешностью, указанной в таблице 1.7. При подключении к калибратору преобразователя ПНТ-50 обеспечивается воспроизведение силы переменного тока от 2 до 50 А синусоидальной формы в диапазоне частот до 1.2 кГц.

Таблица 1.7 – Диапазон и погрешность в режиме воспроизведения силы переменного тока

Предел (Iп)	Диапазон воспроизведения в значениях устанавливаемой шкалы	Предел допускаемой основной погрешности при T=Tк ±5 °С, ±(% от I + % от Iп), не более		
		10 – 20 Гц	20 – 1200 Гц	1.2 – 12 кГц
20 мА	00.100 – 20.009 мА	0.3 + 0.05	0.2 + 0.03	0.2 + 0.05 + 0.05·f
200 мА	02.001 – 200.09 мА	0.3 + 0.05	0.2 + 0.03	0.2 + 0.05 + 0.05·f
2000 мА	0200.01 – 2000.9 мА	0.3 + 0.05	0.2 + 0.03	0.2 + 0.05 + 0.05·f
20 А*	02.001 – 20.009 А	0.4 + 0.05	0.25 + 0.03 + 1.5·f	-
50 А*	20.01 – 52.50 А	0.4 + 0.1	0.25 + 0.1 + 1.5·f	-

Примечания * На выходе преобразователя ПНТ-50.
f – коэффициент, численно равный установленной частоте в кГц

1.2.5.2 Предел допускаемой дополнительной температурной погрешности тока на 10°С не превышает половины предела основной погрешности, указанной в таблице 1.7.

1.2.5.3 Постоянная составляющая на выходе калибратора и коэффициент гармоник и шумов выходного напряжения не превышает значений, приведенных в таблице 1.8.

1.2.5.4 Выходное сопротивление прибора не превышает значений, приведенных в таблице 1.8.

1.2.5.5 Значения максимального сопротивления нагрузки и максимального напряжения на нагрузке прибора соответствует значениям, приведенным в таблице 1.8.

1.2.5.6 Погрешность установки частоты выходного тока не превышает значения ±(0.05 % от F + 0.1 Гц), где F – установленное значение частоты.

1.2.5.7 Среднее время установления выходного тока прибора и частоты с нормированной погрешностью не превышает 3 с.

Таблица 1.8 – Параметры в режиме воспроизведения силы переменного тока

Предел	Постоянная составляющая, мА	Коэффициент гармоник и шумов, %			Выходное сопротивление, кОм	Максимальное сопротивление нагрузки, Ом	Максимальное напряжение на нагрузке, В
		на частотах, Гц					
		10 – 20 Гц	20 – 1200 Гц	1.2 – 12 кГц			
20 мА	0.005	0.5	0.2	$0.2+0.1 \cdot f$	50**	500	2
200 мА	0.05	0.5	0.2	$0.2+0.1 \cdot f$	5**	50	2
2000 мА	0.5	0.5	0.2	$0.2+0.1 \cdot f$	0.5**	5	2
20 А*	15	0.5	$0.2 + 2 \cdot f$	-	0.025**	0.25	1.5
50 А*	50	0.5		-	0.025**	0.05	1

Примечания * На выходе преобразователя ПНТ-50. ** На частоте 50 Гц.
f – коэффициент, численно равный установленной частоте в кГц

1.2.6 Параметры преобразователя ПНТ-50

1.2.6.1 Преобразователь ПНТ-50 обеспечивает параметры в соответствии с данными таблицы 1.9.

Таблица 1.9 – Параметры преобразователя ПНТ-50

Номинальный коэффициент передачи	Рабочий диапазон		Погрешность коэффициента передачи на постоянном токе	Неравномерность частотной характеристики до 1 кГц	Начальный ток на выходе
	входа	частот			
Параметры преобразователя ПНТ-50					
10 А/В	0 – 5 В	0 – 1.2 кГц	не более ± 0.15 %	не более ± 2 %	не более ± 5 мА

1.2.7 Воспроизведение сигналов с манипуляцией

1.2.7.1 Калибратор обеспечивает возможность установки манипулированных по амплитуде и фазе напряжений и токов в следующих режимах:

- воспроизведение напряжения постоянного тока с амплитудной манипуляцией от 0,1 мВ до 200 В с погрешностью, указанной в таблице 1.10;

- воспроизведение напряжения переменного тока с амплитудной от 1 мВ до 150 В и фазовой от 10 мВ до 150 В манипуляцией синусоидальной формы в диапазоне частот 20 Гц – 30 кГц с погрешностью, указанной в таблице 1.10;

- воспроизведение силы постоянного тока с амплитудной манипуляцией от 10 мкА до 2 А, а с подключенным к калибратору преобразователем ПНТ-50 от 2 до 50 А, с погрешностью воспроизведения, указанной в таблице 1.10.

- воспроизведение силы переменного тока с амплитудной от 0.1 мА до 2 А и фазовой от 1 мА до 2 А манипуляцией синусоидальной формы в диапазоне частот 10 Гц – 10 кГц, а с подключенным к калибратору преобразователем ПНТ-50 от 2 А до 50 А в частотном диапазоне 10 Гц – 1 кГц, с погрешностью воспроизведения, указанной в таблице 1.10.

1.2.7.2 Прибор обеспечивает следующие режимы манипуляции:

- “M0” непрерывный сигнал для установки (калибровки) амплитуды импульсов;

- амплитудной “M1” и “M2” симметричными импульсами (тональная манипуляция);

- амплитудной “М3”, “М4” и “М5” кодоимпульсными последовательностями с фиксированными временными соотношениями между фронтами импульсов;
- амплитудной “М3s”, “М4s” и “М5s” кодоимпульсными последовательностями с синхронизацией фронтов импульсов по полупериодам несущей частоты. Включается только для сигналов переменного тока и в ограниченных диапазонах частот. Номинальные временные соотношения кодоимпульсной последовательности выдерживаются на трех частотах 25, 50 и 75 Гц;
- “М3k”, “М4k” и “М5k” аналогичны “М3s”, “М4s” и “М5s” только с сокращенной длительностью импульсов;
- фазовой “М6_16”, “М6_24”, “М6_32”, “М6_48” и “М6_64” симметричными импульсами с длительностью 16, 24, 32, 48 и 64 периода несущей частоты. Включается только для сигналов переменного тока и в ограниченных диапазонах частот;
- “М7” формирования одиночного импульса заданной длительности по внешнему сигналу (с клавиатуры или интерфейса);
- амплитудной “М8” манипуляции несимметричными импульсами со скважностью 8.

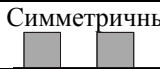


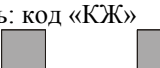


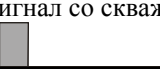
Параметры сигналов с амплитудной и фазовой манипуляцией указаны в таблице 1.11.

Таблица 1.10 – Диапазон и погрешность в режиме манипуляции

Предел (Up или Ip)	Диапазон воспроизведения в значениях устанавливаемой шкалы	Предел допускаемой основной погрешности при $T=T_k \pm 5^\circ\text{C}$, $\pm(\% \text{ от } U + \% \text{ от } U_p)$ или $\pm(\% \text{ от } I + \% \text{ от } I_p)$, не более	
Воспроизведение напряжения постоянного тока			
0.2 В	$\pm(0.00200 - 0.20009)$ В	1 + 0.5	
2 В	$\pm(0.2001 - 2.0009)$ В	0.5 + 0.05	
20 В	$\pm(2.001 - 20.009)$ В	0.5 + 0.05	
200 В	$\pm(20.01 - 200.09)$ В	0.5 + 0.1	
Воспроизведение напряжение переменного тока			
на частотах		20 Гц – 10 кГц	10 – 33 кГц
0.2 В	.00100 – 0.20009 В	1 + 0.15	1.5 + 0.1
2 В	0.2001 – 2.0009 В	1 + 0.1	1.5 + 0.1
20 В	02.001 – 20.009 В	1 + 0.1	1.5 + 0.1
150 В	020.01 – 150.09 В	1 + 0.1	1.5 + 0.1
Воспроизведение силы постоянного тока			
20 мА	$\pm(0.100 - 20.009)$ мА	0.5 + 0.1	
200 мА	$\pm(2.001 - 200.09)$ мА	0.5 + 0.1	
2000 мА	$\pm(20.01 - 2000.9)$ мА	0.5 + 0.1	
20 А*	$\pm(2.001 - 20.009)$ А	1 + 0.1	
50 А*	$\pm(20.01 - 52.50)$ А	1 + 0.1	
Воспроизведение силы переменного тока			
на частотах		20 – 1200 Гц	1.2 – 12 кГц
20 мА	00.010 – 20.009 мА	0.5 + 0.1	0.5 + 0.1 + 0.05·f
200 мА	02.001 – 200.09 мА	0.5 + 0.1	0.5 + 0.1 + 0.05·f
2000 мА	020.01 – 2000.9 мА	0.5 + 0.1	1 + 0.1 + 0.05·f
20 А*	02.001 – 20.009 А	1 + 0.1 + 1.5·f	-
50 А*	20.01 – 52.50 А	1 + 0.1 + 1.5·f	-
Примечания			
* Воспроизведение с помощью преобразователя ПНТ-50			
f – коэффициент, численно равный установленной частоте в кГц			

1.2.7.3 Предел дополнительной температурной погрешности на 10 °С не превышает половины предела основной погрешности, указанной в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Параметры режимов амплитудной, частотной и фазовой манипуляции

Режим	Обозначение	Длительность, число периодов, заполнение или частота						Коэффициент ³⁾		
		Периода	Составляющих							
Непрерывный сигнал постоянного тока или переменного тока	M0	Выключено	100 % (постоянно включено)						1	
Симметричный сигнал 	M1	8 Гц ± 0.5 %	50 ± 0.25 %						0.7071	
	M2	12 Гц ± 0.5 %	50 ± 0.25 %						0.7071	
Кодоимпульсная последовательность: код «З» 	M3	1.86 ± 0.002 с	И	П	И	П	И	П	1 ⁴⁾	
			.35 с	.12 с	.24 с	.12 с	.24 с	.79 с		
				±0.001 с						
	Периодов частоты 20 – 30 Гц	M3s¹⁾	46,5	8,5	3	6	3	6	20	
	Периодов частоты 40 – 60 Гц		93	17,5	6	12	6	12	39,5	
	Периодов частоты 60 – 90 Гц		139,5	26	9	18	9	18	59,5	
	Периодов частоты 20 – 30 Гц	M3k^{1,2)}	47	7,5	4,5	4,5	4,5	4,5	21,5	
Периодов частоты 40 – 60 Гц	94		15	9	9	9	9	43		
Периодов частоты 60 – 90 Гц	141		22,5	13,5	13,5	13,5	13,5	64,5		
Кодоимпульсная последовательность: код «Ж» 	M4	1.86 ± 0.002 с	И	П	И	П			1 ⁴⁾	
			0.35 ± 0.001 с	0.12 ± 0.001 с	0.6 ± 0.001 с	0.79 ± 0.001 с				
	Периодов частоты 20 – 30 Гц	M4s¹⁾	46,5	8,5	3	15	20			
	Периодов частоты 40 – 60 Гц		93	17,5	6	30	39,5			
	Периодов частоты 60 – 90 Гц		139,5	26	9	45	59,5			
	Периодов частоты 20 – 30 Гц	M4k^{1,2)}	47	7,5	4,5	13,5	21,5			
	Периодов частоты 40 – 60 Гц		94	15	9	27	43			
Периодов частоты 60 – 90 Гц	141		22,5	13,5	40,5	64,5				
Кодоимпульсная последовательность: код «КЖ» 	M5	1.86 ± 0.002 с	И	П	И	П			1 ⁴⁾	
			0.3 ± 0.001 с	0.63 ± 0.001 с	0.3 ± 0.001 с	0.63 ± 0.001 с				
	Периодов частоты 20 – 35 Гц	M5s¹⁾	46,5	7,5	16	7,5	15,5			
	Периодов частоты 35 – 60 Гц		93	15	31,5	15	31,5			
	Периодов частоты 60 – 90 Гц		139,5	22,5	47,5	22,5	47			
	Периодов частоты 20 – 35 Гц	M5k^{1,2)}	47	6	17,5	6	17,5			
	Периодов частоты 35 – 60 Гц		94	12	35	12	35			
Периодов частоты 60 – 90 Гц	141		18	52,5	18	52,5				
Фазовая манипуляция периодов частоты 20 - 2500 Гц 	M6	32	0°			180°			1	
			16	16						
			24	24						
			32	32						
			48	48						
128	64			64						
Импульс 	M7	Одиночный импульс: T = 0.10 – 650.00 с Погрешность установки: ±(0.1 % от T + 0.005 с)						1 ⁴⁾		
Сигнал со скважностью 8 ⁵⁾ 	M8	25 Гц ± 0.5 %	И			П			0.3536	
			5 мс			35 мс				

Примечания – И - импульс (установленный уровень включен), П – пауза (установленный уровень выключен).

1) С синхронизацией фронтов импульсов по полупериодам несущей частоты. Значения длительности импульсов и пауз выражены в количестве периодов несущей частоты и включаются только в указанном диапазоне частот.

2) С сокращенной длительностью импульсов.

3) Коэффициент масштабирования СКЗ сигналов переменного тока.

4) Применяется к значению уровня импульсов (без учета пауз).

5) Для сигналов переменного тока коэффициент амплитуды Ka = 4

1.2.8 Общие технические характеристики

1.2.8.1 Прибор обеспечивает:

- установку выходного уровня и частоты посредством клавиатуры;
- визуальную индикацию значений и частоты выходного параметра, полярности, размерности показаний, состояния прибора, отказов и ошибок;
- автоматический выбор пределов воспроизведения;
- плавное регулирование выходного напряжения;
- вычисление абсолютной и относительной погрешности проверяемого прибора.

1.2.8.2 Прибор обеспечивает:

- а) работу с последовательным интерфейсом RS-232 при уровне сигналов не менее 5 В на передающих линиях при нагрузке 3 кОм;
- б) информационные параметры приведены в таблице 1.12;

Таблица 1.12

Скорость	Данные	«Четность»	«Стоп»	Принимаемые и передаваемые символы
9600 бод (бит/с)	8 бит	Отсутствует	1 бит	Цифры, большие и малые (только принимаемые) латинские буквы, знаки «+» и «-», управляющие символы (коды) «LF», «CR», «XON», «XOFF»

в) прием управляющих данных в виде текстовых строк, содержащих цифровые значения напряжения и частоты, полярность и размерность;

г) выдачу информации о состоянии прибора.

1.2.8.3 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха(23 ± 5) °С;
- относительная влажность(65 ± 15) %;
- атмосферное давлениеот 630 до 795 мм рт.ст.;
- напряжение питающей сети(220 ± 22) В частотой (50 ± 1) Гц.

1.2.8.4 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздухаот 5 до 40 °С;
- относительная влажностьдо 95 % при температуре 25 °С;
- атмосферное давлениеот 630 до 800 мм рт.ст.;
- напряжение питающей сети(220 ± 22) В частотой (50 ± 2) Гц.

1.2.8.5 Прибор обеспечивает требуемые параметры и характеристики через 1 мин с момента включения.

1.2.8.6 Прибор допускает непрерывную работу в течение времени не менее 24 ч при сохранении электрических параметров в пределах установленных норм.

1.2.8.7 Прибор имеет следующие параметры надёжности:

- средняя наработка на отказ калибратора (и преобразователя) не менее 10000 ч.
- гамма - процентный ресурс прибора (и преобразователя) не менее 10000 ч при $\gamma = 90\%$.
- гамма - процентный срок службы прибора (и преобразователя) не менее 15 лет при $\gamma = 80\%$.
- среднее время восстановления работоспособного состояния прибора (и преобразователя) не более 120 мин.

1.2.8.8 Мощность, потребляемая калибратором и преобразователем от сети питания при номинальном напряжении, соответственно не более 120 ВА и 300 ВА.

1.2.8.9 Масса прибора не более 8 кг, масса преобразователя не более 6.5 кг.

1.2.8.10 Габаритные размеры прибора (и преобразователя) 291 x 166 x 285 мм.

1.3 Состав комплекта

1.3.1 Состав комплекта поставки калибратора приведен в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Состав комплекта поставки прибора Н4-11/1

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
МЕРА.411182.004	Калибратор универсальный Н4-11/1	1	Базовый блок
МЕРА.411582.005	Преобразователь ПНТ-50	1	Расширение диапазона токов от 2 до 50 А
	<u>Запасные части и принадлежности</u>		
КМСИ.685631.036	Соединитель	1	Красный, наконечник – наконечник
КМСИ.685631.036-01	Соединитель	1	Черный, наконечник – наконечник
КМСИ.685631.037	Соединитель	1	Красный, наконечник – штырь
КМСИ.685631.037-01	Соединитель	1	Черный, наконечник – штырь
КМСИ.685631.038	Соединитель	1	Красный, штырь – штырь
КМСИ.685631.038-01	Соединитель	1	Черный, штырь – штырь
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б-1В 2А 250 В	2	
SCZ-1R	Шнур соединительный	1	Сетевой
КМСИ.685631.035	Соединитель	1	Красный, наконечник – наконечник ПНТ-50
КМСИ.685631.035-01	Соединитель	1	Черный, наконечник – наконечник ПНТ-50
КМСИ.685631.054	Соединитель	1	Байонет – 2 штыря для подключения ПНТ-50
SCZ-1R	Шнур соединительный	1	Сетевой, ПНТ-50
КМСИ.434159.001	Блок нагрузок	1	
КМСИ.685619.014	Кабель	1	Интерфейса
	Портфель	2	Укладочный ящик
643.16853970.00001-01 31 02 (CD – диск)	Калибратор универсальный Н4-11/1. Документация, сервисные программы	1	
МЕРА.411182.003 РЭ	<u>Эксплуатационная документация</u> Калибратор универсальный Н4-11/1. Руководство по эксплуатации. Часть 1	1	
МЕРА.411182.003 РЭ1	Калибратор универсальный Н4-11/1. Руководство по эксплуатации. Часть 2	1	По специальному заказу (содержится на CD – диске)
МЕРА.411182.003 ФО	Калибратор универсальный Н4-11/1. Формуляр	1	

1.4 Устройство и работа

1.4.1 Структурная схема, отражающая устройство базового блока калибратора, приведена на рисунке 1.1. В основе принципа работы схемы калибратора лежит метод стабилизации выходного уровня замкнутой системой авторегулирования. В процессе авторегулирования на выходе калибратора устанавливается напряжение или ток, уровень которого пропорционален уровню опорного напряжения постоянного тока, являющегося главным задающим воздействием. Основой работы системы стабилизации уровня является выравнивание опорного напряжения с сигналом обратной связи. В качестве элемента сравнения выступает усилитель ошибки обратной связи, выходное напряжение регулирует уровень постоянного или переменного тока.

1.4.2 Формирование опорного напряжения производится с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), построенного на принципе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) опорного напряжения. Выходное напряжение данного ШИМ-ЦАП может устанавливаться в пределах ± 3 В с 16-разрядной дискретностью (шкала из 65535 точек каждой полярности). Качество выдаваемого напряжения обеспечивается применением интегрального опорного источника с выходным напряжением +3 В, обладающего высокой температурной и долговременной стабильностью. Переключение полярности выходного напряжения ЦАП-ШИМ производится специальным аналоговым ключом, «заземляющим» соответствующим образом выводы «плавающего» опорного источника, и изменением полярности управляющего ШИМ-сигнала. Формирование ШИМ-сигнала производится комбинацией (с помощью функции исключаящего «или») двух сдвинутых по фазе сигналов, выдаваемых одним из таймеров микроконтроллера. Частота этих сигналов одинакова и составляет около 84.37 Гц (это и есть частота ШИМ), а сдвиг по фазе между ними задается пропорционально устанавливаемому напряжению.

1.4.3 В режиме воспроизведения напряжения система стабилизирует напряжение на выходных клеммах (на нагрузке). В режиме воспроизведения силы тока также стабилизируется напряжение на входе преобразователя напряжения в ток. В режиме амплитудной манипуляции напряжение стабилизируется на входе модулятора, а погрешность воспроизведения определяется параметрической стабильностью и точностью калибрования коэффициента передачи последующего тракта. Выбор точки стабилизации обеспечивает аналоговый коммутатор - мультиплексор. При воспроизведении сигналов переменного тока в цепь обратной связи включается линейный детектор, а система авторегулирования сравнивает постоянное опорное напряжение с выпрямленным переменным напряжением. Необходимость сравнения сигналов со значительным уровнем переменной составляющей (опорное напряжение также модулировано ШИМ-сигналом) обусловило применение активного фильтра третьего порядка на входе усилителя ошибки. Приведение уровня стабилизированного выходного напряжения к шкале опорного ЦАП, действующей на входе усилителя ошибки, производит масштабный преобразователь обратной связи. Принятое номинальное значение шкалы ЦАП, действующее на мультиплексоре и на входах всех выходных усилителей, приблизительно равно 6.33 В. Точное значение шкалы, учитывающее реальный коэффициент передачи тракта, устанавливается процедурой цифрового калибрования.

1.4.4 Усилитель ошибки, благодаря наличию интегрирующих свойств, обеспечивает устойчивость всей системы авторегулирования. При воспроизведении сигналов постоянного тока усиленное напряжение ошибки подается непосредственно на выходные усилители. При воспроизведении сигналов переменного тока выходной сигнал усилителя ошибки используется для регулирования амплитуды. Благодаря тому, что он подаётся одновременно на вход опорного напряжения ЦАП синтезатора частоты и на вход аналогового перемножителя, достигается расширение динамического диапазона регулирования. При воспроизведении напряжения постоянного тока на пределе 600 В также используется тракт регулирования переменного напряжения.

1.4.5 Модулятор (для амплитудной и фазовой манипуляции), включенный на входе выходных усилителей, содержит умножающий ЦАП и управляющий микроконтроллер. В нормальном режиме работы и в режиме непрерывного сигнала («М0») устанавливается коэффициент передачи ЦАП, близкий к единице ($K = +1$). При включении одного из режимов амплитудной манипуляции коэффициент передачи ЦАП начинает изменяться в соответствии с программой микроконтроллера, обеспечивающей получение заданной кодоимпульсной или тональной последовательности импульсов (соответствующей сигналам СЦБ железнодорожной автоматики). В режиме фазовой

манипуляции производится переключение коэффициента передачи ЦАП с $K = +1$ на $K = -1$. Временные соотношения манипулированных сигналов определяются таймером микроконтроллера, тактовая частота которого задается генератором микроконтроллера аналогового блока. В режиме с синхронизацией фронтов манипулированных импульсов переключение ЦАП производится в результате подсчета заданного числа полупериодов несущей частоты (по числу переходов через нуль, выделяемых специальным компаратором).

1.4.6 Генерирование синусоидального сигнала обеспечивается цифро-аналоговым синтезатором, выполненным на микросхеме типа AD9850 и работающим с тактовой частотой $F_0 = 2.764$ МГц. Точность установки частоты синтезатора определяется точностью установки тактовой частоты, задаваемой микроконтроллером аналогового блока. Качество формы выходного сигнала синтезатора обеспечивается применением сглаживающего фильтра высокого порядка, подавляющего высокие частоты и составляющую, равную половине тактовой частоты F_0 . Коэффициент гармоник генератора на частотах до 33 кГц не превышает 0,035 %.

1.4.7 Перекрытие всего диапазона воспроизводимых параметров обеспечивают три выходных каскада:

- низковольтный усилитель, работающий с коэффициентами передачи, близкими к $K = 0.03, 0.3$ и 3.21 и включаемыми соответственно на пределах $0.2, 2$ и 20 В;
- высоковольтный преобразователь, имеющий коэффициенты передачи $K = 33.2$ и 133 и работающий на пределах 200 и 600 В (см. п.1.4.8);
- преобразователь напряжение-ток с коэффициентом передачи $K = 3.11; 31.1; 311$ мА/В, формирующий пределы $20, 200$ и 2000 мА, переключаемые изменением сопротивления токового шунта $R_{ш}$.

1.4.8 Высоковольтный преобразователь содержит усилитель, обеспечивающий выходное напряжение постоянного тока до 200 В и переменного тока до 150 В в полном частотном диапазоне.

Для получения переменного напряжения в диапазоне свыше 150 В на вход этого усилителя подключается повышающий трансформатор. Частотный диапазон в этом случае ограничивается трансформатором и составляет $20 - 1200$ Гц. При этом запрещены все режимы амплитудной манипуляции, потому что трансформатор не обеспечивает передачу импульсов без искажений.

Для получения высокого постоянного напряжения аналоговый блок включается в состояние воспроизведения переменного напряжения с частотой 1 кГц. Усиленное выходное напряжение, снимаемое с трансформатора, выпрямляется и сглаживается активным фильтром. В данном режиме смена полярности выходного напряжения производится переключением полярности высоковольтного выпрямителя.

1.4.9 Управление аналоговым блоком осуществляется подачей команд по последовательной шине от микроконтроллера индикаторной платы, являющегося ведущим (главная ЭВМ) в системе управления. Команды управления подаются на оба ведомых микроконтроллера - аналогового блока и модулятора - и каждый из них выбирает и исполняет свои. Первый устанавливает в необходимое положение реле и аналоговые ключи, а также формирует все тактирующие сигналы. Второй обслуживает только модулирующий ЦАП. По запросу главной ЭВМ производится считывание состояния аналогового блока, сообщение о котором передает микроконтроллер аналогового блока. Даже в то время, когда не происходит изменения значения выходных параметров калибратора, главная ЭВМ с периодичностью $0.5-1$ с запрашивает состояние аналогового блока. Целью этих запросов является определение готовности к приему следующей команды и состояния перегрузки выхода. В то время, когда главный микроконтроллер не занят обслуживанием аналогового блока, он подключает свою последовательную шину к внешнему интерфейсу (если включен режим дистанционного управления).

1.4.10 Расширение диапазона воспроизведения силы тока от 2 до 50 А обеспечивается подключением к базовому блоку калибратора внешнего преобразователя напряжения в ток ПНТ-50, который имеет фиксированный коэффициент передачи $K=10$ А/В. Таким образом, воспроизведение выходного тока в диапазоне от 2 до 50 А обеспечивается установкой на выходе калибратора соответствующего напряжения постоянного или переменного тока в диапазоне от 0.2 до 5 В.

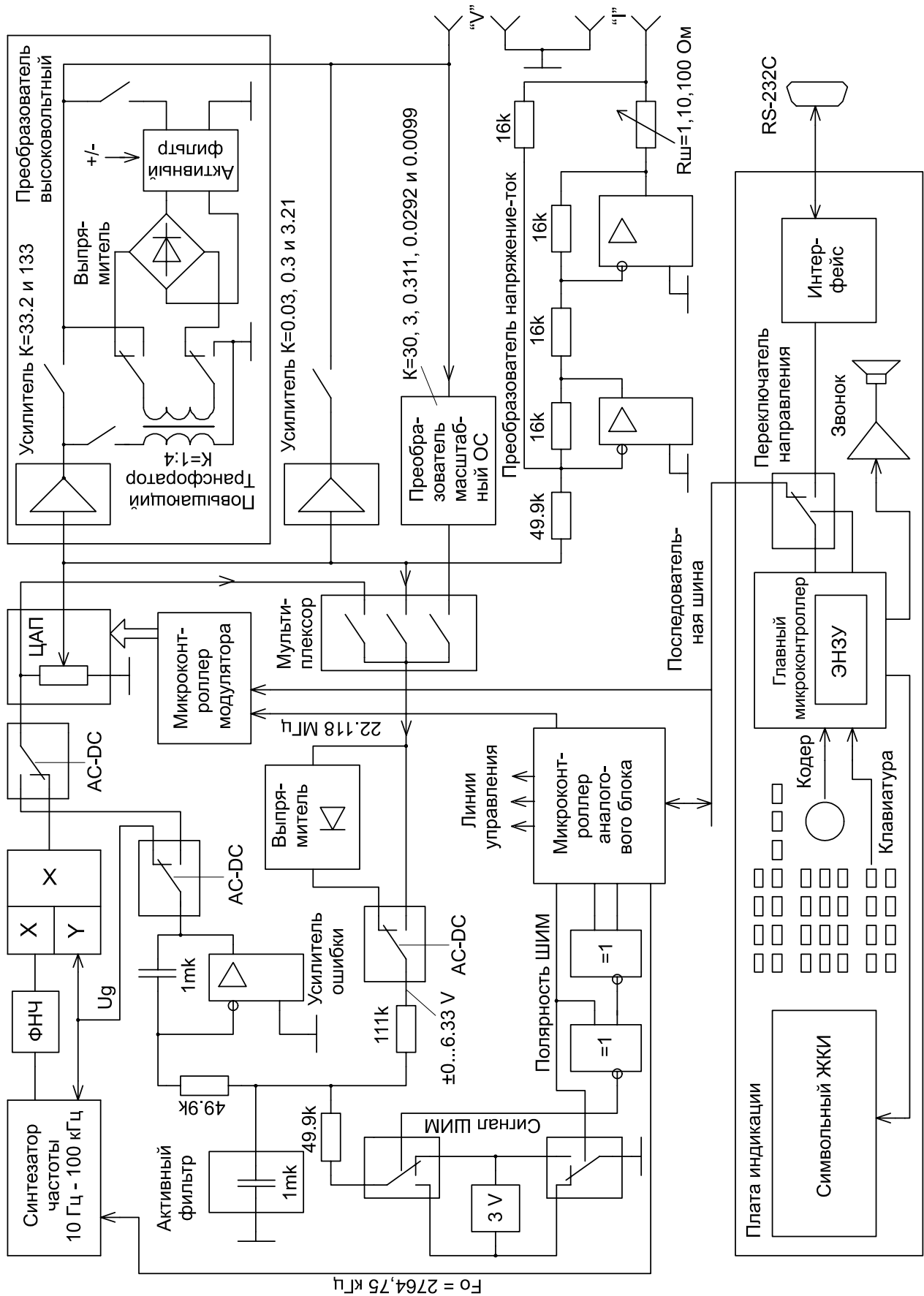


Рисунок 1.1 – Структурная схема калибратора Н4-11/1

1.4.11 Устройство преобразователя ПНТ-50 иллюстрирует упрощенная схема, показанная на рисунке 1.2. Преобразователь представляет собой усилитель мощности постоянного

тока (с полосой до 1 кГц) и глубокой обратной связью по току. Для снижения массы блока преобразователя и рассеиваемой мощности он построен с использованием ключевых импульсных преобразователей. Выходной каскад работает в режиме класса «D», используя принцип широтно-импульсной модуляции. Для питания преобразователя применен также импульсный стабилизированный источник с выходным напряжением +5 В (питание выходного каскада), +12 В (питание драйверов и аналоговой схемы) и минус 12 В (для питания аналоговой схемы). Низкочастотная часть преобразователя – традиционная и содержит:

- усилитель ошибки, осуществляющий сравнение входного напряжения и сигнала обратной связи. Выходное напряжение усилителя ошибки подается на выходной каскад, обеспечивая появление на его выходе требуемого уровня напряжения;
- инструментальный усилитель с коэффициентом передачи $K = 5$, обеспечивающий формирование напряжения обратной связи, «привязанного» к общему проводу, из «плавающего» напряжения, снимаемого с потенциальных клемм токового шунта $R_{ш}$;
- шунт – мощный прецизионный резистор, включенный в цепь выходного тока последовательно с нагрузкой.

