

КОМПЛЕКС ПОВЕРОЧНЫЙ
ЗМЗ003
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ

2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО.....	6
1.1 Назначение.....	6
1.2 Принятые сокращения и условные обозначения:.....	7
1.3 Технические характеристики.....	8
1.3.1 Основные технические характеристики	8
1.3.2 Дополнительные технические характеристики	14
1.4 Комплектность и варианты поставки.....	16
1.5 Устройство и работа	17
1.5.1 Принципы схемотехнической организации.	17
1.5.2 Источник опорных напряжений (ИОН).....	18
1.5.3 Двухканальный измеритель.	20
1.5.4 Масштабные преобразователи выходного напряжения и тока.	24
1.6 Средства измерения и принадлежности.	26
1.7 Маркировка и пломбирование.....	26
2 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К РАБОТЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО.....	28
2.1 Меры безопасности при подготовке комплекса поверочного к эксплуатации.....	28
2.2 Порядок установки и подготовка к работе.....	29
3 ОПИСАНИЕ КЛАВИАТУРЫ КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО И ПОРЯДОК РАБОТЫ С НЕЙ.....	30
3.1 Клавиатура комплекса поверочного. Состав и функциональное назначение кнопок.	30
3.2 Работа с клавиатурой комплекса поверочного.	31
3.2.1 При включении комплекса поверочного в сеть	32
3.2.2 Калибратор напряжения	33
3.2.3 Калибратор тока.....	34
3.2.4 Калибратор мощности	35
3.2.5 Специальные режимы.....	38
3.2.6 Опции и калибровки	42
3.2.6.1 Опции пользователя.....	44
3.2.6.2 Калибровка АЦП по постоянному току.....	46
3.2.6.3 Калибровка ИОН АЦП	46
3.2.6.4 Калибровка сдвига фазы в АЦП.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.6.5 Калибровка нуля	47
3.2.6.6 Калибровка предела на постоянном токе	49
3.2.6.7 Калибровка предела на переменном токе.....	52
3.2.6.8 Калибровка пределов по фазе.....	55
3.2.6.9 Сброс калибровочных констант	57
3.2.6.10 Компарирование.....	58
4 ПОРЯДОК РАБОТЫ	60
4.1 Подготовка к работе комплекса поверочного	60
4.2 Работа с комплексом поверочным	62
4.2.1 Работа с калибратором в режиме воспроизведения напряжения от 0,4 до 250 В	62
4.2.2 Работа с комплексом поверочным в режимах воспроизведения напряжения постоянного тока до 1000 В и напряжения переменного тока до 750 В.....	64
4.2.3 Работа с калибратором в режиме воспроизведения тока до 5 А	65
4.2.4 Работа с комплексом поверочным при воспроизведении тока до 100 А	65
4.2.5 Работа с калибратором в режиме воспроизведения электрической (фиктивной) мощности (воспроизведение напряжения до 250 В и воспроизведение тока до 5 А).....	66

4.2.6 Работа с комплексом поверочным в режиме воспроизведения электрической (фиктивной) мощности (воспроизведение напряжения до 750 В и воспроизведение тока до 50 А)	67
4.2.7 Работа с калибратором в режиме воспроизведения угла сдвига фаз между напряжением и током	68
4.2.8 Работа комплекса поверочного с последовательным интерфейсом RS232.	69
4.2.9 Работа комплекса поверочного через USB интерфейс.....	69
5 КАЛИБРОВКА	70
6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	74
7 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	75
8 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ	76
9 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УТИЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО	77
9.1 Требования охраны окружающей среды	77
9.2 Утилизация комплекса поверочного	77
ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) Комплект поставки запасных частей и принадлежностей (групповой) *	78
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) Комплект поставки запасных частей и принадлежностей (поверочный) *	79
Лист регистрации изменений.....	80

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
											3

Верхние пределы воспроизведения комплексом поверочным напряжений и токов выбираются из ряда следующих числовых значений или из их десятичных кратных значений: 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 8,0. Комплекс поверочный рассчитан на автономное использование и работу в составе автоматических систем с интерфейсом RS-232 и USB. В комплексе поверочном реализован программный интерфейс для связи с ПК и сопряжения с пользовательским ПО.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<p>кратных значений: 1,0; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 8,0. Комплекс поверочный рассчитан на автономное использование и работу в составе автоматических систем с интерфейсом RS-232 и USB. В комплексе поверочном реализован программный интерфейс для связи с ПК и сопряжения с пользовательским ПО.</p>
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>3M00.71751075.00.00.00.000РЭ</p>

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО

1.1 Назначение

Комплекс поверочный ЗМ3003 представляет собой multifunctional источник калиброванных тока, напряжения, фиктивной мощности, угла сдвига фазы между током и напряжением, обеспечивающий высокоточное воспроизведение напряжения и силы постоянного тока и среднеквадратических значений напряжения и силы переменного тока в широком диапазоне частот.

Комплекс поверочный предназначен для поверки, градуировки и калибровки амперметров, вольтметров, ваттметров, варметров, фазометров.

1.1.1 Комплекс поверочный рассчитан на автономное использование, а также в составе автоматических систем с интерфейсом RS-232 и USB.

1.1.2 В режимах ручного, дистанционного и программного управления калибратор в комплекте с усилителем тока и напряжения обеспечивает:

- Воспроизведение напряжения постоянного тока до $\pm 1000\text{В}$;
- Воспроизведение напряжения переменного тока до 750В эффективного значения, в частотном диапазоне $20\text{Гц} - 20\text{кГц}$;
- Воспроизведение постоянного тока до $\pm 100\text{А}$;
- Воспроизведение переменного тока синусоидальной формы до 25А эффективного значения в частотном диапазоне $20\text{Гц} - 20\text{кГц}$ и до 100А в частотном диапазоне $20\text{Гц} - 10\text{кГц}$;
- Воспроизведение мощности (фиктивной) при значениях напряжений от $1,0\text{В}$ до 1000В и тока от 10мА до 100А на постоянном токе и при значениях напряжений от $1,0\text{В}$ до 750В и тока от 10мА до 100А на переменном токе в диапазоне частот $20\text{Гц} - 20\text{кГц}$;
- Воспроизведение угла сдвига фаз между током и напряжением от 0 до 360 градусов;

ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

6

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;

ОУ – операционный усилитель;

ppm – одна миллионная часть;

СКЗ – среднеквадратичное значение;

ТКС – температурный коэффициент сопротивления;

U, I, P – значения установленной на выходе величины напряжения, силы тока, мощности;

Un, In, Pn – верхние пределы воспроизводимых напряжений, силы тока, мощности;

Uo – опорное напряжение;

U~ – напряжение переменного тока;

U- – напряжение постоянного тока;

Kг – коэффициент гармоник;

In – ток нагрузки;

Kф – коэффициент мощности;

φ – угол сдвига фазы тока относительно фазы напряжения;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

МПН – масштабный преобразователь напряжения;

МПТ – масштабный преобразователь тока.

1.3 Технические характеристики

1.3.1 Основные технические характеристики

1.3.1.1 Диапазон воспроизведения напряжений постоянного тока,

В от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^3$.

1.3.1.2 Пределы допускаемого значения основной приведенной погрешности воспроизведения напряжений постоянного тока, ($\pm \%$):

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ				

Таблица 1.2

Диапазоны верхних пределов	Пределы основной приведенной погрешности, $\pm \%$		
	Диапазон частот, Гц		
	от 20 до 2500	от 2500 до 10000	от 10000 до 20000
1,0 – 8 мА	0,04	0,06	0,1
10 – 80 мА	0,02	0,03	0,05
100 – 800 мА	0,02	0,03	0,04
1,0– 10 А	0,03	0,04	0,05
12 – 25 А	0,1	0,2	0,2
15 – 100 А	0,1	0,2	-

1.3.1.9 Диапазон воспроизведения фиктивной электрической мощности на
янном токе, ВА от $1 \cdot 10^{-2}$ до $100 \cdot 10^3$.

1.3.1.10 Пределы допускаемого значения основной приведенной погрешности воспроизведения фиктивной электрической мощности на постоянном токе ($\pm \%$):

на пределах:

по току от 10 мА до 10 А

по напряжению от 1 до 1000 В 0,03;

на пределах:

по току от 12 А до 100 А

по напряжению от 1 до 1000 В 0,06.

1.3.1.11 Диапазон воспроизведения фиктивной электрической мощности на переменном токе, ВА от $1 \cdot 10^{-2}$ до $75 \cdot 10^3$.

1.3.1.12 Пределы допускаемого значения основной приведенной погрешности воспроизведения фиктивной электрической мощности на

переменном токе при фазовом сдвиге между током и напряжением равно нулю, (\pm %) приведены в табл. 1.3:

Таблица 1.3

Диапазоны верхних пределов	Пределы основной приведенной погрешности, $\pm \%$		
	Диапазон частот, Гц		
	от 20 до 2500	от 2500 до 10000	от 10000 до 20000
1,0 – 750 В 10 мА – 10 А	0,04	0,05	0,08
1,0 – 750 В 12 – 100 А	0,12	0,23	-

1.3.1.13 Диапазон воспроизведения угла сдвига фаз между напряжением и током с дискретностью 0,01 градус, угловой градус от 0 до 360.

1.3.1.14 Пределы допускаемого значения основной погрешности установки сдвига фаз между напряжением и током в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц в пределах от 0 до 360 угловых градусов приведены в табл.1.4:

Таблица 1.4

Диапазоны верхних пределов	Пределы основной погрешности установки сдвига фаз, ± град.		
	Диапазон частот, Гц		
	от 20 до 2500	от 2500 до 10000	от 10000 до 20000
1,0 – 750 В 10 мА – 10 А	0,3	0,5	1,0
1,0 – 750 В 12 – 50 А	0,5	1,0	-

1.3.1.15 Предел допускаемого значения дополнительной погрешности воспроизведения напряжения, силы тока, электрической (фиктивной) мощности и угла сдвига фаз между напряжением и током, обусловленной изменением температуры на каждые 10 °С в рабочем диапазоне температур,

не более

предела основной погрешности.

1.3.1.16 Верхние пределы воспроизводимых калибратором токов и напряжений реализованы для ряда следующих числовых значений или десятичных кратных и дольных значений: 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 7,5; 8.

1.3.1.17 Калибратор обеспечивает установку частоты переменного тока с дискретностью, Гц:

в диапазоне: от 20 до 1000 Гц включительно 0,01;

в диапазоне: свыше 1000 Гц 0,1.

1.3.1.18 Относительная погрешность установленного значения частоты, %
±0,01.

1.3.1.19 Коэффициент нелинейных искажений воспроизводимых напряжения и силы переменного тока, % не более 1.

1.3.1.20 Время установления выходного напряжения или тока, с,
не более 10.

1.3.1.21 Время установления рабочего режима, ч, не более 0,5.

1.3.1.22 Время непрерывной работы, ч, не менее 8.

1.3.1.23 Комплекс поверочный ЗМ3003 обеспечивает прием управляющих и передачу измеренных значений напряжения по интерфейсу RS-232 и USB.

1.3.1.24 Полная мощность, потребляемая от сети переменного тока, ВА не более:

- калибратора 300;

- усилителя 1000.

1.3.1.25 Габаритные размеры комплекса поверочного приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Наименование составной части средства измерений	Длина×ширина×высота, мм, не более	
	без упаковки	в укладочном ящике
Калибратор	462×444,5×202	795×520×310
Мера сопротивления МС3050, 1 Ом	60×60×100	

ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

12

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Усилитель	462x433x202	795x520x310
-----------	-------------	-------------

1.3.1.26 Масса комплекса поверочного приведена в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Наименование составной части средства измерений	Масса, кг, не более	
	без упаковки	в укладочном ящике
Калибратор	20	32
Мера сопротивления МС3050, 1 Ом	0,5	
Усилитель	15	28

1.3.1.27 Комплекс поверочный по условиям эксплуатации в части климатических воздействий относится к группе 2 исполнение «УХЛ» по ГОСТ 22261 без предъявлений требований к работе на ходу со следующими значениями воздействующих факторов:

диапазоном рабочих температур от 10 до 35°C,

предельных температур от минус 40 до 40°C и относительной влажностью окружающего воздуха при температуре 25°C, % 90.

Без предъявления требований по следующим климатическим воздействующим факторам:

солнечное излучение;

атмосферных выпадающих осадков (дождь);

атмосферных конденсированных осадков (иней и роса);

соляной (морской) туман;

плесневые грибы;

статическая пыль (песок);

динамическая пыль (песок);

компоненты ракетного топлива;

рабочие растворы;

агрессивные среды.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
						13

1.3.1.28 По прочности к воздействию механических факторов комплекс поверочный ЗМ3003 соответствует требованиям, установленным для группы 2 ГОСТ 22261.

1.3.1.29 Условия транспортирования прибора должны соответствовать легким условиям транспортирования по ГОСТ 15150.

Прибор должен допускать транспортирование всеми видами транспорта, за исключением морского, в упаковке при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков.

1.3.1.30 Требования к комплексу поверочному в транспортной таре по стойкости к специальным воздействующим факторам не предъявляются.

1.3.1.31 Комплекс поверочный ЗМ3003 обеспечивает прием управляющих и передачу измеренных значений напряжения по интерфейсу RS-232 и USB.

1.3.2 Дополнительные технические характеристики

1.3.2.1 Комплекс поверочный обеспечивает изменение установленного значения напряжения или тока с дискретностью не хуже единицы младшего разряда в диапазоне от 0 до 105% выбранного предела.

1.3.2.2 Кратковременная нестабильность напряжений и токов комплекса поверочного не более 0,005 % за 2 мин.

1.3.2.3 Предельные нагрузочные характеристики комплекса поверочного приведены в табл. 1.7.

1.3.2.4 Дополнительная приведенная погрешность воспроизведения фиктивной мощности в зависимости от сдвига фаз составляет:

$$\gamma_{P(\varphi)} = \sin(\Delta\varphi) * \sin(\varphi) * 100\% \quad (1.1)$$

где $\Delta\varphi$ - погрешность воспроизведения угла сдвига фаз (см. п.1.1.9)

φ - угол сдвига фаз.

Инв. № подл	Подп. и дата					Лист
	Взам. инв. №					
	Инв. № дубл.					
	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ	
					14	

1.3.2.1 Комплекс поверочный обеспечивает изменение установленного значения напряжения или тока с дискретностью не хуже единицы младшего разряда в диапазоне от 0 до 105% выбранного предела.

1.3.2.2 Кратковременная нестабильность напряжений и токов комплекса поверочного не более 0,005 % за 2 мин.

1.3.2.3 Предельные нагрузочные характеристики комплекса поверочного приведены в табл. 1.7.

1.3.2.4 Дополнительная приведенная погрешность воспроизведения фиктивной мощности в зависимости от сдвига фаз составляет:

$$\gamma_{P(\varphi)} = \sin(\Delta\varphi) * \sin(\varphi) * 100\% \tag{1.1}$$

где $\Delta\varphi$ - погрешность воспроизведения угла сдвига фаз (см. п.1.1.9)

φ - угол сдвига фаз.

Таблица 1.7.

Диапазоны верхних пределов воспроизводимы х напряжения, тока	Максимальный ток нагрузки, мА;	Выходное сопротивление, Ом	Максимальное напряжение на нагрузке, В
1,0 – 8,0 мВ	-	1,0 Ом	-
10 – 60 мВ	-	1,0 Ом	-
75 – 300 мВ	-	1,0 Ом	-
0,4 – 0,8 В	100 мА	-	-
1,0 – 10 В	100 мА	-	-
12 – 100 В	100 мА	-	-
120 – 250 В	30 мА	-	-
300 – 750 В	10 мА	-	-
750 – 1000 В	10 мА	-	-
0,1 – 0,2 мА	-	-	5,0
0,3 – 0,8 мА	-	-	5,0
1,0 – 2,5 мА	-	-	5,0
3,0 – 12 мА	-	-	5,0
15 – 60 мА	-	-	5,0
75 – 400 мА	-	-	2,0
0,5 – 12 А	-	-	2,0
15 – 100 А	-	-	1,0

При работе с интерфейсом RS232 комплекс поверочный обеспечивает:

- скорость приема и передачи - 9600 бод (бит/с);
- данные - 8 бит;
- бит «четность» - отсутствует;
- сигнал «стоп» - 1 бит;
- уровень сигналов не менее 5 В на нагрузке не менее 3 кОм.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Инв. №					
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000PЭ

Лист
16

16

- вариант А - полный комплект комплекса поверочного ЗМЗ003;
- вариант Б – калибратор универсальный ЗМЗ003.

1.5 Устройство и работа

1.5.1 Принципы схемотехнической организации.

Состав и взаимосвязь основных узлов комплекса поверочного показаны на упрощенной схеме на рисунке 1.1.

Комплекс поверочный представляет собой многозначную меру напряжения и силы постоянного и переменного тока, мощности, угла сдвига фазы между током и напряжением. В режиме воспроизведения мощности переменного тока (при проверке ваттметров переменного тока) в калибраторе полно используются его функции. Поэтому одним из основных критериев, определяющих структурную схему, является этот режим.

Структурная схема комплекса поверочного представляет собой двухканальную систему автоматического регулирования тока и напряжения на поверяемом ваттметре. В качестве основных измерителей, контролирующих ток и напряжение на поверяемом ваттметре используются АЦП двухканального измерителя.

Эти АЦП имеют общий сигнал запуска преобразования, что необходимо для обеспечения синхронности выборок при вычислении сдвига фаз, активной и реактивной мощностей.

После математической обработки сигналов в микроконтроллере определяется уровень корректирующего воздействия, который поступает на умножающий ЦАП источника опорного напряжения (ИОН) соответствующего канала. Таким образом, АЦП двухканального измерителя и ИОН наряду с масштабными преобразователями тока и напряжения являются основными узлами, определяющими точность комплекса поверочного.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
						17

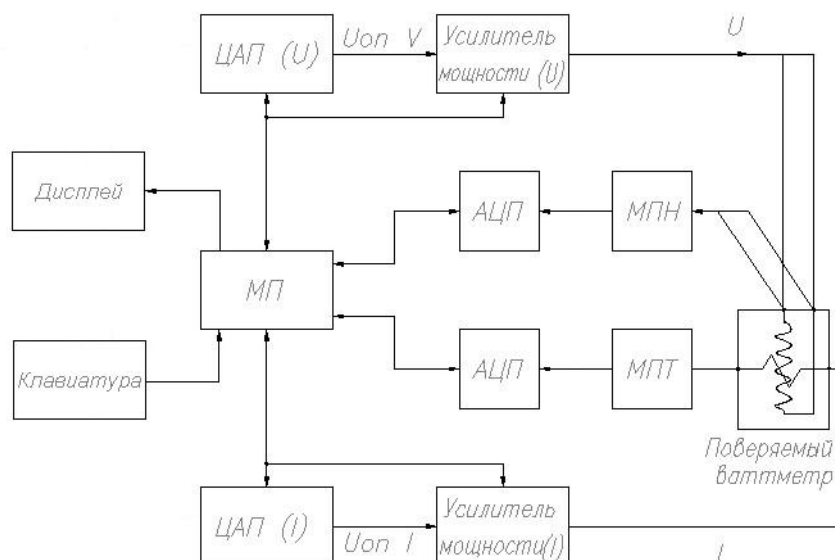


Рисунок 1.1. Структурная схема комплекса поверочного

1.5.2 Источник опорных напряжений (ИОН).

Плата источника опорных напряжений предназначена для синтеза переменных и постоянных напряжений в двух каналах с заданными частотой, амплитудой, фазой и формой. Выходные нормированные значения платы ИОН затем усиливаются в платах усилителей тока и напряжения и подаются на выход комплекса поверочного.

Основой ИОН являются цифровой сигнальный процессор типа ADSP-2184N и сдвоенный ЦАП типа AD9767. Совместно эти два компонента обеспечивают синтез сигналов произвольной формы методом прямого цифрового синтеза (DDS). Значения частоты и фазы задаются в цифровом виде через интерфейс, форма воспроизводимого сигнала выбирается из заранее записанных в память процессора таблиц.

Управление схемой ИОН осуществляется через гальванически изолированный интерфейс SPI с помощью микроконтроллера типа ATmega169. Во встроенной памяти этого микроконтроллера также хранится программа для загрузки цифрового сигнального процессора ADSP-2184N.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000PЭ

Лист
18

Выходные дифференциальные сигналы сдвоенного ЦАП AD9767 преобразуются в биполярные с помощью дифференциальных усилителей, построенных на базе операционных усилителей типа AD8672. Далее они поступают на аналоговые восстановительные фильтры нижних частот 4 порядка (фильтры Баттерворта), выполненные на базе интегральных фильтров LTC1563-2. Фильтры служат для подавления нежелательных гармоник, образующихся при цифро-аналоговом преобразовании синтезируемых сигналов. На выходе фильтров включены простые RC-фильтры верхних частот с буферами на базе ОУ ОР37, предназначенные для удаления постоянного смещения в выходном сигнале.

Основной источник опорного напряжения $\pm 2,500$ В выполнен на базе интегрального ИОН типа ADR421BR и ОУ AD8672. Этот источник используется как опорный для ЦАП двухканального синтезатора, а также при воспроизведении постоянных напряжений обеих полярностей.

В каждом канале имеются также мультиплексор для выбора источника сигнала (переменный, постоянный положительный и отрицательный) и умножающий ЦАП с выходным буферным усилителем. Умножающий ЦАП для увеличения разрядности сделан составным и состоит из сдвоенного интегрального 16-разрядного ЦАП типа AD5545. Имеется возможность регулировать постоянное смещение сигнала с помощью дополнительных 8-разрядных цифровых потенциометров типа AD5262.

Питание аналоговой части схемы осуществляется от 4-х источников напряжения: ± 15 В 100 мА, +5 В 200 мА и -5 В 100 мА. Питание цифровой части осуществляется от напряжения +5 В 100 мА, гальванически изолированного с помощью DC-DC-преобразователя на базе NME0505S. Сигналы интерфейса SPI также гальванически изолированы. Общая точка цифровой части схемы соединена с общей точкой аналоговой части в месте расположения ЦАП AD9767.

Алгоритм программы синтезатора выполнен на основе метода прямого цифрового синтеза. Таблицы с информацией о форме сигнала хранятся в памяти сигнального процессора. Для уменьшения объема занимаемой памяти таблица имеет размер 512 выборок, а промежуточные значения рассчитываются методом

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

19

интерполяции в реальном времени. Тактовая частота синтезатора 1,6 МГц. Разрядность фазового аккумулятора составляет 32 бит. Разрешающая способность установки частоты составляет 0.001 Гц, фазы – 0,001 градус. Кратковременная нестабильность выходного сигнала синтезатора не превышает 0.003%.

1.5.3 Двухканальный измеритель.

Двухканальный измеритель предназначен для измерения параметров сигналов, воспроизводимых комплексом поверочным (среднее и действующее значения, активная, реактивная и полная мощность). Измеренные значения используются программой регулятора для подстройки параметров выходных сигналов, чтобы они соответствовали заданным пользователем значениям.

Основа схемы измерителя – аналого-цифровые преобразователи (АЦП). В каждом измерительном канале имеется АЦП последовательного приближения (типа AD7688BRM) для измерений параметров переменного напряжения. Эти АЦП имеют общий сигнал запуска преобразования, что необходимо для обеспечения синхронности выборок (нужно для вычисления сдвига фаз, активной и реактивной мощностей). Для измерения значений постоянного напряжения, напряжения от нормального элемента и в целях калибровки в схеме используется сигма-дельта-АЦП типа AD7718BR.

Основным элементом, обеспечивающим стабильность и воспроизводимость измерений, является источник опорных напряжений (ИОН), выполненный на базе микросхемы AD586MN. Эта микросхема воспроизводит опорное напряжение +5.000 В с температурной стабильностью порядка 2 ppm/°C. С помощью микросхем периодического перераспределения заряда («схемы с летающим конденсатором») типа LTC1043CSW и мультиплексоров опорное напряжение +5.000 В преобразуется в напряжения -5.000 В, + 2.500 В и -2.500 В. Для работы АЦП типа AD7688 используется опорное напряжение +5.000 В, для работы АЦП типа AD7718 используются опорные напряжения +5.000 В и +2.500 В. Все четыре значения опорных напряжений используются также для автокалибровки схемы.

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист	
	Взам. инв. №					
	Инв. № дубл.					
	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	20

обеспечения синхронности выборок (нужно для вычисления сдвига фаз, активной и реактивной мощностей). Для измерения значений постоянного напряжения, напряжения от нормального элемента и в целях калибровки в схеме используется сигма-дельта-АЦП типа AD7718BR.

Основным элементом, обеспечивающим стабильность и воспроизводимость измерений, является источник опорных напряжений (ИОН), выполненный на базе микросхемы AD586MN. Эта микросхема воспроизводит опорное напряжение +5.000 В с температурной стабильностью порядка 2 ppm/°C. С помощью микросхем периодического перераспределения заряда («схемы с летающим конденсатором») типа LTC1043CSW и мультиплексоров опорное напряжение +5.000 В преобразуется в напряжения -5.000 В, + 2.500 В и -2.500 В. Для работы АЦП типа AD7688 используется опорное напряжение +5.000 В, для работы АЦП типа AD7718 используются опорные напряжения +5.000 В и +2.500 В. Все четыре значения опорных напряжений используются также для автокалибровки схемы.

Входной сигнал в каждом измерительном канале поступает на схему коммутации, предназначенную для выбора источника сигнала. Схемы коммутации в обоих каналах одинаковы и состоят из входного реле и мультиплексора. На входы АЦП могут поступать напряжения от ИОН по входам аттенюатора (VATT), синтезатора (VSYNTH) и с дополнительного входа (VAUX). Все входные напряжения могут иметь смещение относительно общей точки АЦП в пределах $\pm 10\%$ от максимального значения сигнала (опорного напряжения). Амплитуда входных напряжений ограничена значениями ± 5.0 В. Номинальные действующие значения измеряемых переменного и постоянного напряжений 2.5 В.

Для каждого из АЦП в схеме имеется дифференциальный преобразователь, выполненный на базе прецизионных операционных усилителей. Дифференциальные преобразователи в каналах переменного тока преобразуют смещенный относительно общей точки АЦП входной сигнал в дифференциальный относительно напряжения $+2.500$ В с коэффициентом преобразования 0.909. Эти преобразователи выполнены на базе двух ОУ типа AD8656ARZ в каждом канале. Дифференциальные преобразователи в каналах постоянного тока выполнены на базе микросхем перераспределения заряда типа LTC1043CSW и ОУ AD8551AR и AD8656RZ. Применение микросхем перераспределения заряда позволяет преобразовать входной однополярный сигнал в дифференциальный с большой точностью и практически нулевым температурным коэффициентом. Такая схемотехника входных преобразователей в каналах постоянного тока позволяет использовать АЦП AD7718 для калибровки всей платы.

Для измерения напряжения от нормального элемента, предназначенного для калибровки платы по абсолютному значению, в схеме используется буферный усилитель на базе ОУ с автоподстройкой смещения и низким током утечки AD8551AR. Выходной сигнал буферного усилителя поступает на вход сигма-дельта-АЦП AD7718.

Име. № подл	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000PЭ	Лист
						21

Для математической обработки выборок АЦП в схеме используется цифровой сигнальный процессор типа ADSP-BF531SBST400. Управление всеми устройствами на плате измерителя осуществляется также этим процессором. Обмен данными с хост-процессором осуществляется через последовательный гальванически-изолированный интерфейс SPI.

Для питания аналоговой части схемы двухканального измерителя используются следующие напряжения: ± 15 В 50 мА, +5.2 В 100 мА, -5.2 В 50 мА. Аналоговая часть схемы гальванически изолирована от напряжения питания цифровой части (с помощью DC-DC-преобразователя типа LME0505S) и от сигналов интерфейса. Напряжение питания цифровой части схемы +5 В 200 мА. Общая точка цифровой части схемы соединена с общей точкой аналоговой части в месте расположения АЦП.

Алгоритм вычисления параметров сигнала (среднего и действующего значений и активной мощности) основан на цифровой фильтрации постоянной составляющей функции входных сигналов. Вычисление среднего значения осуществляется путем фильтрации постоянной составляющей выборок, вычисление действующего значения – фильтрацией постоянной составляющей квадрата мгновенных выборок с последующим извлечением квадратного корня, вычисление активной мощности – фильтрацией постоянной составляющей произведения мгновенных выборок обоих измерительных каналов. Полная мощность рассчитывается как произведение действующих значений в обоих каналах. Коэффициент мощности рассчитывается как отношение активной мощности к полной.

Цифровая фильтрация производится методом КИХ-фильтрации. Весовая функция, необходимая для КИХ-фильтра, рассчитана с использованием алгоритмов оптимизации и хранится в виде таблицы из 4096 элементов в памяти процессора. Для лучшего подавления шума и негармонических составляющих сигнала количество выборок увеличено в 16 раз по сравнению с размером весовой функции и составляет $4096 \times 16 = 65536$. Для осуществления КИХ-фильтрации с

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
						22

таким большим размером эквивалентной весовой функции производится интерполяция в реальном времени табличных значений.

Для того, чтобы достичь необходимой точности измерений, нужно учитывать в вычислениях большое количество гармоник измеряемого сигнала. Теоретически этого можно добиться путем увеличения частоты выборок таким образом, чтобы она была выше частоты максимальной учитываемой гармоники по меньшей мере в 2 раза. Но в таком случае эта частота становится слишком большой для практической реализации, т. к. прецизионные многоразрядные АЦП обладают меньшим быстродействием. Для решения этой проблемы был выбран метод оцифровки на сравнительно невысокой частоте (около 200 кГц), но при этом необходим специальный алгоритм подстройки частоты дискретизации в зависимости от частоты входного сигнала. Суть реализованного алгоритма заключается в том, что подбирается такая частота дискретизации, которая не приводит к попаданию наложенных частот (т. н. «алиасов») в область пропускания цифрового фильтра. При этом вычисление заданных параметров происходит с минимальной погрешностью. Реализация алгоритма предполагает знание частоты измеряемого сигнала с точностью порядка 0.1%, что всегда доступно в комплексе поверочном, в составе которого работает плата измерителя.

Погрешность измерения зависит от рода входного сигнала (постоянный или переменный), частоты, от стабильности источника опорных напряжений и коэффициентов передачи входных буферов. Точность измерений по абсолютной величине определяется главным образом точностью источника опорных напряжений. Этот источник калибруется по нормальному элементу. Коэффициенты передачи входных буферов могут калиброваться во время работы. Таким образом, значение абсолютной погрешности измерения постоянного напряжения зависит от температуры с температурным коэффициентом ИОН ($2 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$) и от времени (долговременная нестабильность ИОН составляет $20 \text{ ppm}/1000 \text{ час}$, что соответствует 0,006 % в течение первого года эксплуатации). Кратковременная нестабильность измерения значения постоянного напряжения не превышает 0.002%.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<p>ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ</p>	Лист
											23

Погрешность измерения действующего значения, фазы переменного напряжения, а также мощности зависит от частоты входного сигнала. Погрешность измерения действующего значения не превышает 0.005% на нижних частотах (20 Гц – 5 кГц) и 0.01% в области верхних частот (5 кГц– 20 кГц). Кратковременная нестабильность в этих диапазонах частот не превышает 0.003% и 0.006% соответственно. Необходимое условие обеспечения указанной точности измерений является калибровка частотных искажений измерителя, выполняемая с помощью внешних средств измерений.

Погрешность измерения значения фазового сдвига и мощности не превышает удвоенной погрешности измерения среднеквадратического значения каждого из входных сигналов.

1.5.4 Масштабные преобразователи выходного напряжения и тока.

Точность воспроизводимых комплексом поверочным напряжений и токов также зависит от точности масштабных преобразователей напряжения (МПН) и тока (МПТ).

Масштабный преобразователь напряжения выполнен по традиционной схеме с использованием прецизионных безреактивных резисторов.

Масштабный преобразователь тока (МПТ) в диапазоне малых токов (до 50 мА) также выполнен на базе прецизионных резисторов (шунтов).

Однако, на больших токах требования к шунтам ужесточаются, т.к. на них увеличиваются мощность рассеяния. При токе 100 А, даже при очень небольшом напряжении на шунте 100 мВ, мощность рассеяния достигает 10 Вт. Если учесть, что в нашем случае номинальное напряжение, измеряемое АЦП равно 2,5 В, то становится проблематичным вопрос о применении шунтов в качестве масштабных преобразователей тока. Кроме того, большие проблемы возникают на переменном токе, т.к. конструктивное исполнение безреактивных шунтов на большие токи весьма сложная задача.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Име. № подл	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<div>3М00.71751075.00.00.00.000РЭ</div>	Лист
											24

В этой связи в калибраторе используется магнитный компаратор компенсационного типа, коэффициент преобразования которого определяется отношением витков:

$$K = \frac{I_K}{I_O} = \frac{W_O}{W_K}, m.k. \quad I_O W_O = I_K W_K,$$

где IO – измеряемый ток; WO – первичные витки;
 IK – компенсационный ток в компенсационной (WK) обмотке.