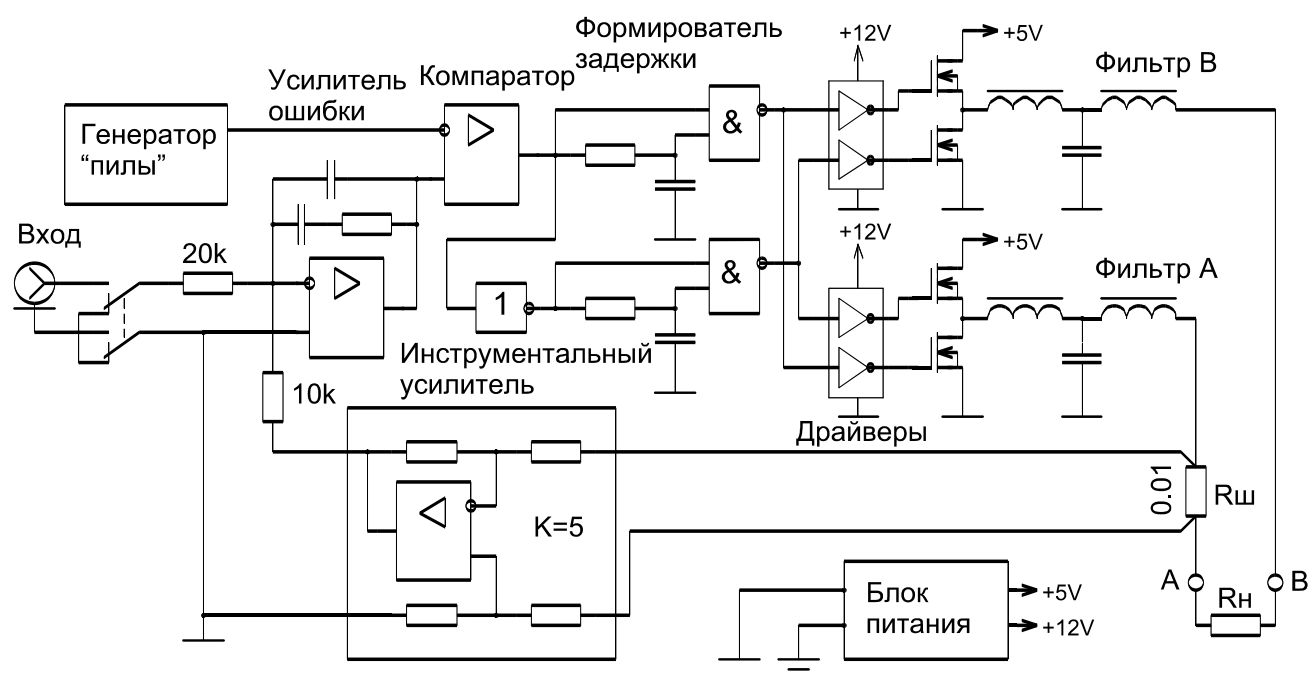


Рисунок 1.2 – Упрощенная схема преобразователя ПНТ-50

1.4.12 Выходной каскад преобразователя выполнен по мостовой схеме и рассчитан на подключение изолированных нагрузок, электрически не связанных как с общим проводом преобразователя (калибратора), так и с «землей» (защитным заземлением). Это необходимо, чтобы эффективно подавлять высокочастотные помехи, возникающие при работе токовых ключей в схеме преобразователя. Таким образом, потенциал выходных клемм преобразователя относительно защитного заземления составляет около +2.5 В (половина напряжения питания выходного каскада). Это главная особенность преобразователя, о которой необходимо помнить при его эксплуатации. **Заземление нагрузки или выходных клемм преобразователя ПНТ-50 запрещено! Также запрещено заземление выходных клемм калибратора Н4-11/1 при подключенном к нему преобразователе ПНТ-50!**

1.4.13 Два работающих в противофазе выходных каскада выполнены на полевых транзисторах с очень низким сопротивлением открытого канала. Они обеспечивают формирование выходного тока в виде сигнала с широтно-импульсной модуляцией на частоте около 150 кГц. Далее высокочастотные составляющие сглаживаются LC-фильтром низких частот пятого порядка, обеспечивающим подавление несущей частоты и ее высших гармоник более чем на 80

дБ. Частота среза фильтра составляет около 20 кГц и определяет параметры устойчивости системы и полосу частот усиливаемых (преобразуемых) сигналов.

1.4.14 Формирование сигнала широтно-импульсной модуляции производится модулятором (построенном на компараторе), сравнивающим усиленное напряжение ошибки (разность входного напряжения и напряжения обратной связи) с переменным напряжением треугольной формы («пилой»). Следующая за модулятором схема, обеспечивает получение противофазных, не перекрывающихся импульсов, для управления полевыми транзисторами. Формируемая здесь задержка включения полевых транзисторов, обеспечивает исключение возможности появления сквозных токов в выходном каскаде и, как следствие, повышение к.п.д. усилителя. В цепи управления затвором каждого полевого транзистора включена специальная микросхема (драйвер), обеспечивающая как получение амплитуды управляющего сигнала до +12 В, так и значительного импульсного выходного тока для быстрого перезаряда входной емкости полевого транзистора (составляющей около 6000 пФ).

1.4.15 Вследствие наличия в контуре регулирования выходного тока инерционного звена - выходного фильтра низких частот - для обеспечения устойчивости системы в цепи обратной связи усилителя ошибки применена интегрирующе-пропорциональная цепочка. Ее постоянная времени выбрана таким образом, чтобы обеспечить оптимальные частотные свойства преобразователя при сопротивлении нагрузки от 0,01 до 0,05 Ом (не считая сопротивления шунта).

1.4.16 Схема прибора (см. рисунок 1.1) построена таким образом, чтобы обеспечить полное электронное управление всеми аналоговыми устройствами калибратора. Реализация измерительных и калибровочных алгоритмов, а также генерация сигналов управления аналоговым блоком, управление индикатором, клавиатурой и интерфейсом RS-232C осуществляется главным микроконтроллером. Ведомые микроконтроллеры (аналогового блока и модулятора) принимают по последовательной шине команды от главного микроконтроллера (ведущего), вычисляют значения управляющих кодов и загружают их в аналоговые узлы.

1.4.17 Плата индикации содержит все электронные узлы главной ЭВМ:

- энергонезависимое запоминающее устройство (ЭНЗУ) для хранения калибровочных констант), расположенное внутри микроконтроллера;
- многострочный символьный индикатор (20 символов на 4 строках);
- клавиатуру, организованную в виде матрицы 4 x 8 кнопок;
- вращающийся кодовый переключатель для плавного регулирования (в режиме редактирования) выходного параметра;
- схему интерфейса RS-232;
- схему звуковой сигнализации.

1.4.18 Схема интерфейса изолирована от измерительной схемы прибора на напряжение 500 В с помощью оптронов, не ограничивая возможностей прибора при работе в измерительной системе. Интерфейс, реализованный в приборе, выполнен по пассивной схеме, т. е. его питание осуществляется от передающих линий компьютера («TXD», «DTR», «RTS»). Это обеспечивает работоспособность интерфейса только при подключении к стандартному активному СОМ-порту компьютера. Данное упрощение не приводит к появлению дополнительных ограничений на допускаемую длину линии, определяющую ёмкость нагрузки.

1.5 Средства измерений

1.5.1 Средства измерений, необходимые для поверки (калибровки), регулировки и технического обслуживания калибратора, приведены в таблице 6.2 раздела 6 «Методика поверки (калибровки)».

1.6 Маркирование и пломбирование

1.6.1 На лицевой панели нанесены наименование и тип прибора, наименование функций кнопочной панели, клемм выходных напряжений и токов.

1.6.2 На задней панели нанесены:

- значение силы тока плавких вставок;
- маркировка ввода сетевого кабеля;
- заводской номер и год изготовления прибора;
- обозначение интерфейсного разъема RS-232.

1.6.3 Пломбирование прибора производится двумя пломбами на боковых стенках, расположенных под декоративными пластинами.

1.7 Упаковка

1.7.1 В состав тары входят:

- транспортный ящик, предназначенный для перевозок прибора на большие расстояния и длительного хранения;
- укладочный ящик (портфель), предназначенный для кратковременного хранения прибора, а также для защиты от механических повреждений при транспортировании к месту эксплуатации. При поставке укладочный ящик находится внутри транспортного и содержит прибор и принадлежности, необходимые для работы с ним.

Прибор упакован в двух укладочных ящиках (портфелях) – отдельно базовый блок и блок ПНТ-50 с принадлежностями, предназначенными для использования с каждым из них.

1.7.2 Распаковывание прибора производится в следующем порядке:

- снять верхнюю крышку ящика транспортного;
- обеспечить доступ к укладочному ящику (футляру);
- извлечь укладочный ящик;
- снять с укладочного ящика оберточную бумагу;
- извлечь прибор и принадлежности из укладочного ящика.

1.7.3 Повторное упаковывание прибора выполняется в следующей последовательности:

- поместить прибор и принадлежности в укладочный ящик;
- поместить укладочный ящик в полиэтиленовый пакет. Во избежание накопления влаги упаковку рекомендуется проводить в помещении с нормальным уровнем влажности;
- обернуть укладочный ящик оберточной бумагой и обвязать шпагатом;
- выстлать транспортный ящик внутри битумной бумагой;
- уложить на дно ящика картон гофрированный, выдержав толщину слоя 40 мм;
- поместить укладочный ящик в упаковку и заполнить пространство с боков и под верхней крышкой гофрированным картоном, обеспечив плотное заполнение;
- закрепить крышку ящика гвоздями;
- обить ящик металлической лентой;
- опломбировать ящик;
- маркировать ящик черной эмалью НЦ-11.

1.7.4 Аналогично упаковывается преобразователь ПНТ-50.

1.7.5 Блоки размещаются в укладочном ящике (портфеле) передней панелью вверх. Принадлежности и документация соответственно укладываются в боковые карманы и в зазор между корпусом прибора и боковой стенкой портфеля. На переднюю панель прибора должен быть положена амортизирующая и защитная (жесткая) прокладки, исключающие передаче усилия на кнопки и клеммы при давлении на портфель. Необходимо исключить возможность попадания на переднюю панель при транспортировании твердых предметов, способных повредить окрашенную поверхность, например, наконечников кабелей.

1.7.6 при транспортировании и хранении необходимо исключить силовые воздействия на укладочный ящик (портфель), особенно сверху. Суммарное усилие на верхнюю крышку портфеля не должно превышать 10 кг, на боковую – более 30 кг. При транспортировании приборов в укладочном ящике (портфеле) рекомендуется складывать их боком.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Подготовка прибора к использованию

2.1.1 Меры безопасности

2.1.1.1 По степени защиты от поражения электрическим током калибратор относится к классу защиты II, а преобразователь ПНТ-50 – к классу защиты I по ГОСТ Р 51350.

2.1.1.2 Источниками опасного напряжения ~220 В, 50 Гц в приборе являются контакты сетевых предохранителей, сетевого выключателя, сетевого разъёма и выводы первичной обмотки сетевого трансформатора.

2.1.1.3 К использованию прибора могут 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.

2.1.2 Подготовка к работе

2.1.2.1 Разместить прибор на рабочем месте с соблюдением требований удобства и безопасности при эксплуатации.

2.1.2.2 Проверить комплектность прибора и ознакомиться с руководством по эксплуатации.

2.1.2.3 Произвести внешний осмотр прибора и его принадлежностей на отсутствие:

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

2.2 Использование прибора и порядок работы

2.2.1 Передняя панель калибратора

2.2.1.1 Передние панели прибора Н4-11/1 и преобразователя ПНТ-50 представлены на рисунке 2.1.

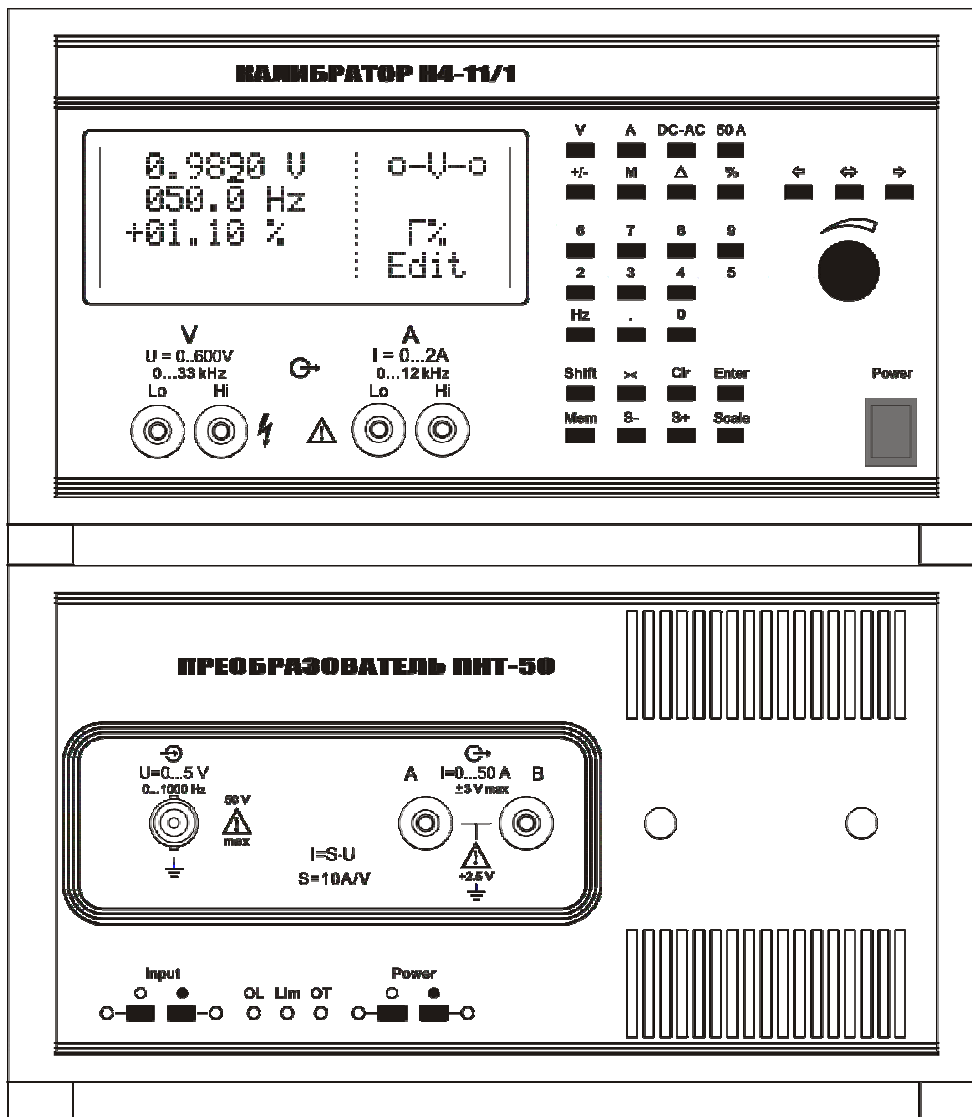


Рисунок 2.1 – Передние панели прибора Н4-11/1 и преобразователя ПНТ-50

2.2.1.2 На передней панели калибратора расположены индикатор, выходные клеммы, клавиатура, вращающийся кодовый переключатель и сетевой выключатель.

На выходных клеммах «V» («Hi» и «Lo») воспроизводится напряжение до 600 В. На выходных клеммах «I» («Hi» и «Lo») воспроизводится ток до 2 А. Воспроизведение тока до 50 А обеспечивается с помощью дополнительного блока – преобразователя напряжения в ток ПНТ-50. При этом на вход блока ПНТ-50 подается напряжение с выхода «V» базового блока калибратора.

2.2.2 Задняя панель калибратора

2.2.2.1 На задней панели калибратора расположены:

- входной разъём сетевого кабеля с держателем плавкого предохранителя;
- разъём интерфейса RS-232;
- вентиляционная решётка вентилятора.

2.2.3 Индикатор калибратора

2.2.3.1 Данные о состоянии прибора и значения выходных параметров отображаются с помощью четырехстрочного символьного жидкокристаллического индикатора. На индикаторе определены восемь полей (А – Н), имеющих различное назначение и обозначенных на рисунке 2.2. Поля индикации разделены вертикальной линией. Справа расположены поля значений цифровых параметров, слева – вспомогательные указатели режимов.

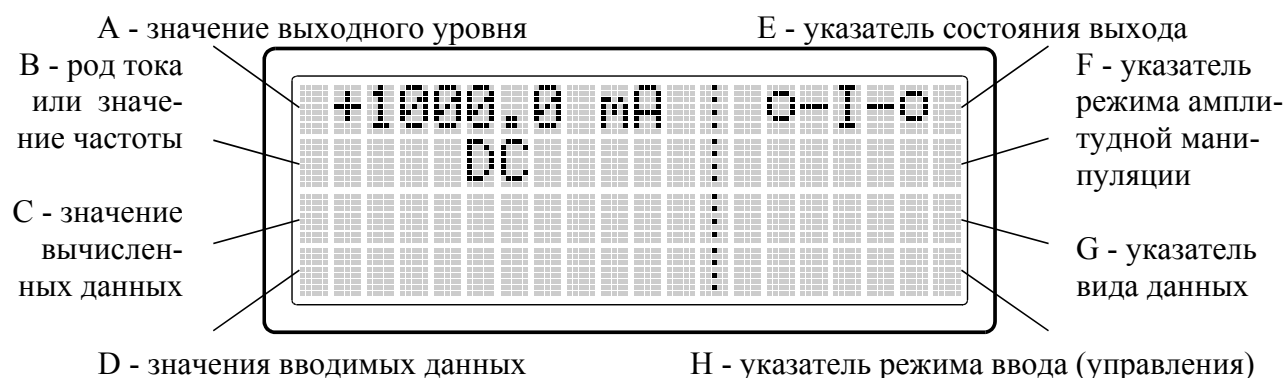


Рисунок 2.2 – Назначение полей индикатора прибора Н4-11/1

2.2.3.2 Перечень сообщений, выводимых на индикатор, и комментарии к ним приведены в таблице 2.1. Цифровые данные показаны в виде примера. В правой колонке таблицы указан номер поля (от А до Н) или строки (1 – 4), на котором появляется данное сообщение.

Цифровые данные и указатели режимов изменяются одновременно с изменением состояния прибора, вызванным нажатием кнопок или приемом интерфейсной команды.

Информационные сообщения появляются на индикаторе на короткое время и исчезают после устранения причин, вызвавших их, или по истечении заданного времени, или по завершении операции, например, сообщения об ошибках ввода или перегрузке.

Диагностические сообщения, указывающие на неисправность прибора, прерывают его работу и устраняются только оператором нажатием любой кнопки клавиатуры.

Таблица 2.1 – Сообщения индикатора прибора Н4-11/1

Перечень сообщений, выводимых на индикатор	Комментарии к сообщениям	Поле (строка) индикатора
Цифровые данные		
+10.000 V (пример)	Значение выходного уровня в формате, определенном включенным пределом и со знаком полярности на постоянном токе (в милливольтгах, вольтах, миллиамперах или амперах)	A
100.0 Hz (пример)	Частота переменного тока в герцах (килогерцах)	B
<16.0 Hz>	Частота девиации (в режимах FM1, FM2)	C
12.7 Hz	Частота манипуляции (в режимах FM1, FM2)	G
+001.23 mA (пример)	Значение вычисленных данных в вольтах (милливольтгах) или амперах (миллиамперах) в формате, не связанном с текущим пределом (на постоянном токе учитывается знак выходного напряжения или тока)	C
100.00 s (пример)	Значение длительности импульса в секундах в режиме "M7"	C
-00.55 % (пример)	Значение вычисленных данных в процентах со знаком полярности	D
Sc:10.00 V (пример)	Значение установленной шкалы проверяемого прибора. Отображается с размерностью в вольтах при воспроизведении напряжения или в амперах (миллиамперах) при воспроизведении тока	D
Указатель состояния выходов		
O===O	Отключены (установлен нулевой уровень)	E
O-V-O	Уровень напряжения установлен на клеммах «V»	E
O-I-O	Уровень тока установлен на клеммах «I»	E
ПНТ-50	Уровень тока установлен на клеммах ПНТ-50	E
OL	Перегрузка выхода калибратора	E
Указатели режимов манипуляции		
Modulator Menu: OFF[.] M[12] M[Hz] M345[3] +S[4] +K[5] M[6] M[7] M[8]	Меню. Предлагается выбрать одиннадцать режимов манипуляции по нажатию соответствующих цифровых кнопок: - кнопка <input type="checkbox"/> - выключить режим модуляции; - кнопка <input type="checkbox"/> 0 - режим "M0"; - кнопки <input type="checkbox"/> 1 и <input type="checkbox"/> 2 - режимы "M1" и "M2"; - кнопки <input type="checkbox"/> 3, <input type="checkbox"/> 4, <input type="checkbox"/> 5 - соответственно режимы "M3", "M3s", "M3k"; - кнопки <input type="checkbox"/> 6, <input type="checkbox"/> 7, <input type="checkbox"/> 8, <input type="checkbox"/> 9 - режимы "M6", "M7", "M8", "M9" (данный режим в меню не предлагается, так как предназначен для калибровки и проверки прибора)	1 – 4
(отсутствует)	Выключен (нормальный режим)	F
M0 ---	Непрерывный сигнал (амплитуда)	F
M1 8 Hz	Симметричный сигнал с частотами 8 Гц	F
M2 12Hz	Симметричный сигнал с частотами 12 Гц	F

Продолжение таблицы 2.1

Перечень сообщений, выводимых на индикатор	Комментарии к сообщениям	Поле (строка) индикатора
Цифровые данные		
M3 «З»	Кодо-импульсной сигнал с последовательностью «З», «Ж» или «КЖ» в режимах фиксированной длительности импульсов	F
M4 «Ж»		
M5 «КЖ»		
M3s»З» или M3k»З»	Кодо-импульсной сигнал с последовательностью «З», «Ж» или «КЖ» в режимах с синхронизацией фронтов импульсов несущей	F
M4s»Ж» или M4k»Ж»		
M5s»КЖ» или M5k»КЖ»		
M6 16, M6 24, M6 32, M6 48 и M6 64	Сигнал с фазовой манипуляцией импульсами длительностью 16, 24, 32, 48 и 64 периода несущей	F
M7 П	Одиночный импульс	F
M8 K4	Несимметричный сигнал с частотами 25 Гц	F
M9 (+)	Непрерывный прямой сигнал (аналогично M0)	F
M9 (-)	Непрерывный инвертированный сигнал	F
M9 (Z)	Непрерывный сигнал (состояние нуля)	F
M9 (Q)	Знакопеременный симметричный сигнал	F
Указатель вида вычисленных данных (в режиме редактирования выхода)		
Δ %	Относительное отклонение выхода (в процентах)	G
Δ	Абсолютное отклонение выхода	G
Г%	Относительная погрешность проверяемого прибора	G
P%-XXXX	Приведенная погрешность проверяемого прибора	G
Указатель режима ввода		
(отсутствует)	Ожидание (нормальный режим клавиатуры)	H
Shift	Ввод второго значения кнопки	H
Edit	Режим редактирования выходного уровня	H
FREdit	Редактирование с зафиксированным пределом	H
EditFr	Режим редактирования выходной частоты	H
Enter	Режим ввода параметра	H
Remote	Режим дистанционного управления	H
Scale	Сопровождает установку выходного уровня, равного значению шкалы	H
Step-	Сопровождает уменьшение или увеличение выходного уровня на значение ступени	H
Step+		
Rem XX	Сопровождает установку выхода профилем из памяти или сохранение профиля в памяти	H
Mem XX		
?	Запрос подтверждения	H
Сообщения рабочего режима		
DC	Режим «Постоянный ток»	B
>1000 %	Перегрузка шкалы при вычислении процентов	C
ERROR!	«Ошибка» – обычно ввода параметра (недопустимое значение). Сопровождается продолжительным звуковым сигналом	D
Waiting AB	Нет сигнала готовности аналогового блока к приему следующей команды	D
RMS	Отображение СКЗ манипулированного сигнала	G
Pulse	Отображение длительности импульса	G

Продолжение таблицы 2.1

Перечень сообщений, выводимых на индикатор	Комментарии к сообщениям	Поле (строка) индикатора
Служебные сообщения		
VOLTAGE & CURRENT CALIBRATOR_N4-11/1 ver.2.32 from 27-06-2016 17:14:43	Заголовок, дата, время и номер версии программы главной ЭВМ. Показывается при включении прибора	1 - 4
Test_CS_EEPROM	Заголовок программы тестирования ЭНЗУ	2
Checksum_OK	Сообщение об успешном тестировании ЭНЗУ	2
Restart	Предупреждение о повторном запуске программы	2
Saving_memory	Сопровождает процесс сохранения профилей	2
Loading_memory	Сопровождает процесс загрузки профилей	2
Cleaning_memory	Сопровождает процесс очистки памяти профилей	2
Begin_Rem_from_0	Сопровождает процесс установки указателя считывания на начало памяти профилей	2
_Init_EEPROM_	Предупреждение о проведении записи исходных значений в ЭНЗУ	3
Rd_EEPROM	Индикатор процесса считывания или записи данных в ЭНЗУ (калибровочных коэффициентов)	3
Wr_EEPROM		
Rd	Индикатор процесса считывания или записи данных в ЭНЗУ (памяти профилей)	3
Wr		
Code_ID:XXX/YYYY	Цифровой идентификатор калибровочных данных (XXX) и программного обеспечения (YYYY)	4
Диагностические сообщения		
_Error_CheckSum_	Ошибка контрольной суммы данных ЭНЗУ	3
_Error_Write_to_EEP_	Обнаружена ошибка при записи данных в ЭНЗУ (калибровочных коэффициентов)	3
Saved_Data_Fault	Обнаружена ошибка при считывании данных из ЭНЗУ (памяти профилей)	3
Waiting AB	Нет сигнала готовности аналогового блока к приему следующей команды	D
Сообщения операций с памятью профилей		
Memory Menu: Begin[0] Clear[1] Save_[2] Load_[3] Info_[4]	<p>Меню. Предлагается выполнить пять операций с памятью профилей по нажатию соответствующих цифровых кнопок:</p> <ul style="list-style-type: none"> - кнопка 0 - начать считывание профилей с начала (с ячейки с номером 0); - кнопка 1 - очистить содержимое памяти профилей (в оперативной памяти ОЗУ); - кнопка 2 - сохранить содержимое памяти профилей в ЭНЗУ (переписать массив профилей из ОЗУ в ЭНЗУ); - кнопка 3 - считать из ЭНЗУ массив профилей в ОЗУ; - кнопка 4 - отобразить информацию о состоянии памяти профилей 	1 - 4

Продолжение таблицы 2.1

Перечень сообщений, выводимых на индикатор	Комментарии к сообщениям	Поле (строка) индикатора
Сообщения информации о состоянии памяти профилей		
Memory Info Max: 42 Used: 12 Num_Rem: 7 Stored: 20 (это пример)	Max – максимальное количество профилей, которое может применено и сохранено. Used – количество профилей, находящихся в ОЗУ. При записи очередного профиля (по нажатию кнопок кнопки Shift и Mem) этот параметр увеличивается на единицу. Когда емкость памяти исчерпана (записаны 42 значения), следующие профили будут записываться, начиная с нулевой ячейки: данный параметр уже не будет изменяться (останется равным 42). Num_Rem – номер профиля (ячейки), который будет загружен на выход калибратора при следующем нажатии кнопки Mem . Значение этого параметра увеличивается при каждом нажатии кнопки Mem . Stored – количество профилей, находящихся в ЭНЗУ.	1 - 4
Rem_XX	Сопровождает загрузку очередного профиля из памяти. XX – номер профиля	Н
Mem_XX	Сопровождает сохранение очередного профиля из памяти. XX – номер профиля	Н
Сообщения калибрования		
Calibr_of_Scale > ___	Заголовок программы калибрования Запрос разрешающего кода	2, 3
Calibr_of_Scale Cal_Step_N=XX	Программа калибрования на этапе выбора шага калибрования XX (от 0 до 51)	2, 3
Step xx Calibr	Отображение текущего шага калибрования	D, H
Сообщения при тестировании		
_Key_Board_Test_ Key_XX Rot_RYY ИЛИ Rot_LYY	Заголовок программы тестирования клавиатуры Номер нажатой кнопки Количество щелчком кодового переключателя	1 - 3
_END_OF_TEST_	Предупреждение об окончании тестирования	4

2.2.4 Клавиатура калибратора

2.2.4.1 Описание кнопок прибора, соответствующее различным состояниям клавиатуры, приведено в таблицах 2.2 – 2.5. На рисунках, помещенных внутри таблиц, темным цветом выполнены кнопки, действующие в данном режиме. Состояние клавиатуры определяется включенным режимом ввода. При включении прибора клавиатура находится в режиме дистанционного управления (обозначается сообщением «Remote» на индикаторе), а прибор ожидает прихода интерфейсной команды. Это позволяет применять калибратор в необслуживаемых оператором системах с автоматическим управлением. В режиме дистанционного управления функционируют только две кнопки – кнопка **X** (включение-выключение выхода) и кнопка **⇒** (выключение интерфейса). При нажатии кнопки **⇒** клавиатура переходит в нормальный режим (см. таблицу 2.2), и прибор ожидает дальнейших управляющих действий с передней панели. Изменение значения выходных параметров или состояния прибора возможно путем введения нового цифрового значения выходного параметра или редактированием текущего выходного уровня или частоты.