Инв. № подл	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
															25

1.6 Средства измерения и принадлежности.

1.6.1 В комплект поставки комплекса поверочного включена однозначная мера сопротивления МС3050 1,0 Ом, аттестованная на переменном токе. Мера сопротивления используется в качестве преобразователя ток/напряжение в диапазоне воспроизведения напряжений от 1,0 мВ до 300 мВ.

1.7 Маркировка и пломбирование.

1.7.1 На лицевой панели калибратора комплекса поверочного нанесены:

- наименование и тип прибора;
- наименование переключателя включения сети «СЕТЬ» и светодиод, отображающий включение калибратора;
- обозначение клемм ВХОД – ВЫХОД, высокопотенциальные «Hi» и низкопотенциальные «Lo» для воспроизведения напряжения «U» и тока «I»;
- обозначение клемм «земля» и экран «Э».

Примечание:

разъем «импульсный вход» в настоящей версии калибратора не используется.

1.7.2 На задней панели калибратора комплекса поверочного нанесены:

- значение сетевого напряжения;
- значение силы тока плавких предохранителей ;
- заводской номер и год изготовления;
- обозначение разъемов «RS232» и «USB»;
- обозначение клемм для подключения нормального элемента;

1.7.3 На лицевой панели усилителя комплекса поверочного нанесены:

- наименование и тип прибора;
- наименование переключателя включения сети «СЕТЬ» и светодиод, отображающий включение усилителя;
- обозначение клемм ВЫХОД, высокопотенциальные «Hi» и низкопотенциальные «Lo» для воспроизведения напряжения «U»;
- обозначение зажима для воспроизведения тока «I».

- значение сетевого напряжения;
- значение силы тока плавких предохранителей ;
- заводской номер и год изготовления;
- обозначение разъема «межблочный интерфейс»;
- обозначение клеммы заземление.

- основное пломбирование – верхняя и нижняя крышки блоков;
- дополнительное пломбирование – окно «Калибровка».

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

[illegible]

2 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К РАБОТЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО БЕЗ ЕГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

2.1 Меры безопасности при подготовке комплекса поверочного к эксплуатации.

2.1.1 По степени защиты от поражения электрическим током калибратор и усилитель напряжения и тока относится к классу I по ГОСТ 26104-89.

2.1.2 Заземление корпуса калибратора и усилителя обеспечивается через трёхполюсную сетевую вилку или зажим « \perp » на задней панели. При использовании зажима « \perp » он должен присоединяться к заземляющей шине первым, а отсоединяться последним.

Помните! При отсутствии заземления на корпусе комплекса поверочного имеется опасное для жизни напряжение.

2.1.3 К работе с комплексом поверочным и его обслуживанию допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с радиоизмерительными приборами, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В и ознакомившиеся с настоящим руководством по эксплуатации комплекса поверочного.





2.1.4 Калибратор является источником опасного напряжения 250В. В комплекте с усилителем напряжения опасное напряжение достигает 1000В на выходных гнездах усилителя. Отключение выходного напряжения калибратора от выходных гнезд обеспечивается нажатием кнопки «СТОП», а выходного напряжения усилителя – повторным нажатием кнопки «ПУСК».

2.1.5 Источниками опасного напряжения 220В 50Гц, являются сетевые цепи:

- первичные обмотки сетевых трансформаторов;



Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ				Лист
									28

Например, для воспроизведения тока величиной 150 мА, необходимо на цифровом ряде





набрать , ,  и в группе «множитель» нажать кнопку .

3 группа – «род тока» – установка напряжения постоянного или переменного тока;

4 группа – «переход». Кнопки   – переход между элементами экрана;   – отмена действия или переход на уровень выше;

5 группа – относительное отклонение. Включение/отключение отображения относительного отклонения. Кнопка  отображает значение отклонения в абсолютных единицах, кнопка  – в процентах;

Используется при поверке приборов для совмещения стрелки с поверяемой отметкой. В настоящей версии программы эта группа кнопок не используется, относительное отклонение отображается автоматически после прохождения последней поверяемой отметки (п. 3.2.5).

6 группа – «курсор» - кнопки   – для перемещения по разрядам в поле ввода, а кнопки   служат для установки требуемого значения выделенного разряда.

7 группа – функциональные кнопки.

3.2 Работа с клавиатурой комплекса поверочного.

Программное обеспечение управления комплексом поверочным организовано таким образом, чтобы при наличии широкого диапазона воспроизводимых параметров на постоянном и переменном токах с учетом сложности процедур при поверке различных приборов, управление комплексом

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ине. № инв.
Ине. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

31

3.2.2 Калибратор напряжения



Рисунок 3.3 Режим постоянного тока.

Рисунок 3.4 Режим переменного тока.

Диалог выбора предела

Диалог выводится после нажатия функциональной кнопки "Опции U".

Здесь можно установить следующие параметры:

Режим выбора предела - ручной или автоматический. Нужный режим выбирается в списке "Выбор предела";

Выход, к которому подключенверяемый прибор, выбирается в списке "Выход";

Предел, который доступен в ручном режиме выбора предела (рисунок справа) и недоступен в автоматическом (рисунок слева); чтобы выбрать предел, надо перейти к списку "Декада"; выбрать декаду, которая включает необходимый предел; перейти к списку "Предел" и выбрать нужный предел.



Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Для выбора необходимого списка, можно нажать соответствующую функциональную кнопку, или перейти при помощи кнопок "Вперед" и "Назад" (группа "Переход"). Для выхода из диалога, необходимо нажать кнопку "Отмена/Выход".

3.2.3 Калибратор тока



Рисунок 3.7 Режим постоянного тока.

Рисунок 3.8 Режим переменного тока.

Диалог выбора предела

Диалог выводится после нажатия функциональной кнопки "Опции I".

Здесь можно установить следующие параметры:

Режим выбора предела - ручной или автоматический. Нужный режим выбирается в списке "Выбор предела";

Выход, к которому подключен поверяемый прибор, выбирается в списке "Выход";

Предел, который доступен в ручном режиме выбора предела (рисунок справа) и недоступен в автоматическом (рисунок слева); чтобы выбрать предел, надо перейти к списку "Декада"; выбрать декаду, которая включает необходимый предел; перейти к списку "Предел" и выбрать нужный предел;

Выбор предела тока

Выбор предела

☒ Автомат

☐ Ручной

Выход

☒ < 5 А

☐ < 100 А

Выбран предел

100 мкА

Декада

☒ 100 мкА

☐ 1 мА

☐ 10 мА

☐ 100 мА

☐ 1 А

☐ 5 А

Предел

☒ 100 мкА

Выбор предела тока

Выбор предела

☐ Автомат

☒ Ручной

Выход

☒ < 5 А

☐ < 100 А

Выбран предел

100 мкА

Декада

☒ 100 мкА

☐ 1 мА

☐ 10 мА

☐ 100 мА

☐ 1 А

☐ 5 А

Предел

☒ 100 мкА

«Выбор предела»

«Выход»

«Декада»

«Предел»

Рисунок 3.9

Рисунок 3.10

Для выбора необходимого списка, можно нажать соответствующую функциональную кнопку, или перейти при помощи кнопок "Вперед" и "Назад" (группа "Переход"). Для выхода из диалога, необходимо нажать кнопку "Отмена/Выход".

3.2.4 Калибратор мощности

Калибратор мощности		Опции
U	+000.000 мВ	U
I	+000.000 мкА	I
P	+0.00000 мВт	P

Рисунок 3.11 Режим постоянного тока.

Режим переменного тока

В этом режиме есть три варианта отображения мощности:

- активная мощность (P);
- реактивная мощность (Q);
- полная мощность (S);

Калибратор мощности		
U	000.000	мВ
I	0.00000	мА
P	+0.00000	мВт
F	050.000	Гц
φ	+000.000	°

Рисунок 3.12

Калибратор мощности		
U	000.000	мВ
I	0.00000	мА
Q	+0.00000	мвар
F	050.000	Гц
φ	+000.000	°

Рисунок 3.13

Калибратор мощности		
U	000.000	мВ
I	0.00000	мА
S	+0.00000	мВ·А
F	050.000	Гц
φ	+000.000	°

Рисунок 3.14

Для выбора параметров отображения мощности необходимо нажать на функциональную кнопку "Опции Р", "Опции Q" или "Опции S", в результате вызывается диалог:

Выбор показываемой мощности

Выберите из списка режим отображения мощности и нажмите «Ввод»:

☒ Активная мощность

☐ Реактивная мощность

☐ Полная мощность

Рисунок 3.15

Угол сдвига фаз может выводиться в следующих единицах:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

36

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

- в градусах;
- в косинусах угла;
- в синусах угла;

Калибратор мощности		
U	000.000	МВ
I	0.00000	мА
P	+0.00000	мВт
F	050.000	Гц
cosφ	+1.00000	[L]

Рисунок 3.16

Калибратор мощности		
U	000.000	МВ
I	0.00000	мА
P	+0.00000	мВт
F	050.000	Гц
cosφ	+1.00000	[C]

Рисунок 3.17

Калибратор мощности		
U	000.000	МВ
I	0.00000	мА
P	+0.00000	мВт
F	050.000	Гц
sinφ	+0.00000	

Рисунок 3.18

Для выбора режима отображения угла сдвига фаз необходимо нажать на функциональную кнопку "Опции ф", "Опции cosφ" или "Опции sinφ", в результате вызывается диалог:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

Выбор вида отображения угла сдвига фаз**Выберите нужный режим и нажмите «Ввод»:****Вид отображения:**

- ☒ В градусах
☐ В косинусах угла
☐ В синусах угла

Характер имитируемой нагрузки:

- ☒ Индуктивная нагрузка
☐ Емкостная нагрузка

Рисунок 3.19

Выбор вида отображения угла сдвига фаз**Выберите нужный режим и нажмите «Ввод»:****Вид отображения:**

- ☐ В градусах
☒ В косинусах угла
☐ В синусах угла

Характер имитируемой нагрузки:

- ☒ Индуктивная нагрузка
☐ Емкостная нагрузка

Рисунок 3.20

В режиме "cosφ" доступен выбор характера имитируемой нагрузки.

3.2.5 Специальные режимы

Специальные режимы предназначены для выполнения автоматизированной поверки.

Начало поверки

Перед началом поверки надо выбрать тип прибора и способ прохода по точкам.

При поверке стрелочных приборов необходимо подходить к поверяемой отметке только в одном направлении.

Для этого предусмотрены два варианта с выполнением подхода к отметке:

Вариант 1 - все операции делаются за один проход, начиная с первой и заканчивая последней отметкой, причем к каждой отметке делаются два подхода, сначала снизу, а затем сверху;

Вариант 2 - все операции делаются за два прохода, сначала проходят от первой до последней отметки, а затем от последней к первой, причем направление подхода совпадает с направлением перехода между отметками.

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

38

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

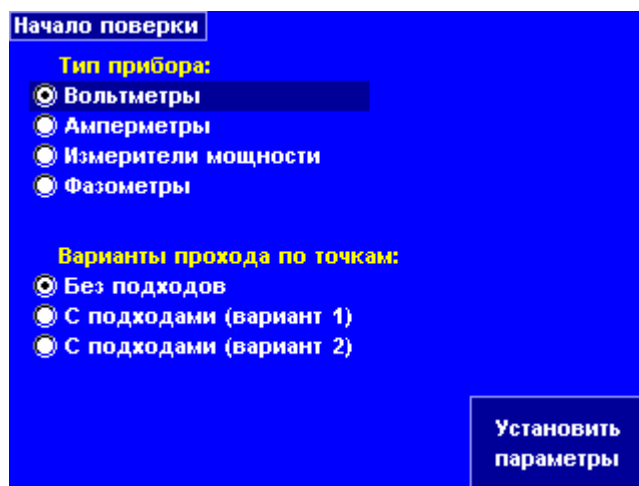


Рисунок 3.21

Вариант «Без подходов» используется для поверки цифровых приборов. Для продолжения надо нажать функциональную кнопку "Установить параметры", в результате вызывается диалог установки параметров, каждому типу приборов соответствует свой перечень параметров.

Установка параметров для поверки

Обозначения параметров:

- Род тока - определяет род тока
- Вых.U - определяет используемый выход канала напряжения
- Вых.I - определяет используемый выход канала тока
- Umax - максимальное напряжение вольтметра
- Umin - минимальное напряжение вольтметра
- Unom - номинальное напряжение для измерителя мощности и фазометра
- Imax - максимальный ток амперметра, измерителя мощности и фазометра
- Imin - минимальный ток амперметра
- Af - нормирующее значение для вычисления погрешности
- F - значение частоты
- N - число разбиений шкалы
- [Δ] - класс точности прибора

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Обозначения параметров:					
					• Род тока - определяет род тока					
					• Вых. U - определяет используемый выход канала напряжения					
					• Вых. I - определяет используемый выход канала тока					
					• U _{max} - максимальное напряжение вольтметра					
					• U _{min} - минимальное напряжение вольтметра					
					• U _{nom} - номинальное напряжение для измерителя мощности и фазометра					
					• I _{max} - максимальный ток амперметра, измерителя мощности и фазометра					
					• I _{min} - минимальный ток амперметра					
					• Af - нормирующее значение для вычисления погрешности					
					• F - значение частоты					
• N - число разбиений шкалы										
• [Δ] - класс точности прибора										
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000PЭ					Лист
										39

- Мощн. - определяет какой вид мощности измеряет прибор: активную, реактивную или полную
- $\cos\varphi$ - значение косинуса угла сдвига фаз, при котором будет поверяться измеритель мощности
- Реж.ф - определяет как поверяемый прибор показывает сдвиг фаз: в градусах, синусах или косинусах угла
- φ_{\max} - максимальное значение шкалы измерителя сдвига фаз
- φ_{\min} - минимальное значение шкалы измерителя сдвига фаз

Для изменения значения параметра необходимо, при помощи кнопок "Вверх" или "Вниз", выбрать нужный параметр. Параметры можно разделить на два вида:

- перечисляемые (имеют заранее известный перечень значений), их значения выбираются перебором, при помощи кнопки "Ввод";
- имеющие числовое значение, для изменения надо нажать "Ввод", появится поле ввода с курсором внутри, при помощи кнопок цифровой клавиатуры ввести значение и, для завершения, нажать "Ввод".

Параметры для вольтметров		
Род тока	перем.	
Вых. U	< 0.3 В	
U _{max}	0	мВ
U _{min}	0	мВ
Af	0	мВ
F	50	Гц
N	5	
[Δ]	1	%
t	10	сек
Начать поверку		

Рисунок 3.22

Параметры для амперметров		
Род тока	перем.	
Вых. I	< 5 А	
I _{max}	0	мкА
I _{min}	0	мкА
Af	0	мкА
F	50	Гц
N	5	
[Δ]	1	%
t	10	сек
Начать поверку		

Рисунок 3.23

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

40

Параметры для измерителей мощности

Род тока	перем.	
Мощн.	Актив.	
Вых. U	< 250 В	
Вых. I	< 5 А	
Unom	0	мВ
I _{max}	0	мкА
Af	0	мВт
F	50	Гц
cosφ	+1	

Начать поверку

Рисунок 3.24

Параметры для фазометров

Реж. φ	φ	
Вых. U	< 250 В	
Вых. I	< 5 А	
Unom	0	мВ
I _{max}	0	мкА
φ _{max}	+0	°
φ _{min}	+0	°
F	50	Гц
Af	0	°

Начать поверку

Рисунок 3.25

Когда все параметры введены, нажатием на функциональную кнопку "Начать поверку" можно перейти непосредственно к поверке.

Поверка.

Подстройка значения производится при помощи курсорных кнопок "Влево" и "Вправо". Если при подстройке «промахнулись» мимо отметки, подход можно повторить, нажав на функциональную кнопку "Повтор шага", при этом прибор будет возвращен в точку начала подхода. При нормальном проходе отметки нажать кнопку «Следующий шаг». Посмотреть результат поверки можно нажав кнопку «Показать результат». После поверки последней точки прибора окно «Результат поверки» на экране появится автоматически.

Поверка основной погрешности		Следующий шаг
Номер отметки	0	
Номинал, мВ	-100.000	Повтор шага
Установлено, мВ	-099.700	
Отклонение, мВ	+000.300	
Погрешность, %	+0.15	
Направление	вверх	
Подход	нет	Показать результат

Рисунок 3.26

Результат поверки

Результат поверки					
№	Номинал, мВ	$\Delta 1$, мВ	$\delta 1$, %	$\Delta 2$, мВ	$\delta 2$, %
0	-100	+0.3	+0.15	-	-
1	-80	+0.1	+0.05	-	-
2	-60	-0.1	-0.05	-	-
3	-40	-0.1	-0.05	-	-
4	-20	+0.1	+0.05	-	-
5	-0	+0.1	+0.05	-	-
6	+20	+0.2	+0.1	-	-
7	+40	+0.3	+0.15	-	-
8	+60	-0.1	-0.05	-	-
9	+80	-0.2	-0.1	-	-
10	+100	-0.4	-0.2	-	-

Рисунок 3.27

3.2.6 Опции и калибровки

Диалог в этом режиме разбит на страницы, каждая из которых выбирается соответствующей функциональной кнопкой:

- Опции пользователя;
- Калибровка базового блока;
- Калибровка силового блока;
- Компарирование;
- Информация.

Калибровка базового блока

Необходимая калибровка выбирается из списка при помощи кнопок "Вверх" и "Вниз", а затем, чтобы выполнить операцию, нажать "Ввод":

- ДС-калибровка АЦП
- Калибровка ИОН АЦП
- Калибровка сдвига фазы в АЦП
- Калибровка нуля
- Калибровка предела
- АС-калибровка предела

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

42

- Калибровка пределов по фазе
- Сброс калибровочных констант

Калибровка базового блока	Опции пользователя	Калибровка базового блока	Опции пользователя
<p>Выберите операцию из списка и нажмите «Ввод»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> DC-калибровка АЦП <input type="radio"/> Калибровка ИОН АЦП <input type="radio"/> Калибровка сдвига фазы в АЦП <input type="radio"/> Калибровка нуля в канале U <input type="radio"/> Калибровка нуля в канале I <input type="radio"/> Калибровка предела в канале U <input type="radio"/> Калибровка предела в канале I <input type="radio"/> AC-калибровка канала U <input type="radio"/> AC-калибровка канала I <input type="radio"/> Калибровка пределов по фазе <input type="radio"/> Сброс калибровочных констант 	<p>Калибровка базового блока</p> <p>Калибровка силового блока</p> <p>Компарирование</p> <p>Информация</p>	<p>Выберите операцию из списка и нажмите «Ввод»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> DC-калибровка АЦП <input type="radio"/> Калибровка нуля в канале U <input type="radio"/> Калибровка нуля в канале I 	<p>Калибровка базового блока</p> <p>Калибровка силового блока</p> <p>Компарирование</p> <p>Информация</p>

Рисунок 3.28

Рисунок 3.29

Рисунок слева - доступны все калибровки, рисунок справа - доступны калибровки разрешенные конечному пользователю.

Калибровка силового блока

Необходимая калибровка выбирается из списка при помощи кнопок "Вверх" и "Вниз", а затем, чтобы выполнить операцию, надо нажать "Ввод":

- Калибровка нуля
- Калибровка предела
- AC-калибровка предела
- Калибровка пределов по фазе

Калибровка силового блока	Опции пользователя	Калибровка силового блока	Опции пользователя
<p>Выберите операцию из списка и нажмите «Ввод»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Калибровка нуля в канале U <input type="radio"/> Калибровка нуля в канале I <input type="radio"/> Калибровка предела в канале U <input type="radio"/> Калибровка предела в канале I <input type="radio"/> AC-калибровка канала U <input type="radio"/> AC-калибровка канала I <input type="radio"/> Калибровка пределов по фазе 	<p>Калибровка базового блока</p> <p>Калибровка силового блока</p> <p>Компарирование</p> <p>Информация</p>	<p>Выберите операцию из списка и нажмите «Ввод»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Калибровка нуля в канале U <input type="radio"/> Калибровка нуля в канале I 	<p>Калибровка базового блока</p> <p>Калибровка силового блока</p> <p>Компарирование</p> <p>Информация</p>

Рисунок 3.30

Рисунок 3.31

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Рисунок 3.32

3.2.6.1 Опции пользователя

Компарирование

Выберите операцию из списка и нажмите «Ввод»:

☒ Компарирование в канале U

☐ Компарирование в канале I

Опции пользователя

Калибровка базового блока

Калибровка силового блока

Компарирование

Информация

Опции пользователя	Опции пользователя
<p>Схема подключения нагрузки:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 2-х проводная ⊗ 4-х проводная 	
<p>Экран и зажим «Lo»:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ разъединены ⊗ соединены 	<p>Калибровка базового блока</p>
<p>Экран и корпус:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ разъединены ⊗ соединены 	<p>Калибровка силового блока</p>
<p>Действительное значение внешней меры сопротивления:</p>	
<p>$R = 0.99956 \text{ Ом}$</p>	
<p>Компарирование</p>	
<p>Информация</p>	

Рисунок 3.33

Для того, чтобы изменить значение опции, необходимо сначала выбрать ее при помощи кнопок "Вперед" или "Назад" (группа "Переход").

Опции можно разделить на две группы:

- выбираемые из предложенного списка, имеющие заранее известный ряд значений; выбор производится при помощи кнопок "Вверх" и "Вниз";
- имеющие значение в формате с плавающей запятой; вводится в поле ввода при помощи цифровых кнопок.

Если значение какой либо опции было изменено, то при выходе из диалога нажатием кнопки «Выход» или переходе на другую страницу нажатием одной из функциональных кнопок выдается запрос на подтверждение изменения опции:

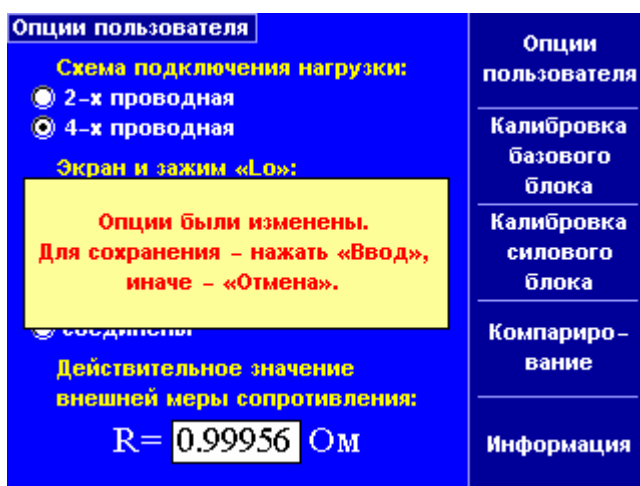


Рисунок 3.34

Действительное значение внешней меры, используемой для получения напряжений, величиной менее 300 мВ, должно быть равно 1 Ом +/- 1%.

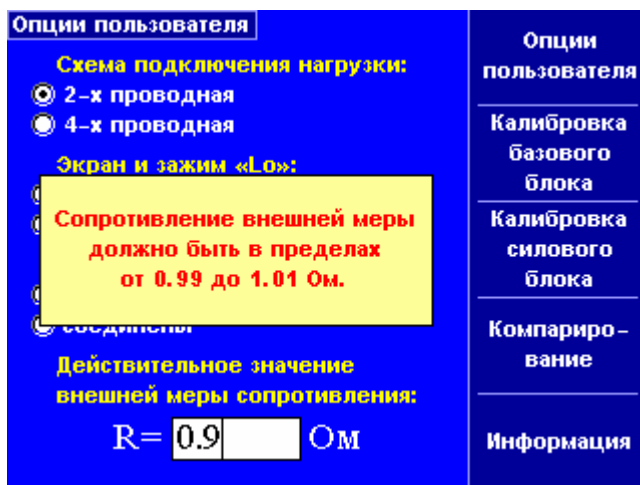


Рисунок 3.35

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

3.2.6.2 Калибровка АЦП по постоянному току

Калибровка проходит в автоматическом режиме.

После вызова калибровки необходимо дождаться ее завершения.

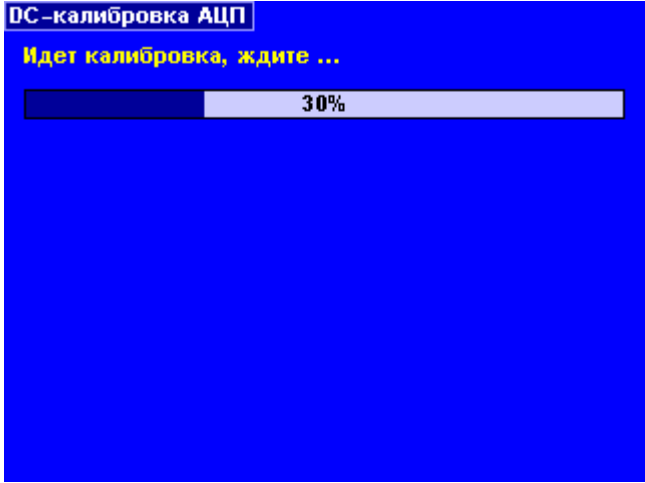


Рисунок 3.36

3.2.6.3 Калибровка ИОН АЦП

Для выполнения калибровки, необходимо подключить образцовый источник напряжения к клеммам "НЭ" на задней панели прибора и ввести его действительное значение.

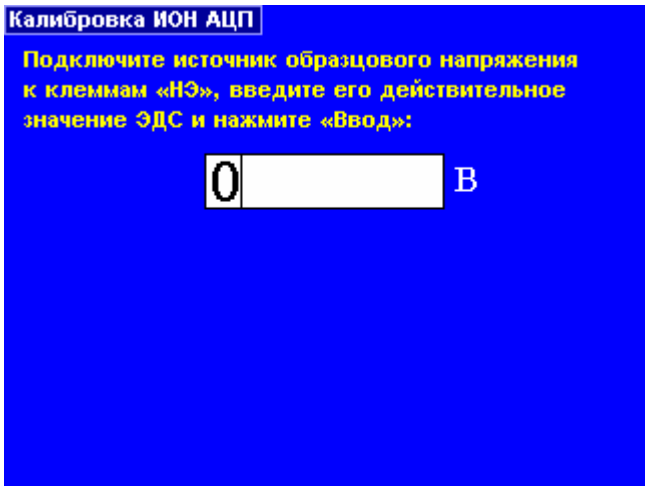


Рисунок 3.37

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ				

Лист
46

После нажатия на кнопку "Ввод", запускается процесс калибровки, необходимо дождаться завершения его выполнения.

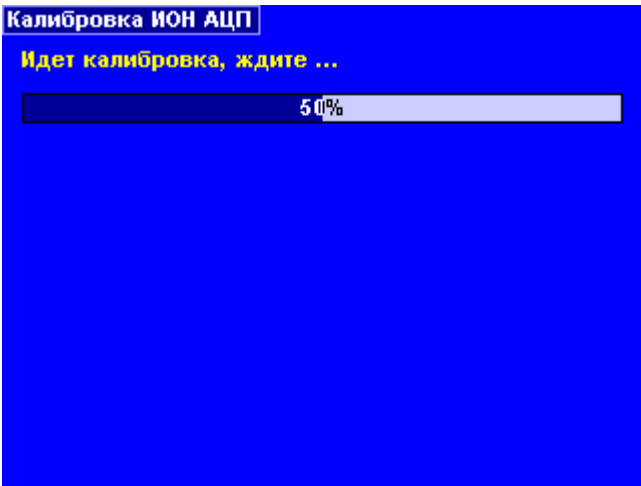


Рисунок 3.38

3.2.6.4 Калибровка нуля

Базовый блок

Калибровка` нуля в канале U проходит в автоматическом режиме.

После вызова калибровки необходимо только дождаться ее завершения.

При калибровке нуля в канале тока необходимо измерить действительное значение смещения на выходе и ввести его. Повторить операцию для всех калибровочных пределов.

После нажатия на "Ввод", начинает выполняться процесс калибровки, необходимо дождаться его завершения.

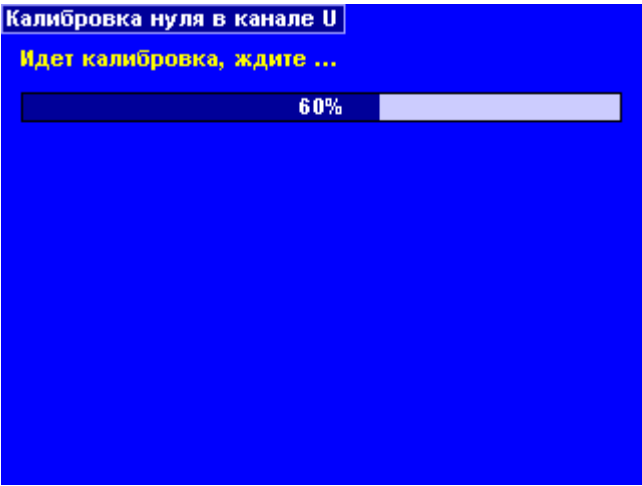


Рисунок 3.40

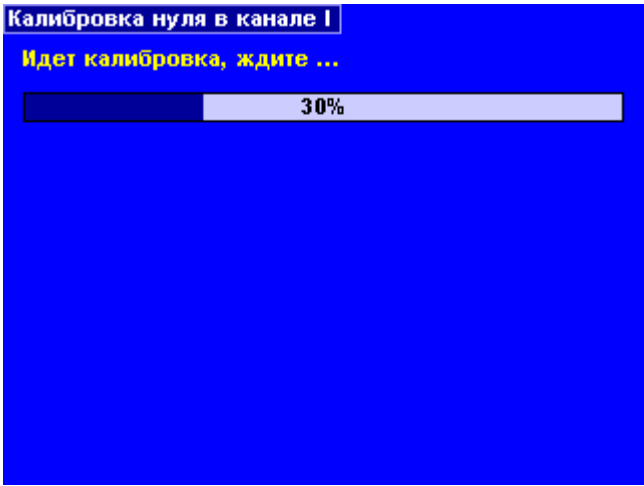


Рисунок 3.41

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000PЭ				
------------------------------	--	--	--	--

Лист
47

На рисунке слева - калибровка в канале напряжения, справа - в канале тока.

Силовой блок

В силовом блоке для калибровки нуля необходимо измерить действительное значение смещения на выходе и ввести его.

Калибровка нуля в канале U силового блока

Текущий предел – 250 В.
Введите измеренное значение смещения
и нажмите «Ввод»:

+0 В

Калибровка нуля в канале I силового блока

Текущий предел – 5 А.
Введите измеренное значение смещения
и нажмите «Ввод»:

+0 мА

Рисунок 3.42

Рисунок 3.43

На рисунке слева - в канале напряжения, справа - в канале тока.

После нажатия на "Ввод", начинает выполняться процесс калибровки, необходимо дождаться его завершения.

Калибровка нуля в канале U силового блока

Идет калибровка, ждите ...

40%

Калибровка нуля в канале I силового блока

Идет калибровка, ждите ...

30%

Рисунок 3.44

Рисунок 3.45

На рисунке слева калибровка в канале напряжения, справа - в канале тока.

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

48

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

3.2.6.5 Калибровка предела на постоянном токе

Операции калибровки для обоих каналов идентичны, на рисунках слева - показывается калибровка в канале напряжения, справа - в канале тока.

Базовый блок

Сначала, при помощи кнопок "Вверх" и "Вниз", необходимо выбрать предел из списка и нажать "Ввод".