2.2.4.2 Переход в режим ввода цифрового значения с клавиатуры начинается с нажатия кнопок от **0** до **9** или кнопки **.** (десятичной точки). При включении этого режима появляется сообщение «Enter» на индикаторе. Выход из режима ввода возможен только по команде принятия введенного значения к исполнению (нажатием кнопки **Enter**) или очисткой (кнопкой **X**). Размерность вводимого цифрового значения определяется режимом воспроизведения. При установке режима воспроизведения напряжения (кнопкой **V**) автоматически устанавливается размерность вводимых данных в вольтах. При установке режима воспроизведения тока устанавливается размерность ввода в миллиамперах (кнопкой **I**) или амперах (кнопкой **50 A**). Далее уже при вводе уровня эту размерность можно изменить кнопками **V** и **I** соответственно. Частота воспроизводимого сигнала может быть введена как в режиме воспроизведения напряжения, так и в режиме воспроизведения тока. Размерность значения вводимой частоты выбирается кнопкой **Hz**. Полярность вводимого уровня выбирается кнопкой **+/-**. Знак полярности при вводе частоты игнорируется. При обнаружении недопустимого сочетания вводимых параметров на индикатор выводится сообщение об ошибке, сопровождаемое продолжительным звуковым сигналом.

2.2.4.3 Плавное регулирование выходного уровня или частоты осуществляется в режиме редактирования с помощью вращающегося кодового переключателя. Одновременно происходит вычисление и отображение значения отклонения выхода от исходного значения или погрешности проверяемого прибора. Включение режима редактирования уровня производится одной из кнопок **←**, **↔**, **⇒**, **Δ**, **%**. Редактирование частоты начинается после нажатия кнопок **Shift**, **Hz**. Далее, перемещая курсор кнопками **←**, **⇒** и вращая кодовый переключатель, устанавливают необходимое значение выходного параметра. Выключение режима редактирования осуществляется кнопками **↔**, **Hz** или **Clr**. Сообщение «Edit» на индикаторе оповещает о состоянии режима редактирования. При редактировании также осуществляется проверка допустимости устанавливаемых параметров и выдается сообщение об ошибке.

2.2.4.4 Некоторые кнопки имеют второе назначение, вызываемое предварительным нажатием кнопки **Shift** в нормальном режиме клавиатуры. Состояние ожидания второго нажатия действует в течение 2,5 с, пока на индикаторе отображается сообщение «Shift». Таким образом включаются редко используемые или вспомогательные режимы.

2.2.4.5 Изменение основных и дополнительных параметров воспроизведения, таких как род тока (постоянный или переменный) и вид амплитудной манипуляции, производится в нормальном режиме работы клавиатуры. При этом также проверяется допустимость действий. При этом включение недопустимых режимов иногда просто блокируется без сообщения об ошибке. Изменение параметров выходного сигнала и включение нового режима работы всегда отображается изменением состояния индикатора.

2.2.5 Включение калибратора

2.2.5.1 Для включения калибратора необходимо выполнить следующие операции:

- включить сетевой кабель в разъем питания на задней панели калибратора;
- включить вилку сетевого шнура в розетку сети электропитания;
- переключить тумблер POWER («сеть») на передней панели калибратора в положение « I »;

- убедиться в том, что на индикаторе появилось кратковременное сообщение о номере версии программы микро-ЭВМ, и прибор перешел к операции считывания и тестирования данных ЭНЗУ.

2.2.5.2 Дальнейшая работа с прибором возможна только при условии правильности калибровочных констант, используемых в операциях цифрового калибрования при установке выходных уровней и частоты. ЭНЗУ микро-ЭВМ калибратора содержит два блока (массива) калибровочных констант, дублирующих друг друга. После считывания первого блока производится проверка контрольной суммы содержащихся в нем данных. Если сумма данных совпадает с контрольной, то программа переходит к следующему этапу работы. В противном случае считывается второй блок и проверка повторяется. Если обнаруживается неисправность и второго блока данных, программа останавливается и выдает соответствующее сообщение оператору (см. п.2.2.3). Если в этом состоянии нажать любую кнопку, то произойдет инициализация массивов калибровочных констант - будут записаны начальные (единичные) значения и восстановятся признаки исправности ЭНЗУ, однако такой прибор, все равно, нуждается в калибровании. Проведение операций по считыванию и записи ЭНЗУ отображается на индикаторе.


2.2.5.3 Прибор, успешно прошедший проверку исправности ЭНЗУ, готов к работе. На выходе устанавливается значение +1 мВ постоянного напряжения, выход сбрасывается, и прибор находится в состоянии дистанционного управления и ждет прихода интерфейсных команд. Для перехода в ручное управление необходимо нажать кнопку , продолжить установку требуемых параметров выходного сигнала с клавиатуры.

Таблица 2.2 – Назначение кнопок клавиатуры в нормальном режиме (ожидания ввода)

Отображение действующих кнопок	Маркировка кнопки	Назначение кнопки
	V	Включение режима воспроизведения напряжения
	A	Включение режима воспроизведения тока
	DC-AC	Переключение режимов постоянного и переменного тока
	50 A	Включение режима воспроизведения тока
	+/-	Изменение полярности уровня на постоянном токе и переход от переменного тока к постоянному
	M	Выбор режима манипуляции из разрешенного списка
	Δ	Включить режим редактирования с курсором в центре и индикацией абсолютного Δ или относительного % отклонения выхода (погрешности)
	%	
	0 – 9	Начать ввод с цифры или с десятичной точки (включить режим ввода)
	.	
	Shift	Перейти в режим ожидания ввода второго назначения кнопок
	x	Переключение состояния выхода калибратора
	Clr	Очистка индикатора от временных сообщений
	Mem	Считать очередное значение из памяти профилей (см. п. 2.2.12.3)
	S-	Уменьшить или увеличить выходной уровень на одну ступень (см. п. 2.2.11.12)
	S+	
Scale	Установить уровень, равный шкале (см. п. 2.2.11.13)	
←	Включить режим редактирования с курсором соответственно справа, в центре или слева	
⇌		
⇒		

Примечание – Нажатие остальных кнопок не оказывает действия на состояние калибратора

Таблица 2.3 – Назначение кнопок клавиатуры в режиме ввода с клавиатуры

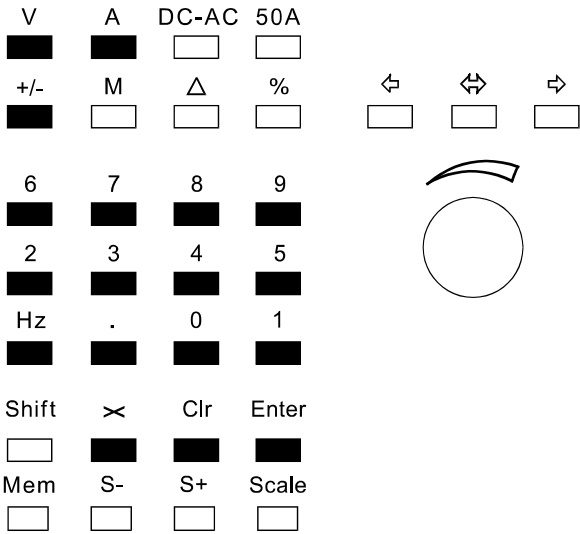
Отображение действующих кнопок	Маркировка кнопки	Назначение кнопки
	V	Выбор размерности ввода напряжения («mV» или «V»). Установленная размерность сохраняется и в следующей серии ввода. В режиме воспроизведения тока кнопка не действует
	A	Выбор размерности ввода тока («mA» или «A»)
	Hz	Выбор размерности ввода частоты («Hz» или «kHz» или «s»)
	+/-	Изменение полярности вводимого параметра
	.	Ввод десятичной точки (вводится только один раз)
	0 - 9	Ввод цифры. Допускаемая длина вводимой строки не более шести знаков, включая десятичную точку
	x	Переключение состояния выхода калибратора
	Clr	Очистки введенных данных и выключение режима ввода
	Enter	Исполнение введенных данных. При этом проверяется допустимость введенных данных и происходит выключение режима ввода
Примечание – Нажатие остальных кнопок не оказывает действия на состояние калибратора		

Таблица 2.4 – Назначение кнопок клавиатуры в режиме редактирования выхода

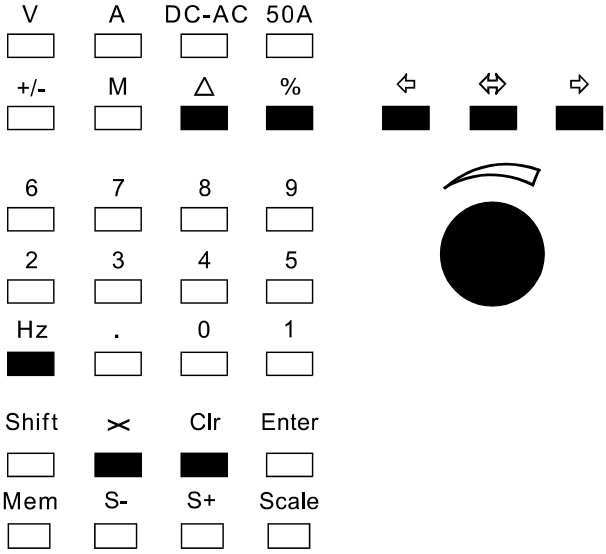
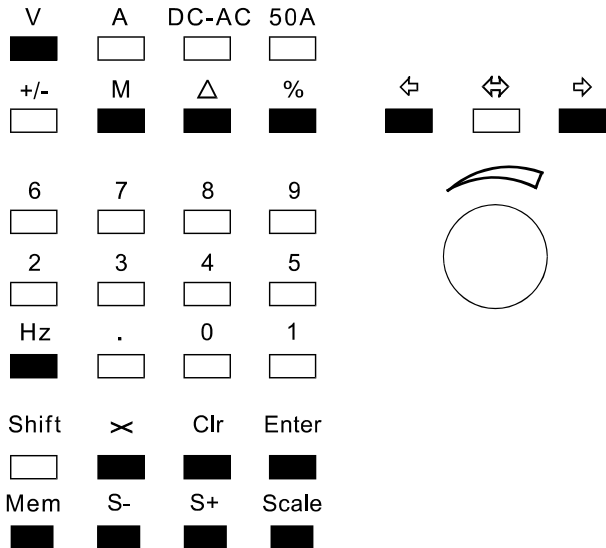


Отображение действующих кнопок	Маркировка кнопки	Назначение кнопки
	Δ	Выбор режима индикации вычисленного отклонения выхода – в абсолютном (вольтах или амперах) или относительном (в процентах) виде. Допускается переход к любому режиму индикации отклонения и погрешности
	%	Выбор режима индикации вычисленной погрешности – относительной или приведенной (в процентах). Приведенная погрешность вычисляется на основании текущего значения шкалы (поверяемого прибора)
	x	Переключение состояния выхода калибратора
	Clr	Выключение режима редактирования с восстановлением исходного значения уровня или частоты, действовавших в момент включения режима редактирования
	←	Сдвиг курсора влево (сдвигается по кругу)
	⇄	Выключение режима редактирования с сохранением измененного значения выходного уровня или частоты
	Hz	Переход к редактированию частоты или выключение режима редактирования
	⇒	Сдвиг курсора вправо (сдвигается по кругу)
	●	На один «щелчок» при вращении вправо увеличение значения выходного уровня или частоты в позиции курсора на единицу веса редактируемого разряда. При вращении влево – уменьшение
Примечание – Нажатие остальных кнопок не оказывает действия на состояние калибратора		

Таблица 2.5 – Назначение кнопок клавиатуры в режиме «Shift»
(ожидания ввода второго значения кнопок)

Отображение действующих кнопок	Маркировка кнопки	Назначение кнопки
	M	Включение режима манипуляции (вызов меню)
	%	Просмотр и изменение значения шкалы проверяемого прибора, используемого для вычисления приведенной погрешности. Изменение текущего значения производится при нажатии кнопок  (листать список значений вниз) или  (листать список вверх)
	Hz	Начало редактирования частоты. Включается только в режиме переменного тока
	X	Включение режима тестирования клавиатуры
	Clr	Сброс процессора (перезапуск программы сначала)
	Enter	Вызов меню обслуживания памяти профилей
	Mem	Записать состояние прибора как очередное значение в память профилей (см. п. 2.2.12.2)
	S- S+	Посмотреть и изменить (установить) количество ступеней (см. п. 2.2.11.12)
	Scale	Записать текущее значение выходного уровня как шкалу
	←	Включение-выключение звукового сопровождения нажатия кнопок. Звук от других событий не отключается
	⇒	Включение режима дистанционного управления
	Δ	Включение режима редактирования с зафиксированным пределом – запрещен переход на другой предел при достижении границы текущего (служебная операция)
	V	Включение режима калибрования (служебная операция)
Примечание – Нажатие остальных кнопок не оказывает действия на состояние калибратора		

2.2.6 Установка напряжения постоянного тока

2.2.6.1 Включение режима воспроизведения напряжения постоянного тока осуществляется нажатием кнопки \boxed{V} - установка на выходе прибора напряжения – и, при необходимости, кнопки $\boxed{DC-AC}$, которая меняет текущий режим воспроизведения выходного уровня с переменного на постоянный и наоборот. Признаком действия данного режима является отображение на поле выходного уровня индикатора числового значения со знаком полярности и с размерностью в вольтах (или милливольтмах). О значении предела воспроизведения можно судить по положению десятичной точки (формату индикации). На второй строке в это время должен быть указатель вида тока «DC» (см. п.2.2.3).

2.2.6.2 Ввод числового значения воспроизводимой величины напряжения постоянного тока осуществляется в соответствии с п.2.2.4. Установка предела воспроизведения осуществляется автоматически в зависимости от значения выходного уровня. Изменение полярности выходного напряжения на обратную полярность производится кнопкой $\boxed{+/-}$.

2.2.6.3 Установленное напряжение постоянного тока снимается с выходных клемм «V» («Hi» и «Lo») через выходной кабель из комплекта поставки калибратора. В связи с тем, что калибратор обладает конечным выходным сопротивлением, при значительном токе нагрузки возможно возникновение дополнительной погрешности, особенно заметной при воспроизведении низких уровней напряжения. Величину погрешности от падения напряжения ΔU на внутреннем сопротивлении калибратора можно оценить по формуле (2.1):

$$\Delta U = (R_i + R_k) \cdot I_{нагр} \quad (2.1)$$

- где R_i и R_k – нормируемое внутреннее сопротивление калибратора напряжения и соединительного кабеля соответственно, $I_{нагр}$ – ток нагрузки.

Нормируемое значение выходного сопротивления относится к нормальному режиму, когда действует обратная связь, стабилизирующую амплитуду выходного напряжения. В режимах манипуляции обратная связь отключается, а стабильность выходного уровня поддерживается за счет линейности выходных усилителей. Однако выходное сопротивление при этом возрастает, особенно при увеличении частоты. Увеличенная погрешность воспроизведения в режиме с манипуляцией, по сравнению с нормальным режимом, в значительной степени обусловлена именно этим фактором.

2.2.6.4 При подключении на выход калибратора нагрузки, имеющей значительную емкость происходит нарушение устойчивости выходного каскада и появляется высокочастотное возбуждение. Проявлением высокочастотного возбуждения является нестабильность воспроизводимого параметра, шум воспроизводимого уровня, появление значительной погрешности. Высокочастотное возбуждение можно наблюдать с помощью осциллографа (частота единицы мегагерц) или определить с помощью вольтметра переменного тока. Калибратор обеспечивает устойчивую работу (отсутствие выходного усилителя) при емкости нагрузки до 1000 пФ (до 20 В устойчивость обеспечивается при нагрузке до 2000 пФ). Причем на пределах 0.2 и 2 В имеют место наихудшие условия устойчивости. В тех случаях, когда высокочастотное возбуждение происходит и невозможно отказаться от подключения емкостной нагрузки следует попытаться принять меры по ее отделению от выхода калибратора на частоте возбуждения. Например, можно включить последовательно с нагрузкой резистор сопротивлением доли или единицы Ома. Если ток нагрузки значителен, корректирующий резистор необходимо зашунтировать дросселем. В последнем случае постоянная времени ($\tau = L/R$) корректирующей цепи выбирается больше, чем период частоты самовозбуждения.

2.2.7 Установка напряжения переменного тока

2.2.7.1 Включение режима воспроизведения напряжения переменного тока осуществляется нажатием кнопки \boxed{V} и, при необходимости, кнопки $\boxed{DC-AC}$, которая меняет текущий режим воспроизведения выходного уровня с постоянного на переменный и наоборот. Признаком действия данного режима является отображение на поле выходного уровня индикатора числового значения без знака полярности и с размерностью в вольтах (или милливольт-тах). На второй строке в это время должно быть значение установленной частоты (см. п.2.2.3). В остальном, работа с прибором в режиме воспроизведения переменного напряжения не отличается от работы при воспроизведении постоянного напряжения.

2.2.7.2 Подключение к выходу калибратора значительной емкостной нагрузки может привести не только к возникновению самовозбуждения выходного каскада (см.п.2.2.6.4), но и появлению дополнительной частотной погрешности. Такая погрешность возникает вследствие искажения формы сигнала при превышении амплитуды емкостного тока величины, которую способен выдавать выходной каскад калибратора. Возможные способы обеспечения устойчивости такие же, как описано выше, за исключением того, что при выборе элементов корректирующей цепочки необходимо учитывать возможность возникновения частотной погрешности (на высоких частотах).

2.2.8 Установка силы постоянного тока

2.2.8.1 Включение режима воспроизведения силы постоянного тока осуществляется нажатием кнопки \boxed{A} - установка на выходе прибора силы тока – и, при необходимости, кнопки $\boxed{DC-AC}$, которая меняет текущий режим воспроизведения выходного уровня с переменного на постоянный и наоборот. Признаком действия данного режима является отображение на поле выходного уровня индикатора числового значения со знаком полярности и с размерностью в миллиамперах (или амперах при работе с блоком ПНТ-50). О значении предела воспроизведения можно судить по положению десятичной точки (формату индикации). На второй строке в это время должен быть указатель вида тока «DC» (см. п.2.2.3).

2.2.8.2 Для включения режима воспроизведения силы тока с помощью блока ПНТ-50 необходимо нажать кнопку $\boxed{50 A}$. При этом значение выходного уровня отображается со знаком полярности и с размерностью в амперах. Более подробно работа с блоком ПНТ-50 описана в п.2.2.16.

2.2.8.3 Ввод числового значения воспроизводимой величины силы постоянного тока осуществляется в соответствии с п.2.2.4. Установка предела воспроизведения осуществляется автоматически в зависимости от значения набранного числа. О значении предела воспроизведения можно судить по положению десятичной точки. Изменение полярности выходного тока производится кнопкой $\boxed{+/-}$.

2.2.8.4 Выходной ток выдается на клеммы «А» («Hi» и «Lo») через выходной кабель из комплекта поставки калибратора. В связи с тем, что выходное сопротивление калибратора тока отличается от бесконечности, при значительном напряжении на нагрузке возможно возникновение дополнительной погрешности, особенно заметной при малых уровнях тока. Величину погрешности от шунтирования нагрузки выходным сопротивлением калибратора ΔI калибратора можно оценить по формуле (2.2):

$$\Delta I = U_{нагр} / R_i \quad (2.2)$$

где R_i – нормируемое значение внутреннего сопротивления калибратора тока;

$U_{нагр}$ – напряжение на нагрузке.

2.2.8.5 При работе с индуктивными нагрузками возможно высокочастотное самовозбуждение выходных каскадов калибратора. Калибратор обеспечивает устойчивость при подключении нагрузки до 20 мГн на пределе 20 мА, до 2 мГн на пределе 200 мА и до 250 мкГн на пределе 2 А. Для устранения высокочастотного возбуждения кроме способа, описанного в

п.2.2.17.12, можно рекомендовать включение последовательного резистора в цепь выходного тока.

2.2.9 Установка силы переменного тока

2.2.9.1 Включение режима воспроизведения силы переменного тока осуществляется нажатием кнопки **A** - установка на выходе прибора силы тока – и, при необходимости, кнопки **DC-AC**, которая меняет текущий режим воспроизведения выходного уровня с постоянного на переменный и наоборот. Признаком действия данного режима является отображение на поле выходного уровня индикатора числового значения без знака полярности и с размерностью в миллиамперах (или амперах при работе с блоком ПНТ-50). На второй строке в это время должно быть значение установленной частоты (см. п.2.2.3). В остальном работа с прибором в режиме воспроизведения переменного тока не отличается от работы при воспроизведении постоянного тока.

2.2.9.2 Проблема устойчивости при работе с индуктивными нагрузками имеет место и на переменном токе. Параметры нагрузки, при которой обеспечивается устойчивость те же, что указаны в п.2.2.8.5. Для устранения возбуждения применимы аналогичные указанные меры. Ухудшение качества стабилизации тока возможно на высоких частотах, если индуктивное сопротивление нагрузки превосходит сопротивление нагрузки. При этом возрастает коэффициент гармоник и появляется дополнительная погрешность.

2.2.10 Установка сигналов с манипуляцией

2.2.10.1 Установка режима воспроизведения сигналов с манипуляцией может осуществляться из любого режима воспроизведения напряжения и силы тока с помощью меню выбора режима манипуляции (см. п.2.2.3), вызываемого последовательным нажатием кнопок **Shift** и **M**. Далее во время индикации меню необходимо выбрать требуемый вид манипуляции или отключить ее (см. таблицу 2.6). Отключение манипуляции также происходит при изменении режима воспроизведения. Если манипуляция установлена, то последовательным нажатием кнопки **M** по кругу переключаются все разрешенные (для текущего состояния) режимы манипуляции. Состояние режима манипуляции, в котором находится прибор, отображаются на индикаторе (см. п.2.2.3).

2.2.10.2 Включение всех режимов манипуляции возможно в ограниченном диапазоне уровней: при воспроизведении постоянного напряжения только до 200 В или переменного - до 150 В. В режиме воспроизведения силы тока ограничение уровня отсутствуют. Для режимов манипуляции с синхронизацией фронтов по полупериодам несущего сигнала во всех случаях имеются дополнительные ограничения, указанные в таблице 2.6. При попытке включить манипуляцию в недопустимом режиме будет появляться сигнал об ошибочных действиях (сообщение “Error” с соответствующим звуковым сопровождением).

В режимах манипуляции с синхронизацией фронтов предлагается ограничение и нижней границы воспроизводимых уровней напряжения и тока (на уровне 5 % от полной шкалы), однако это программно не блокируется и как ошибка не рассматривается.

Таблица 2.6 – Режимы манипуляции

Режим манипуляции	Кнопка меню	Список разрешенных режимов*	Дополнительные ограничения**	Характеристика режима манипуляции
Выключен		Нет манипуляции и “M0”	Нет	Нормальный режим
M0 ---	[.]		Нет	Непрерывный сигнал
M1 8 Hz	[1]	“M1” и “M2”	Нет	Симметричная амплитудная частотами 8 и 12 Гц
M2 12Hz	[2]			
M3 «З»	[3]	“M3”, “M4” и “M5”	Нет	Кодоимпульсная амплитудная с фиксированными интервалами времени
M4 «Ж»				
M5 «КЖ»				
M3s «З»	[4]	“M3s”, “M4s” и “M5s”	20 – 35 Гц	Кодоимпульсная амплитудная на частоте 25 Гц с синхронизацией по несущей
M4s «Ж»				
M5s «КЖ»				
M3s «З»	[4]	“M3s”, “M4s” и “M5s”	35 – 60 Гц	Кодоимпульсная амплитудная на частоте 50 Гц с синхронизацией по несущей
M4s «Ж»				
M5s «КЖ»				
M3s «З»	[4]	“M3s”, “M4s” и “M5s”	60 – 90 Гц	Кодоимпульсная амплитудная на частоте 75 Гц с синхронизацией по несущей
M4s «Ж»				
M5s «КЖ»				
M3k «З»	[5]	“M3k”, “M4k” и “M5k”	20 – 35 Гц	Кодоимпульсная амплитудная укороченная на частоте 25 Гц с синхронизацией по несущей
M4k «Ж»				
M5k «КЖ»				
M3k «З»	[5]	“M3k”, “M4k” и “M5k”	35 – 60 Гц	Кодоимпульсная амплитудная укороченная на частоте 50 Гц с синхронизацией по несущей
M4k «Ж»				
M5k «КЖ»				
M3k «З»	[5]	“M3k”, “M4k” и “M5k”	60 – 90 Гц	Кодоимпульсная амплитудная укороченная на частоте 75 Гц с синхронизацией по несущей
M4k «Ж»				
M5k «КЖ»				
M6 16	[6]	“M6 16”, “M6 24”, “M6 32”, “M6 48” и “M6 64”	20 – 2500 Гц	Симметричная фазоимпульсная с синхронизацией по несущей, отличаются длительностью периода
M6 24				
M6 32				
M6 48				
M6 64				
M7 П	[7]	“M7 П”	0.1 – 650 с	Однократный импульс
M8 К4	[8]	“M8 К4”	Нет	Импульсы с частотой 25 Гц и скважностью 8
M9 (+)	[9]	“M9+”, “M9-”, “M9Z” и “M9Q”	Нет	Непрерывный прямой сигнал
M9 (-)				Непрерывный инверсный сигнал
M9 (Z)				Нулевое состояние модулятора
M9 (Q)				Знакопеременный сигнал 74 Гц
Примечание * - режимы, переключаемые кнопкой [M] при выборе данного вида манипуляции. ** - кроме упомянутых в п.2.2.10.2.				

2.2.10.3 Во всех режимах манипуляции в качестве значения выходного уровня устанавливается и отображается амплитуда импульсов. При включении режимов симметричной и несимметричной манипуляции сигналов переменного тока на индикатор дополнительно выводится среднеквадратическое значение выходного сигнала.

2.2.10.4 Режимы симметричной амплитудной манипуляции (“M1” и “M2”) обеспечивают возможность калибровки и проверки приборов и устройств железнодорожной автоматики и сигнализации, работающих с тональными сигналами. Переключение частоты манипуляции 8 и 12 Гц производится одним нажатием кнопки **[M]**.

2.2.10.5 Режимы кодоимпульсной амплитудной манипуляции также обеспечивают возможность калибровки и проверки приборов и устройств железнодорожной автоматики и сигнализации. Предлагается три варианта:

- режимы с фиксированными временными соотношениями импульсов и пауз (“M3”, “M4” и “M5”). Временные соотношения выдерживаются с высокой точностью и полностью соответствуют стандартным значениям. Недостаток – неточное и неопределенное соотношение длительности импульсов и периода несущей частоты, что приводит к невозможности получения стабильной (многократно повторяющейся) формы модулированного сигнала;

- режимы с синхронизацией фронтов импульсов с моментом перехода через нуль напряжения несущей частоты. В результате длительность импульсов и пауз становится кратной длительности полупериодов несущей частоты. Режимы “M3s”, “M4s” и “M5s” позволяют при установке несущей частоты 25; 50 или 75 Гц получить практически стандартные соотношения длительности импульс и пауз. В зависимости от значения текущей частоты автоматически выбирается один из трех вариантов длительности кодоимпульсной последовательности – соответственно 46.5; 93 или 139.5 периодов несущей частоты. При этом получается стабильная и повторяющаяся временная диаграмма кодоимпульсной последовательности, обеспечивающая возможность более точной настройки аппаратуры обработки и выделения модулированного сигнала. Недостатком данного режима является зависимость общей длительности кодовой последовательности от частоты несущего сигнала, допустимый диапазон которого значительно ограничен;

- режимы с синхронизацией фронтов импульсов “M3k”, “M4k” и “M5k” отличаются от режимов “M3s”, “M4s” и “M5s” соотношением количества полупериодов в импульсах и паузах. При этом сокращена длительность импульсов и обеспечивается идентичность двух смежных кодовых последовательностей – соответственно 47; 94 или 141 периодов несущей частоты (подробно см. в таблице 1.11). Данный режим предназначен для проверки работы аппаратуры при критическом состоянии сигнала.

Переключение типов кодовых последовательностей «Ж», «З» и «КЖ» производится только нажатием кнопки **[M]**. При использовании режимов с синхронизацией установка несущей частоты должна предшествовать выбору режима. После включения режима с синхронизацией изменение частоты разрешается только в ограниченном диапазоне. При этом можно использовать как режим ввода, так и функцию редактирования частоты.

2.2.10.6 В режимах “M6 16”, “M6 24”, “M6 32”, “M6 48” и “M6 64” выходной сигнал калибратора имеет постоянную амплитуду, однако его фаза меняется на 180° через каждые 16; 24; 32; 48 или 64 полупериода. Переключение режимов фазовой манипуляции производится только нажатием кнопки **[M]**. Данные режимы используются для имитации специальных сигналов с фазовой манипуляцией.