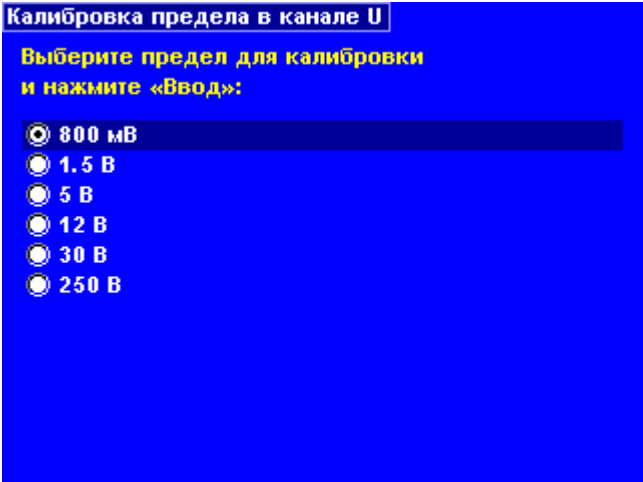


Рисунок 3.46

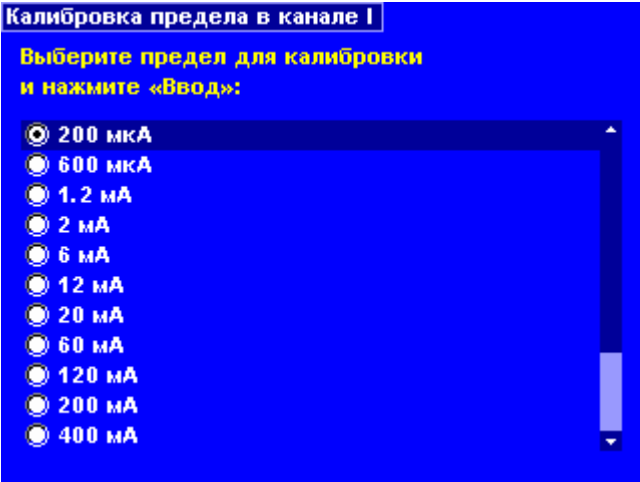


Рисунок 3.47

Затем ввести величину сигнала в диапазоне от 0.5 до 1.0 значения предела, при котором будет проводиться калибровка и нажать "Ввод".

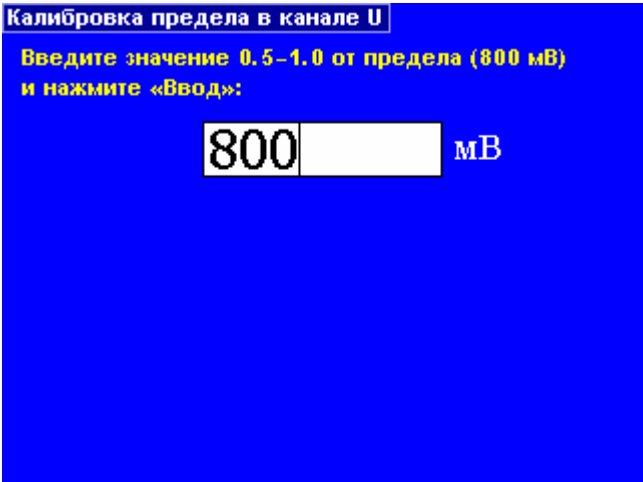


Рисунок 3.48

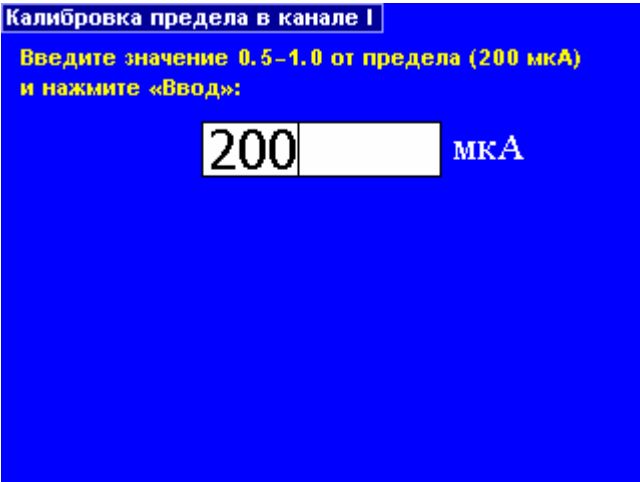


Рисунок 3.49

На выходе калибратора выдается сигнал, величину которого необходимо измерить образцовым прибором и занести в окно ввода.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

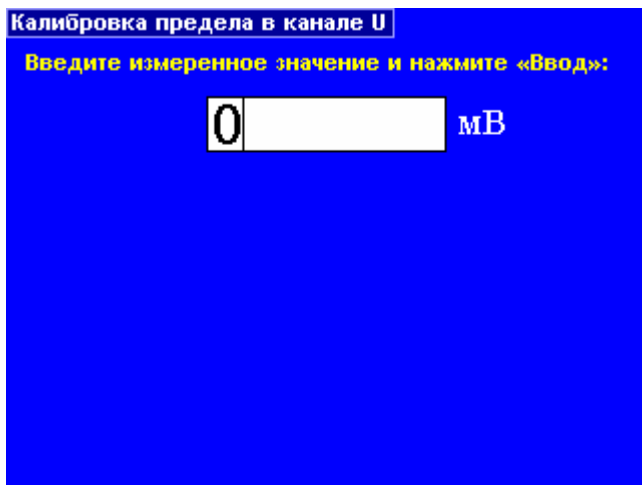


Рисунок 3.50

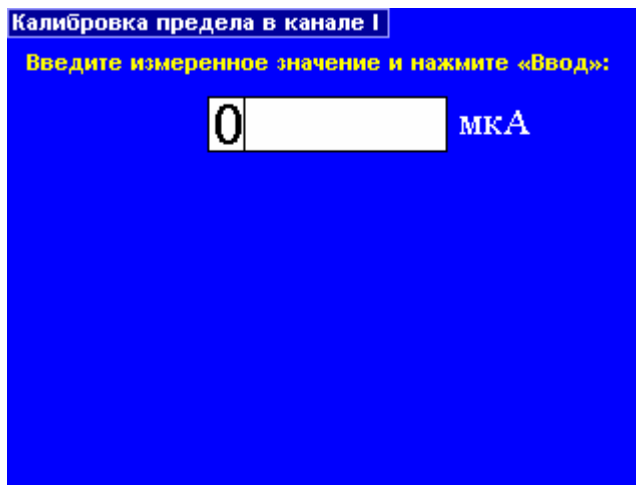


Рисунок 3.51

После нажатия кнопки "Ввод", начинается процесс калибровки, необходимо дождаться его завершения.

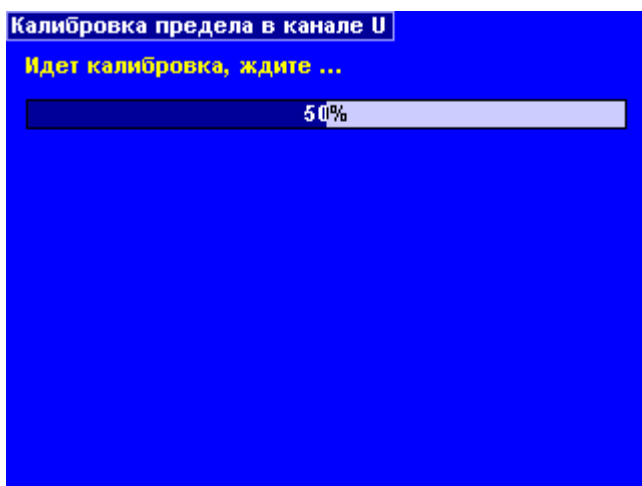


Рисунок 3.52

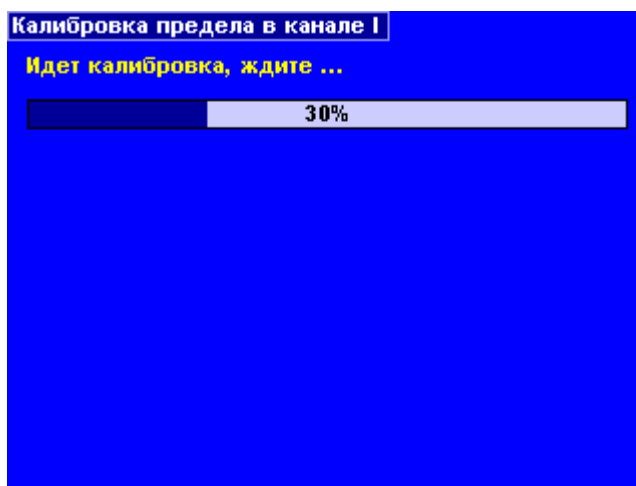


Рисунок 3.53

Силовой блок

При помощи кнопок "Вверх" и "Вниз" выберите необходимый предел из списка и нажмите кнопку "Ввод".

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

50

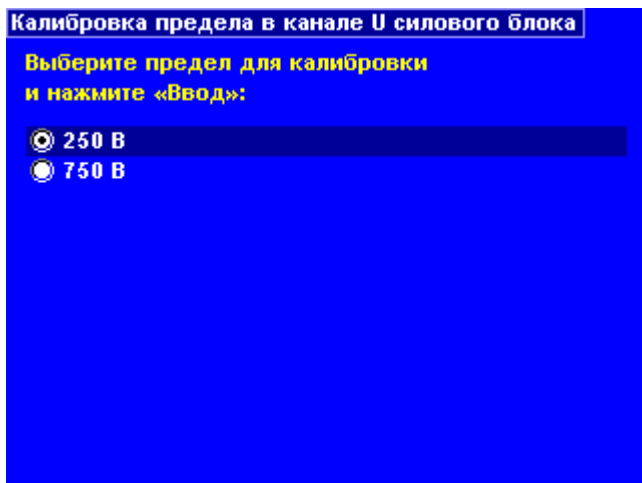


Рисунок 3.54

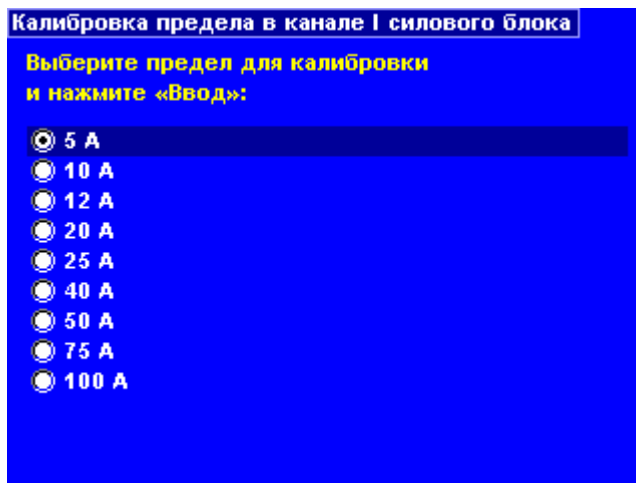


Рисунок 3.55

Затем введите величину сигнала в диапазоне от 0.5 до 1.0 значения предела, при котором будет проводиться калибровка и нажмите кнопку "Ввод".

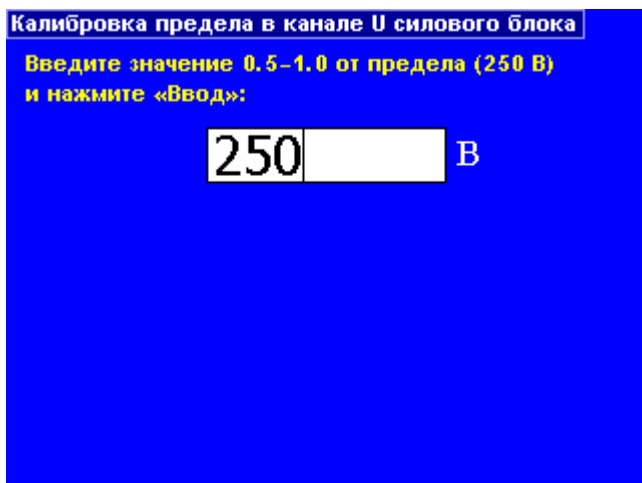


Рисунок 3.56

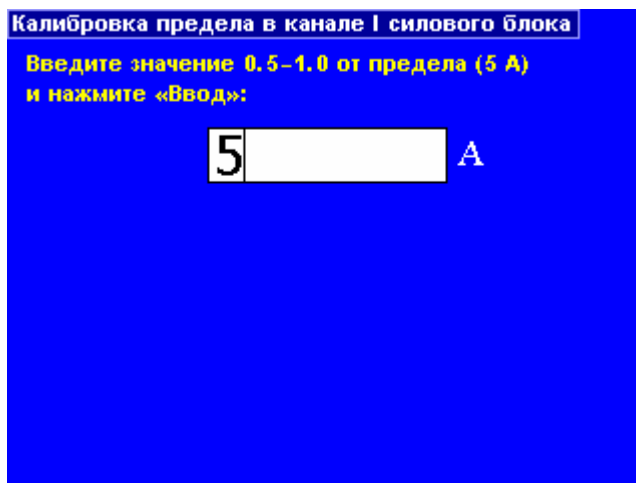


Рисунок 3.57

На выходе калибратора выдается сигнал, величину которого необходимо измерить образцовым прибором и ввести.

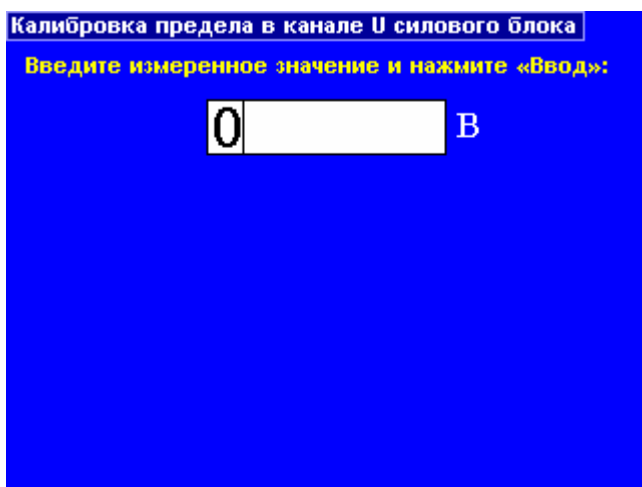


Рисунок 3.58

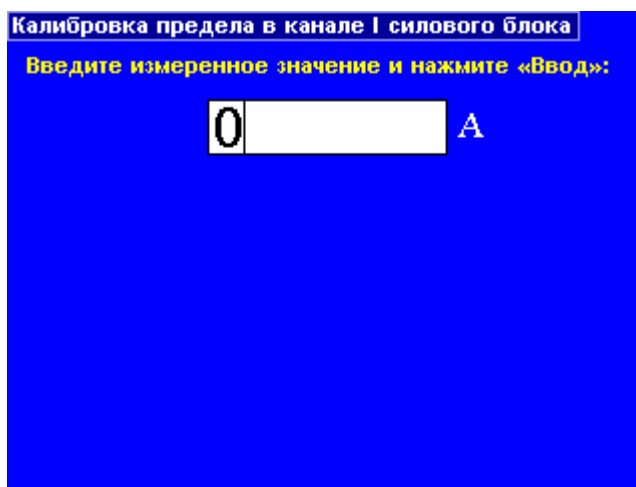


Рисунок 3.59

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № док.	Взам. инв. №
Име. № док.	Подп. и дата
Име. № док.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

51

После нажатия на кнопку "Ввод", начинается процесс калибровки, необходимо дождаться его завершения.

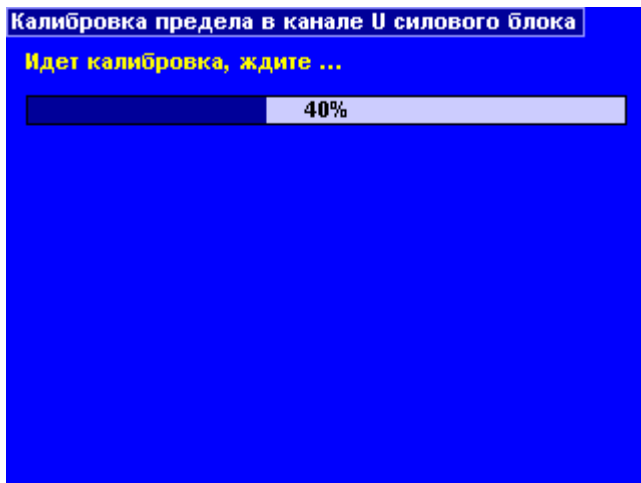


Рисунок 3.60

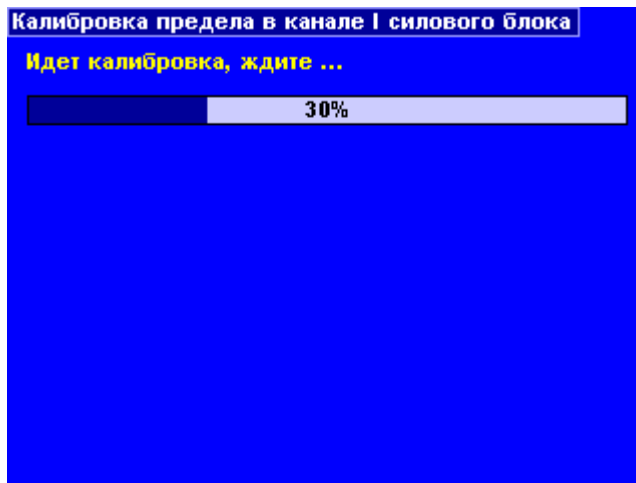


Рисунок 3.61

3.2.6.6 Калибровка предела на переменном токе

Калибровка производится с подключением приборов по схеме рис.13 3М00.71751075.00.00.00.000 МП для напряжения переменного тока и по схеме рис.15 3М00.71751075.00.00.00.000 МП для силы переменного тока.

Операции калибровки для обоих каналов идентичны, на рисунках слева - показывается калибровка в канале напряжения, справа - в канале тока.

Базовый блок

Сначала, при помощи кнопок "Вверх" и "Вниз", установите необходимый предел из списка и нажмите кнопку "Ввод".

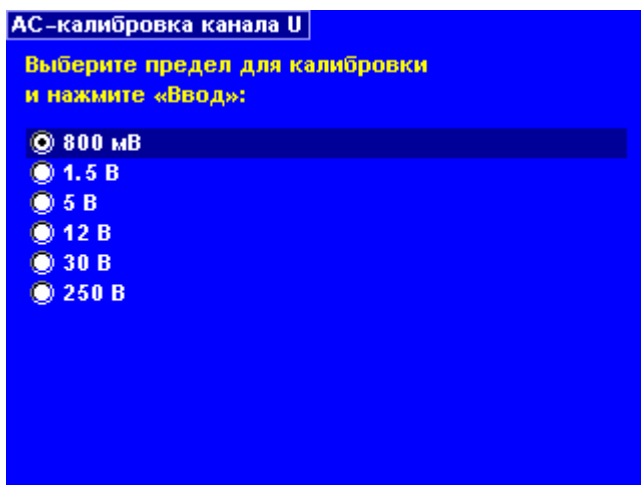


Рисунок 3.62

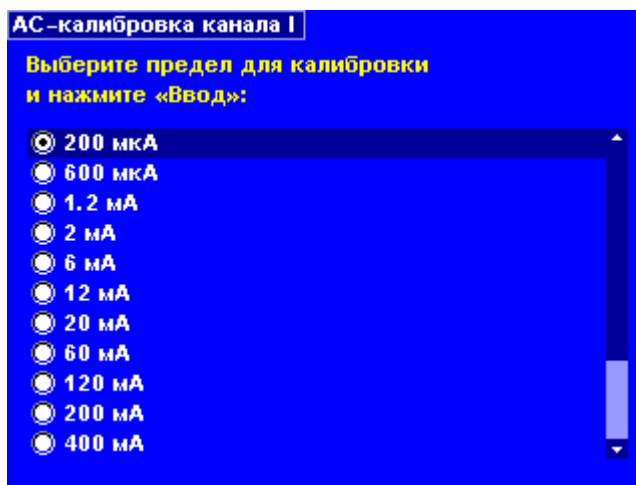


Рисунок 3.63

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3М00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

52

Затем введите величину сигнала в диапазоне от 0.5 до 1.0 значения предела, при котором будет проводиться калибровка.

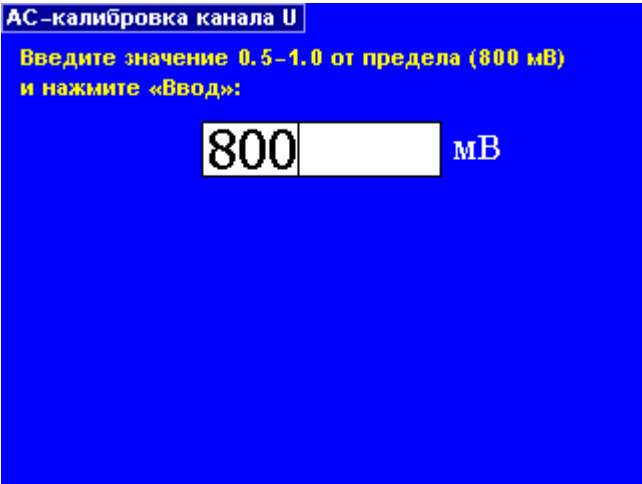


Рисунок 3.64

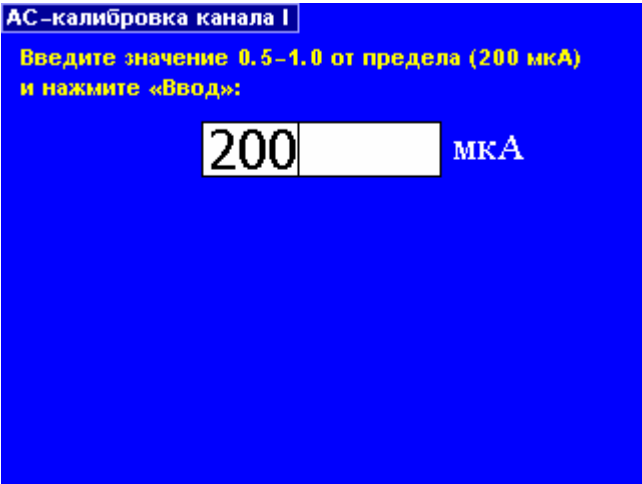


Рисунок 3.65

После нажатия кнопки "Ввод", начинается процесс калибровки, необходимо дождаться его завершения.

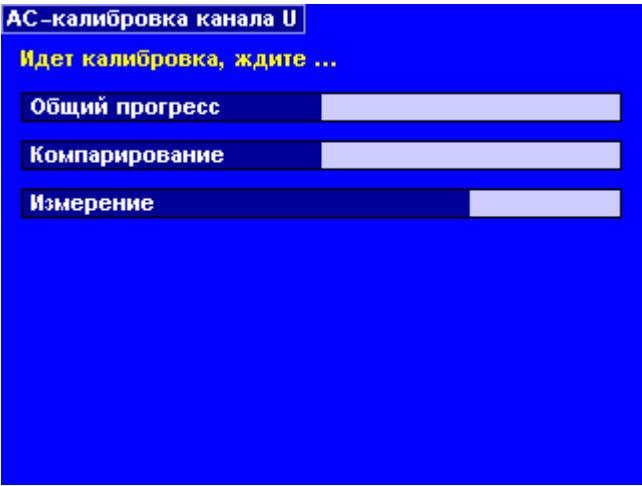


Рисунок 3.66

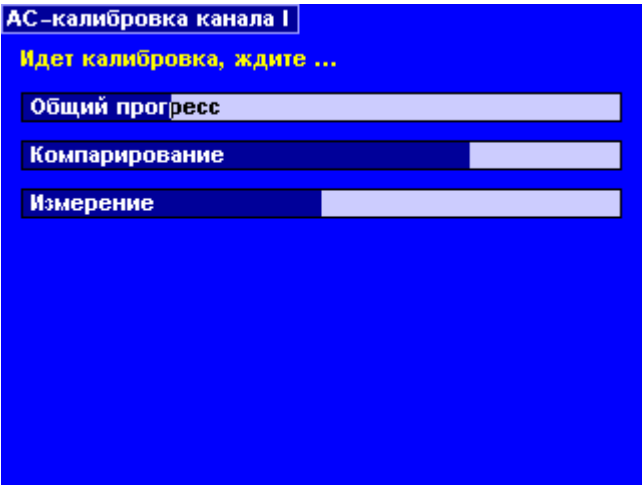


Рисунок 3.67

Силовой блок

Калибровка производится с подключением приборов по схеме рис.14 3М00.71751075.00.00.00.000 МП для напряжения переменного тока и по схемам рис.16...18 3М00.71751075.00.00.00.000 МП для силы переменного тока. Сначала, при помощи кнопок "Вверх" и "Вниз", установите необходимый предел из списка и нажмите кнопку "Ввод".

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3М00.71751075.00.00.00.000РЭ				Лист
				53

АС-калибровка канала U силового блока

Выберите предел для калибровки и нажмите «Ввод»:

- ☒ 250 В
- ☐ 750 В

АС-калибровка канала I силового блока

Выберите предел для калибровки и нажмите «Ввод»:

- ☒ 5 А
- ☐ 10 А
- ☐ 12 А
- ☐ 20 А
- ☐ 25 А
- ☐ 40 А
- ☐ 50 А
- ☐ 75 А
- ☐ 100 А

Рисунок 3.68

Рисунок 3.69

Введите величину сигнала в диапазоне от 0.5 до 1.0 значения предела, при котором будет проводиться калибровка.

АС-калибровка канала U силового блока

Введите значение 0.5–1.0 от предела (250 В) и нажмите «Ввод»:

250 В

АС-калибровка канала I силового блока

Введите значение 0.5–1.0 от предела (5 А) и нажмите «Ввод»:

5 А

Рисунок 3.70

Рисунок 3.71

После нажатия кнопки "Ввод", начинается процесс калибровки, необходимо дождаться его завершения.

АС-калибровка канала U силового блока

Идет калибровка, ждите ...



АС-калибровка канала I силового блока

Идет калибровка, ждите ...



Рисунок 3.72

Рисунок 3.73

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

54

3.2.6.7 Калибровка пределов по фазе

Последовательность выполнения калибровки показана на рисунке 3.74.

Действия выполняемые с участием оператора выделены зеленым фоном.

Примеры установки вводимых параметров приведены на рисунках 3.75 ... 3.78

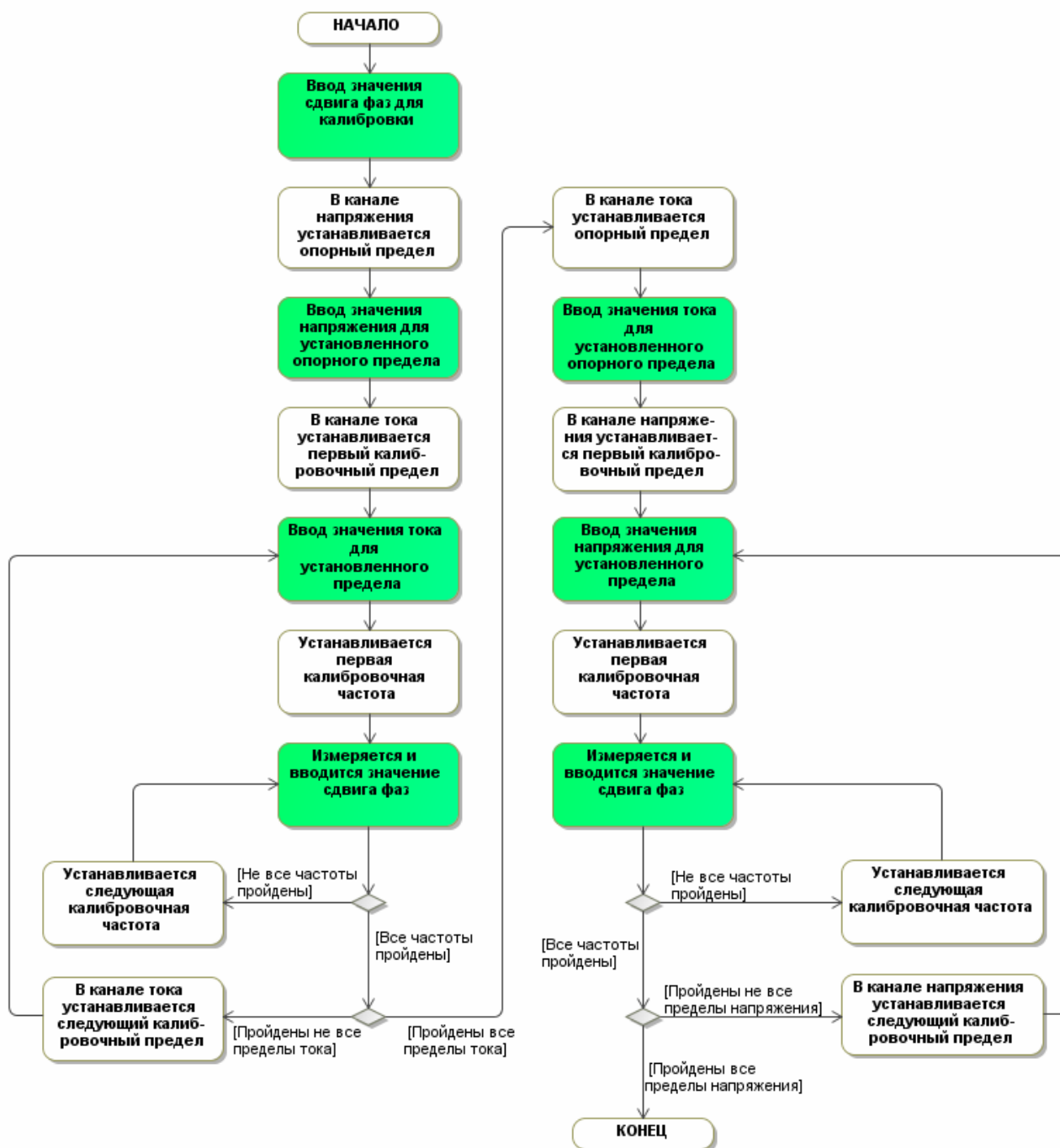


Рисунок 3.74 Алгоритм выполнения калибровки

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

55

Ввод номинального значения угла сдвига фаз для калибровки.

Рисунок 3.75

Ввод значения напряжения для заданного предела напряжения.

Рисунок 3.76

Ввод значения тока для заданного предела тока

Рисунок 3.77

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

56

Ввод измеренного значения сдвига фаз.

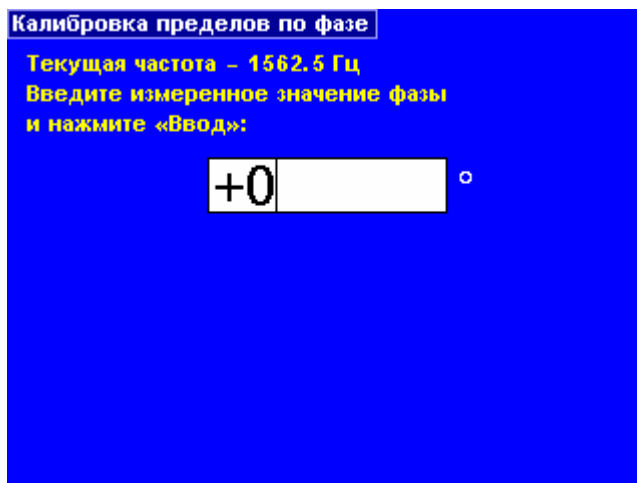


Рисунок 3.78

3.2.6.8 Сброс калибровочных констант

Эта операция предназначена для записи корректных, но не калиброванных значений калибровочных констант. Эта операция производится в случае, если не удастся откалибровать какой-нибудь предел. Все калибровки аннулируются и комплекс необходимо калибровать с самого начала.

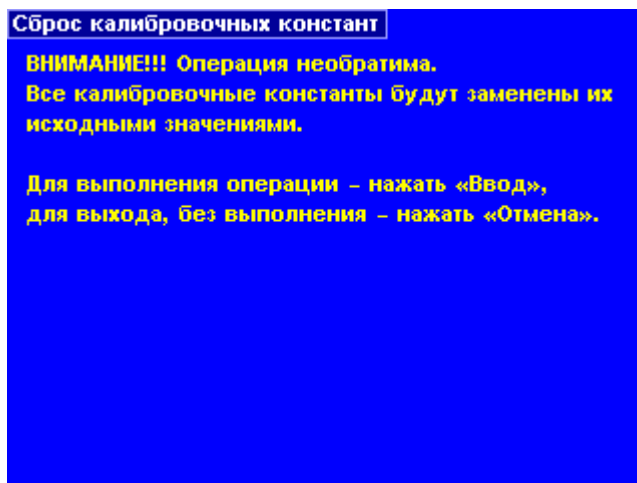


Рисунок 3.79

Операция завершена.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

57

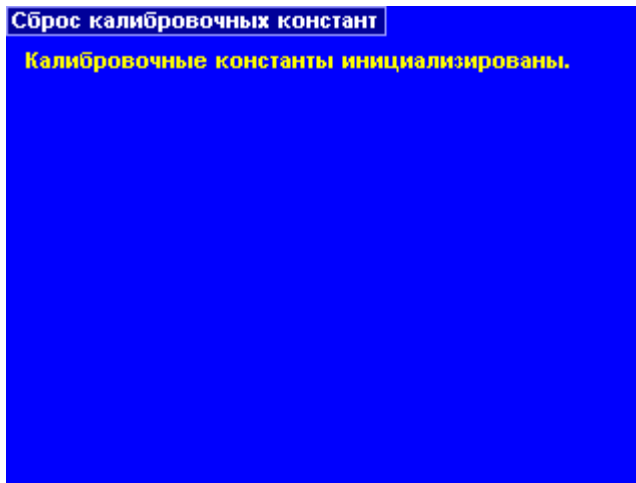


Рисунок 3.80

3.2.6.9 Компарирование

Режим предназначен для ускорения поверки комплекса (калибратора и усилителя) на переменном токе, когда приходится компарировать сигнал переменного тока с постоянным. Порядок выполнения операций:

- Собрать необходимую схему поверки согласно методики поверки 3M00.71751075.00.00.00.000 МП;
- Переключиться в режим переменного тока;
- Переместить курсор в поле ввода частоты и установить ее значение;
- Переместить курсор в поле ввода переменного напряжения (тока);
- Нажать функциональную кнопку "Опции U" ("Опции I") и выбрать необходимый предел (доступен только ручной режим переключения пределов);
- Ввести значение переменного напряжения (тока), при этом такое же значение автоматически установится и в поле постоянного напряжения (тока);
- Далее меняя режим постоянного и переменного тока кнопками «Род тока» и подстраивая значение постоянного напряжения (тока), добиться одинаковых показаний внешнего измерителя ТЭДС для обоих режимов.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ				Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

Значение переменного напряжения (тока) и частоты можно изменить только при включенном режиме переменного тока, а значение постоянного напряжения (тока) - только в режиме постоянного тока.

Канал напряжения

Компарирование в канале U	Опции	Компарирование в канале U	U~
U~ 0.00000 мВ	U~	U~ 0.00000 мВ	
U= +0.00000 мВ	U=	U= +0.00000 мВ	U=
F 050.000 Гц	F	F 050.000 Гц	F

Рисунок 3.81

Рисунок 3.82

На рисунке слева включен режим компарирования в канале напряжения переменного тока, справа – режим компарирования в канале напряжения постоянного тока.

Канал тока

Компарирование в канале I	Опции	Компарирование в канале I	I~
I~ 0.00000 мкА	I~	I~ 0.00000 мкА	
I= +0.00000 мкА	I=	I= +0.00000 мкА	I=
F 050.000 Гц	F	F 050.000 Гц	F

Рисунок 3.83

Рисунок 3.84

На рисунке слева включен режим компарирования в канале переменного тока, справа - постоянного тока.

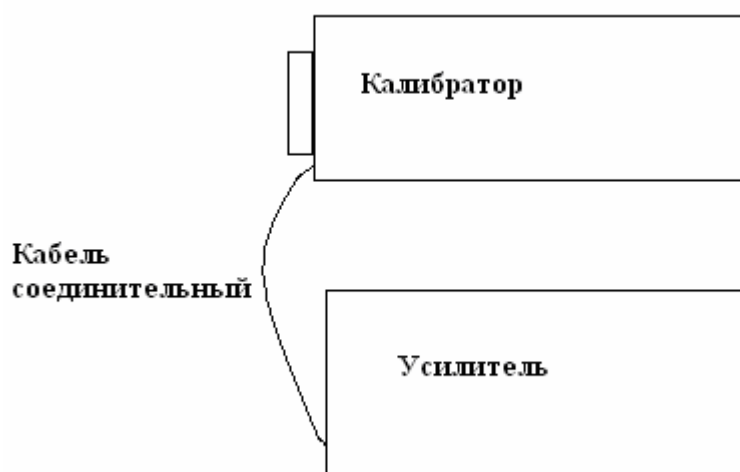
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000PЭ				
------------------------------	--	--	--	--

Лист
59

4.1.4 Включить клавишу «СЕТЬ» калибратора - загорится светодиод, расположенный рядом с этой клавишей. На табло калибратора появится картинка, соответствующая рисунку 3.2 «Основное меню».



При работе калибратора совместно с усилителем включить клавишу «СЕТЬ» усилителя - загорится светодиод, расположенный рядом с этой клавишей.

Внимание! Усилитель включать только после загрузки «Основное меню» калибратора (рис.3.2.). Выключение производить в обратной последовательности.

4.1.5 Прогреть комплекс поверочный в течение 30 минут.

4.1.6 Произвести калибровку нулей комплекса поверочного. Во время работы комплекса поверочного производить калибровку нулей каждые 4 часа.

4.1.7 Выбор режимов работы комплекса поверочного осуществляется с помощью клавиатуры, описание которой приведено в п.3.

4.1.8 Схемы подключения поверяемых приборов при различных режимах работы комплекса поверочного приведены ниже.

Воспроизводимое напряжение (ток) подается на выходные клеммы калибратора нажатием кнопки «ПУСК», расположенной на передней панели калибратора. При напряжении более 36 вольт загорается светодиод, расположенный на передней панели калибратора, сигнализирующий о наличии опасного напряжения на выходных клеммах. Нажатием кнопки «СТОП» отключается воспроизводимое напряжение от выходных клемм калибратора.

4.1.9 При работе калибратора совместно с усилителем воспроизводимое напряжение подается на выходные клеммы с помощью фиксирующейся кнопки «ПУСК», расположенной на передней панели усилителя. При нажатии этой кнопки загорается светодиод, сигнализирующий о наличии напряжения в выходной цепи. Отключение напряжения от выходных клемм усилителя производится повторным нажатием кнопки «ПУСК».

Ине. № инв.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Ине. № дубл.	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

61

4.2 Работа с комплексом поверочным

4.2.1 Работа с калибратором в режиме воспроизведения напряжения от 0,4 до 250 В

Подключите поверяемый вольтметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.2 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки калибратора или кабеля поверяемого прибора. Входные клеммы поверяемого прибора подключите к выходным клеммам калибратора «U» (низкопотенциальный L_0 и высокопотенциальный H_1 соответственно).

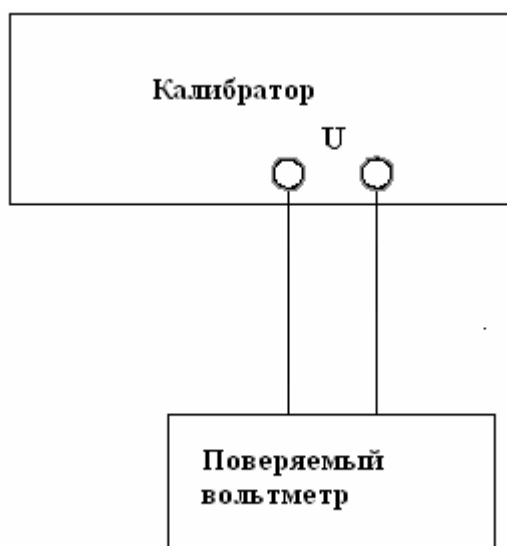


Рисунок 4.2 Схема подключения поверяемых вольтметров
(воспроизводимое калибратором напряжение от 0.4 до 250 В)

С помощью клавиатуры установите напряжение с необходимыми параметрами (диапазон, поддиапазон, частота и т. д.), воспроизводимое калибратором (пп.3.2.2 и 3.2.3) и произведите поверку вольтметра.

4.2.2 Работа с калибратором в режиме воспроизведения напряжения до 300 мВ

Подключите поверяемый вольтметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.3 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

62

калибратора или кабеля поверяемого прибора. При работе с калибратором в режиме воспроизведения напряжения менее 300 мВ необходимо использовать меру сопротивления МС 3050 из комплекта поставки комплекса поверочного в качестве преобразователя ток – напряжение.

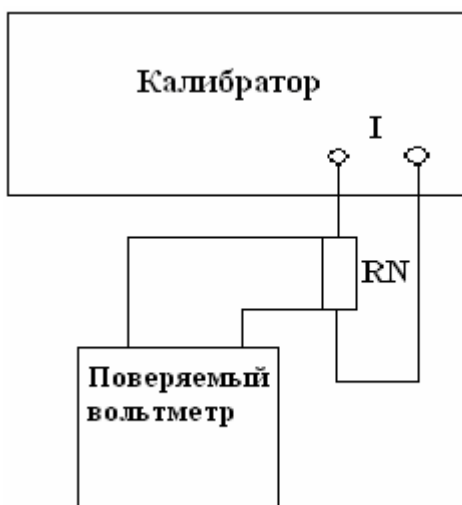


Рисунок 4.3 Схема подключения поверяемых вольтметров
(воспроизводимое калибратором напряжение до 300 мВ)

С помощью клавиатуры установите напряжение с необходимыми параметрами (диапазон, поддиапазон, частота и т. д.), воспроизводимое калибратором (пп.3.2.2 и 3.2.3) и произведите поверку вольтметра. При воспроизведении напряжения до 300 мВ необходимо принять меры для минимизации ТЭДС :

- а) использовать в измерительной цепи медные провода с медными наконечниками;
- б) избегать касания зажимов, соединений и выводов кабелей нагретыми предметами и руками, а если последнее имело место, - необходима двух - трехминутная пауза перед измерениями;
- с) производить компенсацию ТЭДС измерительными приборами, если они это допускают, или учитывать величину ТЭДС в результате измерения.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЗМ00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

63

4.2.3 Работа с комплексом поверочным в режимах воспроизведения напряжения постоянного тока до 1000 В и напряжения переменного тока до 750 В

Подключите поверяемый вольтметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.4 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки комплекса поверочного или кабеля поверяемого прибора. Входные клеммы поверяемого прибора подключите к выходным клеммам усилителя «U» (низкопотенциальный L_0 и высокопотенциальный H_1 соответственно).

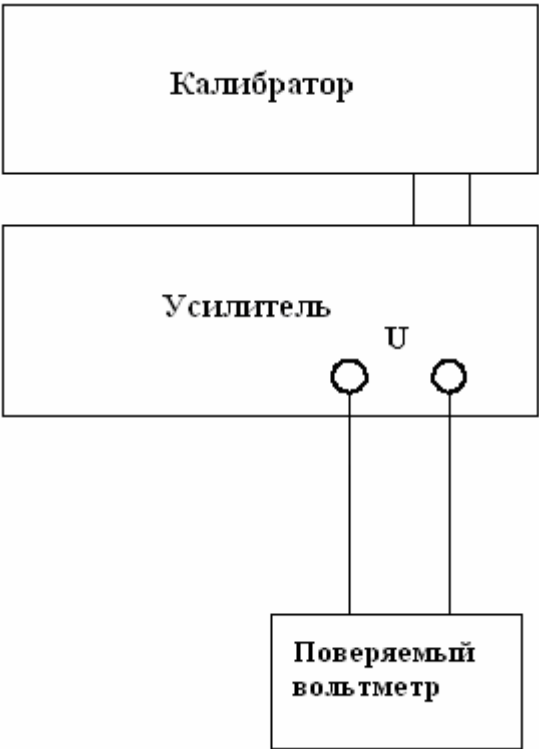


Рисунок 4.4 Схема подключения поверяемых вольтметров

(воспроизводимое комплексом поверочным напряжение до 1000 В постоянного тока и до 750 В переменного тока)

С помощью клавиатуры установите напряжение с необходимыми параметрами (диапазон, поддиапазон, частота и т. д.), воспроизводимое комплексом поверочным (п.3.2.2) и произведите поверку вольтметра.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3М00.71751075.00.00.00.000РЭ				
------------------------------	--	--	--	--

Лист
64

4.2.4 Работа с калибратором в режиме воспроизведения тока до 5 А

Подключите поверяемый амперметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.5 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки калибратора или кабеля поверяемого прибора. Входные клеммы поверяемого прибора подключите к выходным клеммам калибратора «I» (низкопотенциальный L_0 и высокопотенциальный H_1 соответственно).

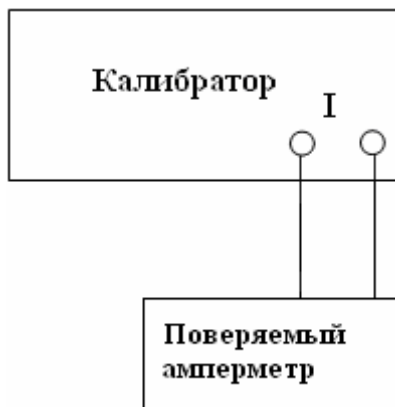


Рисунок 4.5 Схема подключения поверяемого амперметра (воспроизводимый калибратором ток до 5А)

С помощью клавиатуры (п.3.2.3) установите необходимые параметры воспроизводимого тока и произведите поверку амперметра.

4.2.5 Работа с комплексом поверочным при воспроизведении тока до 100 А

Подключите поверяемый амперметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.6 с помощью коаксиального кабеля из комплекта поставки комплекса поверочного. Входные клеммы поверяемого прибора подключите к выходным клеммам усилителя «I».

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ				
------------------------------	--	--	--	--

Лист
65



Рисунок 4.6 Схема подключения поверяемого амперметра (воспроизводимый комплексом поверочным ток до 100 А)

С помощью клавиатуры установите необходимые параметры воспроизводимого тока и произведите поверку амперметра.

4.2.6 Работа с калибратором в режиме воспроизведения электрической (фиктивной) мощности (воспроизведение напряжения до 250 В и воспроизведение тока до 5 А)

Подключите поверяемый ваттметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.7 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки калибратора или кабелей поверяемого прибора.

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

66

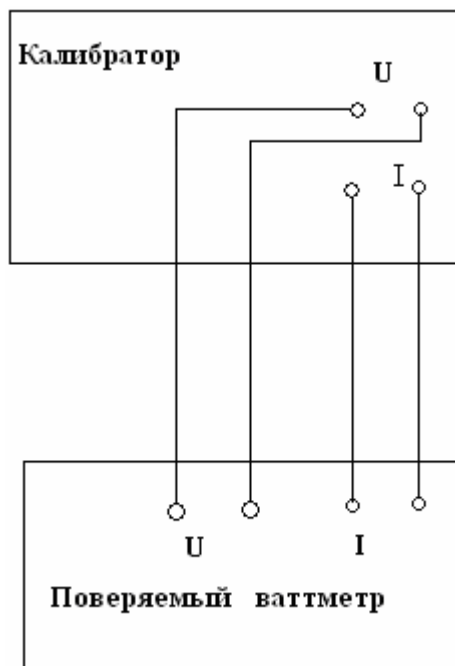


Рисунок 4.7 Схема подключения поверяемого ваттметра (воспроизводимое напряжение калибратора до 250 В, воспроизводимый ток до 5 А)

С помощью клавиатуры (п.3.2.4) установите необходимые параметры воспроизводимой мощности (воспроизводимое напряжение, воспроизводимый ток, частота, угол сдвига фазы) и произведите поверку ваттметра.

4.2.7 Работа с комплексом поверочным в режиме воспроизведения электрической (фиктивной) мощности (воспроизведение напряжения до 750 В и воспроизведение тока до 100 А)

Подключите поверяемый ваттметр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.8 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки комплекса поверочного или кабелей поверяемого прибора.

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

67

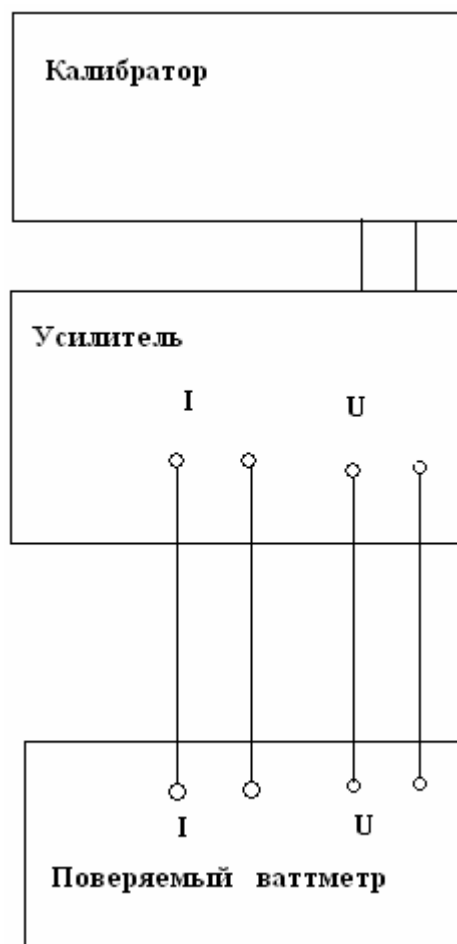


Рисунок 4.8 Схема подключения поверяемого ваттметра (воспроизводимое напряжение до 750 В, воспроизводимый ток до 100 А)

С помощью клавиатуры установите необходимые параметры воспроизводимой мощности (воспроизводимое напряжение, воспроизводимый ток, частота, угол сдвига фазы) и произведите поверку ваттметра.

4.2.8 Работа с калибратором в режиме воспроизведения угла сдвига фаз между напряжением и током

Подключите поверяемый фазометр согласно схеме, изображенной на рисунке 4.9 с помощью кабелей, входящих в комплект поставки калибратора или кабелей поверяемого прибора.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

68

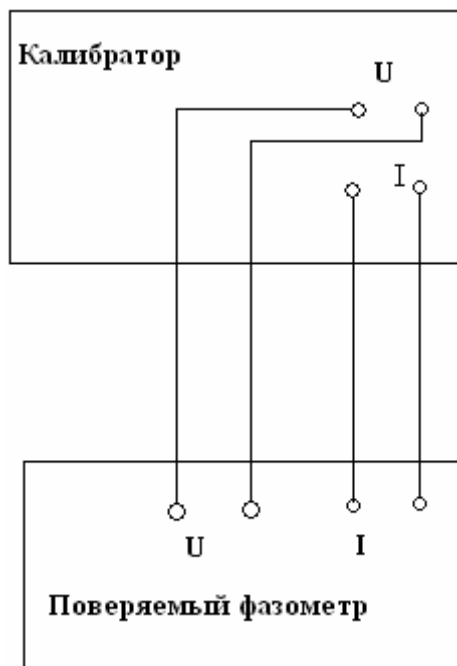


Рисунок 4.9 Схема подключения поверяемого фазометра

С помощью клавиатуры установите необходимые параметры воспроизведения угла сдвига фаз между током и напряжением, частоту и произведите поверку фазометра.

4.2.9 Работа комплекса поверочного с последовательным интерфейсом RS232.

1) Комплекс поверочный подключить к любому из последовательных портов персонального компьютера кабелем из комплекта поставки комплекса поверочного, носящих резервированные в операционной системе имена COM1, COM2, COM3 или COM4, с помощью интерфейсного кабеля из комплекта поставки комплекса поверочного.

2) Запустить программу, предназначенную для обмена данными через последовательный порт. В настройках выбрать порт, к которому подключен кабель, и настроить его параметры.

4.2.10 Работа комплекса поверочного через USB интерфейс

Подготовка компьютера к работе:

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. име. №
Подп. и дата	
Име. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

69

- для связи через USB интерфейс, установить драйвер виртуального COM-порта (драйвер можно взять на WEB странице фирмы FTDI по адресу www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm);

- установить программу, позволяющую выдавать в СОМ-порт и принимать данные в виде 16-ричных цифр, например «COM Port Toolkit»;

Параметры настройки последовательного порта:

- скорость 115200 бод (бит/с)
- биты данных - 8
- четность - нет
- стоп битов - 1
- управление потоком – нет.

Комплекс поверочный подключить к компьютеру с помощью кабеля USB, входящего в комплект поставки.

5 КАЛИБРОВКА

Калибровка комплекса поверочного производится после ремонта или при выявлении погрешности, превышающей допустимую. После калибровки обязательно проведение поверки.

Для проведения калибровки комплекса поверочного требуется метрологическое оборудование, указанное в методике поверки ЗМ00.717510.00.00.000МП.

Перед калибровкой необходимо подготовить к работе комплекс поверочный согласно данному руководству по эксплуатации, а образцовое метрологическое оборудование в соответствии с их руководствами по эксплуатации. Необходимо также соблюдение условий калибровки по температуре окружающей среды, влажности воздуха и напряжения питающей сети.

Калибровку рекомендуется выполнять в последовательности, приводимой ниже:

а) Калибровка измерителя калибратора (плата АЦП) по постоянному току. Эта операция выполняется согласно п. 3.2.6.2 без подключения измерительных приборов. На вход измерителя подается напряжение от ИОН и производится его измерение, в результате чего вычисляются коэффициенты передачи АЦП по постоянному току по двум каналам «вход измерителя – результат преобразования»;

б) Калибровка источника опорного напряжения измерителя. К клеммам «НЭ» на задней панели калибратора подключите образцовую меру напряжения $1В \pm 10\%$ класса точности не ниже 0,002%. Процедура выполнения калибровки описана в п.3.2.6.3. В окне «Калибровка ИОН АЦП» введите действительное значение напряжения образцовой меры. По результату измерения напряжения образцовой меры АЦП и введенного действительного значения образцовой меры микропроцессор вычисляет значение напряжения собственного ИОН.

с) Калибровка сдвига нуля в каналах напряжения и тока. Процедура калибровки описана в п. 3.2.6.5 и выполняется без подключения внешних приборов. Калибратор осуществляет измерения напряжения сдвига нуля на всех пределах измерения в заданном канале (напряжения или тока). В канале напряжения измерение производится на выходе соответствующего делителя напряжения и на его выходе, в результате чего вычисляются поправочные коэффициенты. В канале тока производится измерение падения напряжения на шунтах в отсутствии тока.

При калибровке сдвига нуля по напряжению усилительного блока измерьте его выходное напряжение мультиметром В7-64/1, и введите в калибратор результат измерения. При калибровке нуля по току усилительного блока измеряйте мультиметром ток между токовыми выводами усилительного блока.

д) Калибровка пределов воспроизведения постоянного напряжения и тока. Процедура выполнения калибровки описана в п.3.2.6.6. Образцовые измерительные приборы подключаются к калибратору согласно схемам методики поверки для соответствующих пределов. Калибровку производите в ручном режиме работы на следующих пределах: по напряжению - 0,8; 1,5; 5; 12; 30; 250 и

Име. № подл	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. име. №	Подп. и дата	<div>3М00.71751075.00.00.00.000РЭ</div>	Лист				
						71				
						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1000 В и по току – 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 400; 800 мА; 1,5; 3; 5; 12; 25; 50 и 100 А. Уровень сигнала (тока или напряжения) установите близкий к верхнему значению предела (на пределе 100 А установите ток 50 А), измерьте его образцовым прибором и введите полученный результат в окно калибровки. На основании полученных данных микропроцессор калибратора вычисляет коэффициент передачи по постоянному току для текущего предела.

е) Калибровка пределов воспроизведения переменного напряжения и тока (вычисление коэффициентов зависимости измеряемого значения напряжения или тока от их частоты). Процедура выполнения калибровки описана в п. 3.2.6.7. Образцовые измерительные приборы подключаются к калибратору по схемам методики поверки для соответствующих пределов. Калибруемые пределы те же, что и на постоянном токе. В отличие от схем поверки выход термopеобразователя подключается через усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления 10 или 100 к клеммам «НЭ» калибратора. Калибровка производится методом компарирования переменного напряжения (тока) на частотах 1; 5; 10; 15 и 20 кГц относительно переменного напряжения (тока) на частоте 41 Гц. На выбранном пределе установите выходной сигнал калибратора близкий к верхнему значению предела (на пределе 100 А установите ток 50 А) и запустите процесс калибровки. Все операции: переключение частот, компарирование и вычисление калибровочных коэффициентов калибратор производит автоматически.

ф) Калибровка угла сдвига фаз между каналами напряжения и тока. Процедура выполнения калибровки описана в п.3.2.6.7. Для калибровки задайте угол сдвига фаз 90°, так как при этом угле сдвига фаз измеритель калибратора имеет максимальную чувствительность. Подключите вход 2 образцового фазометра к выходу напряжения калибратора. Вход 1 образцового фазометра подключите к потенциальным зажимам шунта 1000 Ом, подсоединенного к токовому выходу калибратора. Установите на пределе 2.5 В выходное напряжения 2 В и выходной ток 1 мА на пределе 1 мА и запустите процесс калибровки. Калибратор установит на выходах ток и напряжение с начальной

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	№ подп	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<p>3M00.71751075.00.00.00.000PЭ</p>	Лист
												72

частотой и запросит ввод действительного значения угла сдвига фаз. Введите показания образцового фазометра и запустите следующий шаг калибровки. Когда все частоты будут пройдены, установите предел тока 2 мА и выполните калибровку на всех частотах. Таким образом, откалибруйте все пределы тока, указанные в подпункте d. Для каждого предела тока выбирайте шунт с таким сопротивлением, чтобы падение напряжения на нем находилось в пределах от 0,5 до 2 В для калибратора и от 0,2 до 1 В для усилителя. Используемые шунты должны иметь угловую погрешность в диапазоне частот калибровки не более $0,1^\circ$ ($1,75 \times 10^{-3}$ радиан). Для этих целей подходят шунты из комплектов ПТТЭ, КПП-1 и КПП-2.

Подключите к токовому выходу калибратора шунт 1 Ом и выберите предел по току 1 А. Ток установите 1 А. Предел по напряжению и выходное напряжение установите равными 0,8 В и произведите калибровку угла сдвига фаз. Не меняя предел воспроизведения тока, произведите калибровку на остальных пределах воспроизведения напряжения, указанных в подпункте e. На пределе 1,5 В выходное напряжение установите 1 В. На пределах 5;8;12 и 30 В на входы 1 и 2 образцового фазометра подключите делители ДН1:15 из комплекта фазометра. На пределах 250;300;750 и 1000 В установите выходное напряжение 150 В, а на входы 1 и 2 образцового фазометра подключите делители ДН1:100.

После каждого изменения напряжения опорного канала или изменения частоты необходимо делитель первого канала фазометра подключить параллельно делителю опорного канала фазометра и скомпенсировать появившуюся разность фаз нажатием кнопки «Δφ».

Количество калибруемых пар пределов существенно меньше, чем число их возможных сочетаний при работе прибора, так как коэффициенты для всех остальных пар рассчитываются аналитически.

После выполнения каждого этапа калибровки, полученные калибровочные коэффициенты записываются в энергонезависимую память калибратора.

Калибровку сдвига нуля можно выполнять в любое время независимо от других калибровок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

3M00.71751075.00.00.00.000РЭ

Лист

73

6.1 Общие указания

Техническое обслуживание комплекса поверочного должно включать следующие виды:

- ежедневное техническое обслуживание – подготовка прибора к использованию, устранение выявленных недостатков;
- поддержание комплекса поверочного в исправном (работоспособном) состоянии, контроль технического состояния, устранение мелких неисправностей.

6.2 К устранению мелких неисправностей (текущий ремонт) относятся: смена перегоревшего предохранителя на задних панелях блоков, ремонт входных кабелей.

6.3 Устранение неисправностей, требующих вскрытия калибратора с нарушением клейма, производится на предприятии-изготовителе.

При вскрытии комплекса поверочного необходимо учесть, что при снятии верхних крышек с блоков отключается их питание от сети.

После ремонта комплекс поверочный должен быть подвергнут поверке. Нарушение клейм в течение гарантийного срока не допускается. Указанное нарушение лишает права потребителя на гарантийный ремонт.

7 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

7.1 Условия транспортирования комплекса поверочного должны соответствовать условиям транспортирования по ГОСТ 9.001 – «легкие».

7.2 Климатические условия транспортирования 5 не должны выходить за границы заданных предельных условий:

- температура окружающего воздуха от минус 40 до плюс 40 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха 98 % при температуре 25 °С без конденсации.

7.3 Комплекс поверочный должен допускать транспортирование всеми видами транспорта за исключением морского в упаковке при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков.

7.4 Комплекс поверочный до введения в эксплуатацию следует хранить на складе в упаковке предприятия изготовителя.

7.5 Условия хранения комплекса поверочного, обеспечивающие установленную ТУ сохраняемость, должны соответствовать ГОСТ 22261 и ГОСТ 15150 - 69:

- для отапливаемого хранилища условия хранения 5, температура окружающего воздуха должна быть от 0 до плюс 40 °С и относительная влажность не более 80 % при температуре 35 °С без конденсации;

- для неотапливаемого хранилища условия хранения 1Л, температура окружающего воздуха должна быть от минус 40 до плюс 40 °С и относительной влажности не более 98 % при температуре 25 °С без конденсации.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата		

8 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

8.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие выпускаемых комплексов поверочных всем требованиям ТУ при соблюдении потребителем условий и правил эксплуатации, технического обслуживания, хранения и транспортирования, установленных эксплуатационной документацией.

8.2 Гарантийный срок хранения - 6 месяцев с момента изготовления.

8.3 Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию.

8.4 Гарантийная наработка - 15000 ч в пределах гарантийного срока эксплуатации.

8.5 Действие гарантийных обязательств прекращается:

- по истечении гарантийной наработки или гарантийного срока эксплуатации в пределах гарантийного срока хранения;
- по истечении гарантийного срока хранения независимо от истечения гарантийной наработки или гарантийного срока эксплуатации;
- при механических повреждениях корпуса комплекса поверочного;
- при нарушении пломбирования верхних или нижних крышек комплекса поверочного.

В случае гарантийного ремонта гарантийный срок эксплуатации продлевается на период ремонта.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3M00.71751075.00.00.00.000РЭ
					76

9 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УТИЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ПОВЕРОЧНОГО

9.1 Требования охраны окружающей среды

Комплекс поверочный не содержит взрывоопасных, пожароопасных, радиоактивных, содержащих ртуть и др. компонентов, способных принести ущерб населению и окружающей среде.

9.2 Утилизация комплекса поверочного

Утилизация драгметаллов в составе электронных компонентов не представляется экономически целесообразной. По этим причинам обязательных мероприятий по подготовке комплекса поверочного к утилизации нет.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3М00.71751075.00.00.00.000РЭ					Лист
										77

ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Комплект поставки запасных частей и принадлежностей (групповой) *

Шифр платы калибратора	Количество в комплексе	Комплектующие на одну плату	Кол-во	Примечание
3M00.71751075.32.00.000	1	Микросхема K6R4016V1D-UI10 FT 232 LPS2214FBD144 S1D13705 F00A	1 1 1 1	
3M00.71751075.33.00.000	1	Реле FTR-B3GB4.5Z	3	
3M00.71751075.23.00.000	1	Микросхема AD9767AST ADSP-2184NBST-320 ATMEGA169V-8AI	1 1 1	
3M00.71751075.24.00.000	1	Микросхема AD7688BRM AD7718BR ADSP-BF531SBS400 Реле FTR-B3GB4/5Z	2 1 1 5	
3M00.71751075.25.00.000	1	Микросхема ADG438FBR Реле FTR-B3GB4.5Z PB-5A	1 10 2	
3M00.71751075.34.00.000	1	Микросхема AD5620ART Реле FTR-B3GA4.5Z RT425005	1 5 14	
3M00.71751075.30.00.000	1	Микросхема BUFT634T	2	
3M00.71751075.36.00.000	1	Микросхема BUFT634T	1	
3M00.71751075.37.00.000	1	Реле FTR-B3GB4.5Z PB-5A	3 1	
3M00.71751075.38.00.000	1	Разъем 12FDZ-BT	1	
3M00.71751075.42.00.000	1	Реле FTR-B3GA4.5Z RT425005	1 1	
3M00.71751075.43.00.000	1	Микросхема ATTINY26-16PC	1	
3M00.71751075.15.00.000	1	Транзистор FQPF1N50 FQPF1P50	30 24	
3M00.71751075.14.00.000	4	Преобразователь SIL40C2V LAN25-NP	2 1	

* поставляется по требованию заказчика за дополнительную плату

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

Комплект поставки запасных частей и принадлежностей (поверочный) *

Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
МС 3050	Мера сопротивления 10 Ом	1	
МС 3050	Мера сопротивления 100 Ом	1	
МС 3050	Мера сопротивления 1000 Ом	1	
МС 3050.1	Мера сопротивления 0,1 Ом	1	
МС 3050.1	Мера сопротивления 0,01 Ом	1	
МС 3050.1	Мера сопротивления 0,001 Ом	1	
C2-33H-0,5-1 Ом ± 5 %	Резистор	1	
C2-33H-0,5-10 Ом ± 5 %	Резистор	1	
C2-33H-0,5-100 Ом ± 5 %	Резистор	1	
C2-33H-0,5-1000 Ом ± 5 %	Резистор	1	
C2-33H-2-100 Ом ± 5 %	Резистор	1	
C2-33H-2-5,1 кОм ± 5 %	Резистор	5	
C2-33H-2-18 кОм ± 5 %	Резистор	3	
C2-33H-2-20 кОм ± 5 %	Резистор	5	
P 310	Мера сопротивления 0,001 Ом	2	

*поставляется по требованию заказчика за дополнительную плату

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Лист регистрации изменений

[illegible]

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

					3M00.71751075.00.00.00.000РЭ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		