2.2.10.7 Режим “M7” предназначен для проверки электрических секундомеров и измерения времени установления состояния электронных приборов. Импульс может иметь любое заполнение. Длительность устанавливается в широких пределах (от 0.1 до 650 с) с разрешающей способностью 0.01 с в режиме ввода с клавиатуры или заданием специальной командой интерфейса. Прибор производит генерацию импульса заданной длительности при нажатии кнопки **[M]** или специальной команды интерфейса. Если выход калибратора отключен, то запуск не производится. В момент генерации на индикаторе изображение импульса становится мигающим. Остановить процесс генерации импульса можно нажатием кнопки **[X]** (отключение выхода) и соответствующей командой интерфейса. В режиме “M7” редактирование выходного уровня не может быть включено.

2.2.10.8 В режиме “M8” воспроизводится периодический (частота 25 Гц) амплитудно-манипулированный сигнал с коэффициентом амплитуды $K_a = 4$ при заполнении импульса

сигналом переменного тока. Данный режим предназначен для проверки погрешности преобразователей среднеквадратического значения.

2.2.10.9 В дополнение к восьми видам манипуляции включается режим непрерывного сигнала “M0”. Это вспомогательный режим, который почти не отличается от нормального режима калибратора (только увеличивается значение нормируемой погрешности). Его назначение – калибрование и установка амплитуды импульсов, выдаваемых в остальных режимах манипуляции. В режиме непрерывного сигнала измерительный выходной тракт калибратора включен в том же самом состоянии, что и при манипуляции. Это позволяет (при калибровании прибора) устанавливать амплитуду импульсов (коэффициент передачи тракта) с более высокой точностью, практически не хуже, чем в нормальном режиме.

2.2.10.10 Для проверки ЦАП модулятора предусмотрен еще один вид модуляции, не показанный в меню выбора (“M9+”, “M9-”, “M9Z” и “M9Q”). Первые три типа соответствуют трем состояниям ЦАП модулятора – передачей сигнала максимального уровня без инверсии, максимального уровня с инверсией и при установленном нулевом уровне. Причем, режим “M9+” идентичен режиму “M0”. В режим “M9Q” со скважностью 2 с частотой 73.67 Гц происходит поочередное переключение прямого (фаза 0°) и инверсного (фаза 180°) состояний модулятора. Этот режим похож на режимы фазовой манипуляции с той разницей, что синхронизация с модулируемым сигналом не производится. Так в режимах постоянного тока на выходе получается двухполярный (знакопеременный) сигнал. Для сигналов переменного тока имеются дополнительные возможности формирования фазоманипулированных сигналов, благодаря отсутствию ограничений частотного диапазона.

2.2.11 Редактирование выходных параметров

2.2.11.1 Кроме процедуры ввода с клавиатуры калибратор Н4-11/1 позволяет применять и другие способы установки выходных параметров, которые упрощают выполнение традиционных операций калибровки (поверки) аналоговых и цифровых измерительных приборов. Для этого в приборе имеются следующие режимы:

- редактирование - плавное регулирование выходного уровня или частоты;
- вычисление и индикация отклонения выхода или погрешности поверяемого прибора.

Эта операция выполняется при редактировании выходного уровня;

- пошаговое (ступенчатое) изменение выходного уровня. Значение ступени вычисляется на основании установленного значения шкалы и выбранного количества ступеней. Данный режим позволяет производить быструю установку уровней, соответствующих, например, оцифрованным точкам шкалы поверяемого аналогового прибора;

- установка выходного уровня, равного значению установленной шкалы;
- запоминание текущего состояния прибора в виде профиля, включающего в себя значение выходного уровня и частоты, режима работы и типа амплитудной манипуляции;
- считывание из памяти и установку на выходе записанного ранее профиля.

Подробно операции с профилями выхода описаны в п.2.2.12.

2.2.11.2 Для плавного изменения выходного уровня и частоты предусмотрен режим редактирования. Редактирование выходного уровня напряжения или тока включается нажатием кнопок Δ , %, \leftarrow , \leftrightarrow или \rightarrow . Редактирование частоты включается нажатием кнопок **Shift** и **Hz** только в режиме воспроизведения сигналов переменного тока. При этом появляется курсор под разрядом числового значения воспроизводимого параметра, указывающий на возможность его изменения. При вращении ручки кодового переключателя (кодера) по часовой стрелке (вправо) цифровое значение числового разряда в позиции курсора увеличивается на единицу на каждый «щелчок». При вращении кодера влево - уменьшается. Для выбора позиции редактирования необходимы кнопки \leftarrow и \rightarrow - перемещение курсора влево и вправо соответственно. Нажатие кнопок **Clr**, \leftrightarrow или **Hz** выключает режим редактирования. При включенном режиме редактирования невозможны установка других режимов воспроизведения и ввод с клавиатуры.

2.2.11.3 Во всех режимах редактирования, как и при установке уровня, введенного с клавиатуры, калибратор производит автоматическое переключение пределов воспроизведения. В момент переключения пределов, осуществляемого с помощью реле, напряжение с выходных клемм снимается во избежание искрения контактов, а затем снова устанавливается на другом пределе. Этот процесс нарушает плавное регулирование выходного уровня и в некоторых случаях недопустим. Чтобы не прерывать процесс плавного регулирования напряжения, рекомендуется использовать режим редактирования с зафиксированным пределом воспроизведения. Для включения режима необходимо нажать кнопки **[Shift]** и **[Δ]**. Далее соответствующими кнопками можно включить требуемый режим отображения погрешности. Редактирование с фиксированным пределом следует включать, предварительно установив выходной уровень несколько выше точки переключения пределов.

2.2.11.4 Вычисление абсолютного и относительного отклонения, относительной и приведенной погрешности проверяемого прибора выполняется в режиме редактирования одновременно с регулированием выходного уровня.

2.2.11.5 Выбор для отображения на индикаторе одного из четырех вычисленных параметров, указанных в п.2.2.11.4, выполняется кнопками **[Δ]** и **[%]**. При включении режима редактирования уровня вначале устанавливается режим отображения относительного отклонения выхода. Благодаря тому, что всегда вычисляются все четыре параметра редактирования, можно в любой момент времени изменить режим их отображения. Отображаемый параметр редактирования сопровождается соответствующим указателем на индикаторе (см. п.2.2.3).

2.2.11.6 Вычисление отклонения выхода и относительной погрешности выполняется с учетом исходного значения X_0 , зафиксированного в момент включения редактирования.

2.2.11.7 Вычисление приведенной погрешности осуществляется с использованием заранее выбранного значения шкалы проверяемого прибора X_{Π} , которое устанавливается в режиме, вызываемом кнопками **[Shift]**, **[%]**, **[←]** и **[→]** (см. п.2.2.4). Предлагается ряд стандартных значений, используемых с размерностью в вольтах или амперах: 0.001, 0.0015, 0.002, 0.0025, 0.003, 0.005, 0.006, 0.0075, 0.01, 0.015, 0.02, 0.025, 0.03, 0.05, 0.06, 0.075, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.5, 0.6, 0.75, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5, 6, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 500, 600 и 750. Альтернативно в качестве значения шкалы может быть принято любое значение выходного уровня напряжения в диапазоне значений от 0.0001 до 625 (вольт) или тока от 0.0001 до 52 (ампер). Для этого необходимо нажать кнопки **[Shift]**, **[Scale]** и **[Enter]**, подтвердив запрос прибора о принятии текущего уровня в качестве значения шкалы. Далее программа запрашивает подтверждение принятия текущего значения количества ступеней для вновь введенной шкалы. Необходимые изменения количества ступеней можно произвести нажатием кнопок **[S-]** и **[S+]** или **[←]** и **[→]** (уменьшить и увеличить).

2.2.11.8 Вычисление абсолютного отклонения Δ осуществляется в соответствии с выражением (2.3):

$$\Delta = X_0 - X_{\text{ВЫХ}} , \quad (2.3)$$

где X_0 - исходное значение выходного уровня (напряжения или тока), зафиксированное в момент включения режима редактирования;

$X_{\text{ВЫХ}}$ - текущее значение выходного уровня.

При вычислении абсолютного отклонения сигнала постоянного тока учитывается знак полярности.

2.2.11.9 Вычисление относительного отклонения $\Delta\%$ осуществляется в соответствии с выражением (2.4):

$$\Delta\% = \frac{X_0 - X_{\text{ВЫХ}}}{X_0} \times 100 \quad (2.4)$$

2.2.11.10 Вычисление относительной погрешности проверяемого прибора $\Gamma\%$ осуществляется в соответствии с выражением (2.5):

$$\Gamma\% = \frac{X_{\text{ВЫХ}} - X_0}{X_0} \times 100 \quad (2.5)$$

2.2.11.11 Вычисление приведенной погрешности проверяемого прибора $\Gamma\%$ осуществляется в соответствии с выражением (2.6):

$$\Gamma\% = \frac{X_{\text{ВЫХ}} - X_{\Pi}}{X_{\Pi}} \times 100, \quad (2.6)$$

где X_{Π} - выбранное значение шкалы проверяемого прибора.

2.2.11.12 Пошаговое изменение выходного уровня производится кнопками $\boxed{\text{S-}}$ и $\boxed{\text{S+}}$, которые обеспечивают уменьшение или увеличение выходного уровня на величину D , определяемую выражением (2.7):

$$D = \frac{X_{\Pi}}{N}, \quad (2.7)$$

где N - выбранное значение количества ступеней шкалы проверяемого прибора.

Режим пошагового изменения выходного уровня предназначен для того, чтобы быстро пройти, например, оцифрованные отметки шкалы при поверке стрелочного прибора. Предположим, необходимо проверить прибор, имеющий шкалу 0 - 300 В переменного тока и шесть оцифрованных отметок (50, 100, 150, 200, 250 и 300 В). Выполняется следующая последовательность действий:

- установить на выходе калибратора уровень 300 В, 50 Гц нажатием кнопок $\boxed{3}$, $\boxed{0}$, $\boxed{0}$, $\boxed{\text{Enter}}$;
- записать текущий уровень в качестве значения шкалы нажатием кнопок $\boxed{\text{Shift}}$, $\boxed{\text{Scale}}$, $\boxed{\text{Enter}}$;
- установить количество ступеней равным шести нажатием кнопок $\boxed{\text{Shift}}$, $\boxed{\text{S+}}$, $\boxed{\text{S+}}$. Последнее нажатие кнопки $\boxed{\text{S+}}$ изменяет значение N с пяти (установлено по умолчанию) до шести;
- подключить прибор проверяемый прибор и включить выход калибратора кнопкой $\boxed{\text{X}}$;
- шесть раз нажимая кнопку $\boxed{\text{S-}}$, пройти оцифрованные точки сверху-вниз, каждый раз фиксируя показания проверяемого прибора;
- шесть раз нажимая кнопку $\boxed{\text{S+}}$, пройти оцифрованные точки снизу-вверх, также при необходимости фиксируя показания проверяемого прибора;
- выключить выход калибратора и отключить проверяемый прибор.

2.2.11.13 В любой момент можно установить на выходе калибратора уровень, равный значению шкалы, нажатием кнопки $\boxed{\text{Scale}}$. Причем, это значение может принимать размерность в вольтах или амперах в зависимости от режима работы калибратора. Так как диапазон при воспроизведении напряжения (максимально 625 В) шире диапазона воспроизведения силы тока (ограничен значением 52 А), может возникнуть ситуация невозможности установки значения шкалы в режиме воспроизведения. Могут быть и другие случаи невозможности установки уровня, равного значению шкалы. При их обнаружении прибор дает сообщение об ошибке ввода (сообщение «Error!»).

2.2.11.14 При ступенчатом изменении выходной уровень может изменять полярность при воспроизведении сигналов постоянного тока. В режиме воспроизведения сигналов переменного тока выходной уровень может быть только положительным, а при попытке изменить его полярность прибор дает сообщение об ошибке ввода (сообщение «Error!»). Такое же сообщение появляется при попытке установить уровень, превышающий максимально возможное значение для текущего режима работы.

2.2.12 Использование памяти профилей

2.2.12.1 Память профилей прибора Н4-11/1 позволяет создать программу установки последовательности значений выходных уровней для решения небольших измерительных задач. Причем, для каждого выходного уровня сохраняются все параметры воспроизведения (режим, частота и вид амплитудной манипуляции), образуя, таким образом, полный профиль состояния калибратора. Размер памяти позволяет сохранять массив, содержащий до 42 профилей.

2.2.12.2 Память профилей размещена в оперативной памяти процессора и формируется простым запоминанием текущего состояния калибратора. Для сохранения текущего состояния достаточно последовательно нажать кнопки **Shift** и **Mem**. Профили сохраняются последовательно в ячейках с номерами, начиная с нулевого. При включении прибора память профилей пуста, а размер массива увеличивается по мере сохранения текущих состояний. Когда запишутся все 42 значения, следующие профили будут снова записываться, начиная с нулевой ячейки.

2.2.12.3 Считывание профилей из памяти начинается с нулевой ячейки и происходит после нажатия кнопки **Mem**. После считывания последнего записанного профиля указатель считывания возвращается на нулевую ячейку. Считанный профиль мгновенно исполняется установкой на выходе калибратора новых параметров. Выходы прибора при загрузке профиля всегда отключаются для обеспечения требований безопасности. Поэтому для приведения в действие считанного профиля необходимо еще нажать кнопку **X**, убедившись в безопасности данного шага.

2.2.12.4 Возможность воспроизведения записанной последовательности после включения прибора обеспечивает функция сохранения массива в ЭНЗУ. Для сохранения массива профилей, находящегося в ОЗУ, необходимо нажать кнопки **Shift**, **Enter**, **2**. Данные сохраняются вместе с указателем длины массива и контрольной суммой блока. Последнее позволяет при последующем считывании обнаружить повреждение данных.

2.2.12.5 Для считывания массива профилей из ЭНЗУ в ОЗУ необходимо нажать кнопки **Shift**, **Enter**, **3**. При считывании проверяется совпадение контрольной суммы блока данных. При обнаружении повреждения данных прибор выдает соответствующее сообщение. Память профилей очищается и записывается в ЭНЗУ.

2.2.12.6 В меню обслуживания памяти профилей могут быть выбраны еще три операции:

- очистка памяти профилей кнопками **Shift**, **Enter**, **1**;
- установка указателя считывания на начало (нулевую ячейку) - **Shift**, **Enter**, **0**;
- вывод на индикатор текущей информации - **Shift**, **Enter**, **4**. Значения информационных полей описано в таблице 2.1.

2.2.13 Отключение выхода калибратора

2.2.13.1 Отключение выхода калибратора осуществляется нажатием кнопки **X**, после чего на выходных клеммах прибора устанавливается нулевой уровень воспроизводимой величины.

2.2.13.2 Повторное нажатие на кнопку **X** восстановит уровень, воспроизводимый до отключения (установит на выходных клеммах калибратора значение выходного сигнала со всеми установленными параметрами).

2.2.13.3 Состояние выхода всегда отображается на индикаторе (см. п.2.2.3). Для обеспечения безопасности подключения к клеммам калибратора кнопка управления выходом **X** действует во всех без исключения режимах работы прибора, включая дистанционное управление и программу калибрования.

2.2.14 Тестирование

2.2.14.1 Программа тестирования вызывается последовательным нажатием кнопок **Shift**, **X** и выполняет:

- проверку клавиатуры;
- проверку вращающегося кодового переключателя.

2.2.14.2 При тестировании клавиатуры программа ждет нажатий кнопок и вращения кодового переключателя. Нажимая кнопки последовательно сверху-вниз и слева-направо, контролируют отображение номера кнопки в соответствии с рисунком 2.3. Порядковый номер нажатой кнопки отображается на второй строке индикатора, например, в виде сообщения «Key_02». При вращении кодового переключателя влево (уменьшение) появляется сообщение «Rot_Lxxx», где xxx – число произведенных «щелчков». При вращении его вправо (увеличение) на индикаторе прибора появляется сообщение «Rot_Rxxx», где xxx – число произведенных «щелчков» после смены направления вращения. После нажатия кнопки **⇒** прибор переходит в режим «DCV», $U_{\text{вых}} = 1 \text{ мВ}$.

2.2.14.3 Тестирование индикатора необходимо производить во время включения прибора или при перезапуске программы прибора нажатием кнопок **Shift** и **Clr**. Необходимо убедиться, что происходит включение всех сегментов индикатора во время вывода стартового сообщения.

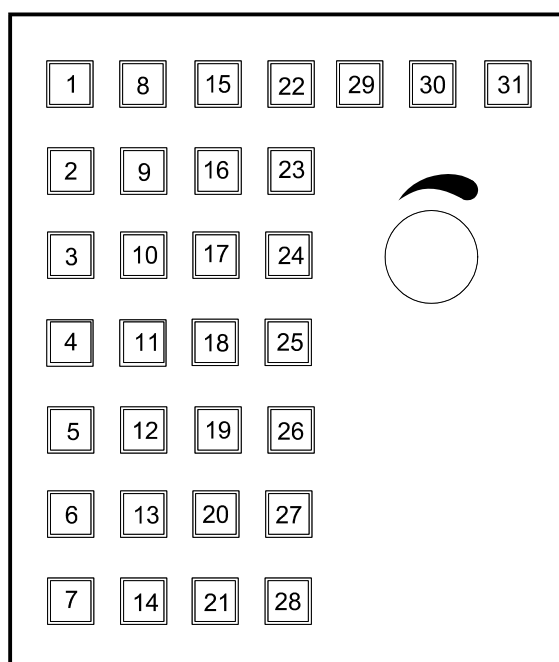


Рисунок 2.3 – Нумерация кнопок прибора Н4-11/1

2.2.15 Использование интерфейса (режима дистанционного управления)

2.2.15.1 Последовательный интерфейс RS-232 позволяет подключить прибор к компьютеру, имеющему стандартный последовательный порт (COM-порт), и обеспечивает возможность дистанционного управления.

2.2.15.2 Подключение прибора к компьютеру осуществляется через девятиконтактный разъем (розетку), расположенный на задней стенке прибора, посредством специального кабеля (входит в комплект поставки). Схема соединения прибора с компьютером приведена на рисунке 2.4.

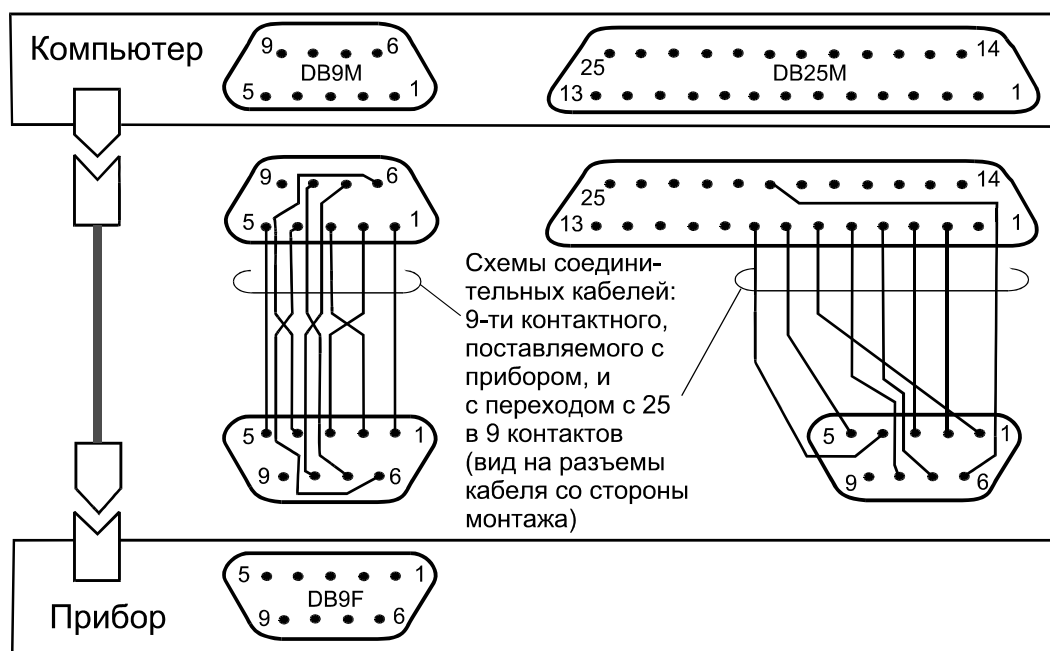


Рисунок 2.4 - Соединение линий интерфейса RS232 компьютера и прибора

2.2.15.3 Интерфейс (режим дистанционного управления) включается последовательным нажатием кнопок **[Shift]** и **[⇒]**. Выключение интерфейса производится нажатием кнопки **[⇒]**. После включения прибора или сброса всегда включается режим дистанционного управления. В режиме дистанционного управления на передней панели действуют всего две кнопки – **[X]** (сброс-включение выхода) и кнопка **[⇒]** (выключения интерфейса). Остальные кнопки заблокированы для предотвращения возникновения некорректного состояния прибора. Состояние дистанционного управления отображается соответствующим сообщением на индикаторе прибора.

2.2.15.4 Обмен данными при работе прибора с последовательным интерфейсом происходит в дуплексном (полном) режиме с использованием следующего протокола приемо-передачи:

- управление прибором осуществляется подачей текстовой строки в формате, указанном в таблице 2.7;

- вывод данных о состоянии прибора через последовательный интерфейс происходит по запросу. Формат выводимых данных представлен в таблице 2.8. Данные представлены в виде текстовой строки постоянной длины (20 символов) и содержат цифровые данные с десятичной точкой и размерность.

- управляющими символами «XON» (13h) - разрешение передачи и «XOFF» (11h) - запрещение передачи прибор обозначает временные интервалы, во время которых сообщения от автоматизированной системы не могут быть восприняты. Разрешенный интервал начинается после завершения обработки очередной команды, поступившей из интерфейса или с передней панели. Для калибратора Н4-11/1 этот протокол может служить и регулятором темпа приема команд.

2.2.15.5 Между командами, подаваемыми калибратору, необходимо делать паузу (ставить задержку). Величина задержки выбирается в пределах от 150 до 1000 мс и определяется временем исполнения команд аналоговой частью прибора. Наибольшая задержка необходима при смене режима воспроизведения. При установке высокого напряжения постоянного тока (свыше 200 В) необходима задержка до 3000 мс. При задании уровней, не вызывающих изменения пределов, и при установке частоты можно применять минимальную задержку между командами. В тех случаях, когда изменяется только один параметр воспроизведения, неизме-

няемое значение (напряжение, ток, частота, режим выхода или тип модуляции) можно не передавать.

Помните!

Быстродействие аналоговой схемы прибора намного ниже скорости работы встроенной ЭВМ, поэтому необходимо еще выдерживать время для установления выходного напряжения с необходимой точностью и установления показаний проверяемого прибора.

2.2.15.6 Формат цифровых данных подаваемых команд может быть иным, чем указано в таблице 2.6. Количество цифр может изменяться от одной до семи (больше не рекомендуется) в зависимости от количества значащих цифр задаваемого параметра. При установке уровня используются пять значащих цифр, а при установке частоты – только четыре. Команды с неправильным заголовком игнорируются. Команды, в которых цифровые параметры содержат недопустимые значения, обрабатываются как ошибочные с выдачей соответствующего сообщения. Команды, недопустимые для текущего режима (состояния) калибратора, также воспринимаются как ошибочные. Вследствие того, что наличие недопустимых символов (иных кроме цифр и десятичной точки) в поле цифровых данных специально не проверяется, имеется вероятность исполнения ошибочной команды. Типичной ошибкой является наличие символов пробела и знаков полярности перед числом – такое число понимается как нуль. Наличие на месте десятичного разделителя не символа точки понимается как окончание числа (целой части числа). При отсутствии цифровых данных команда не обрабатывается, а наличие других символов вместо цифр воспринимается как нуль.

2.2.15.7 Порядок (последовательность) подачи команд должен определяться двумя критериями – допустимостью для текущего состояния и учетом времени исполнения. Нужно учитывать, что смена режима работы всегда приводит к автоматическому отключению выхода калибратора как дополнительное напоминание о необходимости переключения выходных клемм. Исполнение любой команды всегда приводит к изменению состояния прибора, отображаемого на индикаторе, а также к изменению значения выдаваемой строки состояния.

Особенностью системы команд прибора является отсутствие отдельной команды перехода к воспроизведению переменного тока. Для выполнения этой операции необходимо подать команду об установке необходимого значения частоты. При этом, может быть, даже придется повторить уже установленное значение частоты. Это сделано для того, чтобы установленное ранее значение частоты не было применено к установленному позднее значению выходного уровня постоянного тока в недопустимом сочетании. Например, частота свыше 1,2 кГц недопустима при напряжении более 150 В и токе свыше 2 А, в режиме манипуляции высоковольтные пределы недоступны и так далее. Проверка допустимости сочетания режимов наиболее актуальна при переходе к воспроизведению переменного тока и поэтому совмещена с операцией установки частоты. Благодаря этому, в режиме дистанционного управления реализуется ускоренный переход от постоянного к переменному току и обратно без сброса выхода.

Таблица 2.7 – Формат команд калибратора Н4-11/1

Простые команды без цифровых параметров									
Символ	1	2	3						
Напряжение или ток положительной полярности (текущее значение) и переход в режим постоянного тока	+ 2BH	CR 0DH	LF 0AH						
Напряжение или ток отрицательной полярности (текущее значение) и переход в режим постоянного тока	- 2DH	CR 0DH	LF 0AH						
Отключить режим дистанционного управления (только местное управление)	L 4CH	CR 0DH	LF 0AH						
Запрос состояния прибора	Q 51H	CR 0DH	LF 0AH						
Сброс прибора (приведение в исходное состояние: режим постоянного тока, напряжение 1 мВ, включено дистанционное управление)	R 52H	CR 0DH	LF 0AH						
Формат принимаемых данных в формате с плавающей точкой									
Структура строки передаваемых данных	Заголовок данных: V - напряжение в вольтах A - частота в миллиамперах K - частота в килогерцах							Разделитель: всегда "CR" (возврат каретки) и "LF" (перевод строки)	
	Рекомендуемые форматы цифровых данных с десятичной точкой, положение которой определяется задаваемым значением: 00000. 0000.0 000.00 00.000 0.0000 .00000								
Символ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Режим	Примеры в текстовом виде и HEX-коде								
Установка напряжения в вольтах	V 56H	3 33H	0 30H	0 30H	. 2EH	0 30H	0 30H	CR 0DH	LF 0AH
Установка тока в миллиамперах	I 49H	5 35H	0 30H	0 30H	. 2EH	0 30H	0 30H	CR 0DH	LF 0AH
Установка тока в амперах	A 41H	2 32H	0 30H	. 2EH	0 30H	0 30H	0 30H	CR 0DH	LF 0AH
Установка частоты в килогерцах и переход в режим переменного тока	K 4BH	1 31H	. 2EH	0 30H	0 30H	0 30H	0 30H	CR 0DH	LF 0AH
Установка длительности одиночного импульса режима "M30" в секундах	N 4EH	1 31H	0 30H	0 30H	. 2EH	0 30H	0 30H	CR 0DH	LF 0AH
Примечание 1 Форматы цифровых данных могут иметь длину от одного до семи символов (лишнее округляется). Наличие десятичной точки необязательно. 2 Все остальные символы и коды игнорируются.									

Продолжение таблицы 2.7

Команды выбора режима с целочисленными цифровыми данными					
Символ		1	2	3	4
Установка режима выхода. Значение X: 0 – сброс выхода (обнуленный), 1 – нормальный режим (включен)		S 53H	X 3xH	CR 0DH	LF 0AH
Символ		1	2	3	4
Установка режима манипуляции. Значение XX:		M 4DH	X 3xH	X 3xH	CR 0DH LF 0AH
Тональная, симметричная	2 – 8 Гц, 3 – 12 Гц				
Кодоимпульсная по времени	4 – код “З”, 5 – код “Ж”, 6 – код “КЖ”				
Кодоимпульсная с синхронизацией 25 Гц	7 – код “З”, 8 – код “Ж”, 9 – код “КЖ”				
Кодоимпульсная с синхронизацией 50 Гц	10 – код “З”, 11 – код “Ж”, 12 – код “КЖ”				
Кодоимпульсная с синхронизацией 75 Гц	13 – код “З”, 14 – код “Ж”, 15 – код “КЖ”				
Кодоимпульсная с синхронизацией 25 Гц (укороченный импульс)	16 – код “З”, 17 – код “Ж”, 18 – код “КЖ”				
Кодоимпульсная с синхронизацией 50 Гц (укороченный импульс)	19 – код “З”, 20 – код “Ж”, 21 – код “КЖ”				
Кодоимпульсная с синхронизацией 75 Гц (укороченный импульс)	22 – код “З”, 23 – код “Ж”, 24 – код “КЖ”				
Фазовая манипуляция (периодов в импульсе)	25 – (16), 26 – (24), 27 – (32), 28 – (48) и 29 – (64)				
Одиночный импульс (запуск производится повторение этой команды)	30				
Несимметричный 25 Гц	31				
Непрерывные сигналы	1 или 32 – (+), 33 – (-), 34 – (Z)				
Знакопеременный сигнал	35				
Отключить режим манипуляции	0 – перейти в нормальный режим				

Таблица 2.8 - Формат строки состояния калибратора Н4-11/1

«А» - переменное, «+» - постоянное положительной полярности, «-» - постоянное отрицательной полярности												Значения см. в таблице 2.6				Разделитель				
«V» – напряжение, «A» – ток												Состояние выхода		Режим мани- пуляции						
Напряжение в вольтах или ток в миллиамперах с десятичной точкой: 00000. 0000.0 000.00 00.000 0.0000 .00000						Частота с десятичной точ- кой в килогерцах: 0000. 000.0 00.00 0.000 .0000														
X	X	X	X	X	X	X	X	K	X	X	X	X	X	S	X	M	X	X	CR	LF
Примеры																				
AV1.0000K1.000S1M0 CR LF												1 В напряжения переменного тока частотой 1 кГц. Нор- мальный режим выхода								
+A10.000K1.000S1M2 CR LF												+10 мА силы постоянного тока положительной поляр- ности. Текущая частота 100 Гц (не действует). Режим манипуляции 12 Гц								

2.2.15.8 При работе в дистанционном режиме принимаемые команды отображаются на нижней строке индикатора. Причем индицируются только те команды, которые имеют правильный заголовок (остальные просто игнорируются). Команды, содержащие недопустимые значения цифровых параметров, определяются как ошибочные. Их обработка сопровождается звуковым сигналом и сообщением на индикаторе «ERROR!» («Ошибка»). Ошибочные команды не исполняются кроме случаев, когда ошибка не была обнаружена (см. п.2.2.15.6).

Помните! Ошибочными будут считаться и правильные команды, но недопустимые для текущего состояния калибратора. Чтобы исключить такие случаи, необходимо режимы, накладывающие ограничения на частотный и амплитудный диапазоны, включать командами, следующими в последнюю очередь. И наоборот, вначале выключать режимы с ограниченными диапазонами.

2.2.15.9 Работа калибратора в измерительных системах с интерфейсом USB (универсальная последовательная шина) осуществляется с помощью внешнего преобразователя интерфейсов USB-COM фирмы «FTDI» или аналогичного. При подключении преобразователя к компьютеру в операционной системе появляется новый виртуальный COM-порт. Количество виртуальных COM-портов ограничивается только количеством физических USB-портов. Для правильной работы преобразователя USB-COM необходима инсталляция (установка) в систему его драйвера, соответствующего операционной системе, поставляемого вместе с преобразователем. Настройка виртуального COM-порта не отличается от настройки параметров физического COM-порта. Рекомендации:

- для каждого прибора, подключаемого к компьютеру через преобразователь, лучше зарезервировать и зафиксировать определенный порт физический USB-порт (при подключении в другой порт номер эмулируемого COM-порта изменится);
 - использовать преобразователи USB-COM одного типа (использующие один драйвер) при создании системы с несколькими виртуальными COM-портами;
 - применять разветвители (HUB) для подключения к компьютеру группы приборов.
- Причем, к одному четырехпортовому разветвителю, питающемуся от первичного USB-порта, может быть подключено до четырех преобразователей.

Нумерация виртуальных COM-портов определяется порядком первичных USB-портов. Обычно занимают номера COM3, COM4 и далее. Нумерация виртуальных COM-портов при подключении через разветвитель определяется далее в порядке регистрации операционной системой. Автоматически установленные номера портов могут быть изменены, но без особой необходимости этого делать не рекомендуется.

2.2.15.10 Прикладное программное обеспечение, создаваемое для прибора, должно производить такую настройку COM-порта, чтобы обеспечить работоспособность пассивной схемы (устанавливать высокий уровень на линиях DTR и RTS, соответствующий логическому

нулю). Схема интерфейса обеспечивает работоспособность прибора как в системах с нормальным уровнем сигналов ± 12 В, так и с пониженным питанием (уровень сигналов $\pm 5-6$ В). Нарушение питания интерфейса приводит к ошибкам при передаче длинных строк и пропуску команд.

2.2.15.11 Работа калибратора в измерительных системах с интерфейсом по ГОСТ 26003-80 (КОП - канал общего пользования) рекомендуется осуществлять с помощью внешнего преобразователя интерфейсов GPIB-RS232) фирмы «National Instruments». Прибор подключается к преобразователю КОП кабелем последовательного интерфейса также, как к компьютеру с СОМ-портом. Преобразователь КОП подключается к коллективной линии посредством стандартного кабеля (оба указанные кабели могут поставляться с прибором). Преобразователь КОП настраивается, согласно его инструкции по эксплуатации, на необходимую (9,6 кбод) скорость интерфейса RS-232 и устанавливается любой выбранный пользователем адрес КОП.

Применение рекомендованного преобразователя оправдано при включении прибора в состав автоматизированной системы, содержащей несколько приборов с интерфейсом КОП. В этом случае за счет соответствия преобразователя интерфейсов стандарту IEEE-488.2 обеспечивается надежная и правильная работа без потери общей производительности.

2.2.16 Порядок работы с преобразователем ПНТ-50

2.2.16.1 Общие сведения

2.2.16.1.1 Воспроизведение силы постоянного и переменного тока в диапазоне свыше 2 А обеспечивается дополнительным блоком калибратора Н4-11/1 – преобразователем напряжения в ток ПНТ-50. При установке режима «50 А» или токов свыше 2 А калибратор Н4-11/1 переходит в режим воспроизведения напряжения и выдает на клеммы «V» напряжение, необходимое преобразователю ПНТ-50 для получения на его выходе «А – В» заданного уровня тока (и частоты). При этом на индикаторе прибора Н4-11/1 появляется соответствующее сообщение (см. подраздел 2.2.4). Все дальнейшие действия по управлению преобразователем и подключению проверяемого устройства выполняются оператором.

2.2.16.1.2 Преобразователь ПНТ-50 имеет ряд важных особенностей, которые необходимо учитывать при работе:

- его исполнение (класс защиты I) требует принятия мер защиты от поражения электрическим током. При работе преобразователь должен быть заземлен;
- обладая значительной выходной мощностью (до 150 Вт), он может представлять опасность для объектов измерения, поэтому требует внимательного выполнения порядка подключения и установки выходного тока;
- управляя большой мощностью, преобразователь может стать источником перегрева и воспламенения, поэтому требует принятия мер по обеспечению охлаждения и вентилирования.

2.2.16.1.3 Перед началом работы необходимо полностью изучить данный подраздел.

2.2.16.2 Подключение преобразователя

2.2.16.2.1 ВНИМАНИЕ! Преобразователь должен включаться в сеть только с помощью трехпроводного кабеля (из комплекта поставки) и розетки, имеющей заземление. В противном случае, на выходных клеммах появляется опасный потенциал 110 В, 50 Гц относительно «земли».

2.2.16.2.2 Преобразователь должен подключаться к калибратору Н4-11/1 с помощью экранированного кабеля, входящего в комплект поставки. Могут использоваться и другие способы соединения входа, также обеспечивающие минимальную магнитную связь контура входного сигнала с контуром выходного тока.

Необходимо помнить, что схема преобразователя заземлена, и поэтому подключение входа преобразователя приводит к заземлению выхода калибратора. При включенном входе внешний контакт входного байонетного разъема соединен с корпусом блока питания и соответственно с контактом защитного заземления. Использование этого контакта для других целей (например, заземления других приборов измерительной схемы) запрещено, т.к. может привести к возникновению дополнительной погрешности.

2.2.16.2.3 Преобразователь рассчитан на подключение «плавающих» (незаземленных) нагрузок. Потенциал выходных клемм преобразователя относительно защитного заземления (и входа) составляет около +2,5 В (половина напряжения питания выходного каскада). Это главная особенность преобразователя, о которой необходимо помнить при его эксплуатации.

ВНИМАНИЕ! Заземление нагрузки или выходных клемм преобразователя запрещено!

2.2.16.2.4 Выходы «А» и «В» преобразователя равноценны и отличаются тем, что полярность выходного тока на выходе «А» относительно «В» соответствует полярности напряжения, подаваемого на вход и индицируемой на индикаторе калибратора.

2.2.16.2.5 Для подключения нагрузки рекомендуется использовать кабели из комплекта поставки преобразователя или другие, имеющие достаточное сечение проводников (не менее

0,1 кв. мм на 1 А) и обеспечивающие надежное подключение к клеммам. Последнее особенно важно потому, что при плохом контакте возможен перегрев клемм и расплавление пластмассовых изоляторов.

2.2.16.3 Управление преобразователем и индикация состояния

2.2.16.3.1 Управление входом и источником питания преобразователя осуществляется четырьмя кнопками, назначение которых иллюстрирует рисунок 2.5.

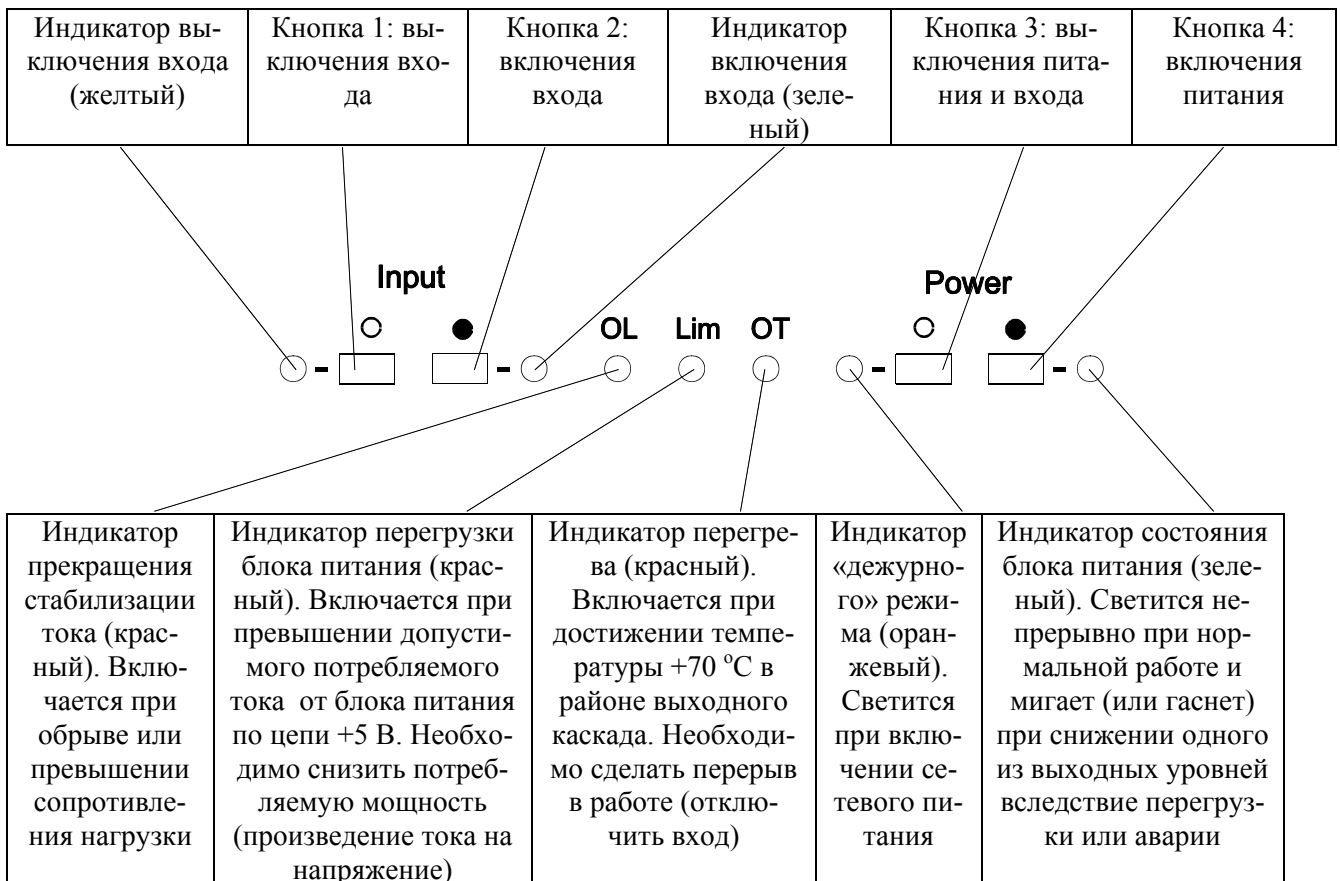


Рисунок 2.5 – Кнопки и индикаторы преобразователя ПНТ-50

2.2.16.3.2 Кнопки 1 и 2 управляют реле, позволяющим отключить вход схемы преобразователя от входного разъема. При отключенном входе на выходе преобразователя устанавливается ток, равный нулю. Благодаря этому режиму можно работать с калибратором Н4-11/1, не отсоединяя от него входной кабель преобразователя. Состояние входного реле индицируется соответствующими светодиодами (см. рисунок 2.5).

ВНИМАНИЕ! Максимальное напряжение, которое можно подавать на отключенный вход преобразователя, составляет 250 В переменного тока.

2.2.16.3.3 Кнопки 3 и 4 управляют блоком питания, осуществляя соответственно включение или выключение питания всей схемы преобразователя, хотя в первую очередь это важно для выходного каскада, потребляющего значительную мощность. Нажатием кнопки 3 также отключается вход. Выключенный преобразователь перестает быть источником помехи с частотой около 150 кГц (несущая частота широтно-импульсной модуляции), которая может мешать выполнению других измерительных операций при низких уровнях напряжения. При включении сетевого питания, выключатель которого размещен на задней панели преоб-

разователя, включается только источник «дежурного» напряжения («ждущий режим»), а питание всей схемы преобразователя выключено. Состояние «дежурного» режима (наличие «дежурного» напряжения) отражается свечением оранжевого светодиода на передней панели преобразователя. При включении схемы питания включаются и другие светодиоды, отражающие текущее состояние преобразователя (см. рисунок 2.5).

2.2.16.3.4 Кроме светодиодов индикации состояния кнопок управления на передней панели преобразователя находятся светодиодные индикаторы состояния преобразователя. Их назначение также указано на рисунке 2.5.

2.2.16.4 Порядок установки выходного тока и другие вопросы практического применения

2.2.16.4.1 Операции установки выходного тока всегда должна предшествовать подготовка измерительной схемы, которую необходимо проводить при отключенном входе и выключенном питании преобразователя. Это особенно необходимо при подключении преобразователя к проверяемому устройству (или к измерительной схеме), имеющему низкое внутреннее сопротивление и максимально допустимый ток значительно меньше максимального тока преобразователя. В противном случае оно может быть выведено его строя. Например, мультиметр с пределом измерения 2 А, имеющий на входе шунт сопротивлением 0,1 Ом и предохранитель на 3 А (или даже 6 А), будет выведен из строя (сгорит предохранитель), если присоединить его к разорванным выходным клеммам включенного преобразователя (даже если вход преобразователя был отключен). Причиной тому – состояние, которое приняла схема преобразователя при отсутствии нагрузки: разрыв обратной связи и максимальное напряжение на выходе, равное 5 В. В результате, при подключении нагрузки через нее в течение нескольких миллисекунд может протекать ток с неконтролируемой амплитудой (сама схема преобразователя ограничивает выходной ток на уровне около 200 А). Чтобы исключить такую возможность, необходимо всегда придерживаться рекомендуемого порядка подключения нагрузки.

ВНИМАНИЕ! Рекомендуется подключение нагрузки и установку выходного тока производить в следующем порядке:

- выключить вход преобразователя;
- выключить питание преобразователя;
- подключить нагрузку;
- включить преобразователь;
- ввести с клавиатуры калибратора необходимое значение тока;
- включить вход преобразователя. Далее можно устанавливать сколько угодно значений выходного тока;
- снова выключить вход, а затем и питание преобразователя перед отсоединением нагрузки.

Тем не менее, вероятность выхода из строя устройств, не выдерживающих перегрузку, при подключении к преобразователю остается, если не во время переходных процессов, так из-за ошибки оператора. Можно рекомендовать еще один способ защиты особенно «слабых» нагрузок (например, термопреобразователей) – замыкание выходных клемм преобразователя на все время, пока не потребуется подать ток в нагрузку.

2.2.16.4.2 Описанные меры предосторожности необходимы для устройств с номинальным током до 5 А. Устройства (амперметры, трансформаторы тока и токовые шунты) с номинальным током более 5 – 10 А обычно способны выдержать перегрузки, возникающие при работе с преобразователем, даже при нарушении рекомендованного порядка.

2.2.16.4.3 Необходимо представлять, что импеданс нагрузки преобразователя в значительной степени влияет на глубину обратной связи, устойчивость, диапазон частот. Наилучшие характеристики (точность, диапазон частот, коэффициент гармоник) преобразователь

ПНТ-50 обеспечивает при сопротивлении нагрузки в пределах от 0,01 до 0,05 Ом. При увеличении сопротивления нагрузки параметры в высокочастотной части диапазона ухудшаются (так, при нагрузке сопротивлением более 0,1 Ом погрешность начинает превышать нормируемые значения на частоте 1 кГц, а при сопротивлении более 0,5 – 1 Ом нормальная работа преобразователя становится практически невозможной).

2.2.16.4.4 Снижение сопротивления нагрузки может привести к ухудшению устойчивости, однако реально этот режим встречается редко, т.к. только суммарное сопротивление соединительных кабелей из комплекта преобразователя составляет около 0,006 Ом. В любом случае устойчивость всегда можно восстановить добавлением последовательного сопротивления (применением более длинного кабеля). Причиной нарушения устойчивости может быть индуктивный характер нагрузки, а ее улучшению также будет способствовать добавление последовательного сопротивления.

2.2.16.4.5 Преобразователь фактически обеспечивает напряжения на нагрузке не менее 2,5 В постоянного тока и не менее 2 В переменного тока, однако оптимальным является диапазон напряжения от 0,5 до 1,5 В. При этом обеспечивается наилучшее соотношение сигнал/шум и минимальный коэффициент гармоник. Когда имеется возможность выбора параметров измерительной схемы, следует использовать значения, близкие к оптимальному сопротивлению и напряжению нагрузки. В случаях, когда хотя бы один из этих параметров приближается к предельному значению, рекомендуется провести дополнительное исследование, чтобы установить насколько удовлетворительно качество выходного тока преобразователя в этом режиме. Последняя рекомендация необязательна, если предстоит выполнять измерения на постоянном токе или частоте 50 Гц, но очень актуальна на частотах выше 200 - 400 Гц.

2.2.16.4.6 Высокая концентрация регулируемой мощности в преобразователе приводит к значительному нагреву элементов выходного каскада. Для предотвращения катастрофического разрушения схемы следует придерживаться следующих правил.

ВНИМАНИЕ!

1 Запрещается при температуре окружающей среды выше +25 °С и при токе свыше 32 А работать более 5 мин без перерыва, равного времени работы.

2 При срабатывании датчика перегрева необходимо немедленно прекратить работу. Наилучшим способом прекращения работы является отключение входа (при этом нагрев прекращается, а вентиляция и охлаждение продолжают).

2.2.16.4.7 Необходимость интенсивного воздушного охлаждения преобразователя приводит к быстрому накоплению пыли. Чтобы замедлить этот процесс, рекомендуется все время, пока преобразователь не используется, держать его выключенным, например, в «дежурном» режиме. Тем более что он не требует прогрева и может быть включенным в сеть (в «дежурном» режиме) сколь угодно долго. Потребляемая мощность при этом не превышает 5 ВА.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1 Общие положения

3.1.1 Во время, до и после проведения работ по уходу за прибором и преобразователем ПНТ-50 необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в п.2.1.1.

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

3.1.3 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 (калибровку) прибора и подготовку к ней.

При контрольном осмотре проверяются органы управления, присоединения и подключения, производится очистка прибора от пыли и грязи без его вскрытия.

Неисправные приборы направляются в ремонт.

3.2 Общие указания по введению поправочных коэффициентов

3.2.1 В калибраторе Н4-11/1 осуществляется введение поправочных коэффициентов (калибрование) в цифровом виде с передней панели прибора. Методы калибрования описаны в п.3.3. Цифровое калибрование проводится в исправном приборе при периодическом обслуживании для коррекции временного дрейфа электрических элементов.

В приборе имеются и органы аналогового калибрования (регулировки) - в выходных усилителях, плате индикации. Это элементы, предназначенные для начальной установки режимов схемы – начального тока выходных транзисторов и настройки контрастности индикатора. В преобразователе ПНТ-50 – для коррекции смещения, установки масштаба преобразования и выравнивания частотной характеристики. Методы регулировок описаны в п.3.4.

3.2.2 Рекомендуемая периодичность калибрования прибора – двадцать четыре месяца, а также по мере необходимости – при очередных поверках (калибровках) прибора.

Дополнительное калибрование рекомендуется проводить после ремонта, продолжительного хранения (более одного года) или продолжительного пребывания при предельных температурах (несколько месяцев). Необходимость такого дополнительного калибрования определяется после приработки прибора длительностью не менее 24 ч.

3.2.3 При периодичности поверки (калибровки) прибора более двух лет погрешность прибора в течение первых трех лет эксплуатации увеличивается в полтора раза, а в течение пяти лет – удваивается при выполнении следующих условий:

- сохранять настройку элементов регулировки;
- не проводить замену элементов электрической схемы;
- не допускать продолжительного воздействия предельных температур, высокой влажности или агрессивных сред, приводящих к деградации параметров элементов и разрушению конструкции.

3.2.4 Введение поправочных коэффициентов прибора выполняется в нормальных условиях эксплуатации: при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и влажности до 80 %. Для снижения погрешности прибора температура, при которой осуществляется калибрование, может быть изменена и приближена к средней температуре эксплуатации (от 15 до 35 $^\circ\text{C}$). За время калибрования изменение температуры не должно превышать $\pm 2 ^\circ\text{C}$.

При калибровании прибор должен быть прогрет в течение 1 ч. Если прибор продолжительное время (более 1 мес.) не включался, - необходимо перед калиброванием дополнительно приработать его в нормальных условиях в течение 24 ч.

3.2.5 При калибровании прибора следует учитывать такую особенность организации ЭНЗУ, что даже неполное калибрование восстанавливает признаки исправности ЭНЗУ (контрольную сумму). Поэтому для полного калибрования прибора необходимо, чтобы были вне-

сены все калибровочные константы (выполнены все шаги калибрования). При неполном калибровании вместо невнесенных констант записываются инициализированные значения - единичный масштабный коэффициент.

ВНИМАНИЕ! Для предотвращения записи ошибочных данных в ЭНЗУ в процессе введения поправочных коэффициентов не следует допускать выключения прибора, а также необходимо принимать меры по снижению вероятности сбоев сетевого питания.

3.2.6 При калибровании используются те же операции, что и при поверке (калибровке) прибора. Поэтому в данном разделе даются ссылки на необходимые методики раздела «Методика поверки (калибровки)» и дополнительные пояснения. Состав метрологических средств, необходимых для введения поправочных коэффициентов прибора Н4-11/1, совпадает с перечнем средств поверки (калибровки) раздела «Методика поверки (калибровки)». Калибруемые параметры приведены в таблице 3.1.

3.3 Введение цифровых поправочных коэффициентов

3.3.1 Введение поправочных или калибровочных коэффициентов прибора Н4-11/1 осуществляется путем автоматического вычисления и записи в ЭНЗУ цифровых масштабных коэффициентов и включает в себя:

- технологическое калибрование смещения и масштаба ЦАП опорного напряжения при двух полярностях, коррекцию частотной характеристики в режимах воспроизведения переменного напряжения и тока, калибрование частоты генератора сигналов переменного тока;

- введение масштабных коэффициентов всех пределов постоянного и переменного напряжения и тока в нормальном режиме работы. В число корректируемых пределов входят также пределы, воспроизводимые с помощью преобразователя ПНТ-50. В последнем случае осуществляется калибрование масштаба выходного напряжения, подаваемого на вход преобразователя. Это делает возможным проводить комплектное калибрование прибора с преобразователем;

- калибрование масштабных коэффициентов всех пределов постоянного и переменного напряжения и тока в режиме амплитудной манипуляции. При этом устанавливается значение амплитуды импульсов в состоянии режима «М0».

Калибрование прибора выполняют в точках, приведенных в таблице 3.1, соблюдая указанный порядок шагов калибрования. Для калибрования на выходе прибора устанавливается определенный уровень, который измеряется с помощью внешних мер, с клавиатуры вводится поправка и подается команда о вычислении поправочного коэффициента. В процессе калибрования уровень выходного напряжения обновляется с учетом введенного коэффициента, позволяя оператору следить за результатом работы. При необходимости операция калибрования повторяется.

Внимание! Операции введения цифровых поправочных коэффициентов могут быть включены при установленном ключе доступа к калибровочным данным. Порядок установки ключа (разблокирования калибровки) изложен в п.3.3.9.3.

Таблица 3.1 – Параметры калибрования прибора Н4-11/1

Номер шага калибрования	Калибруемый уровень		Точность калибрования **, ±	Методика калибрования	Калибруемый режим, предел, блок ***
	номинальное значение	погрешность измерения *, ±			
Напряжение постоянного тока «DC»					
00	0	0.01 мВ	0.1 мВ	п.3.3.5	2 В
01	0.2 В	0.02 %	0.02 мВ		0.2 В
02	0.2 В	0.1 %	0.2 мВ		0.2 В «M0»
03	2 В	0.01 %	0.2 мВ		2 В
04	2 В	0.1 %	2 мВ		2 В «M0»
05	20 В	0.01 %	2 мВ		20 В
06	20 В	0.1 %	20 мВ		20 В «M0»
07	100 В	0.02 %	20 мВ		200 В
08	100 В	0.1 %	200 мВ		200 В «M0»
09	500 В	0.03 %	0.5 В		600 В
Напряжение переменного тока «AC»					
10	0.2 В, 1 кГц	0.06 %	0.05 мВ	п.3.3.6	0.2 В
11	0.2 В, 1 кГц	0.2 %	0.1 мВ		0.2 В «M0»
12	2 В, 1 кГц	0.03 %	0.2 мВ		2 В
13	2 В, 1 кГц	0.2 %	1 мВ		2 В «M0»
14	20 В, 1 кГц	0.03 %	2 мВ		20 В
15	20 В, 1 кГц	0.2 %	10 мВ		20 В «M0»
16	100 В, 1 кГц	0.05 %	20 мВ		150 В
17	100 В, 1 кГц	0.2 %	100 мВ		150 В «M0»
18	500 В, 100 Гц	0.1 %	100 мВ		600 В
Сила постоянного тока «DC»					
19	20 мА	0.03 %	0.003 мА (0.3 мВ)	п.3.3.7	20 мА
20	20 мА	0.2 %	0.01 мА (1 мВ)		20 мА «M0»
21	200 мА	0.03 %	0.03 мА (0.3 мВ)		200 мА
22	200 мА	0.2 %	0.1 мА (1 мВ)		200 мА «M0»
23	2000 мА	0.04 %	0.5 мА (0.05 мВ)		2000 мА
24	2000 мА	0.3 %	1 мА (0.1 мВ)		2000 мА «M0»
25	20 А (2 В)	0.07 %	10 мА (0.1 мВ)		20 А
26	20 А (2 В)	0.2 %	100 мА (1 мВ)		20 А «M0»
27	30 А (3 В)	0.1 %	20 мА (0.2 мВ)		50 А
28	30 А (3 В)	0.3 %	200 мА (2 мВ)		50 А «M0»

Продолжение таблицы 3.1

Номер шага калибровки	Калибруемый уровень		Точность калибрования **, ±	Методика калибрования	Калибруемый режим, предел, блок ***
	номинальное значение	погрешность измерения *, ±			
Сила переменного тока «DC»					
29	20 мА, 1 кГц	0.07 %	0.003 мА (0.3 мВ)	п.3.3.8	20 мА
30	20 мА, 1 кГц	0.3 %	0.01 мА (1 мВ)		20 мА «M0»
31	200 мА, 1 кГц	0.07 %	0.03 мА (0.3 мВ)		200 мА
32	200 мА, 1 кГц	0.3 %	0.1 мА (1 мВ)		200 мА «M0»
33	1000 мА, 1 кГц	0.07 %	0.5 мА (0.05 мВ)		2000 мА
34	1000 мА, 1 кГц	0.3 %	1 мА (0.1 мВ)		2000 мА «M0»
35	20 А, 400 Гц (2 В)	0.1 %	10 мА (0.1 мВ)		20 А
36	20 А, 400 Гц (2 В)	0.3 %	100 мА (1 мВ)		20 А «M0»
37	30 А, 400 Гц (3 В)	0.1 %	20 мА (0.2 мВ)	50 А	
38	30 А, 400 Гц (3 В)	0.3 %	200 мА (2 мВ)	50 А «M0»	
Системные калибровки линейности и частоты (требуется при выпуске или после ремонта)					
39	+20 В	0.01 %	1 мВ	п.3.3.8.1	20 В
40	-20 В	0.01 %	1 мВ		20 В
41	0.2 В, 5 кГц	0.25 %****	0.1 мВ	п.3.3.8.2	0.2 В
42	2 В, 5 кГц	0.25 %****	0.5 мВ		2 В
43	20 В, 5 кГц	0.25 %****	5 мВ		20 В
44	150 В, 5 кГц	0.25 %****	30 мВ		150 В
45	500 В, 500 Гц	0.15 %*****	100 мВ		600 В
46	2 В, 1 кГц	0.01 %	0.1 Гц	п.3.3.8.3	0.01 – 11 кГц
47	20 мА, 5 кГц	0.07 %	0.003 мА (0.3 мВ)	п.3.3.8	20 мА
48	200 мА, 5 кГц	0.07 %	0.03 мА (0.3 мВ)		200 мА
49	1000 мА, 5 кГц	0.07 %	0.5 мА (0.05 мВ)		2000 мА
50	20 А, 1 кГц	0.15 %	10 мА (0.1 мВ)		20 А
51	30 А, 1 кГц	0.15 %	20 мА (0.2 мВ)		50 А
Примечания					
* Допускаемая погрешность измерения уровня, установленного на выходе калибратора					
** Допускаемое отклонение выходного уровня от номинального значения после калибрования по прибору, контролирующему выходной уровень. В скобках указано допускаемое отклонения напряжения на мере сопротивления					
*** Указана дополнительная информация, которую можно использовать для поиска неисправности и при ремонте прибора					
**** Указана неравномерность частотной характеристики в частотном диапазоне 10 – 30 кГц					
***** Указана неравномерность частотной характеристики в частотном диапазоне 100 Гц – 1 кГц					

3.3.2 При установленном ключе режим калибрования включается следующим образом:

- нажать кнопки **Shift** и **V**. На индикаторе должно появиться сообщение «Calibr_of_Scale» и запрос ввода кода-ключа;
- ввести трехзначный код-ключ - число 411. Набор кода производится кнопками цифрового ввода **4**, **1** и **1** с интервалом не более 2,5 с между нажатиями;
- если код введен правильно, то прибор переходит в режим выбора шага калибрования
- появляется сообщение выбора номера шага – «Cal_Step_N=XX». В противном случае прибор переходит в исходный режим, и вызов режима калибрования нужно повторить сначала;
- нажатием кнопок **⇐** (кнопка приобретает значение «уменьшение номера шага») или **⇒** («увеличение номера шага») выбирается необходимый номер шага калибрования. Нажать кнопку **Enter** и подтвердить выбор шага калибрования;
- на индикаторе установится значение калибровочного уровня, частоты и остальных режимов, свойственных этому шагу, а также сообщение «Step xx Calibr» на нижней строке, подтверждающее переход в режим ввода значения калибровочного коэффициента. При этом также включен режим редактирования выхода с курсором в младшем разряде (в крайней правой позиции), на индикаторе отображается значение относительного отклонения выхода. Далее прибор ожидает редактирования выходного уровня вращающимся кодовым переключателем. Имеется возможность произвести редактирования выходного уровня нажатием кнопок клавиатуры двух верхних рядов:
 - кнопка **V** - добавит к установленному уровню значение эквивалентное 100 «щелчкам» кодового переключателя;
 - кнопка **+/-** - убавит 100 «щелчков»;
 - кнопка **A** - добавит 20 «щелчков»;
 - кнопка **M** - убавит 20 «щелчков»;
 - кнопка **DC-AC** - добавит 3 «щелчка»;
 - кнопка **Δ** - убавит 3 «щелчка»;
 - кнопка **50A** - добавит 0,75 «щелчка»;
 - кнопка **%** - убавит 0.5 «щелчка».

Очистка значения калибровочной константы (установить значение равное единице) осуществляется кнопкой **1**. Кнопка **⇐** покажет текущее значение калибровочной константы данного шага.

3.3.3 Процедура калибрования состоит из следующих действий:

- включить режим калибрования и выбрать необходимый шаг (см. п.3.3.2);
- подать калибровочный уровень (см. таблицу 3.1) на вход измерительного прибора (измерительной схемы);
- вращающимся кодовым переключателем или нажатием кнопок (см. п.3.3.2) отредактировать выходной уровень до получения показаний измерительного прибора с необходимой точностью;
- после установления стабильных показаний нажать кнопку **Enter** - произойдет автоматическое обновление соответствующего масштабного коэффициента, приводящее показания к номинальному значению (см. таблицу 3.1). На индикаторе также установится номинальное значение;
- проверить показания прибора, контролирующего выход. Если показания значительно отличаются от номинального значения, необходимо повторить калибрование, снова отредактировав выходное значение, и нажать кнопку **Enter**. Если обновленные показания соответствуют номинальному значению выходного сигнала с допустимой точностью (см. таблицу 3.1), то калибрование данного вида можно считать законченным. Чтобы выйти из режима калибрования, необходимо нажать кнопку **Clr** (кнопка в режиме калибрования приобретает значение «отмены»), и прибор вернется в режим выбора шага калибрования. Если уровень выходного калиброванного сигнала при редактировании более чем на 25 % отличается от номинального значения, на индикаторе появляется сообщение об ошибке «Error!», а записи калибровочного коэффициента в ЭНЗУ не происходит;

- далее выбирается другой шаг калибрования прибора, и указанные действия повторяются или следующим нажатием кнопки **[Clr]** осуществляется выход из режима калибрования.

3.3.4 В приборе предусмотрена возможность выборочного калибрования, в связи с чем отсутствуют ограничения на порядок калибрования шагов: он может быть произвольным. Однако некоторые ограничения все-таки существуют, чем и объясняется порядок шагов, указанный в таблице 3.1:

- окончательное калибрование масштабов в режимах воспроизведения постоянного и переменного напряжения и тока (шаги «01» - «38») должна производиться только после калибрования нуля ЦАП постоянного напряжения на шаге «00» и общего масштаба положительной и отрицательной полярности (шаги «39», «40»);

- калибрование масштабов в режиме воспроизведения силы тока (шаги «19» - «30») должно производиться после предварительного калибрования масштабов воспроизведения напряжения;

- окончательное калибрование «наклона» АЧХ в режиме воспроизведения переменного напряжения (шаги «41» - «45») должно производиться после предварительного калибрования масштабов на переменном токе.

3.3.5 Для калибрования прибора Н4-11/1 в режиме воспроизведения **напряжения постоянного тока** (шаги от «00» до «09») необходим вольтметр постоянного тока, обеспечивающий измерение уровней согласно таблице 3.1. Рекомендуемый вольтметр - В7-64/1. Калибровочная схема представлена на рисунке 6.1 (см. раздел 6 «Методика поверки (калибровки)»). Калибрование проводится при уровнях, указанных в таблице 3.1 (устанавливаются автоматически при вводе номера шага), и включает в себя следующие операции:

- подготовку схемы калибрования и используемой аппаратуры. При калибровании низких уровней (шаги «00» - «01») необходимо воспользоваться режимом усреднения вольтметра (включается кнопкой **[Avr]**) . При этом индицируется дополнительный разряд (включается 6-разрядная шкала) и улучшается стабильность показаний;

- включение режима калибрования и установка номера шага (см. п.3.3.3);
- измерение и редактирование выходного уровня до получения номинального значения с требуемой точностью;
- ввод калибровочного значения и вычисление калибровочной константы;
- повторное измерение и анализ результатов калибрования;
- переход к другому шагу калибрования при успешном выполнении калибрования или выход из режима калибрования.

3.3.6 Калибрование прибора Н4-11/1 в режиме воспроизведения **напряжения переменного тока** производится в точках, указанных в таблице 3.1:

- с помощью методики п.6.6.3.2.1 по схеме в соответствии с рисунком 6.4 (методом сличения с эталонным напряжением) с помощью вольтметра В7-64/1 и эталонного калибратора, например, Н4-17;

- с помощью методики п.6.6.3.2.2 (методом непосредственной оценки) с помощью вольтметра переменного тока более высокой точности (чем В7-64/1).

- в режиме манипуляции «М0» с помощью методики п.6.6.3.2.3 (методом непосредственной оценки) с помощью вольтметра В7-64/1)

Отличие методики калибровки от методики проверки заключается в том, что фиксируется не погрешность воспроизведения, а устанавливается точный уровень выходного напряжения.

При выполнении предварительного калибрования и при калибровании в режиме амплитудной манипуляции выходное напряжение калибратора может устанавливаться непосредственно по вольтметру В7-64/1.

3.3.7 Калибрование прибора Н4-11/1 в режиме воспроизведения **силы постоянного и переменного тока** производится в точках, указанных в таблице 3.1:

- **постоянного тока** с помощью методики п.6.6.3.3.1 по схеме в соответствии с рисунком 6.7 с помощью вольтметра В7-64/1 и мер сопротивления постоянного тока;

- **переменного тока** методом сличения с помощью методики п.6.6.3.3.2 по схеме в соответствии с рисунком 6.8 с помощью вольтметра В7-64/1, эталонного калибратора, например, Н4-17 и мер переменного тока;

- **переменного тока** методом непосредственной оценки методики п.6.6.3.3.3 по схеме в соответствии с рисунком 6.7 с помощью вольтметра более высокой точности (эталонного), например, Н4-12 и мер переменного тока.

Отличие методики калибровки от методики проверки заключается в том, что фиксируется не погрешность воспроизведения, а устанавливается точный уровень напряжения на мерах сопротивления с учетом их действительного значения при текущей температуре и установленной частоте.

При выполнении предварительного калибрования и при калибровании в режиме амплитудной манипуляции («М0») напряжение на мерах сопротивления (или шунтах) может устанавливаться непосредственно по вольтметру В7-64/1.

Калибрование пределов воспроизведения «20 А» и «50 А», обеспечиваемых преобразователем ПНТ-50, имеет некоторые особенности и выполняется в несколько этапов:

- вначале устанавливается не ток на выходе преобразователя, а напряжение, подаваемое на его вход, то есть напряжение на выходе калибратора Н4-11/1. При этом методика калибрования аналогична той, которая применяется при калибровании пределов постоянного (п.3.3.5) и переменного (п.3.3.6) напряжения. Если в комплекте прибора отсутствует преобразователь, то последующие операции не выполняются;

- используя методики п.6.6.3.3, определяют погрешность воспроизведения силы тока на этих пределах в комплекте с преобразователем ПНТ-50;

- если погрешность воспроизведения тока на пределах «20 А» и «50 А» превышает допустимую, то проводят аналоговое калибрование преобразователя ПНТ-50 по методике, описанной в подразделе 3.4;

- в случае если аналоговое калибрование не дало требуемого результата или если оно затруднено по другим причинам, возможно проведение комплектного калибрования прибора с преобразователем. Однако следует иметь в виду, что применение такого калибрования ограничивает применение приборов данного комплекта с другими приборами. Поэтому желательно, чтобы величина корректирующего воздействия (с помощью цифровой калибровки), вводимая на последнем этапе, была минимальной.

3.3.8 Калибрование системных параметров (по пп.3.3.8.1 – 3.3.8.4) прибора обычно должно выполняться при выпуске или ремонте, обусловленном заменой элементов, влияющих на эти параметры. Системное калибрование призвано скомпенсировать индивидуальный разброс параметров отдельных элементов или частей схемы. Системное калибрование также обязательно должно выполняться при стирании данных ЭНЗУ.

3.3.8.1 Выравнивание масштаба опорного источника при положительной и отрицательной полярности (шаги «39», «40») производится в точках, указанных в таблице 3.1. Это калибрование выполняется с помощью методики раздела п.6.6.3.1 (по схеме в соответствии с рисунком 6.1). Масштаб, введенный на этих шагах, имеет глобальное действие на все пределы воспроизведения постоянного и переменного напряжения и тока. На переменном токе действует масштабный коэффициент положительной полярности.

3.3.8.2 Калибрование частотной характеристики («наклона» АЧХ) на пределах воспроизведения переменного напряжения производится только при необходимости. Следует помнить, что в схеме имеются элементы (переменные конденсаторы) для регулирования АЧХ в аналоговом виде и что аналоговое выравнивание АЧХ является основным, а цифровое калибрование АЧХ должно и может использоваться только для исправления незначительной неравномерности (менее 1 - 2 %). С помощью калибрования этого вида производится выравнивание уровней переменного напряжения на частоте 20 кГц относительно уровня на частоте 1 кГц, но введенные поправки действуют во всем частотном диапазоне. При этом требуется учитывать, что частотная поправка будет действовать по закону формулы (3.1):

$$U_x = X \cdot [1 + k \cdot (0.5 \cdot \frac{f}{f_k} + 0.5 \cdot \frac{f^2}{f_k^2})], \quad (3.1)$$

где U_x – установленное значение,
 X – задаваемое значение,
 k – калибровочный коэффициент,
 f – текущая частота,
 $f_k = 20$ кГц – частота калибровки.

Таким образом, поправка наполовину пропорциональна частоте и наполовину квадрату частоты (так, на частоте 20 кГц ее действие будет в два с половиной раза больше, чем на частоте 10 кГц).

Калибрование частотной характеристики производится на основании анализа формы АЧХ в диапазоне свыше 1 кГц следующим образом:

а) собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.1 из подраздела 6.6 (вольтметр В7-64/1 включен на выход калибратора);

б) установить уровень выходного напряжения U_p , соответствующий одному из пределов воспроизведения с частотой 1 кГц (100 Гц для диапазона 600 В);

в) зафиксировать показания вольтметра, например, нажатием кнопки $\boxed{\Delta\%}$;

г) изменяя частоту выходного напряжения, фиксировать показания вольтметра не менее чем в четырех частотных точках в диапазоне от 1 до 30 кГц, например, на частотах 5, 10, 20 и 30 кГц. Если в этом частотном диапазоне неравномерность АЧХ не превышает $\pm 0,5\%$, то ее калибрование можно не проводить;

д) построить сглаженную частотную характеристику (в процентной шкале) и приблизительно определить значение поправки $\Delta U = U_p \cdot \gamma$, на которое необходимо скорректировать уровень на частоте 20 кГц (500 Гц для диапазона 600 В), чтобы получить равномерную АЧХ (γ – значение поправки в процентах);

е) включить режим калибрования, выбрать шаг калибрования, соответствующий калибруемому пределу (из шагов «41» – «45»);

ж) ввести поправку выходного напряжения на величину ΔU ;

и) выйти из режима калибрования и снова проверить равномерность АЧХ. Если желаемый результат не получен, необходимо проанализировать данные измерений и повторить операции по перечислению г) – и). Если многократное цифровое калибрование АЧХ не обеспечивает требуемой линейности, необходимо повторить операции аналогового выравнивания в соответствии с подразделом 3.4.

3.3.8.3 Калибрование частоты генератора сигналов переменного тока производится в точке, указанной в таблице 3.1. Это калибрование выполняется с помощью методики п.6.6.3.4. Для его проведения необходимо:

- собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.8 (вольтметр В7-64/1 в режиме измерения частоты включен на выход калибратора);

- включить режим калибрования и выбрать шаг калибрования «46»;

- включить режим редактирования частоты и добиться соответствия выходной частоты значению, указанному в таблице 3.1.

3.3.8.4 Калибрование частотной характеристики («наклона» АЧХ) на пределах воспроизведения силы переменного тока также производится только при необходимости. С помощью калибрования этого вида осуществляется выравнивание уровней переменного тока на частоте 10 кГц (1 кГц для ПНТ-50) относительно уровня на частоте 1 кГц (100 Гц для ПНТ-50), но введенные поправки действуют во всем частотном диапазоне. При этом нужно учитывать, что введенный коэффициент частотной поправки будет действовать по тому же закону (3.1), что и в режиме воспроизведения напряжения. Калибрование частотной характеристики производится на основании анализа формы АЧХ в диапазоне свыше 1 кГц (свыше 100 Гц для ПНТ-50) следующим образом:

а) собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.7 (вольтметр В7-64/1 подключен к потенциальным выводам меры сопротивления переменного тока);

б) установить уровень выходного тока с частотой 1 кГц (100 Гц для диапазонов 20 и 50 А), соответствующий половине одного из пределов воспроизведения $I_{вых} = 0,5 \cdot I_p$;

в) зафиксировать показания вольтметра, например, нажатием кнопки $\boxed{\Delta\%}$;

г) изменяя частоту выходного тока, фиксировать показания вольтметра не менее чем в трех частотных точках в диапазоне от 1 до 10 кГц (от 100 до 1000 Гц для преобразователя ПНТ-50), например, на частотах 1, 3, 5 и 10 кГц (от 200, 400, 700 и 1000 Гц для преобразователя ПНТ-50). Если в этом частотном диапазоне неравномерность АЧХ не превышает $\pm 0,25\%$, то ее калибрование можно не проводить;

д) построить сглаженную частотную характеристику (в процентной шкале) и приблизительно определить значение поправки $\Delta I = I_p \cdot \gamma$, на которое необходимо скорректировать уровень на частоте 10 кГц (1000 Гц для диапазонов 20 и 50 А), чтобы получить равномерную АЧХ (γ - значение поправки в процентах).;

е) включить режим калибрования, выбрать шаг калибрования, соответствующий калибруемому пределу (из шагов «47» – «51»);

ж) ввести поправку выходного тока на величину ΔI ;

и) выйти из режима калибрования и снова проверить равномерность АЧХ. Если желаемый результат не получен, необходимо проанализировать данные измерений и повторить операции по перечислению г) – и). Если многократное цифровое калибрование АЧХ не обеспечивает требуемой линейности, необходимо повторить операции аналогового выравнивания в соответствии с подразделом 3.4.

Примечание – Следует иметь в виду, что цифровая калибровка частотной погрешности не должна заменять аналоговые средства выравнивания частотной характеристики. Она дополняет их, позволяя окончательно исключить частотную погрешность, не открывая прибор. Если не удалось достичь желаемой частотной неравномерности выходного уровня с помощью цифровой калибровки, следует вернуться к средствам аналоговой регулировки. Однако перед этим рекомендуется очистить коэффициенты частотной коррекции, например, выбрав соответствующий шаг калибрования, и установить единичное значение коэффициента (чередую редактирование и просмотр коэффициента) или нажатием кнопки 1. Можно очистить все коэффициенты частотной коррекции с помощью специальной функции Shift, 5, 5, 5.

3.3.9 Идентификация и защита калибровочных данных

3.3.9.1 Метрологические характеристики прибора зависят от стабильности параметров аналоговых элементов и сохранности данных цифровой калибровки (масштабирующих коэффициентов). Для предотвращения потери калибровочных данных, размещаемых в энергонезависимой памяти микроконтроллера, предусмотрено ряд мер:

- сокращено до минимума количество операций доступа к данным – они считываются один раз при включении прибора и записываются только при выполнении процедур калибровки. Таким образом, снижается вероятность их модификации при сбоях программы, например, после отключения питания. При этом используются и устройства отключения (сброса) микроконтроллера при опасном снижении питающего напряжения;

- данные различного назначения логически разделены и продублированы. Массивы данных содержат дополнительные элементы, обеспечивающие балансировку арифметических сумм ячеек до контрольных значений. За счет этого дополнительно снижается частота физического обращения к сохраняемым данным, появляется возможность обнаружения ошибок и восстановления повреждений данных;

- производится автоматическая проверка и исправление ошибок калибровочных данных с сообщением оператору об успешности или об обнаружении неустраняемых ошибок с блокированием работы;

- предусмотрена возможность визуальной оценки целостности программного обеспечения и калибровочных данных на основе сравнения вычисляемых и отображаемых цифровых идентификаторов (см. п.3.3.9.2) со значениями, записанными в сопроводительной документации на прибор (в формуляре);

- аппаратная защиты калибровочных данных от изменения (см.п.3.3.9.3).

3.3.9.2 При включении прибора и вызове функции программного сброса (перезагрузки) на индикатор выводится следующая информация:

- идентификационное наименование программного обеспечения встроенного микроконтроллера, например, «VOLTAGE&CURRENT CALIBRATOR_N4-11/1»;
- номер версии - идентификационный номер программного обеспечения. Описанные в настоящем разделе функции формирования цифровых идентификаторов, полностью представлены в версиях начиная с 2.32. Также отображается дата и время разработки (компиляции) программы;
- в виде сообщения “Code_ID:XXX/YYYY” цифровой идентификатор калибровочных данных (XXX) и программного обеспечения (YYYY);
- сообщения о считывании и автоматической проверки калибровочных данных из энергонезависимой памяти. Если проверка установила наличие баланса контрольных сумм, то выводится сообщение об успешности считывания. В противном случае работа блокируется с сообщением об отсутствии исправного массива калибровочных данных.

Порядковый номер версии программного обеспечения формируется при ее разработке программистом и является только идентификатором произведенных изменений. Обычно целью таких изменений является улучшение взаимодействия с аналоговой частью прибора, например, временных соотношений (задержек) при управлении различными устройствами. Реже производится устранение ошибок. Если в эксплуатационной или иной документации отсутствуют особые указания о несовместимости, то следует считать, что все версии программного обеспечения имеют одинаковую структуру калибровочных данных, способы их обработки и изменения. В этом случае при смене версий (на новую) метрологические характеристики (калибровка) сохраняются.

Цифровой идентификатор калибровочных данных, отображаемый на индикаторе в виде десятичного числа, представляет собой однобайтовую контрольную сумму области калибровочных коэффициентов, вычисленную в данный момент времени. При необходимости контроля неизменности программного обеспечения, например, за (межкалибровочный) интервал цифровой идентификатор калибровочных данных записывается в сопроводительную документацию (формуляр).

Цифровой идентификатор программного обеспечения, отображаемый на индикаторе в виде десятичного числа, представляет собой двухбайтовую контрольную сумму области исполняемого кода, определенную в данный момент времени. Значение контрольной суммы вычисляется в диапазоне адресов от 0000h до 7BFFh. Особенностью данного идентификатора является зависимость его значения не только от версии программы, но способа записи (или типа программатора). Потому указанное значение также является индивидуальной характеристикой каждого прибора и изменяется при смене версии программного обеспечения.

3.3.9.3 Конструкция калибратора исключает возможность изменения программного обеспечения и калибровочных данных без вскрытия прибора. Изменение программного обеспечения и калибровочных данных производится через внутренний интерфейс – специальный разъем и аппаратный ключ, находящийся под клеймом (пломбой) на корпусе прибора. Это обеспечивает возможность сохранения метрологических характеристик, в части зависящей от цифровых методов обработки данных.

Для того, чтобы разблокировать доступ к изменению цифровых масштабных коэффициентов необходимо установить переключку (ключ) на контакты разъема X3 (это разъем программирования микроконтроллера) между контактами 1 и 2. Порядок установки (снятия) ключа:

- выключить прибор из сети;
- снять декоративные уголки корпуса с помощью отвертки с плоским лезвием – они «отщелкиваются» с помощью специального паза, расположенного сверху;
- открутить с помощью крестообразной отвертки четыре винта (два из которых пломбируются);
- снять, повернув направо на 180 градусов верхнюю крышку с закрепленной на ней платой. Провода и жгуты при этом не отсоединяются. Повернутую крышку лучше положить на заранее подготовленную подставку (например, картонную коробку) высотой 10 - 12 см;

- ключ расположен справа над энкодером на плате индикацию Для разблокирования доступа установить переключку (стандартный «джампер» с шагом 2.54 мм) между контактами 1 и 2 разъема Х3 (см. рисунок 3.1). Для блокирования - снять переключку с контактов 1 и 2 (чтобы не потерять, можно переставить ее на контакты 3 и 4);
- установить верхнюю крышку на место, убедившись, что все разъемы соединены и жгуты расположились на прежних местах;
- закрутить крепежные винты. При необходимости запломбировать их;
- установить на место декоративные уголки корпуса. Плоской частью наверх;
- включить прибор и приступить к выполнению дальнейших операций.



Рисунок 3.1 – Расположение ключа (переключки) разрешения калибровки

3.3.9.4 Наряду с нарушением клеймения (пломбирования), нарушение соответствия отображаемого значения цифрового идентификатора калибровочных данных в со значением, записанным в сопроводительной документации (формуляре) может служить основанием для калибровки и поверка прибора. Неудобства при эксплуатации может доставлять заблокированный доступ к изменению калибровочных данных. Учитывая, что имеются три фактически дублирующих средства защиты и контроля целостности калибровочных данных (аппаратный ключ, автоматический и визуальный), в случаях менее жесткого регламента использования прибора рекомендуется осуществлять эксплуатацию прибора с установленным ключом доступа (в состоянии поставки изготовителем). При этом можно полагаться регулярный (при каждом включении) автоматический контроль калибровочных данных и визуальный (при периодических осмотрах и проверке работоспособности).

3.4 Аналоговое калибрование прибора (регулировка)

3.4.1 Калибрование (регулировку) прибора выполняют в режимах и точках, приведенных в таблице 4.1 раздела 4 МЕРА.411182.003 РЭ1 (часть 2 настоящего руководства). Там же приведены все методики регулировки, рисунки с расположением органов регулирования и другие необходимые сведения. Следует иметь в виду, что это технологические регулировки. Если с прибором ничего не случилось, то производить регулировку не требуется.

3.5 Требования к средствам калибрования и регулировки прибора

3.5.1 Аппаратура, необходимая для калибрования прибора, и основные требования к ней в используемых точках представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Аппаратура, используемая для калибрования прибора

Режим	Калибровочные уровни	Допускаемая погрешность, \pm	Рекомендуемое средство измерения	
			основное	заменяющее
DCV	0 0.2 В 2 В 20 В 100 В 500 В	10 мкВ 0.02 % 0.01 % 0.01 % 0.02 % 0.03 %	Мультиметр В7-64/1	Вольтметр-калибратор Н4-12, мультиметр 3458А
ACV	0.2 В 1 – 30 кГц 2 В 1 – 30 кГц 20 В 1 – 30 кГц 100 В 1 – 30 кГц 500 В 0.1 – 1 кГц	0.06 % 0.03 % 0.03 % 0.05 % 0.1 %	Мультиметр В7-64/1 и калибратор универсальный Н4-17 с усилителем напряжения	Вольтметр-калибратор Н4-12, мультиметр 3458А
DCA	20 мА 200 мА 2000 мА 20 А 30 А	0.03 % 0.03 % 0.04 % 0.07 % 0.1 %	Мультиметр В7-64/1 и катушки электрического сопротивления измерительная (Р331 с номиналом 100 Ом, Р321 с номиналами 0.1 и 10 Ом, Р310 с номиналом 0.001 Ом)	Вольтметр-калибратор Н4-12, мультиметр 3458А, мера сопротивления Н4-12МС
ACA	20 мА 200 мА 2000 мА 20 А 30 А	0.07 % 0.07 % 0.07 % 0.1 % 0.1 %	Мультиметр В7-64/1, калибратор универсальный Н4-17 и меры сопротивления переменного тока МС-01, МС-1, МС-10, МС-100 с номинальными сопротивлениями соответственно 0.01; 1; 10 и 100 Ом *	Вольтметр-калибратор Н4-12, мультиметр 3458А, мера сопротивления Н4-12МС
ACV (частота)	1 - 10 кГц, 2 В	0.01 %	Мультиметр В7-64/1	Частотомер ЧЗ-63
Примечание * Предварительное калибрование может выполняться по мерам сопротивления постоянного тока				

4 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

4.1 Условия транспортирования и хранения прибора должны соответствовать ГОСТ 22261-94.

4.2 Климатические условия транспортирования и хранения не должны выходить за пределы заданных предельных условий:

- температура окружающего воздуха от минус 50 до 65 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха 95 % при температуре 25 °С.

4.3 Прибор должен допускать транспортирование всеми видами транспорта в упаковке при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков.

5 УТИЛИЗАЦИЯ

5.1 Прибор Н4-11/1 отдельно или в комплекте с усилителями силы тока - стандартное электроизмерительное устройство. Оно не содержит взрывоопасных, пожароопасных, радиоактивных, ртутьсодержащих и др. компонентов, способных принести ущерб населению или окружающей среде.

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

6 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ (КАЛИБРОВКИ)

6.1 Общие сведения

6.1.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки приборов Н4-11/1 при выпуске из производства, находящихся в эксплуатации и выпускаемых из ремонта. Поверка калибратора универсального Н4-11/1 должна проводиться при его применении в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора (ГМКиН). При использовании прибора вне сфер ГМКиН допускается проведение калибровки.

6.1.2 Поверка (калибровка) прибора осуществляется не реже одного раза в 2 года.

6.1.3 Поверка (калибровка) прибора может осуществляться в неполном диапазоне воспроизводимых параметров в соответствии с потребностями применения или фактическими возможностями средств поверки (калибровки): подробно см. п.6.7.

6.2 Операции поверки (калибровки)

6.2.1 При проведении поверки (калибровки) должны быть выполнены операции, указанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Операции поверки (калибровки)

Наименование операции	Номер проверяемого пункта	Проведение операции при	
		первичной поверке (калибровке)	периодической поверке (калибровке)
Внешний осмотр	6.6.1	Да	Да
Опробование:	6.6.2		
- проверка функционирования и диапазона воспроизведения	6.6.2.1 – 6.6.2.5	Да	Да
- проверка интерфейса	6.6.2.6	Да	При необходимости, но не реже одного раза в 5 лет
- проверка блока нагрузок	6.6.2.7	Да	
- проверка электрической прочности и сопротивления изоляции	6.6.2.8	Да	Один раз в 5 лет
- проверка версии программного обеспечения	6.6.2.9	Да	Да
Определение метрологических характеристик	6.6.3		
Определение основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока	6.6.3.1	Да	Да
Определение основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока	6.6.3.2	Да	Да
Определение основной погрешности воспроизведения силы постоянного и переменного тока	6.6.3.3	Да	Да
Определение погрешности установки частоты сигналов переменного тока и задания длительности временных интервалов амплитудной манипуляции	6.6.3.4	Да	Да
Определение напряжения шумов и пульсаций в режимах воспроизведения напряжения и силы постоянного тока	6.6.3.5	Да	Да
Определение постоянной составляющей в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока	6.6.3.6	Да	Да
Определение коэффициента гармоник и шумов в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока	6.6.3.7	Да	Да

6.2.2 При отрицательных результатах поверки (калибровки) прибор признается непригодным к выпуску в обращение и применение и направляется в ремонт. При этом аннулируется или гасится клеймо. Приборы, не подлежащие ремонту, изымаются из обращения и эксплуатации, при этом выдается извещение о непригодности.

6.3 Средства поверки (калибровки)

6.3.1 При проведении поверки (калибровки) должны быть применены средства поверки (калибровки) с характеристиками, указанными в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Средства поверки (калибровки)

Наименование	Тип или обозначение СИ	Используемые основные технические характеристики СИ	Пункт методики	Примечание
Мультиметр	В7-64/1	Измерение напряжения постоянного тока 0,1 мВ-600 В с погрешностью $\pm 0,01\%$;	6.6.2.3 – 6.6.2.5,	Основное Заменяющие: В7-64/3, В7-84, 34410А, 3458А
		Измерение напряжения переменного тока 1 мВ-600 В в полосе частот 0,02 - -10 кГц с погрешностью $\pm 0,1\%$. Разрешающая способность 5.5 разрядов для относительных измерений	6.6.2.3 - 6.6.2.5, 6.6.2.9, 6.6.3.1 – 6.6.3.4,	
		Измерение сопротивления от 1 Ом до 1000 кОм с погрешностью 0.5 %	6.6.2.7	
		Измерение силы постоянного тока до 2 А и переменного тока до 2 А в полосе частот 0.02-1 кГц с погрешностью $\pm 0,1\%$	6.6.2.3	
		Измерение частоты 0,01 – 10 кГц с погрешностью $\pm 0,01\%$.	6.6.3.4	
Калибратор универсальный с усилителем напряжения	Н4-17	Воспроизведение напряжений переменного тока 0,01 – 600 В в полосе частот 0.02 – 10 кГц с погрешностью $\pm(0,03 - 0,1)\%$	6.6.3.2, 6.6.3.3	Основное Заменяющие: Н4-6, Н4-7
Вольтметр-калибратор с блоком усиления (БВ)	Н4-12	Измерение напряжения переменного тока 1 мВ-600 В в полосе частот 0,01- -30 кГц с погрешностью $\pm 0,03\%$.	6.6.3.2, 6.6.3.3	Альтернативное СИ калибратору универсальному Н4-17
Осциллограф	С1-114/1	Полоса пропускания 1 МГц, чувствительность 2 мВ/дел	6.6.2.6, 6.6.3.4	
Измеритель нелинейных искажений	СК6-13	Диапазон напряжений 0,2 - 20В, диапазон частот 0.01 -30 кГц, диапазон измеряемых искажений 0,05 - 2 %; погрешность не более $\pm 10\%$	6.6.2.7, 6.6.3.7	
Вольтметр переменного тока	В3-71	Диапазон напряжений 100 мкВ – 1 В в полосе частот от 10 Гц до 1 МГц с погрешностью $\pm 15\%$	6.6.3.5	

Продолжение таблицы 6.2

Катушка электрического сопротивления измерительная	Р331	Номинальное сопротивление 100 Ом с погрешностью не более $\pm 0,02$ % и с допустимым током 20 мА	6.6.3.3, 6.6.3.5, 6.6.3.6	Основное
	Р321	Номинальное сопротивление 10 Ом с погрешностью не более $\pm 0,02$ % и с допустимым током 200 мА	6.6.3.3, 6.6.3.5	Основное
	Р321	Номинальное сопротивление 0,1 Ом с погрешностью не более $\pm 0,02$ % и с допустимым током 3 А	6.6.3.3, 6.6.3.5, 6.6.3.7	Основное
	Р321	Номинальное сопротивление 0,01 Ом с погрешностью не более $\pm 0,03$ % и с допустимым током 10 А	6.6.3.3, 6.6.3.5, 6.6.3.6	Основное
	Р310	Номинальное сопротивление 0,001 Ом с погрешностью не более $\pm 0,05$ % и с допустимым током 30 А	6.6.2.5, 6.6.3.3, 6.6.3.5	Основное
Мера сопротивления переменного тока с аттестованной частотной погрешностью	МС-100	Номинальное сопротивление 100 Ом с погрешностью $\pm 0,03$ % до 1 кГц и с допустимым током 22 мА	6.6.3.3, 6.6.3.6	Основное Заменяющее: Н4-12МС
	МС-10	Номинальное сопротивление 10 Ом с погрешностью $\pm 0,03$ % до 1 кГц и с допустимым током 220 мА	6.6.3.3, 6.6.3.6	Основное Заменяющее: Н4-12МС
	МС-1	Номинальное сопротивление 1 Ом с погрешностью $\pm 0,03$ % до 1 кГц и с допустимым током 2 А	6.6.3.3, 6.6.3.5, 6.6.3.6, 6.6.3.7	Основное Заменяющее: Н4-12МС
	МС-01	Номинальное сопротивление 0,01 Ом с погрешностью $\pm 0,1$ % до 1 кГц и с допустимым током 50 А	6.6.2, 6.6.3.3, 6.6.3.6, 6.6.3.7	Основное Заменяющее: Н4-12МС
Калибратор переменного напряжения широкополосный	Н5-3	Напряжение 1 В частотой 20 Гц – 1 МГц, погрешность ± 5 %	6.6.2.7	Вспомогательное
Мегаомметр	ЭСО 2002 12-Г	Напряжение 500, 1000 и 2500 В до 10000 МОм	6.6.2.8.	Вспомогательное
Персональный компьютер		Наличие программы эмулятора терминала и СОМ-порта. Работа под управлением Windows	п.8.6.3	

6.3.2 При проведении поверки (калибровки) разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

6.4 Требования безопасности

6.4.1 При поверке (калибровке) прибора необходимо соблюдать правила безопасности в соответствии с подразделом 2.1.1 настоящего руководства по эксплуатации и требованиями эксплуатационной документации на применяемые средства поверки (калибровки).

6.5 Условия поверки (калибровки) и подготовка к ней

6.5.1 При проведении поверки (калибровки) должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа, (750 ± 30) мм рт.ст.;
- напряжение сети питания ($220 \pm 4,4$) В, частотой (50 ± 1) Гц;
- относительная влажность воздуха от 45 до 75 %.

6.5.2 Перед проведением поверки (калибровки) необходимы следующие подготовительные работы:

- ознакомиться с разделами 1, 2, 3 настоящего руководства по эксплуатации;
- проверить комплектность прибора;
- выполнить работы, указанные в разделах 2, 3;
- разместить поверяемый прибор на рабочем месте, обеспечив удобство и безопасность эксплуатации;
- соединить проводами клеммы защитного заземления средств поверки (калибровки) с шиной заземления;
- собрать схему поверки (калибровки) в соответствии с проводимой операцией.

6.6 Проведение поверки (калибровки)

6.6.1 Внешний осмотр

6.6.1.1 При проведении внешнего осмотра выключенного прибора устанавливается соответствие поверяемого (калибруемого) калибратора следующим требованиям:

- комплектности прибора согласно таблице 1.12;
- отсутствия механических повреждений;
- прочности крепления элементов корпуса, выходных разъемов и клемм, клавиатуры;
- целостности и состояния изоляции сетевого провода, выходных кабелей и других принадлежностей;
- отсутствия слабо закрепленных внутренних узлов (определяется на слух при наклонах и встряхивании прибора);
- отсутствия нарушения покрытий, особенно поверхностей электрических контактов и кабелей;
- четкости маркировки.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

6.6.2 Опробование

6.6.2.1 До начала опробования прибора необходимо подготовить его в соответствии с указаниями раздела 2.

6.6.2.2 Включить прибор и произвести проверку индикатора, функционирования клавиатуры и кодового переключателя, для чего вызывать программу тестирования (по п.2.2.4).

6.6.2.3 Проверить диапазон воспроизведения напряжения. Для проведения проверки необходимо:

- собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.1;

- установить на выходе калибратора Н4-11/1 уровни напряжения, указанные в таблице 6.3;
- контролировать появление уровней напряжения, устанавливаемых на выходе калибратора, с помощью вольтметра В7-64/1 (без определения погрешности). Режим измерения вольтметра В7-64/1 выбирается в соответствии с видом воспроизводимого напряжения.

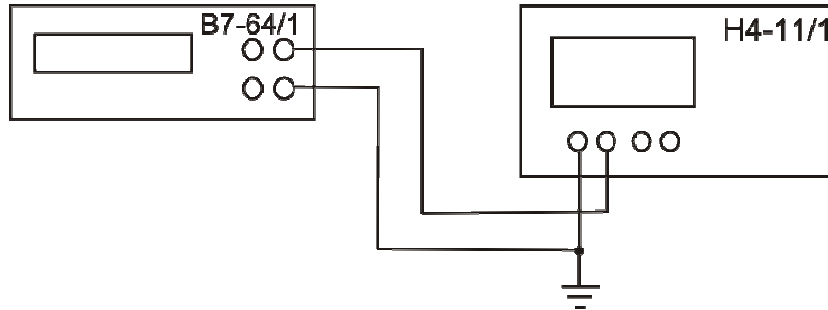


Рисунок 6.1 – Схема для проверки выходного напряжения

Таблица 6.3

Предел	Контролируемый уровень	Измерительная схема	Номинальное напряжение*
0.2 В	+0.2 В, -0.2 В	Рисунок 6.1	0.2 В
2 В	+2 В, -2 В; 2 В, 1 кГц		2 В
20 В	+20 В, -20 В; 20 В, 10 кГц		20 В
20 В	+20 В, -20 В; 20 В, 10 кГц (в режиме «М2»)		14.1 В
150 В	+200 В, -200 В; 150 В, 1 кГц		200 и 150 В
600 В	+600 В, -600 В; 600 В, 100 Гц		600 В
20 мА	+20 мА, -20 мА; 20 мА, 1 кГц	Рисунок 6.2	20 мА
200 мА	+200 мА, -200 мА; 200 мА, 1 кГц		200 мА
2000 мА	+2000 мА, -2000 мА; 2000 мА, 1 кГц		2000 мА
20 А	+20 А, -20 А; 20 А, 1 кГц	Рисунок 6.3 $R_0 = 0.001 \text{ Ом}$	20 мВ
50 А	+50 А, -50 А; 50 А, 1 кГц		50 мВ

* Показания контролирующего вольтметра

- 6.6.2.4 Для проведения проверки диапазонов воспроизведения силы тока необходимо:
- собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.2;
 - установить на выходе калибратора Н4-11/1 уровни тока, указанные в таблице 6.3;
 - контролировать появление (без определения погрешности) уровней тока, устанавливаемых на выходе калибратора, с помощью вольтметра В7-64/1, включенного в режим измерения силы тока.

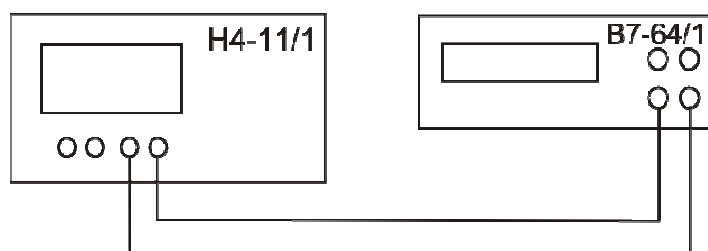


Рисунок 6.2 – Схема для проверки выходного тока

6.6.2.5 При наличии преобразователя ПНТ-50 необходимо проверить его функционирование следующим образом:

- собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6.3;
- установить на выходе калибратора Н4-11/1 уровни напряжения, указанные в таблице 6.3;
- контролировать появление уровней тока, устанавливаемых на выходе преобразователя, с помощью вольтметра В7-64/1 по падению напряжения на мере сопротивления 0,001 Ом типа Р310. Режим измерения вольтметра В7-64/1 выбирается в соответствии с видом воспроизводимого тока.

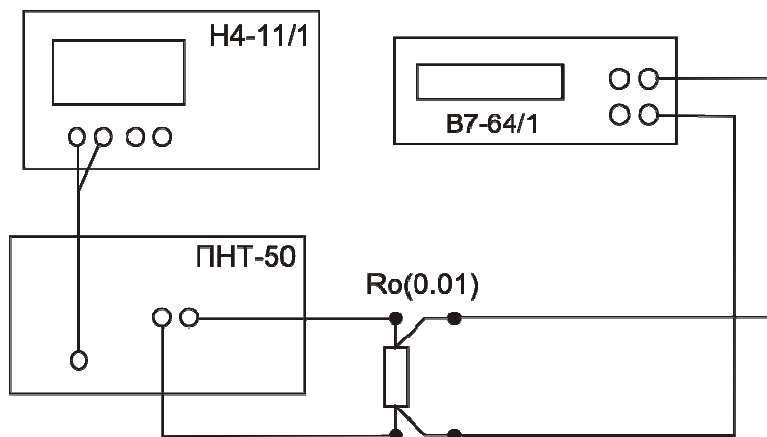


Рисунок 6.3 – Схема для проверки выходного тока преобразователя ПНТ-50

6.6.2.6 Для проверки интерфейса RS-232 прибор подключается к любому из последовательных портов компьютера, носящих резервированные имена (в операционной системе), например, «COM1» или «COM2». При необходимости для подключения прибора к компьютеру может применяться преобразователь USB-COM (см.п.2.2.15.9). Схема подключения приведена на рисунке 2.4. Во всех случаях необходимо использовать интерфейсный кабель из комплекта. В процессе проверки и управления компьютер работает в режиме терминала (вводимые с клавиатуры символы передаются в прибор через интерфейс, а принимаемые из прибора - выводятся на экран). В качестве программного обеспечения компьютера могут быть использованы любые программы, эмулирующие режим терминала. Например:

- «TERMINAL» (term.exe) в операционной среде «MICROSOFT WINDOWS» (программа имеется на диске, входящем в комплект калибратора).

Параметры настройки эмулятора терминала: скорость - 9600 бод, данные - 8 бит; бит «четность» - отсутствует; сигнал «стоп» - 1 бит; порт - «COM1» или другой выбранный пользователем; протокол согласования - «XON-XOFF».

Проверку функционирования интерфейса производят следующим образом:

- соединить проверяемый прибор, отключенный от сети, с компьютером (или подключенным преобразователем USB-COM) посредством кабеля из комплекта прибора;
- включить проверяемый прибор в сеть;
- запустить программу эмуляции терминала и настроить на параметры, указанные выше. При проверке нескольких приборов можно не выходить из программы терминала. Если данная операция выполняется часто, рекомендуется сохранить настройку на диске (эта операция предусмотрена во всех указанных программах). Клавиатура компьютера должна быть переключена в латинский алфавит;

- нажать на клавиатуре компьютера клавиши "Q" и ENTER (подать команду "запрос состояния прибора". Если настройка сделана правильно и приемник и передатчик прибора исправны, то на экране компьютера напечатается строка:

"**+V.00100K0.0500S0M00**", отражающая состояние прибора;

- ввести с клавиатуры строки: "**K10**" (переменное напряжение с частотой 10 кГц), "**V1**" (напряжение – 1 В) и "**S1**" (включить выход). Ввод каждой строки должен заканчиваться нажатием клавиши **ENTER** (передаются символы разделителя: "CR"- "возврат каретки" и "LF"- "перевод строки");

- снова подать команду "запрос состояния прибора". Если прибор правильно принял установку нового режима, то на экране компьютера должна напечататься строка:

"**AV1.0000K10.00S0M00**", отражающая состояние прибора (напряжение 1 В частотой 10 кГц). Новое значение должно отображаться и на индикаторе выхода (вообще, данные индикатора должны изменяться после каждой команды, изменяющей состояние прибора);

- проверить осциллографом амплитуду выходного сигнала проверяемого прибора на линии «ТХD» (контакт 2) при получении команды «запрос состояния прибора». Компьютер при этом является нагрузкой с сопротивлением 3 кОм (стандартная нагрузка). Амплитуда выходного сигнала должна быть не менее ± 5 В.

Внимание! Указанная амплитуда выходных импульсов обеспечивается для случаев, когда амплитуда сигналов, подаваемых от СОМ-порта (интерфейс прибора получает питание от СОМ-порта) составляет не менее ± 9 В (с напряжением питания драйверов порта в пределах $\pm 10 \dots 12$ В). Если амплитуда сигналов СОМ-порта менее ± 9 В (напряжение питания драйверов порта находится в пределах $\pm 5 \dots 6$ В), то размах выходного сигнала прибора не должен быть менее ± 3 В (допускается для интерфейсов данного типа).

Результаты считают удовлетворительными, если происходит включение всех элементов (сегментов) индикатора, срабатывание всех кнопок, фиксация направления вращения и количества щелчков переключателя, установка всех значений выходного напряжения и тока, указанных в таблице 6.3, и обеспечивается работоспособность интерфейса.

6.6.2.7 Проверка блока нагрузок, входящего в комплект поставки, производится по методикам п.6.6.2.7.1 (проверка сопротивления нагрузок), п.6.6.2.7.2 (проверка делителя) и п.6.6.2.7.3 (проверка полосы пропускания фильтра). Блоки нагрузок калибратора Н4-11/1 не связаны с конкретным прибором, поэтому их проверка может проводиться отдельно. Параметры проверки блока нагрузок приведены в таблице 6.4. Нумерация клемм (разъемов) блока нагрузок присвоена условно в соответствии с рисунком 6.4.

Таблица 6.4 – Параметры проверки блока нагрузок

Подключаемые клеммы		Допускаемые значения	Примечание
Проверка сопротивления нагрузок (между клеммами блока нагрузок)			
10	9	(1 ± 0.15) Ом	
10	8	(750 ± 100) Ом	
10	7	(7.5 ± 1) кОм	Переключатель в положении I
10	7	(60 ± 10) кОм	Переключатель в положении O
10	6	(10 ± 1.5) кОм	Переключатель в положении I
Проверка делителя (сопротивления между клеммами блока нагрузок)			
1	2	(333.3 ± 17) кОм	
1	3	(330 ± 17) кОм	Центральный контакт разъема 3
2	3	(3.3 ± 0.17) кОм	Центральный контакт разъема 3
Проверка частоты среза фильтра (должна быть не более 500 кГц)			
4 (вход)	5 (выход)	На выходе (1 ± 0.1) В	На входе 1 В, 20 Гц
4 (вход)	5 (выход)	На выходе (1 ± 0.1) В	На входе 1 В, 100 кГц
4 (вход)	5 (выход)	На выходе не более 0.3 В	На входе 1 В, 1 МГц
Примечание - Нумерация подключаемых клемм (разъемов) в соответствии с рисунком 6.4			

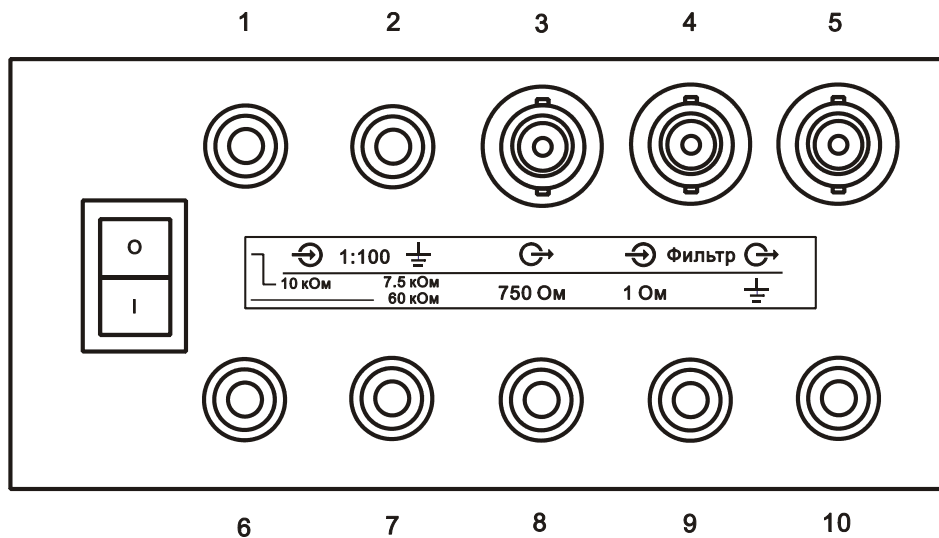


Рисунок 6.4 – Условная нумерация клемм блока нагрузок

6.6.2.7.1 Для проверки нагрузок необходимо измерить мультиметром В7-64/1 сопротивления между клеммами, указанными в таблице 6.4.

Результаты проверки нагрузок считают удовлетворительными, если сопротивления соответствуют данным, указанным в таблице 6.4.

6.6.2.7.2 Для проверки делителя блока нагрузок необходимо измерить мультиметром В7-64/1 сопротивления между клеммами, указанными в таблице 6.4.

Результаты проверки делителя считают удовлетворительными, если сопротивления соответствуют данным, указанным в таблице 6.4.

6.6.2.7.3 Для проверки фильтра блока нагрузок на его вход (разъем 4) подают уровни переменного напряжения от калибратора Н5-3. Допускается подавать их от любого другого генератора, предварительно установив уровень с помощью вольтметра ВЗ-71. Напряжение на выходе фильтра (разъем 5) измеряется вольтметром ВЗ-71.

Результаты проверки фильтра считают удовлетворительными, если выходные напряжения соответствуют данным, указанным в таблице 6.4.

6.6.2.8 Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции сетевых цепей и интерфейса мультиметра осуществляется по методикам пп.8.6.4.1-8.6.4.3.

6.6.2.8.1 Проверку электрической прочности сетевых цепей производят между контактами кабеля питания и выходными клеммами. Испытательное напряжение 3 кВ частотой 50 Гц подают между закороченными контактами сетевой вилки (заземляющий контакт можно оставлять свободным) и соединенными входными клеммами.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если во время испытаний не произошло пробоя или поверхностного перекрытия изоляции. Появление "коронного" разряда или шума не является признаком дефектности изоляции.

Допускается совмещать проверку электрической прочности изоляции с измерением сопротивления изоляции при использовании мегаомметра ЭСО 2002 12-Г с измерительным напряжением 1500 - 2500 В. При этом результаты проверки считают удовлетворительными, если сопротивление изоляции соответствует требованиям п.8.6.4.2.

6.6.2.8.2 Измерение сопротивления изоляции сетевых цепей проводят между закороченными контактами сетевой вилки и соединенными выходными клеммами. Проверка проводится с помощью мегаомметра при напряжении не менее 500 В.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если в нормальных условиях значение электрического сопротивления изоляции не менее 500 МОм.

6.6.2.8.3 Проверку электрической прочности и сопротивления изоляции интерфейса проводят испытательным напряжением 1500 В постоянного тока. Испытание изоляции проводят между соединенными контактами интерфейсного разъема и всеми входными клеммами. Про-

верка сопротивления изоляции проводится с помощью мегаомметра при напряжении не менее 500 В.

Допускается при использовании мегаомметра ЭСО 2002 12-Г с измерительным напряжением 1000 В не проводить проверку электрической прочности изоляции. При использовании мегаомметра ЭСО 2002 12-Г запрещено применять испытательное напряжение более 1000 В переменного тока.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если не произошел пробой и сопротивление изоляции соответствует требованиям п. 6.6.2.8.2.

6.6.2.9 Проверку номера версии программного обеспечения и цифрового идентификатора калибровочных данных и программного обеспечения осуществляют сличением значения, отображаемого на индикаторе при включении прибора (или программного сброса, вызываемого нажатием кнопок **Shift** и **Clr**), с последним (действующим) значением, записанным в таблице 2 формуляра.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если номера версии и идентификатора соответствуют указанным в формуляре.

6.6.3 Определение метрологических характеристик

6.6.3.1 Определение основной погрешности при воспроизведении напряжения постоянного тока и амплитуды импульсов напряжения постоянного тока в режиме манипуляции выполняют путем измерения выходного напряжения калибратора вольтметром В7-64/1 (см. схему рисунка 6.1 или рисунка 6.5). Точки проверки и допускаемые значения основной погрешности приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Параметры проверки в режиме воспроизведения постоянного напряжения

Предел	Контролируемое напряжение, В	Допускаемое значение погрешности, ±мВ	Предел	Контролируемое напряжение, В	Допускаемое значение погрешности, ±мВ
0.2 В	0	0.1	20 В	+10.000	6
	+0.20000	0.3		+20.000	11
	-0.20000	0.3		-20.000	11
2 В	+0.2500	0.32	200 В	+25.00	45
	-0.2500	0.32		-25.00	45
	+0.5000	0.45		+200.00	220
	+1.0000	0.7		-200.00	220
	+1.5000	0.95	600 В	+250.0	430
	+2.0000	1.2		-250.0	430
	-2.0000	1.2		+600.0	780
20 В	+2.500	2.25		-600.0	780
	-2.500	2.25			
В режиме амплитудной манипуляции («M0»)					
0.2 В	+0.01000	1.1	20 В	+02.500	22.5
	-0.01000	1.1		-02.500	22.5
	+0.20000	3		+20.000	110
	-0.20000	3		-20.000	110
2 В	+0.2500	2.25	200 В	+025.00	325
	-0.2500	2.25		-025.00	325
	+2.0000	11		+200.00	1200
	-2.0000	11		-200.00	1200

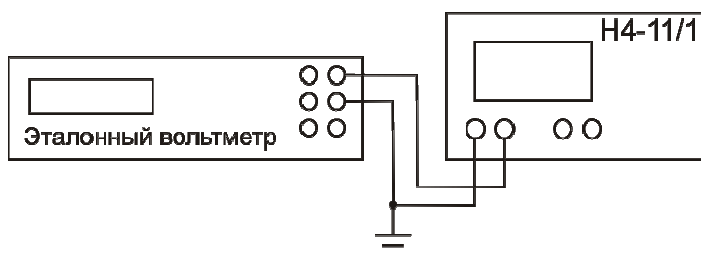


Рисунок 6.5 – Схема для определения погрешности воспроизведения напряжения

Результаты считают удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, приведенных в таблице 6.5.

6.6.3.2 Определение основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока осуществляют по одной из двух методик:

1) методом сравнения с мерой (эталоном), при котором контролируемое напряжение переменного тока сравнивается с переменным напряжением эталонного калибратора (более высокой точности), например калибратора универсального Н4-17, в соответствии с указаниями п.6.6.3.2.1 и включаемого по схеме рисунка 6.5. Напряжения измеряются вольтметром В7-64/1 и определяется их разность, соответствующая погрешности проверяемого прибора;

2) методом непосредственной оценки - измерений выходного напряжения с помощью вольтметра более высокой точности, например калибратора-вольтметра универсального Н4-12 (см. рисунок 6.4) в соответствии с указаниями п.6.6.3.2.2.

Точки проверки и допускаемое значение погрешности указаны в таблице 6.6.

6.6.3.2.1 Проверка методом сравнения выполняется следующим образом:

а) значения напряжения и частоты, указанные в таблице 6.6, устанавливаются на выходе проверяемого калибратора и эталонного калибратора;

б) подключают вольтметр В7-64/1, включенный в режиме измерения переменного напряжения, на выход эталонного калибратора. Рекомендуется при измерениях напряжений свыше 25 В вручную устанавливать необходимый предел измерения вольтметра В7-64/1. Это позволяет увеличить скорость измерений и повысить надежность работы приборов, не подвергая их лишней раз перегрузкам, возникающим при работе системы автоматического выбора пределов измерения вольтметра;

в) включить выход эталонного калибратора. При уровнях устанавливаемого напряжения ниже 25 В эта операция пропускается, т. к. все переключения вольтметра можно проводить без отключения выходов калибраторов;

г) после установления показаний зафиксировать их нажатием кнопки Δ вольтметра В7-64/1;

д) переключить вольтметр на выход проверяемого калибратора Н4-11/1;

ж) включить выход проверяемого калибратора. При уровнях устанавливаемого напряжения ниже 25 В эта операция также может пропускаться;

и) зафиксировать показания вольтметра как значение определяемой погрешности;

к) перейти к определению погрешности в следующей точке, повторив операции по перечислениям а) – ж).

Проверку диапазона и основной погрешности воспроизведения среднеквадратических значений напряжения переменного тока в режиме амплитудной манипуляции (п.1.1.22) выполняют путем измерения выходного напряжения калибратора вольтметром В7-64/1.

6.6.3.2.2 Проверка методом непосредственной оценки выполняется следующим образом:

а) значения напряжения и частоты, указанные в таблице 6.6, устанавливаются на выходе проверяемого калибратора. Выход проверяемого калибратора должен быть неактивным (сброшен);

б) подключают эталонный вольтметр, включенный в режиме измерения переменного напряжения, на выход проверяемого калибратора. Рекомендуется при измерениях напряжений свыше 25 В вручную устанавливать необходимый предел измерения вольтметра. Это позволяет увеличить скорость измерений и повысить надежность работы приборов, не подвергая их лишней раз перегрузкам;

в) включить напряжение на выходе проверяемого калибратора (кнопкой X);

г) зафиксировать показания вольтметра;

д) перейти к определению погрешности в следующей точке, повторив операции по перечислениям а) – г).

Таблица 6.6 – Параметры проверки в режиме воспроизведения переменного напряжения

Предел	Контролируемое напряжение	Допускаемое значение погрешности, \pm мВ	Предел	Контролируемое напряжение	Допускаемое значение погрешности, \pm мВ		
0.2 В	0.20000 В, 1000 Гц	0.6	20 В	20.000 В, 1000 Гц	23		
	0.20000 В, 10 кГц	0.6		20.000 В, 10 кГц	44		
	0.2 В, 20 кГц	0.8		20.000 В, 20 кГц	66		
	0.2 В, 30 кГц	1.2		20.000 В, 30 кГц	110		
2 В	0.2500 В, 1000 Гц	0.65	150 В	150.00 В, 40 Гц	180		
	0.5000 В, 1000 Гц	0.9		100.00 В, 1000 Гц	120		
	1.0000 В, 10 Гц	3.4		100.00 В, 10 кГц	220		
	1.0000 В, 20 Гц	2.4		100.00 В, 20 кГц	330		
	1.0000 В, 40 Гц	1.4		100.00 В, 30 кГц	550		
	1.0000 В, 1000 Гц	1.4		600 В	300 В, 20 Гц	1500	
	1.5000 В, 1000 Гц	1.9	600 В, 40 Гц		2400		
	2.0000 В, 1000 Гц	2.4	600 В, 1000 Гц		2400		
	2.0000 В, 10 кГц	4.4					
	2.0000 В, 20 кГц	6.6					
	2.0000 В, 30 кГц	11					
	В режиме амплитудной манипуляции («M0»)						
	0.2 В	0.20000 В, 1000 Гц	2.8		20 В	20.000 В, 1000 Гц	220
		0.20000 В, 30 кГц	3.2	20.000 В, 30 кГц		320	
2 В	2.0000 В, 1000 Гц	22	150 В	100.00 В, 1000 Гц	1100		
	2.0000 В, 30 кГц	32		100.00 В, 30 кГц	1600		

6.6.3.2.3 Определение основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока в режиме амплитудной манипуляции («M0») выполняют путем измерения выходного напряжения калибратора вольтметром В7-64/1 В точках, указанных таблице 6.6.

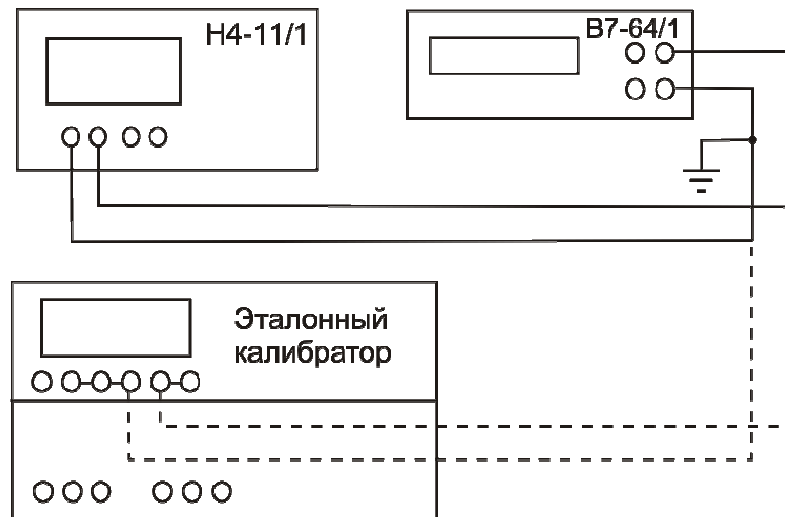


Рисунок 6.6 – Схема для проверки выходного напряжения методом сравнения

Результаты считают удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, приведенных в таблице 6.6.

6.6.3.3 Определение основной погрешности воспроизведения силы тока выполняют измерением падения напряжения на мерах сопротивления постоянного тока (катушках электрического сопротивления измерительных) и мерах сопротивления переменного тока (токовых шунтах с аттестованной частотной характеристикой, например, с помощью комплекта мер MC100, MC10, MC1, MC01):

- на постоянном токе осуществляется методом непосредственной оценки с помощью вольтметра, например, B7-64/1 в соответствии с рисунком 6.7 и по методике п.6.6.3.3.1;
- на переменном токе методом непосредственной оценки с помощью вольтметра переменного тока высокой точности, например калибратора-вольтметра универсального N4-12 в соответствии с рисунком 6.7 и методикой п.6.6.3.3.2. При использовании вольтметра B7-64/1 следует использовать способ внесения поправок, описанный в п.6.6.3.2.1.

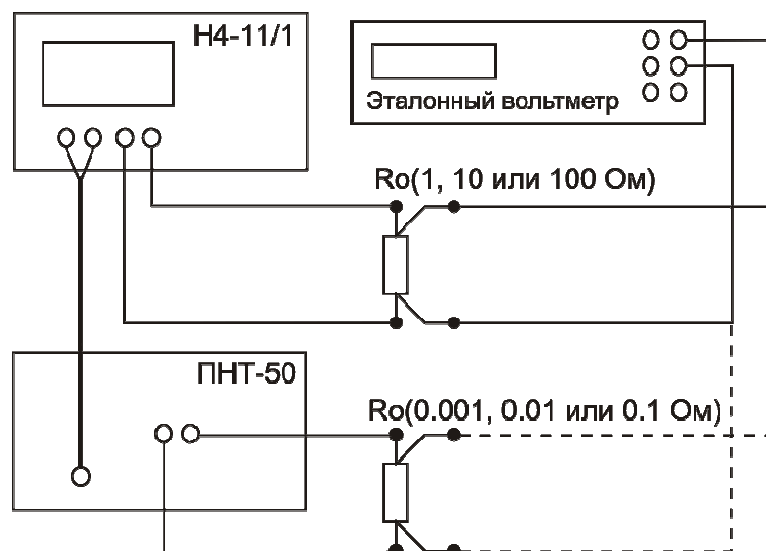


Рисунок 6.7 – Схема для проверки выходного тока методом непосредственной оценки

При измерениях, выполняемых в соответствии с рисунками 5 и 6 ток свыше 2 А берется с выхода преобразователя ПНТ-50. В тех случаях, когда используется выход калибратора N4-11/1, вход и питание выходного каскада преобразователя ПНТ-50 должны быть отключены.

Определение основной погрешности воспроизведения силы постоянного и переменного тока в режиме манипуляции («М0) допускается выполнять путем измерения вольтметром В7-64/1 падения напряжения на мере сопротивления (методом непосредственной оценки).

Одновременно проверяют производственно-эксплуатационный запас (п.1.1.25), автоматический выбор пределов воспроизведения напряжения, установку и индикацию выходного тока и частоты (п.1.3.24).

Точки проверки и допускаемое значение погрешности указаны в таблице 6.7.

6.6.3.3.1 Проверка погрешности воспроизведения постоянного тока выполняется следующим образом:

а) подключить к выходу калибратора токовыми клеммами меру сопротивления постоянного тока в соответствии с указаниями таблицы 6.7 и рисунка 6.7. Подключить к ее потенциальным клеммам вольтметр В7-64/1, включенный в режиме измерения постоянного напряжения;

б) установить на выходе проверяемого калибратора значение тока, указанное в таблице 6.7;

в) сравнить показания вольтметра с номинальным значением напряжения, которое должно установиться на мере сопротивления (также указано в таблице 6.7). Если действительное значение меры сопротивления отличается от значений, указанных в таблице 6.7, то соответствующим образом корректируется и значение номинального напряжения. Зафиксировать разность показаний вольтметра и номинального напряжения как значение определяемой погрешности. Во избежание появления дополнительной погрешности от саморазогрева мер сопротивления не допускать длительную (более 30 с) подачу больших токов в измерительную цепь;

г) перейти к определению погрешности в следующей точке, повторив операции по перечислениям а) – г).

6.6.3.3.2 Проверка погрешности воспроизведения переменного тока методом непосредственной оценки выполняется следующим образом:

а) подключить к выходу калибратора токовыми клеммами меру сопротивления переменного тока в соответствии с указаниями таблицы 6.7 и рисунка 6.7. Подключить к ее потенциальным клеммам эталонный вольтметр, включенный в режиме измерения переменного напряжения;

б) установить на выходе проверяемого калибратора значение тока и частоты, указанное в таблице 6.7.

в) сравнить показания вольтметра с номинальным значением напряжения, которое должно установиться на мере сопротивления (также указано в таблице 16). Если действительное значение R_d меры переменного тока (шунта переменного тока) отличается от номинального более чем на 0.02 % с учетом частотных поправок, то номинальное значение U определяется по формуле (6.1)

$$U = R_d \cdot I \quad (6.1)$$

где I – устанавливаемое значение тока

г) зафиксировать разность показаний вольтметра и номинального напряжения как значение определяемой погрешности;

д) перейти к определению погрешности в следующей точке, повторив операции по перечислениям а) – г).

Таблица 6.7 – Параметры проверки в режиме воспроизведения силы тока

Предел	Контролируемый ток	Мера (катушка) сопротивления**	Номинальное напряжение***, мВ	Допускаемое значение погрешности, ±мВ,
Воспроизведение силы постоянного тока на выходе Н4-11/1				
20 мА	+1 мА	P331	+100	0.3
	-1 мА	100 Ом ± 0.02 %	-100	0.3
	+20 мА		+2000	2.2
	-20 мА	-2000	2.2	
	+20 мА («М0»)	+2000	12	
	-20 мА («М0»)	-2000	12	
200 мА	+200 мА	P321	+2000	2.2
	-200 мА	10 Ом ± 0.02 %	-2000	2.2
	+200 мА («М0»)		+2000	12
	-200 мА («М0»)	-2000	12	
2 А	+2000 мА****	P321	+200	0.22
	-2000 мА****	0.1 Ом ± 0.02 %	-200	0.22
	+2000 мА («М0»)****		+200	1.2
	-2000 мА («М0»)****	-200	1.2	
Воспроизведение силы постоянного тока на выходе ПНТ-50				
20 А*	+2.5 А****	P321	+250	0.675
	-2.5 А****	0.1 Ом ± 0.02 %	-250	0.675
	+10 А****		P321	+100
	-10 А****	0.01 Ом ± 0.05 %	-100	0.3
	+10 А («М0»)****		+100	1.2
	-10 А («М0»)****		-100	1.2
50 А*	+25 А	P310	+25	0.11
	-25 А	0.001 Ом ± 0.05 %	-25	0.11
	+50 А****		+50	0.175
	-50 А****		-50	0.175
	30 А («М0»)****	+30	0.35	
Воспроизведение силы переменного тока на выходе Н4-11/1				
20 мА	1 мА, 1 кГц	Мера сопротивления переменного тока 100 Ом ± 0.05 %	100	1.2
	20 мА, 20 Гц		2000	4.6
	20 мА, 40 Гц		2000	4.6
	20 мА, 1 кГц		2000	4.6
	20 мА, 10 кГц		2000	15
	20 мА, 1 кГц («М0»)		2000	22
200 мА	200 мА, 1 кГц	Мера сопротивления переменного тока 10 Ом ± 0.05 %	2000	4.6
	200 мА, 10 кГц		2000	15
	200 мА, 1 кГц («М0»)		2000	22
2 А	2000 мА, 1 кГц****	Мера сопротивления переменного тока 1 Ом ± 0.05 %	2000	4.6
	2000 мА, 10 кГц****		2000	15
	2000 мА, 1 кГц («М0»)****		2000	22

Продолжение таблицы 6.7

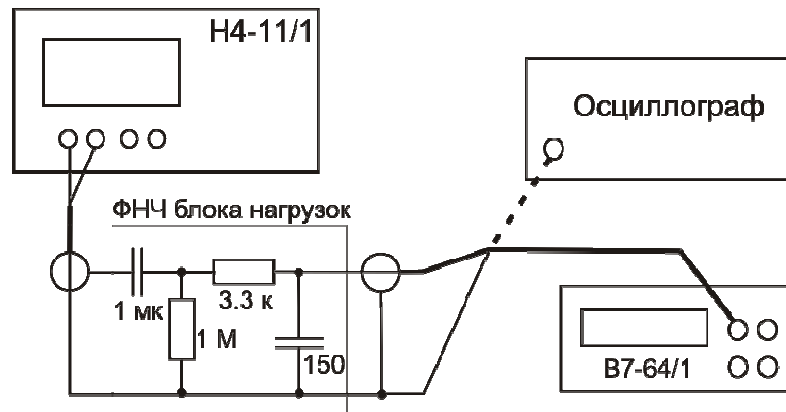
Предел	Контролируемый ток	Мера (катушка) сопротивления**	Номинальное напряжение***, мВ	Допускаемое значение погрешности, ±мВ,
Воспроизведение силы переменного тока на выходе ПНТ-50				
20 А*	20 А, 50 Гц****	Мера сопротивления переменного тока 0.01 Ом ± 0.1 %	200	0.7
	20 А, 500 Гц****		200	2.1
	20А, 50 Гц («М0»)****		200	2.3
50 А*	50 А, 50 Гц****	Мера сопротивления переменного тока 0.01 Ом ± 0.1 %	500	2.1
	50 А, 500 Гц****		500	5.5
	50 А, 50 Гц («МО»)****		500	5.9
Примечания	<p>* На выходе преобразователя ПНТ-50</p> <p>** Указано значение сопротивления, при котором погрешность вычисляется относительно номинального напряжения. Если действительное значение сопротивления меры выходит за пределы указанного диапазона, то номинальное напряжение вычисляется по формуле (6.1)</p> <p>*** При необходимости указанное значение вычисляется по формуле (6.1)</p> <p>**** Длительность подачи тока на меру не должна превышать 30 с</p>			

Результаты считают удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, приведенных в таблице 6.7.

6.6.3.4 Определение погрешности установки частоты производится измерением частоты выходного сигнала мультиметром В7-64/1, включенным в режиме измерения частоты. Калибратор включается по схеме в соответствии с рисунком 6.8. На выходе калибратора устанавливается напряжение 1 В со значениями частоты, указанными в таблице 6.8, и фиксируются показания частотомера (В7-64/1).

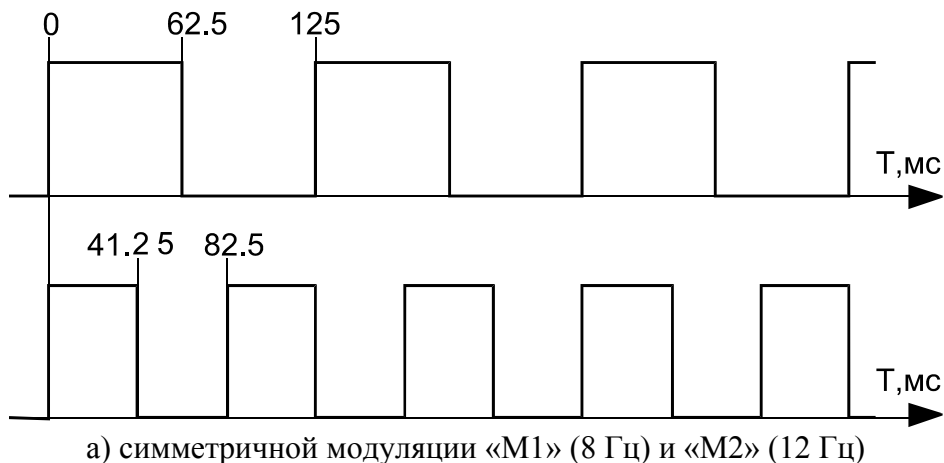
Таблица 6.8 – Параметры проверки погрешности установки частоты

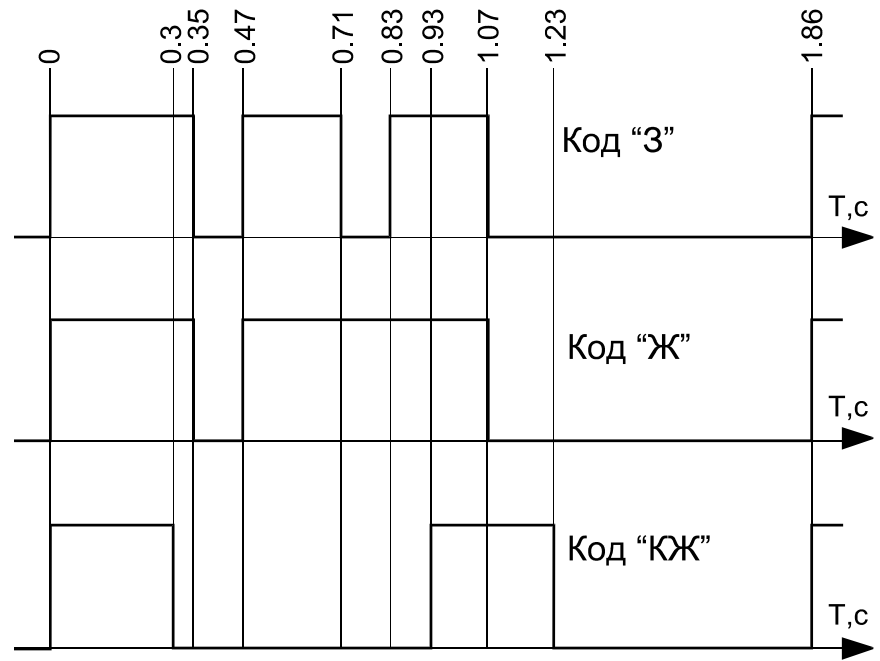
Устанавливаемое напряжение	Допускаемые значения частоты и формы сигналов	
1 В, 10 Гц 1 В, 1000 Гц 1 В, 33 кГц	10±0.15 Гц 1000±0.6 Гц 33000±16.5 Гц	-
+1 В, «М1» (8 Гц)	8±0.04 Гц	Соответствие осциллограмм временным диаграммам рисунка 6.9а
+1 В, «М2» (12 Гц)	12±0.06 Гц	Соответствие осциллограмм временным диаграммам рисунка 6.9а
+1 В, «М3» (код «З») +1 В, «М4» (код «Ж») +1 В, «М5» (код «КЖ»)	-	Соответствие осциллограмм временным диаграммам рисунка 6.9б
1 В, 1 кГц, «М6-16»	-	Соответствие осциллограмм временным диаграммам рисунка 6.9в



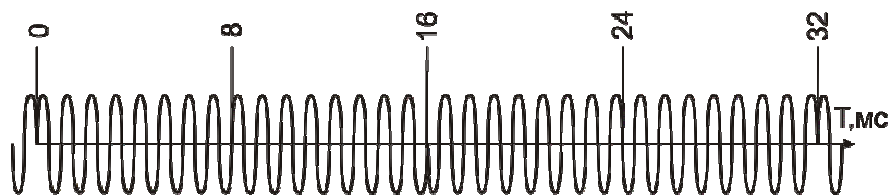
Фильтр находится в блоке нагрузок из комплекта прибора Н4-11/1

Рисунок 6.8 – Схема для проверки погрешности установки частоты и функционирования режимов амплитудной манипуляции





б) кодо-импульсных последовательностей



в) фазо-импульсной манипуляции «М6-16»

Рисунок 6.19 – Временные диаграммы модуляции

Определение погрешности задания длительности временных интервалов для всех режимов амплитудной манипуляции производится проверкой тактовой частоты модулятора производится при установленном на выходе постоянном напряжении +1 В в режимах «М1» и «М2».

Проверка функционирования модулятора в асинхронных и синхронных режима производится наблюдением за воспроизведением кодоимпульсных последовательностей «М3», «М4», «М5», и фазовой манипуляции «М6».

Проверку функционирования режимов амплитудной манипуляции производят, контролируя с помощью осциллографа форму выходных сигналов в режимах, указанных в таблице 6.8. Допускается использование цифрового осциллографа для измерения частоты и временных интервалов при условии обеспечения метрологических требований.

Результаты считают удовлетворительными, если погрешность установки частоты не превышает значений, приведенных в таблице 6.8, а форма выходных сигналов в режимах амплитудной и фазовой манипуляции соответствует временным диаграммам, показанным на рисунке 6.10 с погрешностью измерения временных интервалов, определяемой осциллографом. Несоответствие временных диаграмм за счет наклона плоской части импульсом (из-за разделительного конденсатора фильтра не учитывается).

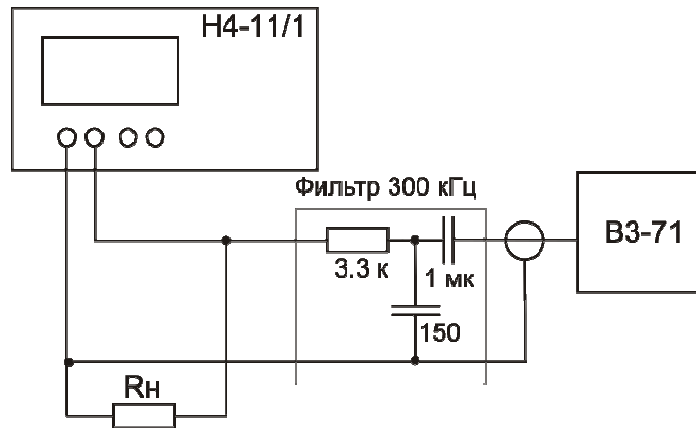
6.6.3.5 Определение среднеквадратического значения напряжения пульсаций и шумов на выходе поверяемого калибратора выполняется в соответствии с указаниями таблицы 6.9 следующим образом:

а) собрать измерительную схему в соответствии с указаниями таблицы 6.9. Необходимые резисторы нагрузки находятся в блоке нагрузок из комплекта Н4-11/1;

- б) установить на выходе калибратора значение выходного параметра, указанное в таблице 6.9;
- в) зафиксировать показания вольтметра ВЗ-71;
- г) повторить операции по перечислениям а) – в) для следующего значения выходного параметра.

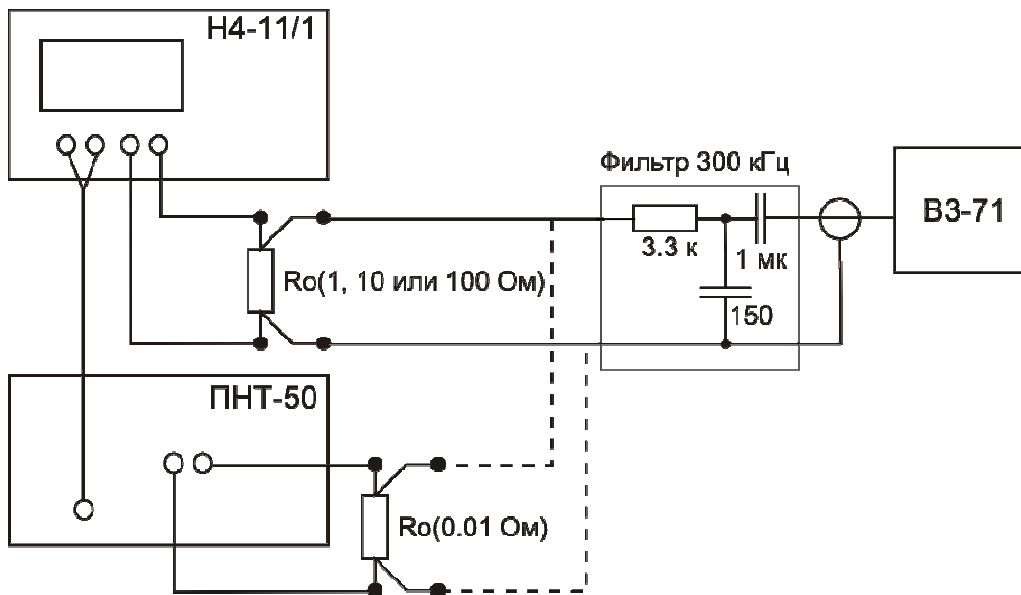
Таблица 6.9 – Параметры проверки пульсаций и шумов

Предел	Выходной уровень	Измерительная схема	Сопротивление нагрузки или токового шунта, Ом	Допускаемое значение пульсаций и шумов, мВ
0.2 В	+0.20000 В	Рисунок 6.10	-	1
2 В	0.0000 В +2.0000 В -2.0000 В		-	5
20 В	+20.000 В -20.000 В		750 (1 Вт)	20
200 В	+150.00 В -150.00 В		7500 (10 Вт)	200
600 В	+600.0 В -600.0 В		60000 (5 Вт)	1000
20 мА	0 мА +20 мА -20 мА	Рисунок 6.11	100** (0.1 Вт)	1 1 1
200 мА	+200 мА -200 мА		10** (1 Вт)	1 1
2 А	+2000 мА -2000 мА		1** (5 Вт)	1 1
20 А*	20 А		0.01** (25 Вт)	0.5
Примечания				
* На выходе преобразователя ПНТ-50				
** Указана допустимая мощность нагрузки. В качестве токовых шунтов могут быть использованы меры сопротивления переменного тока (см. п.6.6.3.3)				



Резисторы R_n и фильтр 300 кГц находятся в блоке нагрузок из комплекта прибора Н4-11/1

Рисунок 6.10 – Схема для проверки пульсаций и шумов выходного напряжения



Фильтр 300 кГц находится в блоке нагрузок из комплекта прибора Н4-11/1

Рисунок 6.11 – Схема для проверки пульсаций и шумов выходного тока

Результаты считают удовлетворительными, если уровень переменных составляющих не превышает значений, указанных в таблице 6.9.

6.6.3.6 Определение постоянной составляющей на выходе поверяемого калибратора выполняется в соответствии с указаниями таблицы 6.10 следующим образом:

- собрать измерительную схему в соответствии с указаниями таблицы 6.10. Рекомендуемый вольтметр В7-64/1, обеспечивающий высокую степень подавления составляющих переменного тока;
- установить на выходе поверяемого калибратора значение выходного параметра, указанное в таблице 6.10;
- зафиксировать показания вольтметра, включенного в режиме измерения постоянного напряжения;
- повторить операции по перечислениям а) – в) для следующего значения выходного параметра.

Таблица 6.10 – Параметры проверки постоянной составляющей

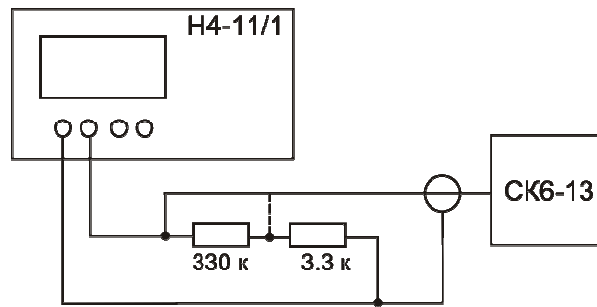
Предел	Выходной уровень	Измерительная схема	Сопротивление токового шунта**, Ом	Допускаемое значение смещения, ±мВ
0.2 В	0.20000 В, 1 кГц	Рисунок 6.1	-	1
2 В	2.0000 В, 1 кГц		-	1
20 В	20.000 В, 1 кГц		-	3
150 В	100.00 В, 1 кГц		-	25
2000 мА	20 мА, 1 кГц	Рисунок 6.7	100 (0.1 Вт)	0.5
20 А*	10 А, 1 кГц		0.01 (10 Вт)	0.15
Примечания * На выходе преобразователя ПНТ-50 ** Указана допустимая мощность нагрузки. В качестве токовых шунтов могут быть использованы меры сопротивления переменного тока (см. п.6.6.3.3)				

Результаты поверки считают удовлетворительными, если смещение на выходе калибратора не превышает значений, указанных в таблице 6.10.

6.6.3.7 Определение коэффициента нелинейных искажений и шумов в режимах воспроизведения напряжения и силы переменного тока выполняется с помощью измерителя нелинейных искажений СК6-13 в соответствии с указаниями таблицы 6.11. При измерении коэффициента гармоник высокого напряжения на вход измерителя гармоник включается делитель напряжения с коэффициентом передачи 1:100 (330 к/3.3 к), находящийся в блоке нагрузок из комплекта прибора Н4-11/1.

Таблица 6.11 – Параметры проверки коэффициента гармоник

Предел	Выходной уровень	Измерительная схема	Делитель и сопротивление токового шунта**, Ом	Допускаемое значение коэффициента гармоник, %	
2, 20 В	2.0000 В, 10 Гц	Рисунок 6.12	1:1	0.5	
	2.0000 В, 30 кГц			0.75	
	20.000 В, 20 Гц			0.2	
	20.000 В, 40 Гц			0.15	
	20.000 В, 1 кГц			0.17	
	20.000 В, 10 кГц			0.25	
	20.000 В, 20 кГц			0.55	
	20.000 В, 30 кГц			0.75	
150 В	150.00 В, 1 кГц		1:100	0.17	
	150.00 В, 10 кГц			0.25	
	150.00 В, 20 кГц			0.55	
	150.00 В, 30 кГц			0.75	
600 В	300 В, 20 Гц		1:100	0.5	
	600 В, 40 Гц			0.3	
	600.0 В, 1 кГц			0.3	
2000 мА	2000 мА, 1 кГц	Рисунок 6.13	1 (5 Вт) или 0.1 (1 Вт)	0.2	
	2000 мА, 10 кГц			1.2	
20 А* и 50 А*	20 А, 50 Гц			0.01 (25 Вт)	0.3
	50 А, 50 Гц				0.3
	50 А, 500 Гц				1.2
Примечания * На выходе преобразователя ПНТ-50 ** Указана допустимая мощность нагрузки. В качестве токовых шунтов могут быть использованы меры сопротивления переменного тока (см. п.6.6.3.3)					



Делитель 1:100 (330 к/3.3 к) находится в блоке нагрузок из комплекта прибора Н4-11/1

Рисунок 6.12 – Схема для проверки коэффициента гармоник и шумов

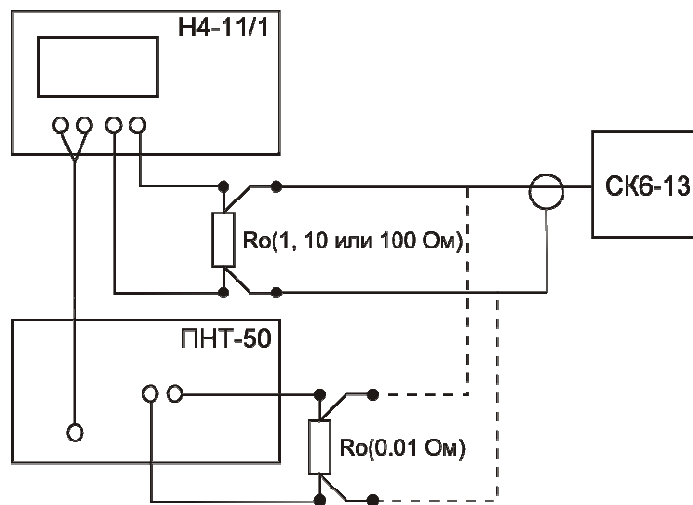


Рисунок 6.13 – Схема для проверки коэффициента гармоник и шумов выходного тока

Результаты считают удовлетворительными, если коэффициент гармоник не превышает значений, приведенных в таблице 6.11.

6.7 Оформление результатов поверки (калибровки)

6.7.1 Положительные результаты поверки (калибровки) оформляют в соответствии с Порядком проведения поверки, требованиями к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденным Приказом Минпромторга от 02.07.2015г. № 1815, и вносят в соответствующий раздел (таблица 10) формуляра МЕРА.411182.003 ФО. При этом оформляется свидетельство о поверке, в таблицу 2 формуляра записывается текущее значение номера версии программного обеспечения и цифрового идентификатора данных калибровки и наносятся знаки поверки.

6.7.2 При отрицательных результатах поверки (калибровки) прибор признается непригодным к выпуску в обращение и применению и направляется в ремонт. При этом гасятся знаки поверки. Приборы, не подлежащие ремонту, изымаются из обращения и эксплуатации, при этом выдается извещение о непригодности.

6.7.3 Для прибора Н4-11/1, благодаря наличию независимых систем введения поправочных коэффициентов, возможно применение выборочной или целевой поверки (калибровки) режимов работы. Имеется в виду поверка (калибровка) только в предполагаемых к использованию диапазонах воспроизведения калибратора. При этом в свидетельство о поверке (сертификат о калибровке) вносятся все данные о фактическом объеме поверки (калибровки).

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (стра- ниц) в доку- менте	№ документа	Входя- щий № сопро- водител- ьного докум. и дата	Подп.	Дата
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванных					