

ОКП 42 2526

СОГЛАСОВАНО
В части раздела 9 «Методика поверки»

Руководитель ГЦИСИ
ФБУ «Краснодарский ЦСМ»

_____ А.В. Казанцев

« ____ » _____ 2013 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ООО предприятие «ЗИП-Науучприбор»

_____ Н.О.Герусов

« ____ » _____ 2013 г.



КОМПАРАТОР - КАЛИБРАТОР
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КМ300
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ОИУСН.140.008 РЭ

Разработал

О.Ф. Соловьев

Проверил

В.П. Данильченко

Руководитель

О.Ф. Соловьев

Нормоконтроль

Н.А. Голубкова

г. Краснодар

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
2 СОКРАЩЕНИЯ	5
3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	6
3.1 Общие положения техники безопасности оператора	6
4 ОПИСАНИЕ КОМПАРАТОРА КМ300	7
4.1 Назначение	7
4.2 Состав и модификации компаратора КМ300	7
4.3 Метод нормирования погрешности	9
Примеры расчета погрешности при использовании двух каналов $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$	10
4.4 Основные параметры и характеристики компаратора напряжения постоянного тока.....	11
4.5 Основные параметры и характеристики измерения и воспроизведения напряжения постоянного тока	11
4.6 Основные параметры и характеристики калибратора напряжения переменного тока.....	13
4.7 Основные параметры и характеристики калибратора силы постоянного тока.....	14
4.8 Основные параметры и характеристики калибратора силы переменного тока	15
4.9 Основные параметры и характеристики калибратора мощности	16
4.10 Общие технические характеристики изделия	18
5 УСТРОЙСТВО И РАБОТА КОМПАРАТОРА КМ300	19
5.1 Конструктивное исполнение компаратора КМ300	19
5.2 Устройство и работа компаратора КМ300К	19
5.3 Принцип действия компаратора КМ300К	19
5.4 Устройство и работа преобразователя КМ300Т	21
5.5 Устройство и работа усилителя КМ300Н.....	22
6 ПОРЯДОК УСТАНОВКИ И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ	23
6.1 Меры безопасности при подготовке компаратора КМ300 к эксплуатации	23
6.2 Распаковывание и повторное упаковывание	23
6.3 Порядок установки	23
6.4 Подготовка к работе	23
6.5 Расположение органов подключения, управления и индикации компаратора КМ300К	24
6.6 Расположение органов подключения преобразователя КМ300Т	26
6.7 Расположение органов подключения усилителя КМ300Н	26
6.8 Комплект кабелей и принадлежностей.....	28
6.9 Модификации компаратора КМ300 и их подключение	28
7 ПОРЯДОК РАБОТЫ	32
7.1 Режим «Сброс».....	32
7.2 Прогрев и автокалибровка.....	32
7.3 Режим «Автоматическая установка нулей»	33
7.4 Работа компаратора в режиме «Измерение»	33
7.5 Компарирование.....	36
7.6 Работа калибратора	36
7.7 Меню передней панели.....	41
7.8 Работа калибратора КМ300КН совместно с калибратором КМ300КТ в режиме мощности	47
7.9 Использование защитного экрана (Э).....	48
7.10 Двух- или четырехзажимный выход калибратора напряжения	48
8 КОМПАРИРОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ	49
8.1 Компарирование (измерение) сопротивлений.....	49

9 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ	51
9.1 Общие сведения	51
9.2 Операции поверки	51
9.3 Средства поверки	52
9.4 Условия поверки	52
9.5 Внешний осмотр	52
9.6 Опробование.....	53
9.7 Определение метрологических характеристик.....	53
9.8 Оформление результатов поверки.....	62
10 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	63
11 ХРАНЕНИЕ	63
12 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	63
13 МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ	64
13.1 Маркирование компаратора КМ300К	64
13.2 Маркирование усилителя КМ300Н	64
13.3 Маркирование преобразователя КМ300Т	64
13.4 Пломбирование.....	64
Приложение А (обязательное) Инструкция по калибровке компаратора КМ300	65
Приложение Б (обязательное) Коды ошибок, расшифровка и способ устранения	76
Приложение В (обязательное) Описание протокола FT 2.1 и организация передачи данных	77
Приложение Г (обязательное) Компарирование сопротивлений	89

ВВЕДЕНИЕ

Руководство по эксплуатации содержит сведения для изучения принципа работы и правил эксплуатации компаратора-калибратора универсального (далее – компаратор или калибратор в зависимости от режима работы) КМ300.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем руководстве по эксплуатации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9181-74 Приборы электроизмерительные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 14014-91 Приборы и преобразователи измерительные цифровые напряжения, тока, сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ Р 51317.4.2-99 (МЭК 61000-4-2-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.3-99 (МЭК 61000-4-2-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.4-99 (МЭК 61000-4-2-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-2-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.11-99 (МЭК 61000-4-11-94) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51318.22-99 Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний.

ГОСТ Р 51522-99 (МЭК 61326-1-97) Совместимость технических средств электромагнитная. Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 52319-2005 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования

ГОСТ Р МЭК 870-5-2-95 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 2. Процедуры в каналах передачи.

2 СОКРАЩЕНИЯ

2.1 В последующем тексте приняты следующие сокращения:

- РЭ – руководство по эксплуатации;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;
- БЗ - блок защиты;
- БП - блок поверочный;
- ВУ - высоковольтный усилитель;
- ДДН – декадный делитель напряжения;
- ДН вх – делитель входного напряжения;
- ДН вых - делитель выходного напряжения;
- ИОН – источник опорного напряжения;
- ИПН – импульсный преобразователь напряжения;
- ИУ – измерительный усилитель;
- МД – модулятор;
- МДМ – модулятор – демодулятор;
- ОИДН – операционный индуктивный делитель напряжения;
- ПП – передняя панель;
- ТКС – температурный коэффициент сопротивления;
- УИДН – усилитель индуктивного делителя напряжения;
- УМ - усилитель мощности;
- УПН – усилитель напряжения переменного тока;
- ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
- ЦП - центральный процессор;
- U – значение измеряемого или установленного (на выходе) напряжения;
- U_п – значение напряжения, соответствующее наименованию предела;
- U_о – опорное напряжение;
- ΔU – разность напряжений;
- I_н – ток нагрузки;
- I_п – значение силы тока, соответствующее наименованию предела;
- R_{оп} – опорный резистор;
- R_н - сопротивление нагрузки;
- T_к – температура калибровки;
- T_и – период индикации измерения;
- H_и – высокопотенциальный зажим;
- L_о – низкопотенциальный зажим;
- (I – L_о) и (U – L_о) – токовый и потенциальный зажимы низкопотенциального выхода;
- (I*–H_и) и (U*–H_и) – токовый и потенциальный зажимы высокопотенциального выхода;
- Э – вывод защитного экрана;
- K_г – коэффициент гармоник

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Данный раздел содержит информацию и предостережения, которые должны соблюдаться пользователем с целью обеспечения безопасной эксплуатации и поддержания изделия в безопасном состоянии.

3.1 Общие положения техники безопасности оператора

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ





ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

ОПАСНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ может присутствовать на клеммах, изучите все меры предосторожности!

Во избежание опасности поражения электрическим током оператор не должен электрически контактировать с высоковольтными выходными клеммами или любыми проводниками, подсоединенными к ним, когда прибор находится как в режиме работы, так и в режиме ожидания. Во время эксплуатации компаратора на этих клеммах может присутствовать напряжение, опасное для жизни (1000 В).

3.1.1 Символы, нанесенные на оборудование:

 - ОПАСНОСТЬ – высокое напряжение;

 - клемма защитного заземления.

3.1.2 Питание компаратора КМ300 рассчитано на стандартную промышленную сеть с напряжением 220 В эффективного (действующего) значения между проводами питания или между любым проводом питания и землей.

3.1.3 Заземление компаратора КМ300

Компаратор КМ300 представляет собой изделие класса безопасности I (с заземленным корпусом), как определено в ГОСТ Р 52319. Корпус заземлен посредством заземляющего провода в шнуре питания.

Во избежание поражения электрическим током следует вставить вилку шнура питания в надлежащим образом разведенную розетку с заземляющим контактом и только после этого подключать что-либо к клеммам.

Наличие защитного заземления, выполняемого посредством шнура питания, является необходимым для безопасной работы.

3.1.4 Во избежание риска возникновения пожара необходимо использовать только такие плавкие предохранители, которые указаны на задней панели блоков и которые идентичны по типу, номинальному напряжению и номинальному току.

3.1.5 Следует использовать штатный шнур питания из комплекта поставки или шнур, соответствующий действующим стандартам по безопасности.

3.1.6 Необходимо проявлять осторожность при выполнении работ, требующих подключения питания.

4 ОПИСАНИЕ КОМПАРАТОРА КМ300

4.1 Назначение

4.1.1 Настоящее РЭ распространяется на компаратор КМ300, который обеспечивает высокоточное компарирование и измерение напряжения постоянного тока, а также воспроизведение напряжения и силы постоянного и переменного тока в широких амплитудных диапазонах.

4.1.2 Номер **сертификата** об утверждении типа **RU.C.34.021.A № 34852**, регистрационный номер по Государственному реестру № **40239-08**.

4.1.3 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха $T = (T_k \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$, где T_k – температура калибровки (при выпуске $T_k = (23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$);

- относительная влажность - 30 – 80 %;
- атмосферное давление - 84 - 106 кПа (630 – 795 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети - $(220 \pm 4,4) \text{ В}$.

4.1.4 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха - от 10 до 35 $^\circ\text{C}$;
- относительная влажность - до 90 % при температуре 25 $^\circ\text{C}$;
- напряжение питающей сети - $(220 \pm 22) \text{ В}$;
- частота питающей сети - от 47 до 63 Гц с содержанием гармоник не более 5 %.

4.2 Состав и модификации компаратора КМ300

4.2.1 Широкий рабочий диапазон компаратора КМ300 и универсальность применения обеспечивается блочным построением компаратора КМ300, которая состоит из пяти модификаций КМ300К, КМ300Р, КМ300КН, КМ300КТ, КМ300КНТ.

Компаратор-калибратор универсальный КМ300К – базовый, системообразующий прибор, выполняющий следующие функции:

- компарирование напряжения постоянного тока с диапазоном от 10 нВ до 10 В;
- измерение напряжения постоянного тока в диапазоне от 10 нВ до 1000 В;
- измерение напряжения постоянного тока вольтметром на пределах 100 мкВ, 1 мВ, 10 В;
- воспроизведение напряжения **постоянного** и **переменного** тока в диапазоне до 10 В.

Диапазон измерения напряжения постоянного тока от 10 до 1000 В расширяет ДН вх.

Компаратор-калибратор универсальный КМ300Р - прибор, выполняющий следующие функции:

- компарирование напряжения постоянного тока с диапазоном от 10 нВ до 10 В;
- измерение напряжения постоянного тока в диапазоне от 10 нВ до 10 В;
- воспроизведение напряжения **постоянного** тока в диапазоне до 10 В.

Расширение диапазона воспроизведения напряжений постоянного и переменного тока обеспечивает высоковольтный усилитель (далее – усилитель) КМ300Н, воспроизведение токов – преобразователь напряжение-ток (далее – преобразователь) КМ300Т, которые входят в состав модификаций компаратора КМ300КН, КМ300КТ, КМ300КНТ.

Усилитель КМ300Н расширяет диапазон воспроизводимых напряжений постоянного тока от 10 до 1000 В и переменного тока от 10 до 700 В.

Преобразователь КМ300Т преобразовывает напряжение постоянного и переменного тока в силу постоянного и переменного тока в диапазоне от 1 нА до 50 А.

Компаратор КМ300КН – компаратор-калибратор универсальный с расширением диапазона воспроизводимых напряжений постоянного до 1000 В и переменного тока до 700 В, в состав которого входят базовый прибор КМ300К и усилитель КМ300Н.

Компаратор КМ300КТ – компаратор-калибратор универсальный с воспроизведением силы постоянного и переменного тока в диапазоне от 1 нА до 50 А, в состав которого входят базовый прибор КМ300К и преобразователь КМ300Т.

Компаратор КМ300КНТ – компаратор-калибратор универсальный с расширением диапазона воспроизводимых напряжений постоянного до 1000 В и переменного тока до 700 В и с

воспроизведением силы постоянного и переменного тока в диапазоне от 1 нА до 50 А, в состав которого входят базовый прибор КМ300К, усилитель КМ300Н и преобразователь КМ300Т.

Компаратор КМ300КН и КМ300КТ – компаратор-калибратор универсальный с расширением диапазона воспроизводимых напряжений переменного тока до 700 В и воспроизведением силы переменного тока в диапазоне от 1 мА до 10 А с углом сдвига фаз от минус 180 до плюс 180 ° между каналом напряжения и тока.

Состав комплекта поставки компаратора КМ300 зависит от модификации и приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Состав комплекта поставки компаратора КМ300

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
ЗИУСН.349.006-000	КМ300К - компаратор-калибратор универсальный	1	Входит в модификации КМ300К; КМ300КН; КМ300КТ; КМ300КНТ
ЗИУСН.349.006-001	КМ300Р - компаратор-калибратор универсальный	1	Входит в модификацию КМ300Р
ЗИУСН.489.002	КМ300Н - высоковольтный усилитель	1	Входит в модификации КМ300КН; КМ300КНТ
ЗИУСН.489.001	КМ300Т - преобразователь напряжение-ток	1	Входит в модификации КМ300КТ; КМ300КНТ
	<u>Эксплуатационная документация</u>		
ОИУСН.140.008 РЭ	Компаратор - калибратор универсальный КМ300. Руководство по эксплуатации	1	Входит в модификации КМ300К; КМ300Р; КМ300КН; КМ300КТ; КМ300КНТ
ЗИУСН.349.006-000 ФО	Компаратор – калибратор универсальный КМ300К. Формуляр	1	Входит в модификацию КМ300К
ЗИУСН.349.006-040 ФО	Компаратор – калибратор универсальный КМ300Р. Формуляр	1	Входит в модификацию КМ300Р
ЗИУСН.349.006-010 ФО	Компаратор - калибратор универсальный КМ300КТ. Формуляр	1	Входит в модификацию КМ300КТ
ЗИУСН.349.006-020 ФО	Компаратор - калибратор универсальный КМ300КН. Формуляр	1	Входит в модификацию КМ300КН
ЗИУСН.349.006-030 ФО	Компаратор - калибратор универсальный КМ300КНТ. Формуляр	1	Входит в модификацию КМ300КНТ
	Диск с программным обеспечением		
	<u>Запасные части и принадлежности (ЗИП)</u>		
	ЗИП компаратора КМ300Р		Входит в модификации КМ300Р
5ИУСН.500.300	Кабель К1	2	
8ИУСН.585.300	Перемычка медная	4	3 шт. установлены на клеммах
8ИУСН.585.300-000	Наконечник	4	
8ИУСН.585.300-010	Наконечник	2	
	Кабель USB А-В	1	
	Разъем DB9F	1	
	Шнур соединительный	1	Сетевой
	ЗИП компаратора КМ300К		Входит в модификации КМ300К; КМ300КН; КМ300КТ; КМ300КНТ

Окончание таблицы 4.1

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
ЗИУСН.459.008	Измерительный резистор МР3050	1	Входит в модификации КМ300КН+КМ300КТ
5ИУСН.500.300	Кабель К1	2	
5ИУСН.500.408	Кабель RS485	1	Входит в модификации КМ300КН+ КМ300КТ
5ИУСН.500.600	Кабель синхронизации К3	1	Входит в модификации КМ300КН+КМ300КТ
6ИУСН.345.001	Делитель 100:1 (10МОм/100 КОм)	1	
8ИУСН.585.300	Переключатель медная	4	3 шт. установлены на клеммах
8ИУСН.585.300-000	Наконечник	4	
8ИУСН.585.300-010	Наконечник	2	
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б -1В 0,5 А 250 В	2	
	Кабель USB А-В	1	
	Разъем DB9F	1	
	Шнур соединительный	1	Сетевой
	ЗИП преобразователя КМ300Т		Входит в модификации КМ300КТ; КМ300КНТ
5ИУСН.500.400	Кабель К2	1	
5ИУСН.500.401	Кабель К4	1	
5ИУСН.500.402	Кабель К5	1	
5ИУСН.500.404	Соединитель (СТ, черный)	1	
5ИУСН.500.403	Соединитель (СТ, красный)	1	
5ИУСН.500.405	Кабель управления	1	
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б -1В 3,15 А 250 В	2	
	Шнур соединительный	1	Сетевой
	ЗИП усилителя КМ300Н		Входит в модификации КМ300КН; КМ300КНТ
5ИУСН.500.500	Кабель К2	1	
5ИУСН.500.405	Кабель управления	1	
ОЮ0.481.005 ТУ	Вставка плавкая ВП2Б -1В 1 А 250 В	2	
	Комплект проводов до 1000 В	1	
	Шнур соединительный	1	Сетевой

4.3 Метод нормирования погрешности

При нормировании погрешности компаратора КМ300 используется двухзвенная формула, первое слагаемое которой отражает составляющую погрешности компарируемой, измеряемой или воспроизводимой величины (мультипликативная составляющая), а второе – постоянную (аддитивную) составляющую погрешности для заданного предела.

Пример - Погрешность компарирования напряжения постоянного тока на пределе «10V» определяется выражением $0,0001 \% \text{ от } U \text{ плюс } 0,00001 \% \text{ от } U_n$, при $T_k = (23 \pm 1) ^\circ\text{C}$, что составляет:

- для напряжения 10 В: $1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} = 10 \text{ мкВ} + 1 \text{ мкВ} = 11 \text{ мкВ}$ или $0,00011 \%$;

- для напряжения 1 В: $1 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} = 1 \text{ мкВ} + 1 \text{ мкВ} = 2 \text{ мкВ}$ или $0,0002 \%$;

- для напряжения 0,1 В: $1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} = 0,1 \text{ мкВ} + 1 \text{ мкВ} = 1,1 \text{ мкВ}$ или $0,0011 \%$.

Из примера видно, что аддитивная составляющая не оказывает большого влияния на погрешность в верхнем диапазоне предела и преобладает в нижнем.

Отсюда вывод: максимальная точность измерения достигается от $10 \% U_n$ до U_n , а в нижнем диапазоне измеряемых величин реализуется на соседнем младшем пределе.

Примеры расчета погрешности при использовании двух каналов $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$

Пример 1 - Вычисление относительной погрешности компарирования при использовании двух каналов $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$ на одном из пределов компарирования.

Компарирование напряжений производится аппаратно в компараторе КМ300К **только на одном из пределов** компарирования.

Рассмотрим следующие условия:

- канал $U_{вх1}$: входное напряжение 1 В, предел компарирования «10V»;
- канал $U_{вх2}$: входное напряжение 10 В, предел компарирования «10V».

Для вычисления погрешности компарирования применяем формулу погрешности для предела «10V», указанную в таблице 4.2.

$$\partial U_{вх1} (0,0001 \% \text{ от } U + 0,00001 \% \text{ от } U_{п}) + \partial U_{вх2} (0,0001 \% \text{ от } U + 0,00001 \% \text{ от } U_{п})$$

- погрешность канала $\partial U_{вх1}$:

$$1 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} = 1 \text{ мкВ} + 1 \text{ мкВ} = 2 \text{ мкВ} \text{ или } 0,0002 \%;$$

- погрешность канала $\partial U_{вх2}$:

$$1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} = 10 \text{ мкВ} + 1 \text{ мкВ} = 11 \text{ мкВ} \text{ или } 0,00011 \%;$$

- погрешность компарирования: $\partial U_{вх1} + \partial U_{вх2} = 0,0002 \% + 0,00011 \% = 0,00031 \%$

П р и м е ч а н и е - В случае, когда разность $\Delta U_{вх} = U_{вх1} - U_{вх2} \leq 0,01 \%$, а измерение проводится с учетом уровня комплектного нуля (0к) (см. 7.4.5) в каждом входном канале, погрешность компарирования уменьшается до уровня шумов прибора (см. 4.4.2 и 4.4.3), а именно до **0,00004 %**.

Пример 2 - Вычисление абсолютной погрешности измерения разности напряжений при использовании двух каналов $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$ на разных пределах измерения.

Рассмотрим следующие условия:

- канал $U_{вх1}$: входное напряжение 1 В, предел измерения «1V»;
- канал $U_{вх2}$: входное напряжение 1,2 В, предел измерения «10V».

Для вычисления погрешности измерения разности напряжений применяем формулу погрешности для предела «1V» и «10V», указанную в таблице 4.3.

Для предела «1V»: $(0,0009 \% \text{ от } U + 0,000015 \% \text{ от } U_{п})$.

Для предела «10V»: $(0,0007 \% \text{ от } U + 0,00001 \% \text{ от } U_{п})$.

Погрешность измерения разности напряжений:

$$\partial U_{вх1} (0,0009 \% \text{ от } U + 0,000015 \% \text{ от } U_{п}) + \partial U_{вх2} (0,0007 \% \text{ от } U + 0,00001 \% \text{ от } U_{п})$$

- погрешность канала $\partial U_{вх1}$:

$$9 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \text{ В} + 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \text{ В} = 9 \text{ мкВ} + 0,15 \text{ мкВ} = 9,15 \text{ мкВ} \text{ или } 0,00092 \%;$$

- погрешность канала $\partial U_{вх2}$:

$$7 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} = 8,4 \text{ мкВ} + 1 \text{ мкВ} = 9,4 \text{ мкВ} \text{ или } 0,00078 \%;$$

- погрешность измерения разности напряжений $U_{вх1} - U_{вх2}$:

$$0,00092 \% + 0,00078 \% = 0,0017 \%$$

П р и м е ч а н и е - Измерение необходимо проводить с учетом уровня комплектного нуля (0к) (см. 7.4.5) в каждом входном канале.

Важной составляющей является дополнительная погрешность от температуры.

Пример 3 - Измерение напряжения 10 В проводим при температуре 33 °С. Максимальная разница температур между T_k и 33 °С (при выпуске $T_k = (23 \pm 1) ^\circ\text{C}$) составляет 10 °С

Погрешность измерения напряжения постоянного тока на пределе «10V» таблица 4.3 определяется выражением $0,0007 \% \text{ от } U + 0,00001 \% \text{ от } U_{п}$ за один год, а дополнительная погрешность от температуры (см. 4.5.8) составляет не более половины основной погрешности нормируемой за 1 год при температуре $T = (T_k \pm 1) ^\circ\text{C}$ на каждые 10 °С на пределе «10V», что составляет для напряжения 10 В:

$$7 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ В} / 2 = 71 \text{ мкВ} / 2 = 35,5 \text{ мкВ} \text{ на каждые } 10 ^\circ\text{C}.$$

Погрешность измерения напряжения 10 В постоянного тока на пределе «10V» при температуре 33 °С составит $71 \text{ мкВ} + 35,5 \text{ мкВ} = 106,5 \text{ мкВ}$ или 0,001065 %.

4.4 Основные параметры и характеристики компаратора напряжения

постоянного тока

4.4.1 Модификации компаратора КМ300К, КМ300Р обеспечивают компарирование напряжения постоянного тока в диапазоне от 10 нВ до 10 В с погрешностью, указанной в таблице 4.2 на пределах компарирования «100mV», «1V», «10V».

Таблица 4.2 – Предел допускаемой основной погрешности компарирования напряжения постоянного тока (нелинейность), 7.5 -разрядная шкала

Предел, Уп	Предел допускаемой основной погрешности, ± (% от U + % от Уп)	
	1 год, (Тк ±1) °С	
«100mV»	0,0002 + 0,00004	
«1V»	0,0001 + 0,00001	
«10V»	0,0001 + 0,00001	

Примечание - Тк – температура, при которой осуществлялась калибровка компаратора КМ300. Тк не должна выходить за пределы 10-35 °С. При выпуске Тк = (23 ± 1) °С.

Примечание - Время прогрева системы ≥ 1 ч с последующим выполнением операции автокалибровки и установки комплектного нуля (0к) (см. 7.4.5). При изменении температуры окружающей среды более 2 °С необходима установка нуля (см. 7.3) после 10 минутной выдержки при новой температуре.

4.4.2 Величина шума на пределе «10V» (нулевая составляющая) составляет 0,2 мкВ (пик-пик) при $T_i = 1,2$ с.

4.4.3 Величина шума на пределе «10V» при воспроизведении 1,0 В составляет 0,4 мкВ (пик-пик) при $T_i = 1,2$ с.

4.4.4 Перекрытие пределов - 2 %.

4.4.5 Время единичного измерения компаратора - не более 4 с при $T_i = 0,6$ с.

4.4.6 Автоматический выбор пределов измерения увеличивает время измерения от 1 до 2 с.

4.4.7 T_i устанавливается пользователем от 0,3 до 5 с.

4.4.8 Цифровой фильтр Ф1 (см. 7.7.5) увеличивает время установки измерения на $3 \cdot T_i$ с.

4.4.9 Цифровой фильтр Ф2 увеличивает время установки измерения на $6 \cdot T_i$ с.

4.4.10 Цифровой фильтр Ф3 увеличивает время установки измерения на $12 \cdot T_i$ с.

4.5 Основные параметры и характеристики измерения и воспроизведения

напряжения постоянного тока

4.5.1 Компаратор КМ300 обеспечивает измерение в диапазоне от 10 нВ до 1000 В и воспроизведение напряжения постоянного тока в диапазонах от 10 нВ до 10 В (для модификаций КМ300К, КМ300Р, КМ300КТ) и от 10 нВ до 1000 В (для модификаций КМ300КН, КМ300КНТ) с погрешностью, указанной в таблицах 4.3, 4.4.

Таблица 4.3 – Предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения постоянного тока, 7.5-разрядная шкала

Предел, Уп	Предел допускаемой основной погрешности, ± (% от U + % от Уп) ¹⁾			
	24 часа, (Тк ±1) °С	3 месяца, (Тк ± 1) °С	1 год, (Тк ± 1) °С	1 год, (Тк ± 5) °С
«100mV»	0,0005 + 0,00004	0,0009 + 0,00004	0,0011 + 0,00004	0,0013 + 0,00004
«1V»	0,00025 + 0,000015	0,00065 + 0,000015	0,00085 + 0,000015	0,001 + 0,000015
«10V»	0,0001 + 0,00001	0,0005 + 0,00001	0,0007 + 0,00001	0,00085 + 0,00001
«100V» ²⁾	0,001 + 0,0005	0,0015 + 0,0005	0,0025 + 0,0005	0,0035 + 0,001
«1000V» ²⁾	0,0015 + 0,0005	0,0025 + 0,0005	0,003 + 0,0005	0,004 + 0,001

¹⁾ При выпуске из производства компаратор КМ300 калибруется по рабочему эталону 1-го разряда (мера напряжения Fluke 7001, погрешность которой менее 0,00015 % годовых).

²⁾ Предел реализуется совместно с ДН вх с 6.5 разрядной шкалой.

Таблица 4.4 – Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока, 7.5-разрядная шкала

Предел, Уп	Предел допускаемой основной погрешности, \pm (% от U + % от Уп) ¹⁾			
	24 часа, (Тк \pm 1) °С	3 месяца, (Тк \pm 1) °С	1 год, (Тк \pm 1) °С	1 год, (Тк \pm 5) °С
«100mV»	0,0005 + 0,00004	0,0009 + 0,00004	0,0011 + 0,00004	0,0013 + 0,00004
«1V»	0,00025 + 0,000015	0,00065 + 0,000015	0,00085 + 0,000015	0,001 + 0,000015
«10V»	0,0001 + 0,00001	0,0005 + 0,00001	0,0007 + 0,00001	0,00085 + 0,00001
«100V» ²⁾	0,001 + 0,0005	0,0015 + 0,0005	0,0025 + 0,0005	0,0035 + 0,001
«1000V» ²⁾	0,0015 + 0,0005	0,0025 + 0,0005	0,003 + 0,0005	0,004 + 0,001

¹⁾ При выпуске из производства компаратор КМ300 калибруется по рабочему эталону 1-го разряда (мера напряжения Fluke 7001, погрешность которой менее 0,00015 % годовых).
²⁾ Предел реализуется совместно с усилителем КМ300Н.

П р и м е ч а н и я

- 1 Время прогрева системы \geq 1 ч с последующим выполнением операции автокалибровки.
 - 2 После установки комплектного нуля (0к) при Тк = $\pm 1^\circ\text{C}$.
 - 3 Тк – температура, при которой осуществлялась калибровка компаратора КМ300 . Тк не должна выходить за пределы 10 – 35 °С. **При выпуске Тк = (23 \pm 1)°С.**
 - 4 Погрешность измерения с 6-разрядной шкалой увеличивается на одну единицу младшего разряда.
- 4.5.2 Перекрытие пределов измерения и воспроизведения - 2 % .
 4.5.3 Характеристики и параметры компаратора КМ300 в режиме микровольтметра соответствуют требованиям, приведенным в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Характеристики и параметры компаратора КМ300 в режиме микровольтметра

Предел, Уп	Предел допускаемой основной погрешности \pm (% от U + % от Уп)	Входной ток, нА	Входное сопротивление
«100 μ V»	0,2 + 0,04	< 0,1	> 10 МОм
«1mV»	0,08 + 0,02	< 0,1	> 100 МОм
«10V»	0,01 + 0,002	< 0,1	> 10 ГОм

4.5.4 Подавление помехи микровольтметром:

- последовательного (нормального) вида с частотой питающей сети - не менее 100 дБ при динамическом диапазоне (амплитудное значение) 50 мВ;
- параллельного (общего) для напряжений с частотой питающей сети - не менее 120 дБ при динамическом диапазоне (амплитудное значение) 250 В.

4.5.5 Параметры выходной цепи компаратора КМ300 в режиме калибратора соответствуют требованиям, приведенным в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Параметры выходной цепи калибратора

Предел, Уп	Выходное сопротивление, Ом	Максимальный ток на выходе Im, мА
«100mV»	20	-
«1V»	200	-
«10V»	\leq 0,0002	100
«100V»	\leq 0,5	10
«1000V»	\leq 0,5	10

4.5.6 Диапазоны калибровки и установки комплектного нуля (0к) калибратора и компаратора соответствуют требованиям, приведенным в таблице 4.7.

4.5.7 Время установления выходного напряжения калибратора (с точностью до 0,0001 %) не более 3 с (увеличивается на 1 с при изменении полярности или предела).

Таблица 4.7 – Диапазоны калибровки и установки комплектного нуля (0к) калибратора и компаратора

Предел, Уп	Диапазоны калибровки (x·d)		Установка 0к (x-с)	
	калибратора	компаратора %	калибратора	компаратора %
«100mV»	± 1 мВ	10	± 1 мкВ	1
«1V»	± 10 мВ		± 10 мкВ	
«10V»	± 100 мВ		± 100 мкВ	
«100V»	± 1 В		± 10 мВ	
«1000V»	± 10 В		± 10 мВ	

4.5.8 Дополнительная температурная погрешность воспроизведения и измерения напряжения постоянного тока при изменении температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С составляет:

- на пределах «100mV», «1V», «10V» - не более половины основной погрешности, нормируемой за 1 год при температуре $T = (T_k \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$;
- на пределах «100V», «1000V» - не более основной погрешности, нормируемой за 1 год при температуре $T = (T_k \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$.

4.6 Основные параметры и характеристики калибратора напряжения переменного тока

4.6.1 Калибратор КМ300 обеспечивает воспроизведение напряжений переменного синусоидального тока (среднеквадратического значения) в диапазоне от 1 мВ до 10 В (модификации КМ300К, М300КТ) и от 1 мВ до 700 В (модификации КМ300КН, КМ300КНТ) в частотном диапазоне от 10 до 1000 Гц.

4.6.2 Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока соответствует требованиям, приведенным в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока, 6.5-разрядная шкала

Предел, Уп (диапазон U)	Частотный диапазон, Гц	Предел допускаемой основной погрешности за 1 год, $\pm (\% \text{ от } U + \% \text{ от } U_{\text{П}})^{1)}$	
		$(T_k \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$	$(T_k \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$
«100mV» (1 – 102 мВ)	10 - 1000	0,02 + 0,005	0,03 + 0,005
«1V» (10 мВ – 1,02 В)	10 - 1000	0,015 + 0,005	0,02 + 0,005
«10V» (0,1 – 10,2 В)	10 - 1000	0,015 + 0,005	0,02 + 0,005
«100V» ²⁾ (1 – 102 В)	10 - 1000	0,025 + 0,005	0,035 + 0,005
«700V» ²⁾ (10 – 720 В)	10 - 1000	0,03 + 0,005	0,04 + 0,005

¹⁾ Предел допускаемой основной погрешности нормируется от 10 % Уп до Уп. При выпуске $T_k = (23 \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$.
²⁾ Предел реализуется совместно с усилителем КМ300Н.

4.6.3 Перекрытие пределов воспроизведения напряжения переменного тока - 2 % .

4.6.4 Время установления выходного напряжения - не более 0,5 с, время установления частоты - 0,5 с.

4.6.5 Дополнительная температурная погрешность воспроизведения напряжения переменного тока, обусловленная изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С, - не более основной погрешности, нормируемой за 1 год при $T = (T_k \pm 1) \text{ } ^\circ\text{C}$.

4.6.6 Калибратор КМ300КН обеспечивает установку частоты напряжения синусоидальной формы на пределе, с диапазоном и погрешностью, указанными в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Предел, диапазон и погрешность установки частоты

Пределы частоты, Гц	Частотный диапазон, Гц	Дискретность, Гц	Погрешность системы частоты, %, не более
1000	10 - 1000	1	0,003

4.6.7 Нагрузочные характеристики и коэффициент гармоник калибратора напряжения переменного тока удовлетворяют требованиям, указанным в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Нагрузочные характеристики и коэффициент гармоник калибратора напряжения переменного тока

Предел, Up	Частотный диапазон, Гц	Коэффициент гармоник Kг, %, не более	Нагрузочные характеристики	
			Емкость нагрузки, пФ, не более	Ток нагрузки, мА, не более
«100mV»	10 - 1000	0,06	1000	20
«1V»	10 - 1000	0,06	1000	50
«10V»	10 - 1000	0,06	1000	50
«100V»	10 - 1000	0,1	500	10
«700V»	10 - 1000	0,1	500	10

4.7 Основные параметры и характеристики калибратора силы постоянного тока

4.7.1 Калибратор КМ300КТ, в состав которой входят базовый прибор КМ300К и преобразователь КМ300Т, обеспечивает воспроизведение силы постоянного тока в диапазоне от 0,1 нА до 50 А с параметрами и характеристиками, приведенными в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Предел допускаемой основной погрешности и выходные параметры воспроизведения силы постоянного тока, 7.5-разрядная шкала

Предел, Ip	Предел допускаемой основной погрешности, за 1 год \pm (% от I + % от Ip)		Допустимое сопротивление на нагрузке, Ом	Выходное сопротивление, не менее
	(Тк \pm 1) °С	(Тк \pm 5) °С		
«1mA»	0,0025+0,0005	0,0035+0,0005	до 2000	1 ГОм
«10mA»	0,0025+0,0005	0,0035+0,0005	до 200	100 МОм
«100mA»	0,0025+0,0005	0,0035+0,0005	до 20	10 МОм
«1A»	0,005+0,001	0,007+0,001	до 1	0,5 МОм
«10A»	0,008+0,002	0,012+0,002	до 0,1	20 кОм
«50A» ¹⁾	0,035+0,004	0,05+0,004	до 0,02	2 кОм

¹⁾ Ток 40 – 50 А выдается в течение 3 мин после чего срабатывает защита от перегрева с последующим перерывом для автоматического охлаждения.

Пр и м е ч а н и е - Тк – температура, при которой осуществлялась калибровка компаратора КМ300. Тк не должна выходить за пределы 10 – 35 °С. При выпуске Тк = (23 \pm 1) °С.

4.7.2 Динамический диапазон по напряжению составляет:

на пределах «1mA», «10mA», «100mA»	от минус 9 до 9 В;
на пределе «1A»	от минус 7 до 7 В;
на пределе «10A»	от минус 2 до 2 В;
на пределе «50A»	от минус 1 до 1 В.

4.7.3 Перекрытие пределов воспроизведения силы постоянного тока - 2 %.

4.7.4 Дополнительная температурная погрешность воспроизведения силы постоянного тока, обусловленная изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С, - не более основной погрешности, нормируемой за 1 год при T = (Тк \pm 1) °С.

4.8 Основные параметры и характеристики калибратора силы переменного тока

4.8.1 Калибратор КМ300КТ обеспечивает воспроизведение силы переменного тока (синусоидальной формы) в диапазоне от 10 мкА до 50 А в частотном диапазоне от 10 до 1000 Гц с параметрами и характеристиками, приведенными в таблицах 4.12, 4.13.

Таблица 4.12 – Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения силы переменного тока

Предел, Iп (диапазон I)	Частотный диапазон, Гц	Предел допускаемой основной погрешности за 1 год, ± (% от I + % от Iп)		Допустимое сопротивление на нагрузке, Ом
		(Тк ± 1) °С	(Тк ± 5) °С	
«1mA» (10 мкА - 1,02 мА)	10 - 1000	0,025 + 0,005	0,03 + 0,005	до 2000
«10mA» (0,1 - 10,2 мА)	10 - 1000	0,025 + 0,005	0,03 + 0,005	до 200
«100mA» (1 - 102 мА)	10 - 1000	0,025 + 0,005	0,03 + 0,005	до 20
«1А» (0,01 - 1,02 А)	10 - 1000	0,035 + 0,005	0,05 + 0,005	до 0,5
«10А» (0,1 - 10,2 А)	10 - 1000	0,045 + 0,005	0,065 + 0,005	до 0,05
«50А» ¹⁾ (10 - 51,0 А)	45 - 1000	0,08 + 0,02	0,12 + 0,02	до 0,02

¹⁾ Ток 40 – 50 А выдается в течение 3 мин после чего срабатывает защита от перегрева с последующим перерывом для автоматического охлаждения.
 П р и м е ч а н и е - Тк – температура, при которой осуществлялась калибровка компаратора КМ300.
 Тк не должна выходить за пределы 10 – 35 °С. При выпуске Тк = (23 ± 1) °С.

Таблица 4.13 – Выходные параметры калибратора силы переменного тока

Предел, Iп	Частотный диапазон, Гц	Выходные параметры	
		Коэффициент гармоник Кг, %, не более	Выходное сопротивление, не менее
«1mA»	10 - 1000	0,08	30 МОм
«10mA»	10 - 1000	0,08	3 МОм
«100mA»	10 - 1000	0,08	300 кОм
«1А»	10 - 1000	0,08	30 кОм
«10А»	10 - 1000	0,1	1 кОм
«50А»	45 - 1000	0,15	200 Ом

4.8.2 Динамический диапазон по напряжению составляет:
 на пределах «1mA» - «1А» не менее 3 В;
 на пределе «10А» 1,5 В;
 на пределе «50А» 0,7 В.

4.8.3 Перекрытие пределов воспроизведения силы постоянного тока - 2 %.

4.8.4 Дополнительная температурная погрешность воспроизведения силы переменного тока, обусловленная изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С, - не более основной погрешности, нормируемой за 1 год при T = (Тк ± 1) °С.

4.9 Основные параметры и характеристики калибратора мощности

4.9.1 Калибратор КМ300КН при совместной работе с калибратором КМ300КТ обеспечивают воспроизведение мощности постоянного и переменного тока.

Предел абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между напряжением и током от минус 180 до плюс 180 ° на переменном токе в частотном диапазоне от 45 до 1000 Гц обеспечивается с параметрами и характеристиками, приведенными в таблице 4.14.

Таблицах 4.14 - Предел абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока

Частотный диапазон, Гц	Диапазон значений (Разрешающая способность), °	Предел абсолютной основной погрешности $\Delta\varphi$ за 1 год, °
45 - 55	от минус 180 до плюс 180 (0,01)	0,1
55 - 1000		$0,1 + 0,002 * (f - 55)$

Погрешность воспроизведения мощности на **переменном** токе, δ_P вычисляется по формуле (1):

$$\delta_P = \sqrt{\delta_U^2 + \delta_I^2 + \delta_\varphi^2}, \quad (1)$$

где δ_U - погрешность напряжения переменного тока, рассчитывается по формулам, указанным в таблице 4.8, %;

δ_I - погрешность воспроизведения силы переменного тока, рассчитывается по формулам, указанным в таблице 4.12, %;

δ_φ - погрешность коэффициента мощности от угла сдвига фаз между каналом напряжения и тока, рассчитывается по формуле (2), %:

$$\delta_\varphi = 100 \cdot \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right), \quad (2)$$

где φ - угол сдвига фаз от минус 180 до плюс 180 ° между каналом напряжения и тока;

$\Delta\varphi$ - предел абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз, указан в таблице 4.14, °.

Погрешность воспроизведения мощности на **постоянном** токе, δ_P вычисляется по формуле (3):

$$\delta_P = \sqrt{\delta_U^2 + \delta_I^2}, \quad (3)$$

где δ_U - погрешность напряжения постоянного тока, рассчитывается по формулам, указанным в таблице 4.4, %;

δ_I - погрешность воспроизведения силы постоянного тока, рассчитывается по формулам, указанным в таблице 4.11, %.

4.9.2 Мощность воспроизводится в канале напряжения на пределах «10V», «100V», «1000V», в канале тока на пределах «10mA», «100mA», «1A», «10A».

Пример 1 - Калибратор КМ300КН воспроизводит напряжение 100 В на пределе «100V», калибратор КМ300КТ – ток 1 А на пределе «1А» при сдвиге фаз между напряжением и током 0 ° ($\varphi = 0$ °) с частотой 55 Гц.

Считаем погрешность в канале напряжения:

$$\delta_U = 25 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \text{ В} + 5 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \text{ В} = 0,03 \text{ В}, \text{ что составляет } 0,03 \text{ \%}.$$

Считаем погрешность в канале тока:

$$\delta_I = 35 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \text{ А} + 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \text{ А} = 0,0004 \text{ А}, \text{ что составляет } 0,04 \text{ \%}.$$

Считаем погрешность угла сдвига фаз от $\Delta\varphi$ при $\varphi = 0^\circ$:

$$\delta_\varphi = 100 \cdot (1 - \text{Cos } 0,1 / \text{Cos } 0) = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ \%}$$

Считаем погрешность воспроизведения мощности на **переменном** токе:

$$\delta_p = \sqrt{0,03^2 + 0,04^2 + 0,00015^2} = 0,05 \text{ \%}$$

Пример 2 - Значение выдаваемых токов и напряжений прежние, а сдвиг фаз между напряжением и током 60° ($\varphi = 60^\circ$).

Считаем погрешность угла сдвига фаз от $\Delta\varphi$ при $\varphi = 60^\circ$:

$$\delta_\varphi = 100 \cdot (1 - \text{Cos } 60,1 / \text{Cos } 60) = 0,3 \text{ \%}.$$

Считаем погрешность воспроизведения мощности на **переменном** токе при $\varphi = 60^\circ$:

$$\delta_p = \sqrt{0,03^2 + 0,04^2 + 0,3^2} = 0,305 \text{ \%}$$

Из примеров видно как оказывает влияние на воспроизведения мощности на переменном токе погрешность сдвига фаз между каналом тока и напряжения от угла сдвига фаз.

При нулевом сдвиге фаз погрешность $\Delta\varphi$ не оказывает существенного влияния.

Пример 3 - Значение выдаваемых токов и напряжений прежние, а сдвиг фаз между напряжением и током $\varphi = 0^\circ$ с частотой 400 Гц.

Считаем погрешность угла сдвига фаз от $\Delta\varphi$ при $\varphi = 0^\circ$ на частоте 400 Гц:

$$0,1 + 0,002 \cdot (400 - 55) = 0,79^\circ$$

Считаем погрешность угла сдвига фаз от $\Delta\varphi$ при $\varphi = 0^\circ$:

$$\delta_\varphi = 100 \cdot (1 - \text{Cos } 0,79 / \text{Cos } 0) = 0,01 \text{ \%}$$

Считаем погрешность воспроизведения мощности на **переменном** токе при $\varphi = 0^\circ$ на частоте 400 Гц:

$$\delta_p = \sqrt{0,03^2 + 0,04^2 + 0,01^2} = 0,051 \text{ \%}$$

Из примера видно как оказывает влияние на воспроизведения мощности на переменном токе погрешность сдвига фаз между каналом тока и напряжения от **частоты**.

Пример 4 - Значение выдаваемых токов и напряжений прежние, сдвиг фаз между напряжением и током 60° ($\varphi = 60^\circ$) с частотой 400 Гц.

Считаем погрешность угла сдвига фаз от $\Delta\varphi$ при $\varphi = 60^\circ$ на частоте 400 Гц:

$$0,1 + 0,002 \cdot (400 - 55) = 0,79^\circ$$

Считаем погрешность угла сдвига фаз от $\Delta\varphi$ при $\varphi = 60^\circ$:

$$\delta_\varphi = 100 \cdot (1 - \text{Cos } 60,79 / \text{Cos } 60) = 2,28 \text{ \%}$$

Считаем погрешность воспроизведения мощности на **переменном** токе при $\varphi = 60^\circ$ на частоте 400 Гц:

$$\delta_p = \sqrt{0,03^2 + 0,04^2 + 2,28^2} = 2,281 \text{ \%}$$

4.10 Общие технические характеристики изделия

4.10.1 Время прогрева компаратора КМ300 - не менее 1 ч.

4.10.2 Время непрерывной работы компаратора КМ300 в рабочих условиях эксплуатации с сохранением технических характеристик - не менее 24 ч.

4.10.3 Компаратор КМ300 сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, при питании от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В частотой от 47 до 63 Гц и содержанием гармоник не более 5 %.

4.10.4 Электрическая прочность изоляции между сетевыми цепями приборов КМ300К, КМ300Р, КМ300Т, КМ300Н и клеммой заземления (корпусом) выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение 2,2 кВ постоянного тока в нормальных условиях эксплуатации.

Электрическая прочность изоляции между входными - выходными клеммами приборов КМ300К, КМ300Р, КМ300Т и корпусом выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение 0,7 кВ постоянного тока в нормальных условиях эксплуатации.

Электрическая прочность изоляции между входными - выходными клеммами усилителя КМ300Н и корпусом выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение 4,3 кВ постоянного тока в нормальных условиях эксплуатации.

Электрическая прочность изоляции между входными - выходными клеммами ДН вх и экраном (Э) выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия испытательное напряжение 4,3 кВ постоянного тока в нормальных условиях эксплуатации.

4.10.5 Электрическое сопротивление изоляции между соединенными вместе корпусом, цепями питания сетевых приборов КМ300К, КМ300Р, КМ300Т, КМ300Н и входными - выходными клеммами - не менее 10^9 Ом.

Электрическое сопротивление изоляции между соединенными вместе цепями питания сетевых приборов КМ300К, КМ300Р, КМ300Т, КМ300Н и корпуса - не менее 10^8 Ом.

4.10.6 Мощность, потребляемая приборами от сети питания - не более:

- 44 ВА для компаратора КМ300К, КМ300Р;

- 440 ВА для преобразователя КМ300Т;

- 130 ВА для усилителя КМ300Н.

4.10.7 Напряжение промышленных радиопомех и напряженность поля промышленных радиопомех, создаваемых приборами компаратор КМ300 не превышает значений для оборудования класса Б по ГОСТ Р 51522 (МЭК 61326-1).

Изделие устойчиво к электростатическим разрядам по ГОСТ Р 51317.4.2, к радиочастотному электромагнитному полю по ГОСТ Р 51317.4.3, наносекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.4, к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями по ГОСТ Р 51317.4.6, к динамическим изменениям напряжения электропитания по ГОСТ Р 51317.4.11.

4.10.8 Компаратор КМ300 обеспечивает прием управляющих и передачу измеренных значений напряжения по интерфейсу RS-232C, RS-485 и USB.

В. Описание протокола FT 2.1 и организация передачи данных приведены в приложении В. Работоспособность интерфейса проверяется при помощи прилагаемой программы КМ300.EXE. Указание по использованию программы содержится в ее справочной системе.

4.10.9 Средняя наработка на отказ каждого из приборов - не менее 15000 ч.

4.10.10 Средний ресурс каждого из приборов - не менее 15000 ч.

4.10.11 Средний срок службы каждого из приборов - не менее 10 лет.

4.10.12 Масса модификаций компаратора КМ300 - не более:

- 10 кг для компараторов КМ300К, КМ300Р;

- 22 кг для компаратора КМ300КТ;

- 20 кг для компаратора КМ300КН;

- 32 кг для компаратора КМ300КНТ.

4.10.13 Габаритные размеры модификаций компаратора КМ300 - не более (Ш, В, Г):

- 370*130*390 мм для компараторов КМ300К, КМ300Р;

- 370*260*390 мм для компараторов КМ300КТ, КМ300КН;

- 370*390*390 мм для компаратора КМ300КНТ.

5 УСТРОЙСТВО И РАБОТА КОМПАРАТОРА КМ300

5.1 Конструктивное исполнение компаратора КМ300

5.1.1 Системообразующий прибор - компаратор-калибратор универсальный КМ300К является самостоятельным изделием.

5.1.2 Усилитель КМ300Н и преобразователь КМ300Т работают только под управлением компаратора КМ300К и в зависимости от желаемой поставки составляют модификации:

- компаратор КМ300Р;
- компаратор КМ300К;
- компаратор КМ300КТ (КМ300К, КМ300Т);
- компаратор КМ300КН (КМ300К, КМ300Н);
- компаратор КМ300КНТ (КМ300К, КМ300Н, КМ300Т).

5.2 Устройство и работа компаратора КМ300К

5.2.1 Структурная схема компаратора КМ300К представлена на рисунке 1.

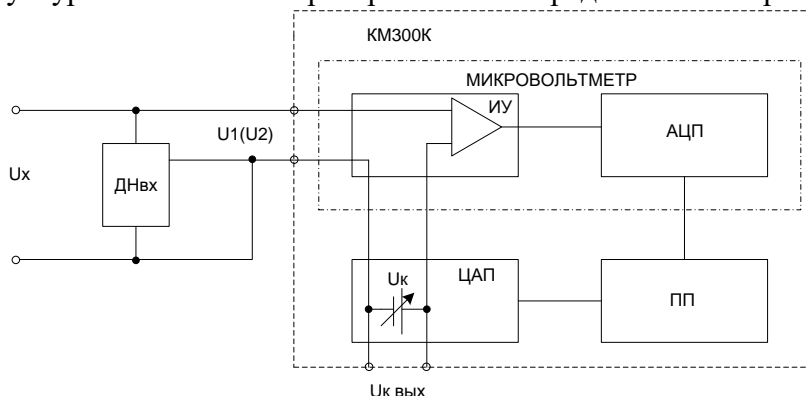


Рисунок 1

5.2.2 При компарировании напряжений входное напряжение (U_x), непосредственно или через ДН вх поступает на один из входов U_1 или U_2 компаратора КМ300К, имеющего встроенный, семидекадный, трехпредельный ЦАП (калибратор) с напряжением U_k для компенсации U_x .

ИУ измеряет ΔU .

ΔU (без ДН вх) определяется по формуле (4):

$$\Delta U = U_x - U_k, \quad (4)$$

ΔU отсчитывается в масштабе по встроенному АЦП.

Измеряемое напряжение U_x определяется по формуле (5) как сумма значений U_k после компенсации и напряжения, измеренного микровольтметром, и индицируется на ПП:

$$U_x = U_k + \Delta U, \quad (5)$$

В частном случае (режим микровольтметра с пределами «10V», «1mV», «100 μ V») при $U_k = 0$ усиливается напряжение U_x .

Усиленное напряжение поступает на АЦП, где индицируется на ПП.

Наличие выхода калибратор U_k вьх позволяет решать широкий круг задач.

Калибратор, в частности, используется в качестве источника напряжений для преобразования его в ток.

5.3 Принцип действия компаратора КМ300К

Компаратор КМ300К выполнен с применением техники ОИДН и малошумящих МДМ - усилителей.

Функциональная схема компаратора КМ300К показана на рисунке 2 .

Постоянное напряжения E , создаваемое ИОН, преобразуется МДІ в переменное напряжение, которое масштабно изменяется ОИДН, содержащим сердечник и обмотки I (намагничивающая), II (обратной связи), III(выходные) и УИДН.

Включение ОИДН в цепь обратной связи УИДН определяет линейность выходных напряжений ОИДН, высокое входное и низкое выходное сопротивления. Поскольку коэффициенты передачи определяются числами витков, ОИДН обладает высокой временной и температурной стабильностью характеристик.

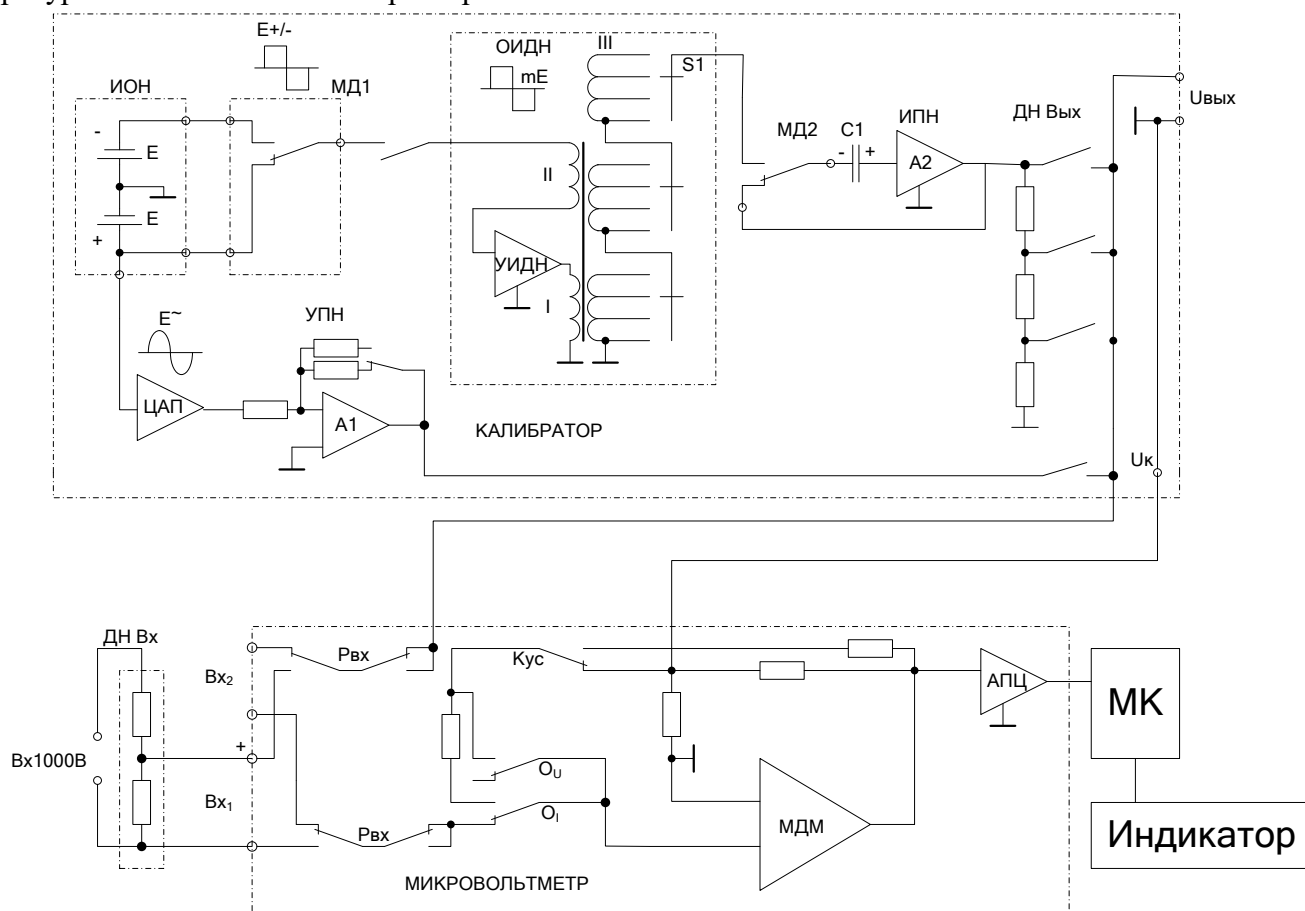


Рисунок 2

Величина переменного выходного напряжения ОИДН регулируется электронными переключателями S1.

Для обратного преобразование импульсного переменного напряжения в постоянное напряжение используется ИПН.

Конденсатор C1 ключом МД2 периодически присоединяется к выходу ОИДН в момент существования импульсного напряжения одной из полярностей, заряжаясь до амплитудного значения этого напряжения.

При противоположном положении ключей МД2 напряжение, запомненное конденсатором C1, сливается с выходным напряжением усилителя A2.

После окончания переходного процесса напряжение на выходе усилителя A2 устанавливается равным амплитуде импульсного напряжения (предел «10V») и поступает на ДН вых, с помощью которого образуются пределы «1V» и «100mV».

Совместно функционирующие ИОН, МД1, ОИДН, ИПН и ДН вых образуют трехпределный, семидекадный калибратор напряжений с пределами «10V», «1V», «100mV» (переключатели S1 показаны условно).

Микровольтметр содержит МДМ - усилитель и АЦП.

Особенность МДМ - усилителя - малые шумы, высокая стабильность нуля и большой коэффициент усиления.

Разность между напряжением U_x и напряжением делителя U_k усиливается и масштабируется АЦП.

Коммутация входов осуществляется с помощью реле Рвх.

Микроконтроллер гальванически развязан с микровольтметром, калибратором и управ-

ляет ими с последующим выводом индикации на индикатор.

Измерение напряжения от 10,200000 до 1020,0000 В производится с использованием ДН вх с входным сопротивлением 10 МОм.

Принцип получения калиброванных напряжений переменного тока - это использование декадных резистивных делителей, опорное напряжение для которых получаем с помощью ИОН и ЦАП.

Величина переменного выходного напряжения регулируется электронными переключателями и усиливается УПН с пределами «10V», «1V», «100mV».

5.4 Устройство и работа преобразователя КМ300Т

5.4.1 Преобразователь КМ300Т работает под управлением компаратора КМ300К и обеспечивает функцию калибратора силы тока в модификации компаратора КМ300КТ.

Калибратор силы тока КМ300КТ обеспечивает ток в нагрузке, не зависящий от падения напряжения на нагрузке и ее сопротивления.

В калибраторе КМ300КТ используются два варианта преобразования напряжение-ток (для силы постоянного тока в соответствии с рисунком 3 и для силы переменного тока в соответствии с рисунком 4).

В прецизионных калибраторах тока опорные резисторы ($R_{оп}$) проектируются на основе самых прецизионных компонентов, что и предопределяет высокую стабильность тока нагрузки.

Высокая стабильность нуля и большой коэффициент усиления МДМ - усилителя и УПН обеспечивают независимость I_n от R_n и напряжения на ней.

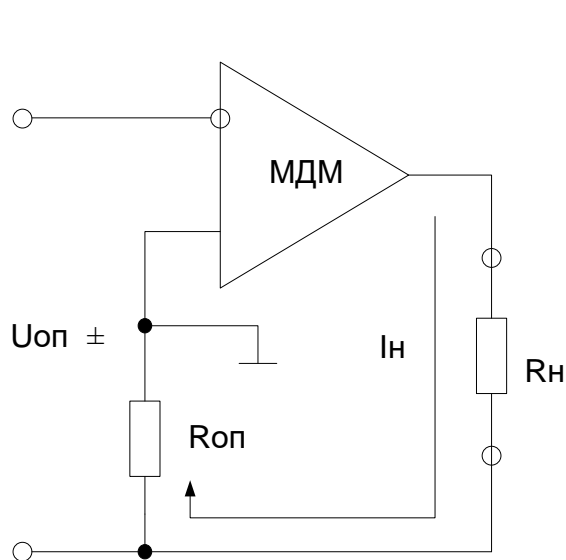


Рисунок 3

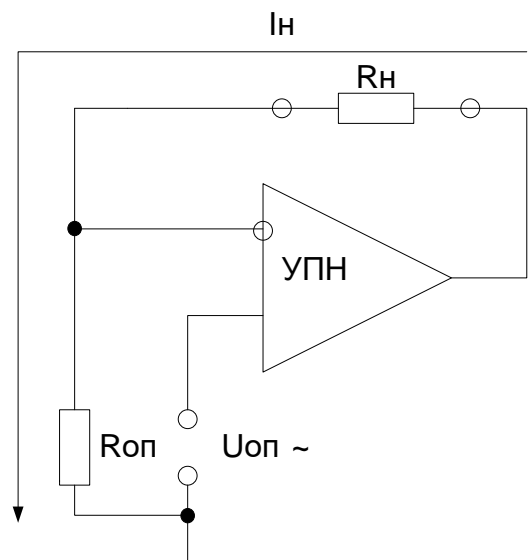


Рисунок 4

5.4.2 На рисунке 5 приведена упрощенная схема калибратора силы тока.

Для получения выходного тока на вход преобразователя подается напряжение $U_{оп}$, соответствующее требуемому току и подключенному $R_{оп}$.

Входное напряжение посредством реле К1, К2 и К7 подается на один из входов МДМ - усилителя или УПН, второй вход которого подключен к $R_{оп}$ посредством коммутации потенциальных цепей реле К3, К4 и токовых К5, К6.

МДМ - усилитель и УПН вырабатывает такой сигнал, который усиливается УМ, чтобы выходной ток I_n , протекая $R_{оп}$, создал на нем падение напряжения равное $U_{вх}$ (см. формулу (3)):

$$U_{вх} = I_n \cdot R_{оп}, \quad (3)$$

$R_{оп}$ подключаются по 4-х зажимной схеме при помощи блока коммутации в соответствии с выбранным автоматически пределом.

Если по каким-то причинам I_n превышает максимальный ток для данного предела, сра-

батывает защита, которая посредством блока коммутаций отключает УМ, тем самым защищая выходную часть УМ и $R_{оп}$.

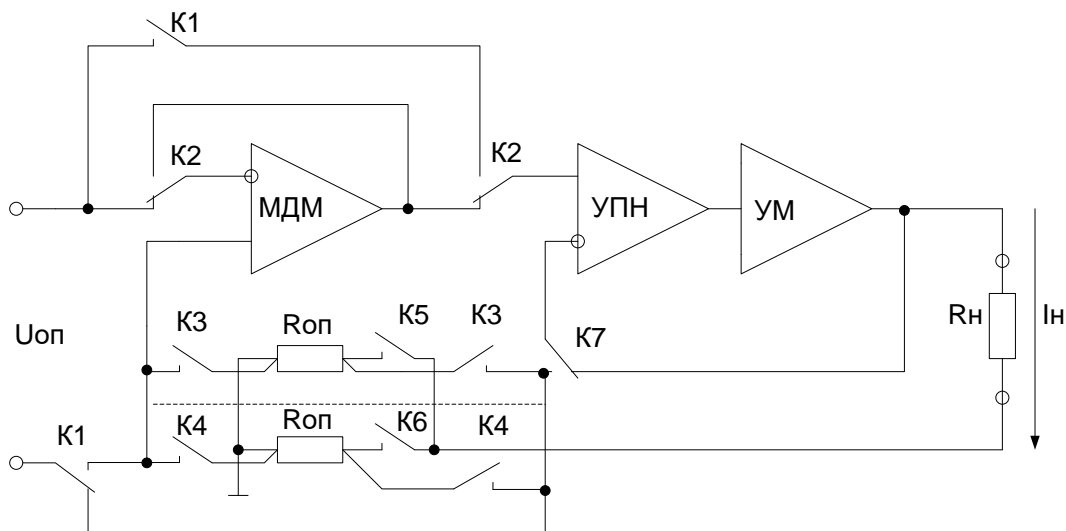


Рисунок 5

5.5 Устройство и работа усилителя КМ300Н

5.5.1 Усилитель КМ300Н работает под управлением калибратора КМ300К и обеспечивает усиление в 100 раз выходного напряжения калибратора КМ300К, усиливая его до 1000 В в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока и до 700 В в режиме воспроизведения напряжения переменного тока для модификации компаратора КМ300КН.

Структурная схема усилителя КМ300Н представлена на рисунке 6.

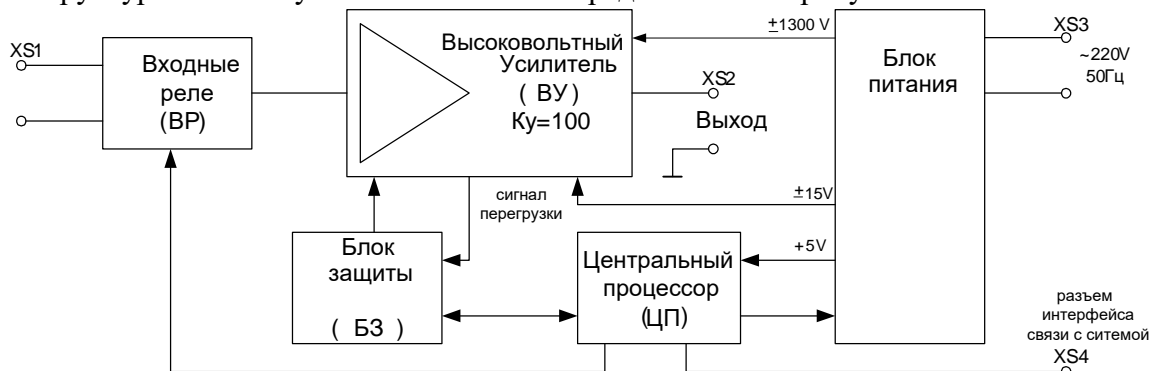


Рисунок 6

5.5.2 С выхода калибратора КМ300К напряжение 1-10 В подается на вход XS1 усилителя КМ300Н и через контакты входных реле (ВР) на вход ВУ, представляющий собой инвертирующий усилитель с коэффициентом усиления 100.

Усиленное напряжение (± 1000 В макс.) с выхода высоковольтного каскада ВУ поступает на выходные клеммы XS2.

В режиме ожидания вход ВУ закорочен через ВР.



БЗ формирует сигнал при перегрузке выходного каскада по току или по напряжению на входе и поступает на ЦП, который переключает ВУ из рабочего режима в режим ожидания.

ЦП осуществляет управление ВР, сброс триггера блока защиты от перегрузок, прием сигнала перегрузки с БЗ, обмен данными и прием команд управления с основного блока системы через интерфейс связи с системой (разъем XS4), плавный пуск высоковольтного питания.

6 ПОРЯДОК УСТАНОВКИ И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

6.1 Меры безопасности при подготовке компаратора КМ300 к эксплуатации

6.1.1 Приборы компаратора КМ300 разработаны и соответствуют всем требованиям норм безопасности класса I (с заземленным корпусом).

Заземление корпуса каждого прибора обеспечивается через сетевую вилку или зажим «» на задней панели. При использовании зажима «» он должен присоединяться к заземляющей шине первым, а отсоединяться – последним.

ВНИМАНИЕ! При отсутствии заземления на корпусе прибора имеется потенциал 110 В с частотой питающей сети относительно земли.

Необходимо следить, чтобы цепь заземления не имела разрыва.

6.1.2 Источниками опасного напряжения в приборах компаратора КМ300 являются сетевые разъемы и выводы сетевых предохранителей, а также выходные клеммы усилителя КМ300Н и входные клеммы ДН вх.

6.1.3 К работе с приборами компаратора КМ300 допускаются лица, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж и изучившие настоящее РЭ.

6.2 Распаковывание и повторное упаковывание

6.2.1 Приборы компаратора КМ300 имеют транспортную тару, в состав которой входят:

- транспортный ящик, предназначен для перевозок одного прибора и длительного хранения;
- транспортная коробка, предназначена для кратковременного хранения приборов, а также для защиты от механических повреждений.

При поставке транспортная коробка находится внутри транспортного ящика и содержит комплект поставки.

6.2.2 При распаковывании приборов снять верхнюю крышку транспортного ящика, извлечь транспортную коробку, а затем из нее приборы и принадлежности.

6.2.3 Произвести первичный осмотр приборов компаратора КМ300 на отсутствие механических повреждений и проверить комплект поставки, согласно таблице 4.1.

6.2.4 При необходимости повторного упаковывания разместить приборы в транспортной коробке, предварительно упаковав их в полиэтиленовый пакет. Выстлать транспортный ящик внутри битумной бумагой и уложить на дно ящика гофрированный картон, выдержав толщину слоя 40 мм. Поместить каждый из приборов в транспортной коробке в отдельный транспортный ящик и заполнить пространство с боков и под верхней крышкой гофрированным картоном, обеспечив плотное заполнение. Закрепить крышку ящика гвоздями

Упаковку рекомендуется проводить в помещении с нормальным уровнем влажности.

6.3 Порядок установки

6.3.1 Все приборы компаратора КМ300 имеют принудительную вентиляцию и рассеивают значительную мощность внутри небольших объемов, поэтому необходимо принимать меры по охлаждению приборов. Вентиляторы обдува радиаторов охлаждения расположены на задних панелях корпуса, и поэтому установка приборов компаратора КМ300 может быть горизонтальной друг относительно друга и вертикальной, но в следующей последовательности: верхний - КМ300К, средний - КМ300Н, нижний - КМ300Т.

6.3.2 Задние панели приборов составленной конструкции должны находиться на расстоянии не менее 25-30 см от стены помещения. Минимальное расстояние боковых стенок приборов до стен или корпусов соседних приборов должно быть не менее 10-15 см, чтобы не ограничивать поступление воздуха комнатной температуры во внутренний объем приборов. Эти меры увеличивают срок службы приборов и способствуют улучшению характеристик.

6.4 Подготовка к работе

6.4.1 Разместить приборы компаратора КМ300 на рабочем месте, обеспечив безопасность работ и удобство, предохранив их от воздействия прямых солнечных лучей.

6.4.2 Ознакомиться с РЭ.

6.4.3 Подключение приборов компаратора КМ300 производить через сетевой кабель, который входит в комплект поставки.

6.4.4 **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ!** Во избежание поражения электрическим током необходимо подключаться к трехвыводной сетевой розетке 220 В (с заземленным выводом).

В случае необходимости использования сетевого питания без заземления (двухпроводная сеть) требуется до подключения кабеля питания заземлить зажимы « \perp », находящиеся на задней панели приборов компаратора КМ300.

6.4.5 При проведении измерений применять измерительные кабели, входящие в комплект поставки.

6.4.6 Дата ввода прибора (приборов) в эксплуатацию должна быть занесена в формуляр.

6.5 Расположение органов подключения, управления и индикации компаратора КМ300К

6.5.1 Передняя и задняя панель компаратора КМ300К приведены на рисунке 7 .

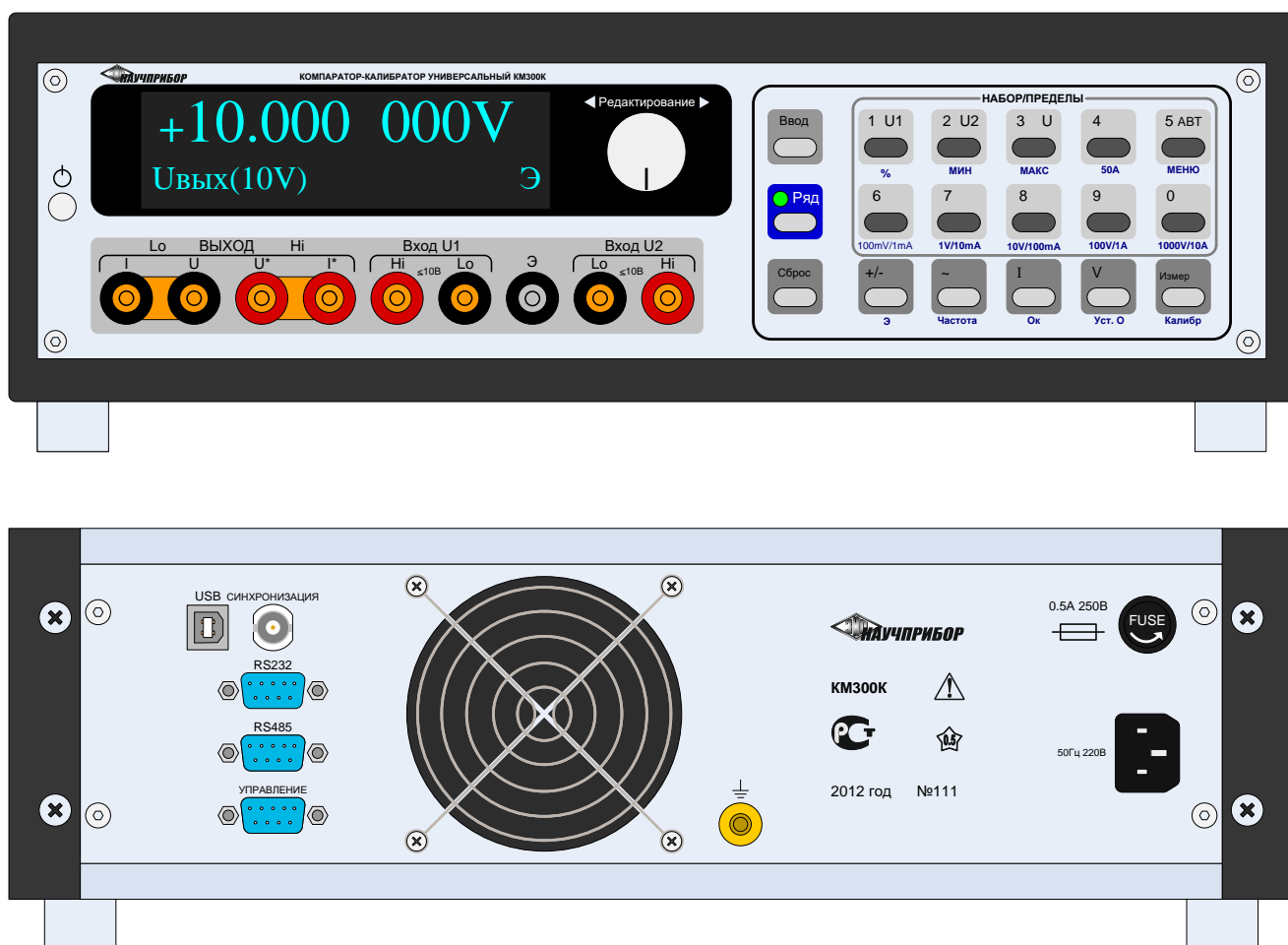


Рисунок 7

6.5.2 В левом нижнем секторе передней панели расположены органы подключения слева на право: клеммы выхода калибратора **ВЫХОД**, клеммы входа компаратора **ВХОД U1** и **ВХОД U2**.

Клемма защитного экрана **Э** находится между входами **U1** и **U2**.

На задней панели находятся: разъем питания 220 В, держатель предохранителя, разъем интерфейса связи с внешними устройствами и разъем **УПРАВЛЕНИЕ** для связи с приборами КМ300Н и КМ300Т.

Разъем СИНХРОНИЗАЦИЯ необходим для реализации режима мощности на переменном токе для модификаций КМ300КН и КМ300КТ.

6.5.3 В левом верхнем секторе передней панели расположен матричный, вакуумно-люминесцентный индикатор, который функционально разделен на две строки, функциональную (большие символы) и информационную (маленькие символы).

Размерность и полярность измеряемого или воспроизводимого напряжения (тока) представлена индикатором единицами физических величин в соответствии с функциональным назначением.







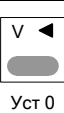

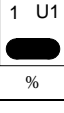
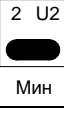
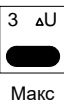
6.5.4 В правом секторе передней панели расположена группа кнопок, разделенная цветовой гаммой: более темные - функциональные кнопки, светлые - кнопки набора.

Редактирование показаний осуществляется механическим поворотным регулятором РЕДАКТИРОВАНИЕ, особенность которого выполнять различные функции в нажатом и отжатом состоянии.









Назначение кнопок клавиатуры приведены в таблице 6.1.

Кнопка «Сеть» расположена на передней панели в крайнем левом углу.

Таблица 6.1 – Назначение кнопок клавиатуры

Кнопка	Назначение
	Режим «Сброс».
	Ввод информации.
	Изменение режима работы кнопок.
	Выбор режима «Воспроизведение напряжения постоянного тока» или «Воспроизведение силы постоянного тока». Полярность. Подключение внутреннего экрана к общей точке прибора.
	Выбор режима «Воспроизведение напряжения переменного тока» или «Воспроизведение силы переменного тока». Установка частоты. Дублирует РЕДАКТИРОВАНИЕ в режиме «Воспроизведение» «▼».
	Выбор режима «Воспроизведение силы тока». Комплектный ноль. Дублирует РЕДАКТИРОВАНИЕ в режиме «Воспроизведение» «▲».
	Выбор режима «Воспроизведение напряжения». Автоматическая установка нулей. Дублирует РЕДАКТИРОВАНИЕ в режиме «Воспроизведение» «◀».
	Выбор режима «Измерение напряжения постоянного тока». Автоматическая калибровка. Дублирует РЕДАКТИРОВАНИЕ в режиме «Воспроизведение» «▶».
	Кнопка набора «1». Подключение входа U1 в режиме «Измерение». Математическая операция %
	Кнопка набора «2». Подключение входа U2 в режиме «Измерение». Минимальное значение на выходе калибратора от предела.
	Кнопка набора «3». Разница измеренных значений напряжений на входах U1 и U2. Максимальное значение на выходе калибратора от предела.

Окончание таблицы 6.1

	<p>Кнопка набора «4». Включение предела воспроизведения тока «50А».</p>
	<p>Кнопка набора «5». Автоматический выбор предела измерения в режиме «Измерение». Вход в режим «Меню».</p>
	<p>Кнопка набора «6». Включение предела напряжения «100mV» в режимах «Воспроизведение напряжения» или «Измерение напряжения», тока «1mA» в режиме «Воспроизведение тока».</p>
	<p>Кнопка набора «7». Включение предела напряжения «1V» в режимах «Воспроизведение напряжения» или «Измерение напряжения», тока «10mA» в режиме «Воспроизведение тока».</p>
	<p>Кнопка набора «8». Включение предела напряжения «10V» в режимах «Воспроизведение напряжения» или «Измерение напряжения», тока «100mA» в режиме «Воспроизведение тока».</p>
	<p>Кнопка набора «9». Включение предела напряжения «100V» в режимах «Воспроизведение напряжения» или «Измерение напряжения», тока «1A» в режиме «Воспроизведение тока».</p>
	<p>Кнопка набора «0». Включение предела напряжения «1000V» в режимах «Воспроизведение напряжения» или «Измерение напряжения»; тока «10A» в режиме «Воспроизведение тока».</p>
	<p>Редактирование.</p>

6.6 Расположение органов подключения преобразователя КМ300Т

6.6.1 Органы подключения, расположенные на передней и задней панели преобразователя КМ300Т, изображены на рисунке 8.

6.6.2 Преобразователь КМ300Т имеет две пары выводов ВХОД U и ВЫХОД I.

К входным клеммам подключается напряжение с выхода компаратора КМ300К кабелем К2, а нагрузка подсоединяется к клеммам выхода.

Кнопка «Сеть» расположена на передней панели в крайнем левом положении.

6.6.3 На задней панели находятся: разъем питания 220В, держатель предохранителя и разъем «Управление» для связи с управляющим компаратором КМ300К.

6.6.4 Разъемы «Управление» компаратора КМ300К и преобразователя КМ300Т соединяются кабелем управления, входящим в комплект поставки.

6.7 Расположение органов подключения усилителя КМ300Н

6.7.1 Органы подключения, расположенные на передней и задней панели усилителя КМ300Н, изображены на рисунке 9.

6.7.2 Усилитель КМ300Н имеет две пары выводов ВХОД и ВЫХОД.

К входным клеммам подключается напряжение с выхода компаратора КМ300К кабелем К2, а нагрузка подсоединяется к клеммам выхода усилителя КМ300Н.

Кнопка «Сеть» расположена на передней панели в крайнем левом положении.

6.7.3 На задней панели находятся: разъем питания 220 В, держатель предохранителя и разъем УПРАВЛЕНИЕ для связи с управляющим компаратором КМ300К.

6.7.4 Разъемы УПРАВЛЕНИЕ компаратора КМ300К и усилителя КМ300Н соединяются кабелем управления входящим в комплект поставки.

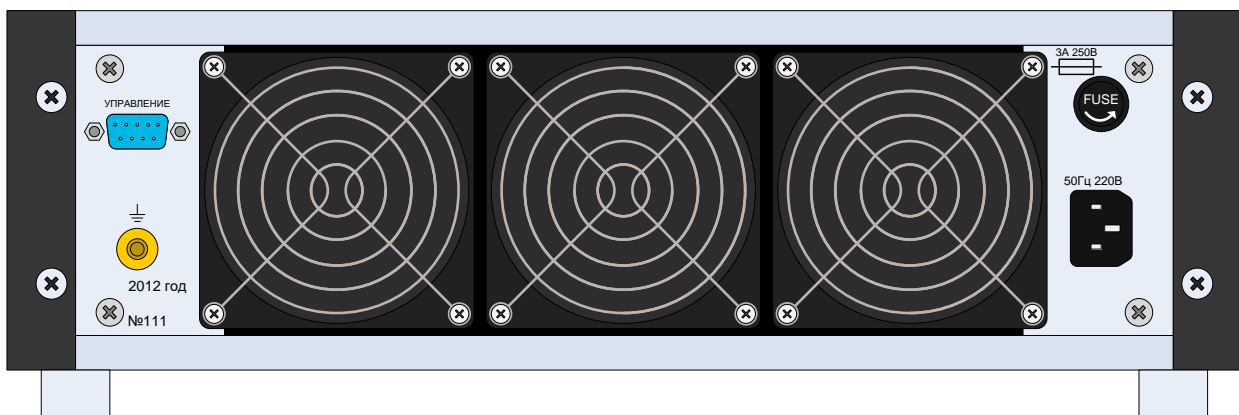
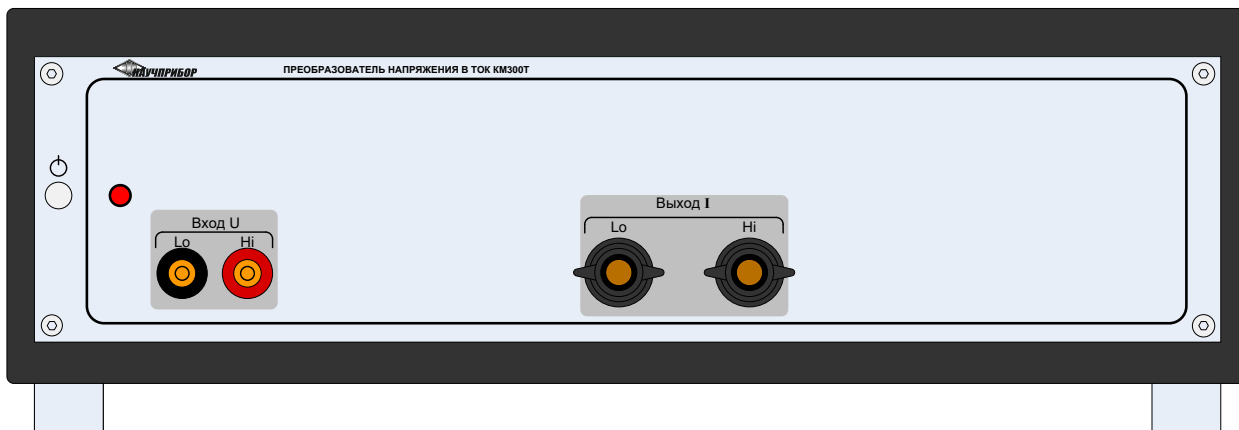


Рисунок 8

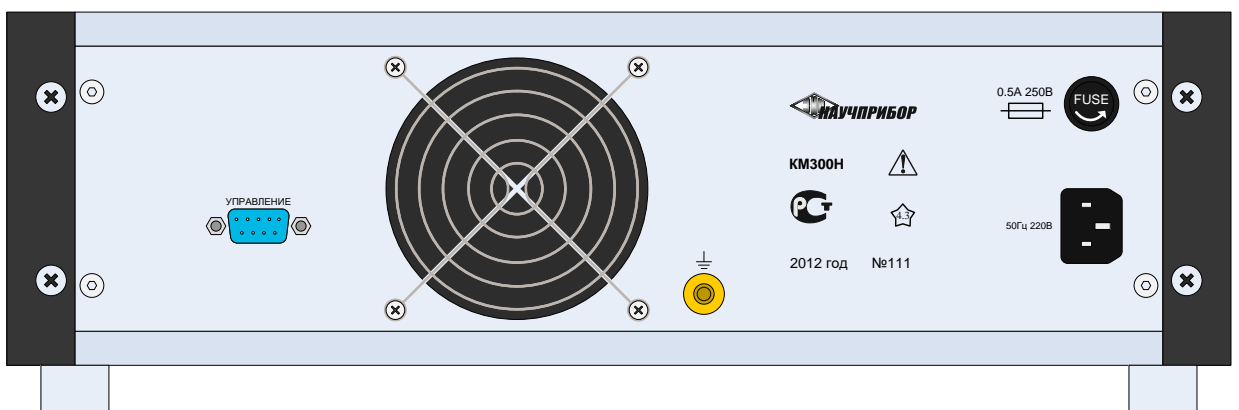
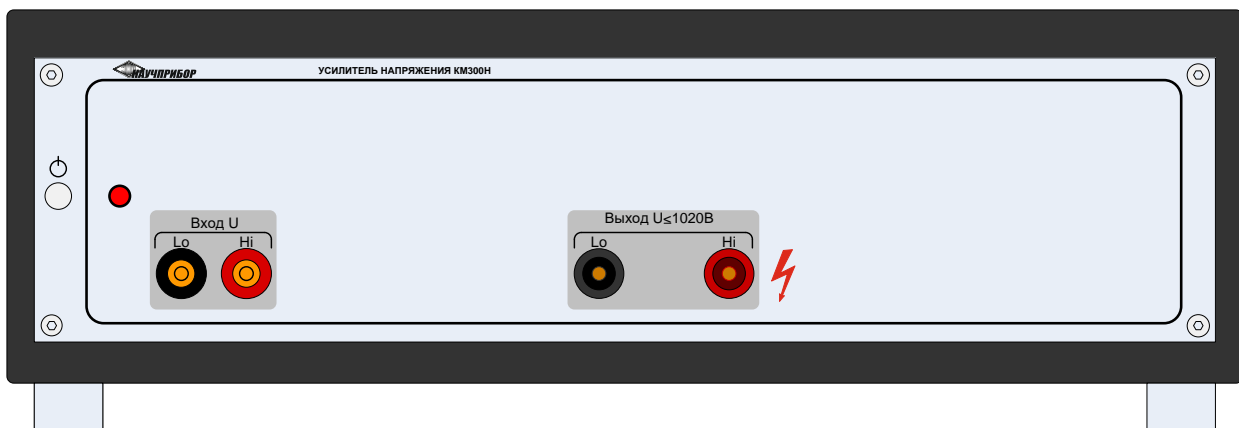


Рисунок 9

6.8 Комплект кабелей и принадлежностей

Комплект кабелей и принадлежностей, входящих в комплект поставки компаратора КМ300 согласно таблице 4.1, приведен на рисунке 10.

ВНИМАНИЕ! Для получения заявленных технических характеристик необходимо пользоваться кабелями из комплекта поставки, в особенности при работе в области переменных напряжений и токов.

К1 – основной измерительный кабель, который подключается к входу U1 или U2 компаратора КМ300К. В комплект поставки входит два кабеля для выполнения задач по сравнению напряжений постоянного тока.

К2 – соединительный кабель компаратора КМ300К с усилителем КМ300Н и преобразователем КМ300Т. Соединяет выход U(Lo) и U*(Hi) компаратора КМ300К и вход усилителя КМ300Н, соблюдая полярность (красный провод Hi, черный Lo).

К3 – кабель синхронизации необходим для реализации режима мощности на переменном токе для модификаций компаратора КМ300КН и КМ300КТ.

К4 – калиброванный кабель применяется при воспроизведении силы переменного тока на пределах 10 и 50 А (красный провод Hi, черный Lo).

К5 – калиброванный кабель применяется при воспроизведении силы постоянного и переменного тока на пределах до 1 А.

СТ – соединитель токовый красного и черного цвета применяется при воспроизведении силы постоянного тока на пределах 10 и 50 А (красный провод Hi, черный Lo).

Кабель управления - соединительный кабель служит для осуществления управления компаратором КМ300К усилителем КМ300Н и преобразователем КМ300Т, разъемы управления которых находятся на задних панелях приборов.

Кабель RS-485 необходим для управления приборами в режиме мощности для модификаций компаратора КМ300КН и КМ300КТ.

Делитель 1/100 – ДН входа подключается к входу U1 компаратора КМ300К при выдаче напряжений постоянного тока от 10 до 1000 В.

Комплект проводов до 1000 В применяется при измерении напряжений постоянного тока от 10 до 1000 В совместно с ДН входа.

6.9 Модификации компаратора КМ300 и их подключение

Модификация компаратора КМ300К, рисунок 7, является базовым прибором и входит в состав остальных модификаций КМ300КН, КМ300КТ и КМ300КНТ.

Модификации компаратора КМ300КН и КМ300КТ представлены на рисунке 11, где показано, что спереди приборы соединены кабелем **К2**, а сзади **кабелем управления**.

При совместной работе калибраторов КМ300КН и КМ300КТ в режиме **мощности** на переменном токе приборы дополнительно соединяются кабелями **RS485** и **К3** (кабелем синхронизации), которые входят в состав приборов при поставке обеих модификаций.

Модификация компаратора КМ300КНТ представлена на рисунке 12, где показано, что спереди компаратор КМ300К соединен кабелем **К2** с усилителем КМ300Н или преобразователем КМ300Т, а сзади - **кабелем управления** с обоими приборами.

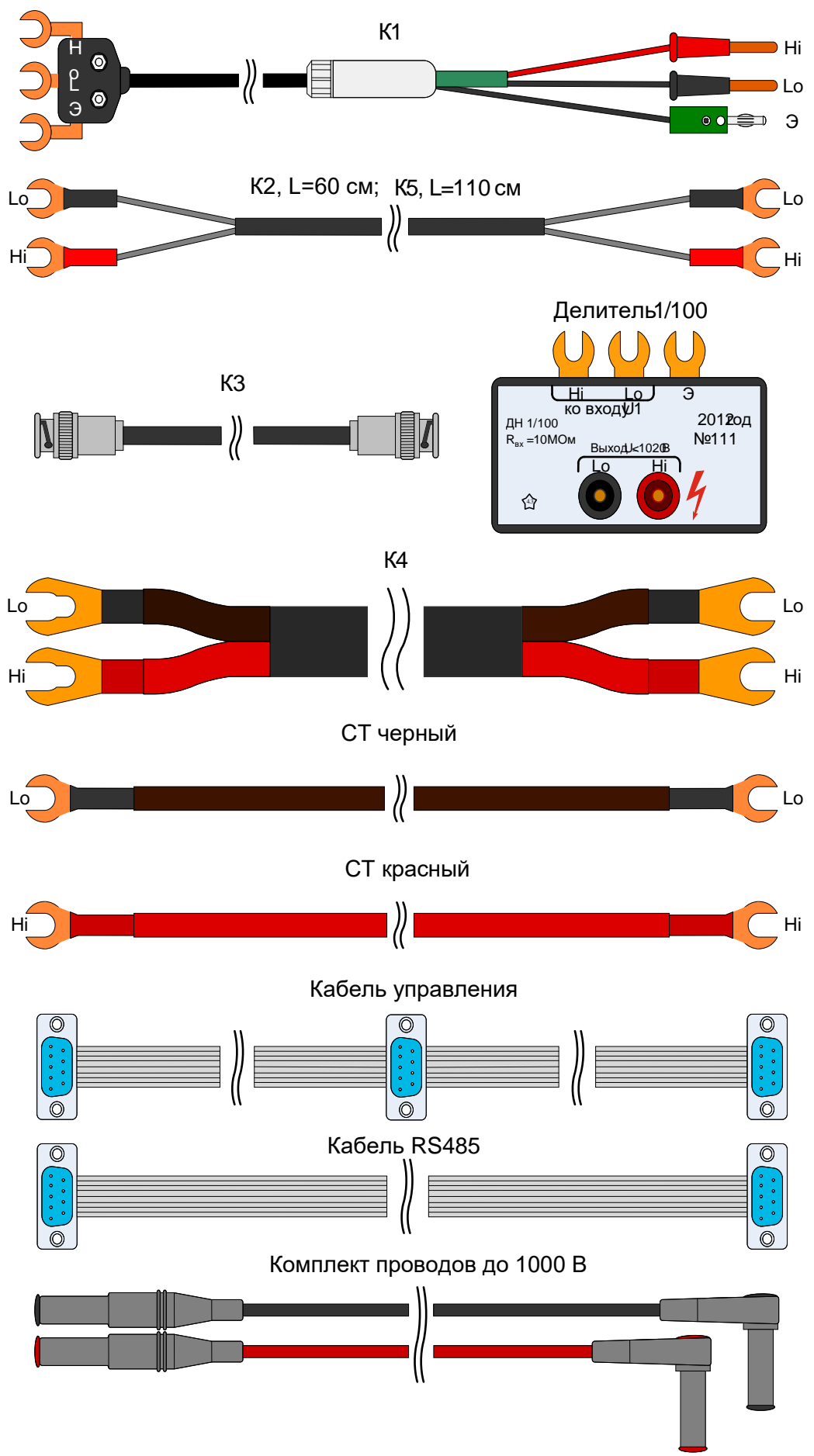


Рисунок 10

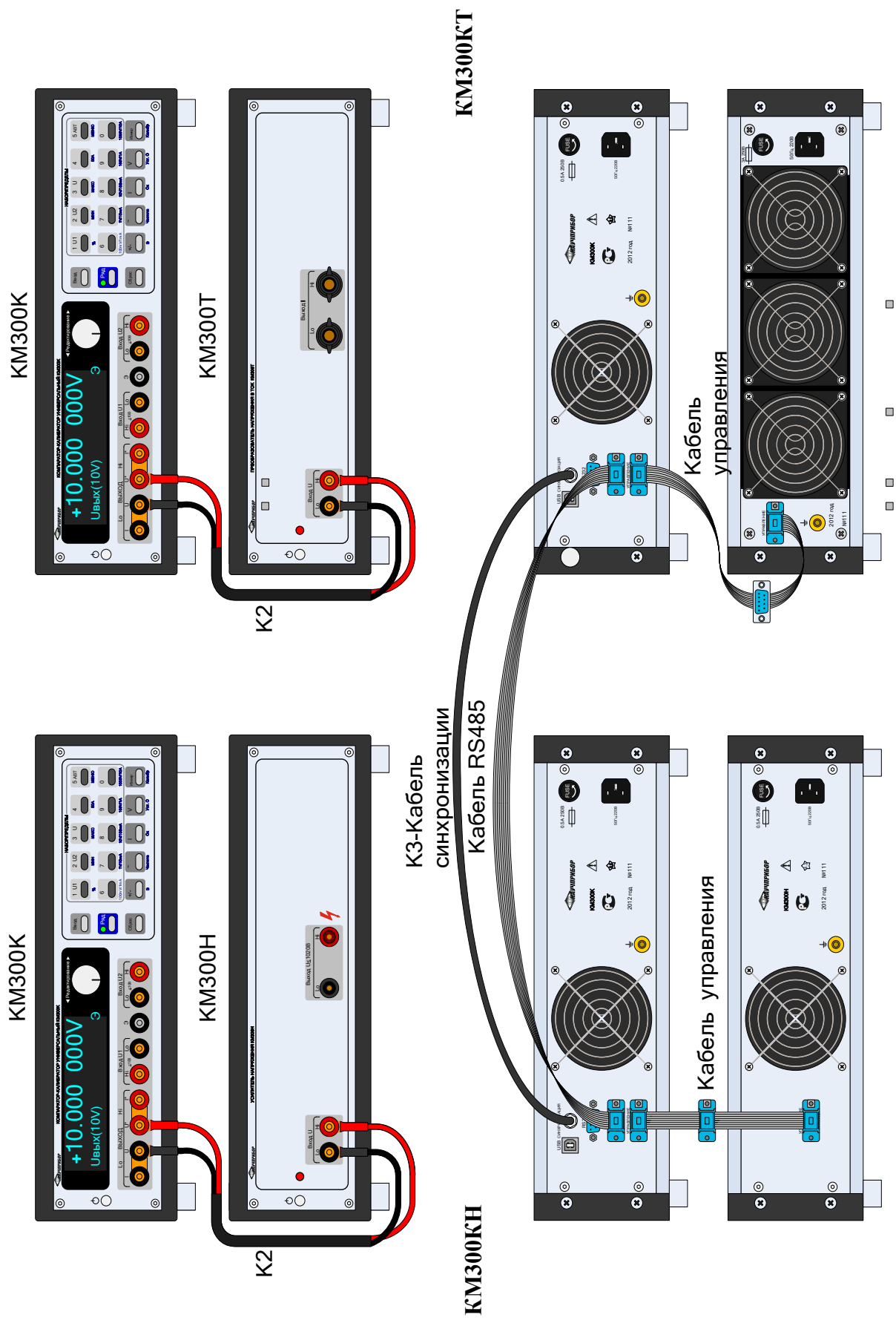
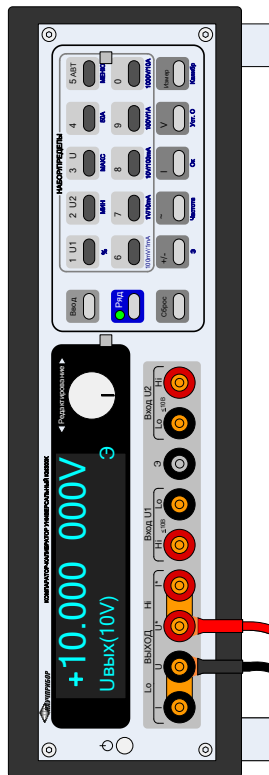
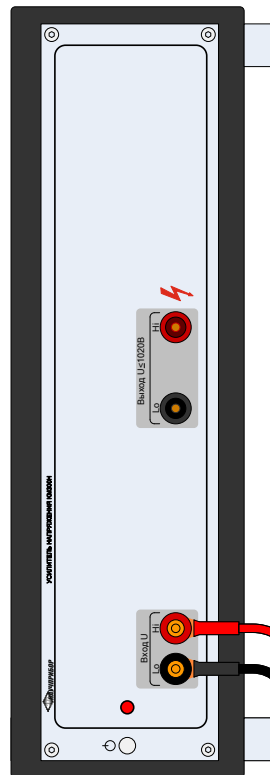


Рисунок 11

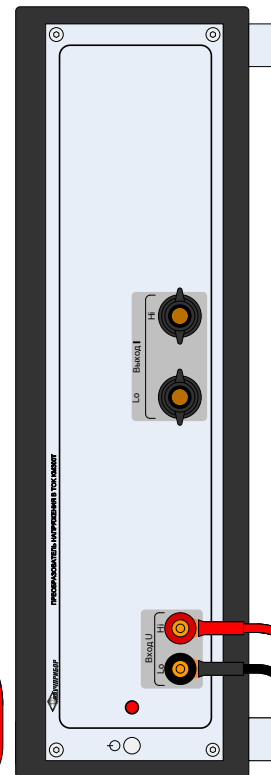
КМ300К



КМ300Н



КМ300Т



К2

ИЛИ

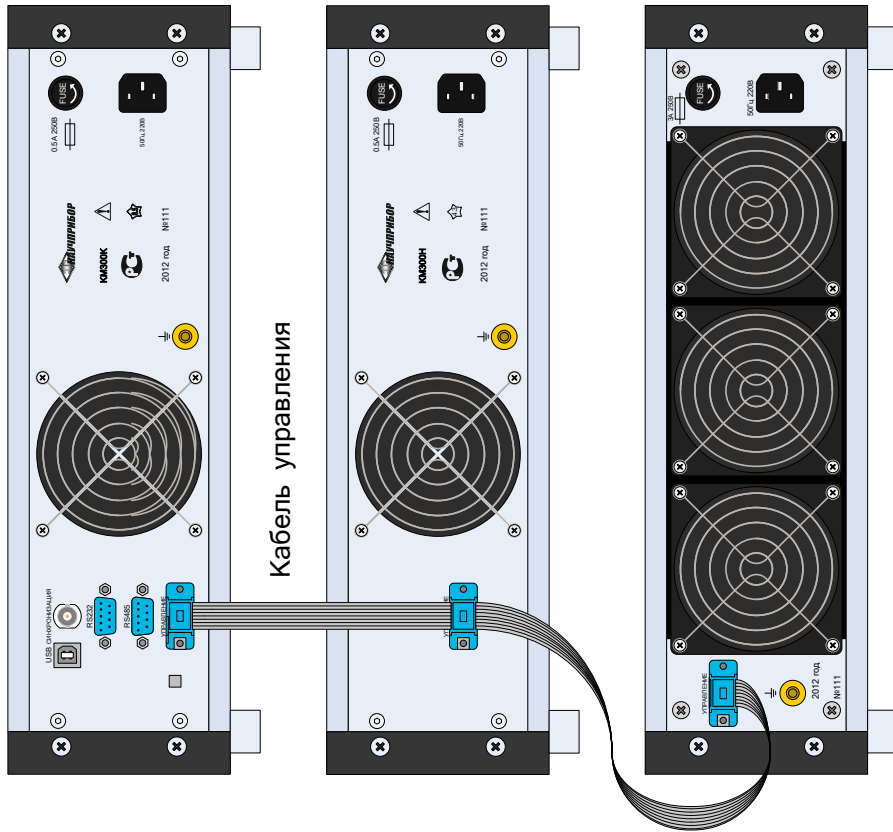


Рисунок 12

7 ПОРЯДОК РАБОТЫ

7.1 Режим «Сброс»

7.1.1 При включении приборов компаратора КМ300 (установить переключатели \odot в положение «вкл.») выполняется самопроверка, после которой компаратор КМ300 находится в режиме «Сброс».

В этом состоянии выходные клеммы ВЫХОД приборов компаратора КМ300 отключены (в воздухе).

7.1.2 В режиме «Сброс» осуществляется выбор рабочих режимов «Измерение» и «Воспроизведение» компаратора КМ300.

Реализация режима «Сброс»



7.1.3 Компаратор КМ300 после нажатия кнопки СБРОС находится в режиме «Ввод данных» с сохранением предыдущих данных на индикаторе и функций введенных пользователем.

Повторное нажатие обнуляет индикатор и отключает функции пользователя.

7.2 Прогрев и автокалибровка

7.2.1 Компаратор КМ300 состоит из прецизионных приборов, которым необходима автокалибровка, включающая в себя автоматическую калибровку пределов и автоматическую установку нулей по напряжению и входному току. Автокалибровка исключает погрешности, связанные с изменением во времени характеристик наиболее ответственных узлов и деталей прибора.

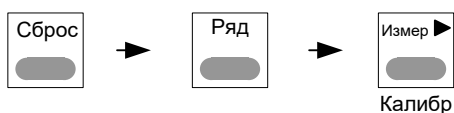
Автокалибровка проводится только при установившихся температурных режимах и электрических параметров, внутренних активных и пассивных компонентов прибора, т.е. после времени прогрева.

7.2.2 Заявленные характеристики компаратора КМ300 нормируются для времени прогрева не менее 1 ч.

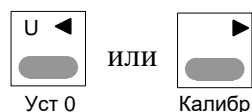
При сниженных требованиях к характеристикам компаратора КМ300 время прогрева может быть уменьшено, но когда время прогрева менее 1 ч, процедуру «Автокалибровка» проводить не рекомендуется.

7.2.3 Процедура «Автокалибровка» выполняется в режиме «Сброс».

Реализация режима «АВТОКАЛИБРОВКА»:



Состояние индикатора: Автокалибровка
вольтметр / **полная**





Выбрать режим «Автокалибровка» «Вольтметр» или «Полная»

где режим «Автокалибровка» «Вольтметр» - при работе с микровольтметром (см. 7.7.12);
«Полная» - при работе во всех остальных режимах.

(Обязательное условие – перемычки на токовых и потенциальных выходах компаратора КМ300К).

 Активирует процедуру «Автокалибровка»

или

 →  Отмена процедуры автокалибровки



7.2.4 После активации процедуры «Автокалибровка» отмена невозможна.

7.3 Режим «Автоматическая установка нулей»

7.3.1 Режим «Автоматическая установка нулей» не включает в себя калибровку пределов и выполняется по желанию оператора на всех пределах или на текущем пределе измерения, воспроизведения, что значительно сокращает время выполнения процедуры.



7.3.2 Процедура «Установка нулей» выполняется в режимах: «Измерение напряжений постоянного тока», «Воспроизведение напряжений постоянного тока», «Сброс».

Реализация режима «АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НУЛЕЙ»:

 → 



Состояние индикатора

Установка нулей
Текущий предел / **полная**

 или  Выбрать «Установка нулей» «Текущий предел» или «Полная»

 Активирует процедуру «Автоматическая установка нулей»

или

 →  Отмена процедуры «Автоматической установки нулей»

После активации процедуры «Установки нулей» отмена невозможна.

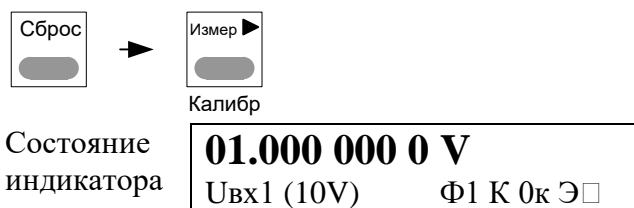
7.4 Работа компаратора в режиме «Измерение»

7.4.1 Выбор режима «Измерение»

Режим «Измерение» реализуется компенсационным методом. Измерительная информация представлена на индикаторе в 8,7 и 6-разрядном формате.

Внимание! Максимально допустимое напряжение на входах U1 и U2 компаратора КМ300К не более 10 В. Измерение от 10 до 1000 В проводится с помощью внешнего делителя ДН входа, который входит в комплект поставки и подключается к входу U1.

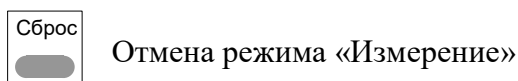
Реализация режима «ИЗМЕРЕНИЕ»



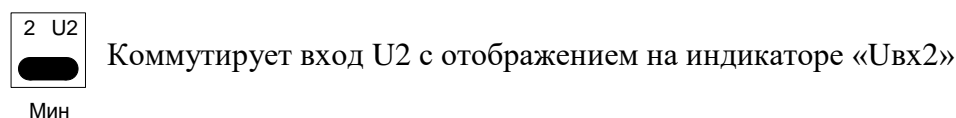
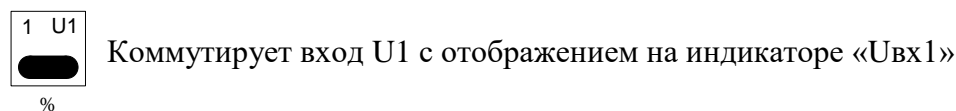
Верхняя строка «01.000 000 0» отображает измеренное значение напряжения.

Нижняя строка информационная и отображает:

- Uвх1 подключение входов U1 или U2 (см. 7.4.2);
- (10V) предел измерения от «100mV» до «1000V» (см. 7.4.3);
- Ф1 состояние включенного цифрового фильтра Ф1,Ф2 или Ф3 (см. 7.7.5);
- К калибровочный коэффициент пользователя (см. 7.4.4);
- 0к комплектный нуль (см. 7.4.5);
- Э подключение внутреннего экрана к общей точке (см. 7.8);
- Ти □ период индикации измерения (см. 7.7.4).



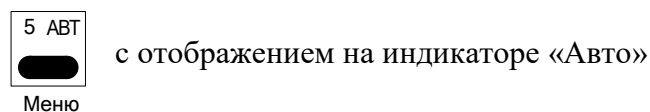
7.4.2 Выбор входа U1 или U2



7.4.3 Выбор предела измерения (ручной, автоматический)

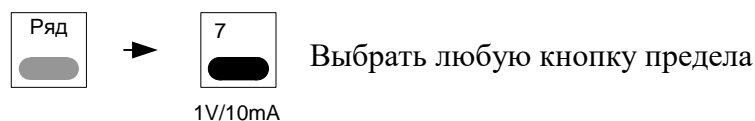
Внимание! Автоматический выбор предела (АВТ) измерения реализуется только до 10 В, так как измерение от 10 до 1000 В проводятся с помощью внешнего ДН вх (ДН 1/100), который входит в комплект поставки.

Реализация режима «АВТ»



Выход из режима «АВТ» этой же кнопкой.

Реализация ручного выбора предела измерения



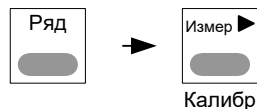
7.4.4 Калибровка пользователя в режиме «Измерение»

Для универсального применения в режиме «Измерение» пользователь может ввести калибровочный коэффициент на результат измерения (X*K).

Калибровочный коэффициент (К) хранится в памяти меню (см. 7.7.9).

Процедура «Калибровка» активируется при измерении значения напряжений не менее 10 % от предела измерения. Диапазон калибровки составляет 10% от измеряемого напряжения.

Реализация режима «КАЛИБРОВКА»



Пример:

Состояние индикатора

01.018 000 0 V
Введите Укалибровки

Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) набрать желаемое (Укалибровки) значение напряжения в верхней строке индикатора.

Например: **01.000 000 0**



Активирует процедуру «Калибровка»

Состояние индикатора

01.000 000 0 V
Введите Укалибровки

На индикаторе отразится символ режима «Калибровка" (К).



Калибр

Отмена процедуры «Калибровка»

7.4.5 Установка комплектного нуля (0к) в режиме «Измерение»

Установка нулевого показания измерительного прибора совместно (комплектно) с источником измерения (х-d). Диапазон комплектного нуля (d) составляет 1% от предела измерения.

Реализация режима «УСТАНОВКА КОМПЛЕКТНОГО НУЛЯ»



0к

Активирует или отменяет режим «Установка комплектного нуля»

ля»

На индикаторе отразится символ режима «Установка комплектного нуля» (0к).

7.4.6 Редактирование

В центре передней панели находится механический поворотный переключатель, служащий для изменения или введения значений физических величин, а также включения или отключения сервисных функций. Особенностью данного переключателя в том, что он работает на вращение в нажатом и отжатом состоянии.

Поворот по часовой стрелке (в нажатом состоянии) двигает маркер вправо, а против часовой стрелки - влево.

Поворот по часовой стрелке (без нажатия) увеличивает значение величин, а против часовой стрелки уменьшает их.

7.5 Компарирование

7.5.1 Режим «Компарирование» - это определение разности измеренных значений напряжений на входах компаратора U1 и U2 в абсолютных значениях ΔU и относительных δU (формулы (6), (7)):

$$\Delta U = U_2 - U_1, \quad (6)$$

$$\delta U = \frac{U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100\%, \quad (7)$$

7.5.2 Режим «Компарирование» реализуется в режиме «Измерение» на пределах «100mV», «1V», «10V».

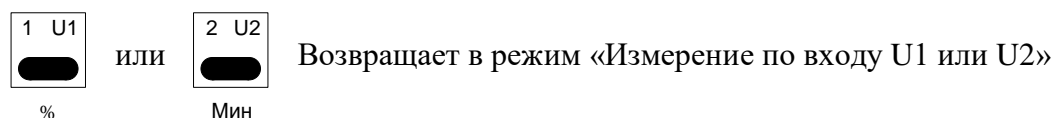
Автоматический выбор пределов в данном режиме отключен.

7.5.3 Время компарирования равно сумме времен измерений по входу U1 и по входу U2.

Реализация режима «КОМПАРИРОВАНИЕ»



Отмена режима «Компарирование»



7.6 Работа калибратора

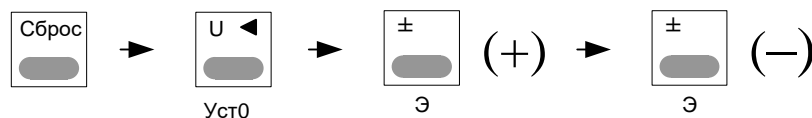
Калибратор КМ300К воспроизводит напряжение постоянного и переменного тока до 10 В, а от 10 до 1000 В совместно с усилителем КМ300Н.

При воспроизведении силы постоянного и переменного тока калибратор КМ300К работает совместно с преобразователем КМ300Т.

7.6.1 Режим «Воспроизведение напряжения постоянного тока»

Внимание! Напряжение от 10 до 1000 В снимается с выходных клемм усилителя КМ300Н.

Реализация режима «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА»



Состояние индикатора

Введите Uвых
+ 00.000 000 V

Установить предел воспроизведения (см. 7.6.2).

Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) набрать желаемое значение напряжения (Uвых) с индикацией на нижней строке индикатора.



Активирует режим «Воспроизведение напряжения постоянного тока»

Состояние индикатора

+ 10.000 000 V
Uвых (10V) К 0к Э

- (10V) предел воспроизведения напряжения (см. 7.6.2);
- К калибровочный коэффициент пользователя (см. 7.6.3);
- 0к комплектный нуль (см. 7.6.4);
- Э подключение внутреннего экрана к общей точке (см. 7.8)



Отмена режима с отключением выходного напряжения

7.6.2 Выбор предела калибратора КМ300К

Внимание! При неподключенном усилителе КМ300Н пределы «100V» и «1000V» не активируются.

Реализация ручного выбора предела измерения



Выбрать любую кнопку предела

1V/10mA

При переключении предела калибратор автоматически переходит в режим сброса.

7.6.3 Калибровка пользователя в режиме «Воспроизведение»

Выходное напряжение калибратора КМ300К пользователь может изменить на калибровочный коэффициент (К), не меняя показания калибратора КМ300К на индикаторе ($X \cdot K$), согласно формуле (6).

$$K = \frac{U_{\text{измененное}}}{U_{\text{действительное}}}, \quad (6)$$

Процедура калибровки активируется при воспроизведении значений напряжений калибратора КМ300К не менее 10 % от предела. Максимальное изменение значения напряжения составляет 1 % от предела.

Калибровочный коэффициент (К) хранится в памяти меню (см. 7.7.9).

Пример - Калибратор КМ300К выдает 10 В на пределе «10V»

Состояние индикатора

+ 10.000 000 V U _{ВЫХ} (10V) Э
--

Реализация режима «КАЛИБРОВКА»



Калибр

Состояние индикатора


+10.000 000 V Подстройте Укалибратора

Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) подстраиваем «Укалибратора» до желаемого значения напряжения в верхней строке индикатора.

Например: «+10.000 123 V»

Состояние индикатора



+10.000 123 V Подстройте Укалибратора

 Активирует процедуру «Калибровка»

Состояние индикатора

+ 10.000 000 V
U _{ВЫХ} (10V) К Э



На индикаторе отразится значение «**10.000 000 V**» и символ режима «Калибровка» «**К**», но напряжение на выходе калибратора КМ300К будет **10.000 123 В**.

 →  Отмена процедуры «Калибровка»

7.6.4 Установка комплектного нуля (0к) в режиме «Воспроизведение»

Установка нулевого показания калибратора КМ300К совместно (комплектно) с измерительным прибором (U_{ВЫХ-d} или I_{ВЫХ-d}). Диапазон комплектного нуля (d) составляет 0,001 % от предела.


Реализация режима «УСТАНОВКА КОМПЛЕКТНОГО НУЛЯ»

 → 
Ок



Состояние индикатора

+000.5μV
Ноль комплектный (0к)

Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) установить комплектный ноль

 Активирует процедуру «Установка комплектного нуля»

На индикаторе отразится символ режима «Установка комплектного нуля» «(0к)».

 →  Отмена процедуры «Установка комплектного нуля»
Ок





7.6.5 Режим «Воспроизведение силы постоянного тока»

Внимание! Подключить к калибратору КМ300К преобразователь КМ300Т.

При не подключенном преобразователе КМ300Т режим «Воспроизведение силы постоянного тока» не активируются.

Ток 40 – 50 А выдается в течение 3 мин после чего срабатывает защита от перегрева с последующим перерывом для автоматического охлаждения.

Реализация режима «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ СИЛЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

 →  →  (+) →  (-)
Ок Э Э

Состояние индикатора **Введите Iвых**
+000.000 00mA

Установить предел воспроизведения (см. 7.4.3. Ручной выбор предела).
Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ набрать желаемое значение силы тока «Iвых» с индикацией на нижней строке индикатора, например: «**100.000 00mA**».



Активирует режим «Воспроизведение силы постоянного тока»

Состояние индикатора **+100.000 00mA**
Iвых (100mA) 0к Э

- (100mA) предел воспроизведения (см. 7.6.2);
- 0к комплектный нуль (см.7.6.4);
- Э подключение внутреннего экрана к общей точке (см. 7.8)



Отмена режима с отключением выходного значения силы тока

7.6.6 Режим «Воспроизведение напряжения переменного тока»

Внимание! Напряжение от 10 до 700 В снимается с выходных клемм усилителя КМ300Н.

Реализация режима «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА»



Уст0



Частота

10-1000 Гц

Состояние индикатора **Установить Uвых. F=0100 Гц**
~00.100 000V

Установить предел воспроизведения (см. 7.6.2).
Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) набрать желаемое (Uвых) значение напряжения с индикацией на нижней строке индикатора (например: «**10.000 000**»).

Регулировка диапазонов частоты 10-1000 Гц (см. 7.6.7)



Активирует режим «Воспроизведение напряжения переменного тока»

Состояние индикатора **~10.000 000V**
Uвых (10V) F=0100 Гц




Отмена режима с отключением выходного напряжения

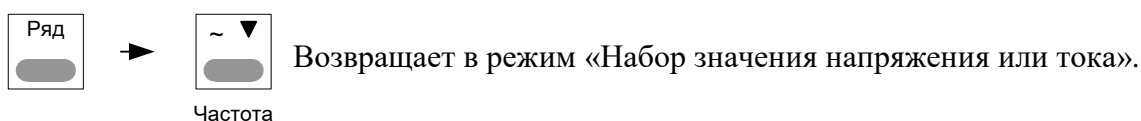
7.6.7 Режим «Установка частоты»

Реализация режима «УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ»



Кнопками «▶», «◀», «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) установить желаемую частоту от 10 до 1000 Гц.

 Активирует режим «Воспроизведение напряжения» или «Воспроизведение силы тока» на желаемой частоте



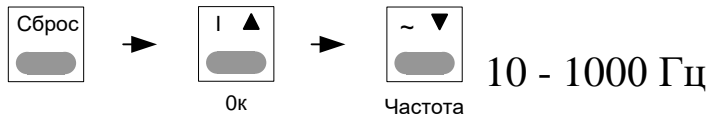
7.6.8 Режим «Воспроизведение силы переменного тока»

Внимание! Подключить к калибратору КМ300К преобразователь КМ300Т.

При не подключенном преобразователе КМ300Т режим «Воспроизведение силы переменного тока» не активируются.

Ток 40 – 50 А выдается в течение 3 мин, после чего срабатывает защита от перегрева с последующим перерывом для автоматического охлаждения.

Реализация режима «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ СИЛЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА»




Состояние индикатора

Установить Iвых. F=0100 Гц ~001.000 0mA

Установить предел воспроизведения (см. 7.6.2).


Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) набрать желаемое (I_{вых}) значение силы тока с индикацией на нижней строке индикатора (например: « ~100.000 0 mA»).

Установка частоты 10 - 1000 Гц (см. 7.6.7).

 Активирует режим «Воспроизведение силы переменного тока»

Состояние индикатора

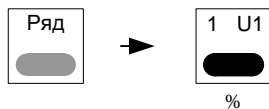
~100.000 0mA I _{ВЫХ} (100mA) F=0100 Гц

 Отмена режима с отключением выходного значения силы тока.

7.6.9 Режим «Отклонение (девиация) выходного напряжения), (%)»

Режим отклонения выходного напряжения калибратора от предварительно установленного значения полезен при оценке погрешности вольтметров, делителей, стабилизаторов и т.п.

Реализация режима «Отклонение (девиация) выходного напряжения), (%)»



Пример - Определение погрешности измерения вольтметра.

На вход поверяемого вольтметра подать напряжение, например: 10 В.

Включить режим.

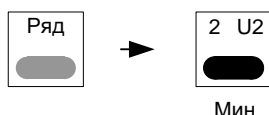
Кнопками набора «0» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) добиться показания вольтметра, равного первоначально установленному на выходе калибратора напряжению.

В нижней строке индикатора калибратор фиксирует погрешность поверяемого вольтметра с обратным знаком.

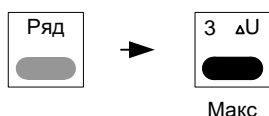
Состояние индикатора

+10.000 005V $\delta U = -0.00005 \%$

7.6.10 Режим «Минимум» или «Максимум»



Устанавливает на выходе калибратора минимально возможное значение.



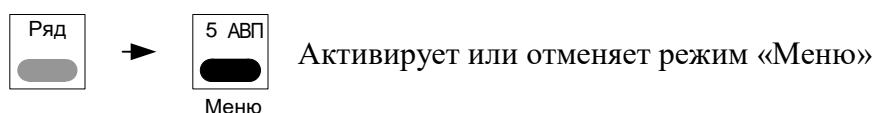
Устанавливает на выходе калибратора максимальное значение установленного предела.

7.7 Меню передней панели

Меню передней панели содержит следующие разделы:

- 1- звук;
- 2- яркость;
- 3- адрес;
- 4- время индикации;
- 5- цифровой фильтр;
- 6- число разрядов;
- 7- вид индикации;
- 8- коэффициент калибратора;
- 9- коэффициент компаратора;
- 10- переход курсора;
- 11- гашение незначущих разрядов;
- 12- микровольтметр;
- 13- поверка пределов;
- 14- коды ошибок;
- 15- режим мощности;
- 16- версия программного обеспечения

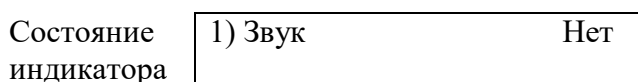
Реализация режима «МЕНЮ ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ»



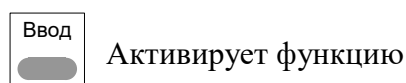
Кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ установить желаемую функцию. Далее в 7.7.1 - 7.7.12 описаны назначения и особенности применения каждой функции.

7.7.1 Звук

Функция 1. Включает или отключает звуковое сопровождение при нажатии клавиш.

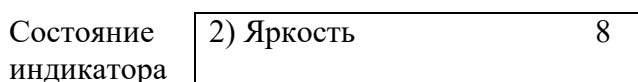


Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) устанавливается «Да» или «Нет».

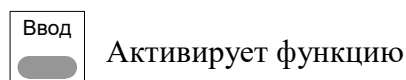


7.7.2 Яркость

Функция 2. Регулирует яркость индикатора.

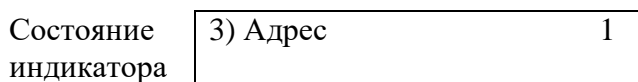


Кнопками «▶», «◀», РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) или кнопками набора «1» - «8» устанавливается необходимый уровень яркости 1-8.

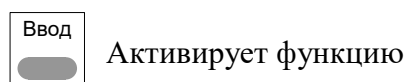


7.7.3 Адрес прибора

Функция 3. Устанавливает адрес прибора (1 по умолчанию).

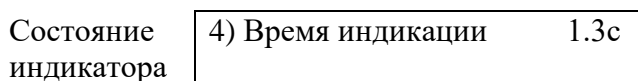


Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) или кнопками набора «0» - «9» устанавливается адрес прибора 0 - 240.



7.7.4 Время индикации

Функция 4. Устанавливает время индикации результата измерения.



Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) устанавливается время индикации результата измерения.



Активирует функцию

7.7.5 Цифровой фильтр

Функция 5. Включает или отключает цифровой фильтр Ф1, Ф2 или Ф3.

Функция цифрового фильтра представляет собой усреднение результатов измерения методом скользящего среднего из N результатов измерения, что увеличивает время установки измерения где:

Ф1 увеличивает время установки измерения на $3 \cdot T_{и}$ с.

Ф2 увеличивает время установки измерения на $6 \cdot T_{и}$ с.

Ф3 увеличивает время установки измерения на $12 \cdot T_{и}$ с.

Состояние индикатора	5) Цифровой фильтр	Откл.
----------------------	--------------------	-------

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) включается или отключается фильтр.



Активирует функцию

После активации в режиме «Измерение» на индикаторе появится символ включенного фильтра «Ф1», «Ф2» или «Ф3».

7.7.6 Число разрядов (при измерении)

Функция 6. Устанавливает 6.5, 7.5 и 8.5 разрядов индикатора при измерении.

Состояние индикатора	6) Число разрядов при измерении	8½
----------------------	---------------------------------	----

Кнопками ▶ ◀ или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) устанавливается необходимое число разрядов.



Активирует функцию

7.7.7 Вид индикации

Функция 7. Информация на индикаторе представлена в трех форматах:

- «10.0000000V» без разделения
- «10.000 000 0V» с разделением
- «10.000m000µ0V» с разделением и указанием размерности

Состояние индикатора	7) Вид индикации	10.000 000 0V
----------------------	------------------	---------------

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) устанавливается необходимый формат.



Активирует функцию

7.7.8 Коэффициент калибратора

Функция 8. В энергонезависимой памяти хранится калибровочный коэффициент пользователя, который при необходимости можно извлечь и применить к **воспроизводимой** величине.

Состояние индикатора	8) Коэффициент калибратора 1.0000000	Откл.
----------------------	---	-------

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) восстанавливается коэффициент пользователя



Активирует функцию

7.7.9 Коэффициент компаратора

Функция 9. В энергонезависимой памяти хранится калибровочный коэффициент пользователя, который при необходимости можно извлечь и применить к **измеряемой** величине.

Реализация функции аналогична 7.7.8

7.7.10 Переход курсора

Функция 10. При наборе или редактировании значений физических величин для удобства можно отменить автоматический переход курсора на следующую позицию.

Состояние индикатора	10) Переход курсора	Да
----------------------	---------------------	----

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) разрешается «Да» или запрещается «Нет».



Активирует функцию

7.7.11 Гашение незначущих разрядов

Функция 11. Разряды, которые не несут информации, на индикаторе гасятся.

Пример - Предел «100mV». На индикаторе «XX1.000 00mV».

Первые два разряда (XX) - нули, и поэтому гасятся.

Состояние индикатора	11) Гашение незначущих разрядов	Нет
----------------------	---------------------------------	-----

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) разрешается «Да» или запрещается «Нет».



Активирует функцию

7.7.12 Микровольтметр

Функция 12. Микровольтметр, участвующий в процессе компарирования (см. 5.2, 5.3), можно использовать для измерения напряжения постоянного тока на пределах «10V», «1mV», «100µV».

Микровольтметр имеет два режима работы: «Измерение» и «Проверка».

Проверка осуществляется по внутреннему образцовому калибратору.

7.7.12.1 Режим «Измерение микровольтметра»

Состояние индикатора

12) Микровольтметр Измерение / Поверка
--

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбирается режим работы «Измерение» или «Поверка».

Ввод

 Активирует режим работы

В режиме «Измерение» кнопками «▶», «◀» выбираются пределы измерения.

Ряд

 →

1 ▲

 Устанавливается комплектный нуль в режиме «Измерение»
Ok

7.7.12.2 Режим «Поверка микровольтметра»

Состояние индикатора

12) Микровольтметр Измерение / Поверка
--

Ввод

 Активирует режим работы

Состояние индикатора

+00.000 00V Э
Uк=+0V предел 10V

Кнопками «▶», «◀», «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ меняются пределы либо подается напряжение с внутреннего калибратора на микровольтметр.

Ряд

 →

V ◀

 Установка нуля в режиме «Поверка»
Уст.0

Ряд

 →

Измер ▶

 Калибровка предела в режиме «Поверка»
Калибр

Ряд

 →

5 АВП

 Выход из режима в меню
Меню

7.7.13 Поверка пределов «1V» и «100mV»

Функция 13. Режим «Поверка пределов «1V» и «100mV»» используется во время первичной или периодической поверки компаратора КМ300К.

Процедура «Поверка предела «1V»» заключается в сравнении показаний компаратора КМ300К при измерении встроенного, независимого источника напряжения 1 В на пределах «1V» и «10V», а предела «100mV» - напряжения 100 мВ на пределах «100mV» и «1V».

Состояние индикатора

13) Поверка пределов 1V / 100mV

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбирается предел «1V».



Активирует режим работы

Компаратор КМ300К в режиме измерения на пределе «1V»

Состояние индикатора	+ 1.000 112 53V U=1V(Авто) Э □
----------------------	---

Включаем предел измерения «10V»



10V/100mA

Состояние индикатора	+ 01.000 113 5V U=1V(10V) Э □
----------------------	--

Вычисляем разницу показаний прибора на пределах «1V» и «10V».

Аналогично вычисляем разницу показаний прибора на пределе «100mV».

7.7.14 Коды ошибок

Функция 14. Самодиагностика позволяет выявлять сбои в работе прибора с последующим отображением ошибки на индикаторе символом (E).

Состояние индикатора	14) Коды ошибок 17
----------------------	-----------------------

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ просматриваются коды ошибок.

Коды и описание ошибок находятся в приложении Б.

7.7.15 Режим мощности

Функция 15. Активирует режим мощности модификаций КМ300КН и КМ300КТ.

Для совместной работы модификаций КМ300КН и КМ300КТ необходимо подключить приборы как показано на рисунке 11 и активировать режим мощности.

Для калибратора КМ300КН

Состояние индикатора	15) Режим мощности Да канал напряжения
----------------------	--

Для калибратора КМ300КТ

Состояние индикатора	15) Режим мощности Да канал тока
----------------------	--

Кнопками «▶», «◀» или РЕДАКТИРОВАНИЕ включаем «Да» или отключаем «Нет» режим мощности.



Активирует режим работы

После активации режима мощности состояние индикатора калибратора КМ300КН

Состояние индикатора	$\varphi = +000.00^\circ$ F = 0100Гц ~ 00.100 00V Э
----------------------	---

Состояние индикатора калибратора КМ300КТ

Состояние индикатора	Введите I для P ~ 001.0000mA Э
----------------------	-----------------------------------

7.7.16 Версия ПО

Функция 16 отображает версию внутреннего программного обеспечения.

7.8 Работа калибратора КМ300КН совместно с калибратором КМ300КТ в режиме мощности

Необходимо подключить калибраторы КМ300КН и КМ300КТ в соответствии с рисунком 11, затем войти в меню передней панели (см. 7.7) и активировать режим мощности (см. 7.7.15).

Калибратор КМ300КН при совместной работе в режиме выдачи мощности на переменном токе с углом сдвига фаз от минус 180 до плюс 180 ° между сигналами в каналах напряжения и тока является **ведущим**, а калибратор КМ300КТ - **ведомым**

. Поэтому, команда «Ввод» активирована только на калибраторе КМ300КН, а команда «Сброс» - на калибраторах КМ300КН и на КМ300КТ.

Пример - Выдаем напряжение 100 В, ток 1 А с частотой 55 Гц и углом сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока 60 ° ($\varphi = 60^\circ$).

Устанавливаем необходимые пределы: «100V» - на калибраторе КМ300КН, «1А» - на калибраторе КМ300КТ (см. 7.6.20).

Калибратор КМ300КН

Состояние индикатора	$\varphi = +000.00^\circ$ F = 0100Гц ~ 001.000 0V Э
----------------------	--

Калибратор КМ300КТ

Состояние индикатора	Введите I для P ~ 0.010000A Э
----------------------	----------------------------------

На калибраторах КМ300КН и КМ300КТ кнопками набора «1» - «9», «▶», «◀», «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ набираем необходимое значение напряжения, силы тока, частоты и фазы φ .

Калибратор КМ300КН

Состояние индикатора	$\varphi = +060.00^\circ$ F = 0055Гц ~ 100.00 00V Э
----------------------	--

Калибратор КМ300КТ

Состояние индикатора	Введите I для P ~ 1.000 000A Э
----------------------	-----------------------------------

На калибраторе КМ300КН нажимаем кнопку ВВОД.



Активирует режим работы

Калибратор КМ300КН

Состояние индикатора	$P = +50.0000 \text{ Вт}$	Э
	$Q = +86.6025 \text{ Вт}$	

где P - активная составляющая мощности;
 Q – реактивная. составляющая мощности

Калибратор КМ300КТ

Состояние индикатора	$\sim 1.000\ 000\text{А}$	Э
	$I_{\text{ВЫХ}}(1\text{А})$	

Новые значения вводятся в режиме «Сброс».

7.9 Использование защитного экрана (Э)

Практически любая измерительная цепь подвержена воздействию помех, которые влияют на результат измерения. Экранирование от напряжения помехи реализуется использованием клеммы Э защитного экрана.

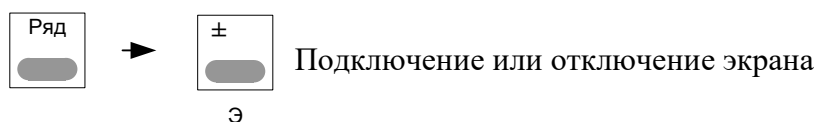
Экран представляет собой гальванически не связанный с корпусом короб, в котором размещены электрические схемы прибора, которые в свою очередь экранированы от первичной обмотки трансформатора. Защитный экран снижает влияние синфазного сигнала помехи.

Для эффективного использования защитного экрана необходимо гнездо Э подключать таким образом, чтобы паразитный (синфазный) ток не проходил через входное сопротивление.

В случае, когда тестируемое устройство имеет заземленную входную клемму низкого уровня, необходимо подключить защитный экран к низкопотенциальному выводу нагрузки.

В других случаях, когда нагрузка не заземлена, рекомендуется соединить клемму Э с общей точкой прибора.

Реализация режима «Э»



При подключении экрана к общей точке на индикаторе отображается символ «Э».

7.10 Двух- или четырехзажимный выход калибратора напряжения

Использование калибратора для поверки вольтметров, входной ток которых незначительный, допускает применение двух зажимов в схемах включения в соответствии с рисунком 13а.

Между токовыми (I) и потенциальными (U) зажимами стоят переключки, которые входят в комплект поставки.

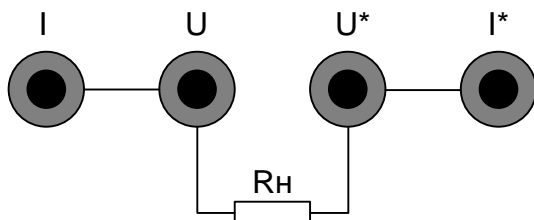


Рисунок 13а

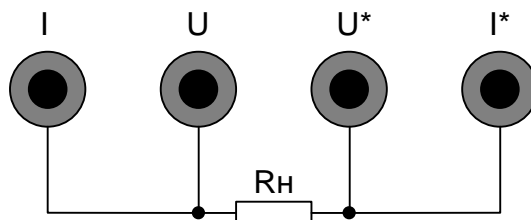


Рисунок 13б

Применение четырех зажимов для подключения калибратора к нагрузке эффективно в случае значительного потребления тока нагрузки (см. рисунок 13б).

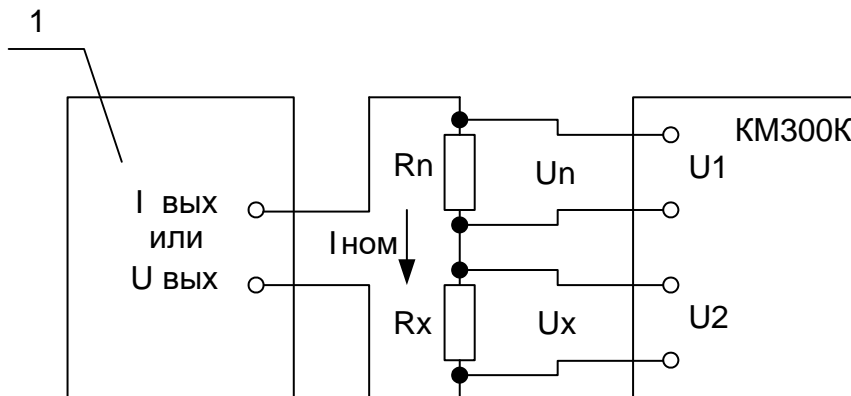
Только четырехзажимное подключение обеспечивает выходное сопротивление калибратора напряжения постоянного тока менее 0,0003 Ом.

8 КОМПАРИРОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

8.1 Компарирование (измерение) сопротивлений

Компарирование (измерение) сопротивлений производится потенциометрическим методом, а именно, измерением разности падения напряжений на образцовом (R_n) и измеряемом (R_x) резисторах в соответствии с рисунком 14.

Образцовый (R_n) и измеряемый (R_x) резисторы соединены токовыми зажимами последовательно с калибратором 1, а потенциальными зажимами резистор R_n соединен с входом U_1 , а R_x - с входом U_2 компаратора КМ300К.



где 1 – калибратор постоянных токов и напряжений КМ300С при компарировании сопротивлений от 10^{-4} до 10^7 Ом или;
калибратор КМ300КТ при компарировании сопротивлений от 10^{-4} до $2 \cdot 10^3$ Ом;
калибратор КМ300К при компарировании сопротивлений от 2 до 10 МОм

Рисунок 14

Значения компарируемых равнономинальных сопротивлений, устанавливаемых токов на опорном резисторе, пределы компарирования, рассеиваемые мощности и минимально-возможные пределы погрешности компарирования сопротивлений, рассчитанные согласно погрешности компарирования, указанной в таблице 4.2, приведены в таблице 8.1.

Для исключения влияния термо - э.д.с., смещения нуля источника 1 и компаратора КМ300К процесс компарирования (измерения) сопротивлений рекомендуется разделить на два этапа:

- установка комплектного нуля по обоим входам компаратора КМ300К при отключенном токе источника 1;
- измерение относительной разности напряжений в процентах (компарирование) в соответствии с 7.5.

На индикаторе компаратора КМ300К считывается показание разности значений U_n и U_x в процентах (δU) согласно формуле (8):

$$\delta U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \cdot 100\% = \frac{IR_x - IR_n}{IR_n} \cdot 100\% = \frac{R_x - R_n}{R_n} \cdot 100\%, \quad (8)$$

откуда следует,

$$R_x = \frac{\delta U}{100\%} \cdot R_n + R_n, \quad (9)$$

где R_n - действительное значение сопротивления, указанное в паспорте при $T = 20$ °С.

П р и м е ч а н и е - Температура компарируемых сопротивлений устанавливается $(20 \pm 0,1)$ °С с применением термостатов.

Более подробное описание компарирования сопротивлений в ручном и автоматическом режимах компаратором КМ300К и калибратором КМ300КТ, а также компаратором КМ300К и калибратором постоянных токов и напряжений КМ300С с описанием программы компарирования приведено в приложении Г.

Таблица 8.1 – Предел допускаемой основной погрешности компарирования сопротивлений

Образцовый резистор, Rn, Ом	Измеряемый резистор, Rx, Ом	Устанавливаемый ток, А (напряжение, В)	Мощность рассеивания на резисторах, мВт	Предел компарирования	Предел допускаемой основной погрешности компарирования, %
0,001	0,0001	10	10	«100mV»	0,005
		3	1		0,015
0,001	0,001	10	100	«100mV»	0,0006
		7	50		0,00076
		5	25		0,001
		3	9		0,0015
		1	1		0,004
0,01	0,01	10	1000	«100mV»	0,00024
		7	500		0,00026
		5	250		0,00028
		3	90		0,00033
		1	10		0,0006
		0,5	2,5		0,001
0,1	0,1	3	900	«1V»	0,00013
		1	100	«100mV»	0,00024
		0,7	50		0,00026
		0,5	25		0,00028
		0,3	9		0,00033
		0,1	1		0,0006
1	1	1	1000	«1V»	0,0001
		0,7	500		0,00011
		0,5	250		0,00012
		0,3	90	«100mV»	0,00013
		0,1	10		0,00024
		0,07	5		0,00026
		0,01	0,1		0,0006
10	10	0,1	100	«1V»	0,0001
		0,07	50		0,00011
		0,05	25		0,00012
		0,03	9		0,00013
		0,01	1	«100mV»	0,00024
100	100	0,01	10	«1V»	0,0001
		0,007	5		0,00011
		0,005	3	«100mV»	0,00012
		0,001	0,1		0,00024
1000	1000	0,001	1	«1V»	0,00011
		(2)	1		0,00011
		(10)	25	«10V»	0,00012
1·10 ⁴	1·10 ⁴	(20)	10	«10V»	0,00011
		(10)	3		0,00012
1·10 ⁵	1·10 ⁵	(20)	1	«10V»	0,00011
1·10 ⁴		(10)	0,9		0,0003
1·10 ⁴	1·10 ⁶	(10)	0,1	«10V»	0,0011
1·10 ⁴	1·10 ⁷	(10)	0,01		0,01

Погрешность компарирования указана при разнице значений (Rn) и (Rx) не более 0,1%.

Пример расчета погрешности компарирования, когда разница (Rn) и (Rx) более 0,1% , приведен в 4.3 (см. пример 2).

9 МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

9.1 Общие сведения

Настоящий раздел устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок компаратора КМ300.

Поверка компаратора КМ300 проводится органами Государственной метрологической службы или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц.

Межповерочный интервал – 1 год.

9.2 Операции поверки

9.2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Операции, выполняемые при проведении поверки

Наименование операции	Номер пункта РЭ	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	9.5	Да	Да
Опробование	9.6	Да	Да
Определение метрологических характеристик			
Определение основной погрешности компарирования напряжения постоянного тока	9.7.1	Да	Да
Определение основной погрешности измерения и воспроизведения напряжения постоянного тока	9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5	Да	Да
Проверка шумов	9.7.6	Да	Да
Проверка характеристик и параметров микровольтметра постоянного напряжения	9.7.7	Да	Да
Определение основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока	9.7.8	Да	Да
Определение основной погрешности воспроизведения силы постоянного тока	9.7.9	Да	Да
Определение основной погрешности воспроизведения силы переменного тока	9.7.10	Да	Да
Определение абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз	9.7.11	Да	Да

9.2.2 При отрицательных результатах поверки приборы компаратора КМ300 признаются непригодным к применению и направляются в ремонт. При этом аннулируется или гасится клеймо.

9.3 Средства поверки

9.3.1 Перечень средств измерений, применяемых при поверке, указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Средства измерений, применяемые при поверке

Наименование	Тип средств измерений	Основные технические характеристики средств измерений
Мультиметр	Agilent 3458A	Линейность на пределе 10 В $\pm 0,00001$ %. Измерение напряжения постоянного тока в диапазоне от 100 мВ до 1000 В; погрешность измерения от $\pm 0,0008$ до $\pm 0,001$ %; измерение напряжения переменного тока в диапазоне от 10 мВ до 10 В в полосе частот до 1 кГц; погрешность измерения $\pm 0,009$ %
Мера постоянного напряжения	Fluke 7001	Воспроизведение напряжения постоянного тока величиной 10 В; относительная нестабильность за год $\pm 0,00015$ %
Калибратор-вольтметр универсальный	H4-12	Измерение напряжения переменного тока в диапазоне от 10 мВ до 1000 В, в частотном диапазоне от 0,1 Гц до 20 кГц; погрешность измерения переменного напряжения от 0,003 до 0,005 %
Компаратор - калибратор универсальный	KM300KH	Воспроизведение напряжений постоянного тока в диапазоне от 10 нВ до 1000 В; погрешность воспроизведения от $\pm 0,0009$ до $\pm 0,003$ %
Катушки электрического сопротивления	P331 P321	Номинальные сопротивления 1000; 100; 10; 0,1 Ом; нестабильность за 1 год $\pm 0,001$ %
Катушка электрического сопротивления	P310	Номинальные значения сопротивлений 0,01 Ом; нестабильность за 1 год $\pm 0,003$ %
Мера сопротивления	H4-12MC	Номинальное значение сопротивления 100; 10; 1; 0,01 Ом; допускаемая погрешность от $\pm 0,008$ до $\pm 0,02$ %
Измерительный резистор	MP3050	Номинальные значения сопротивлений 0,1; отклонение действительных значений сопротивления от номинального значения $\pm 0,02$ %
Магазин сопротивления для цепей постоянного и переменного тока	P4830/2	Класс точности 0,05
Измеритель разности фаз	Ф2-34	Диапазон входных напряжений от 0,2 до 2 В; Погрешность измерения углов фазового сдвига $0,1^\circ$ в диапазоне частот до 1000 Гц

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

9.4 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$ 23 ± 1 ;
- относительная влажность окружающего воздуха, % 30 - 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) 84 - 106 (630 - 795);
- напряжение питающей сети, В $220 \pm 4,4$;
- частота промышленной сети, Гц 47 - 63.

Время прогрева компаратора KM300 должно быть не менее 1 ч.

9.5 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра компаратора KM300 должны быть установлены:

- комплектность компаратора KM300 согласно таблице 1.17;

- отсутствие механических повреждений;
- прочность крепления элементов корпуса, выходных разъемов и клемм, клавиатуры;
- целостность и состояния изоляции сетевого провода и выходных кабелей;
- четкость маркировки.

9.6 Опробование

9.6.1 Во время проведения поверки компаратора КМ300 необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в разделе 3 и подразделе 6.4.

9.6.2 После включения электропитания приборов произвести проверку их функционирования, для чего:

- в базовом приборе КМ300К после включения осуществляется самотестирование.

Результаты проверки считать удовлетворительными, если в процессе самотестирования на индикаторе не появилось сообщение об ошибке типа «Ошибка связи с калибратором», «Ошибка АЦП» или «Перегрузка», которые сопровождаются звуковым сигналом.

- при подключенном усилителе КМ300Н включить предел «100V».

Результаты проверки считать удовлетворительными, если предел отразился на индикаторе и не возникло сообщение «Перегрузка».

- при подключенном преобразователе КМ300Т и закороченными на нем токовыми выводами включить режим воспроизведения силы тока.

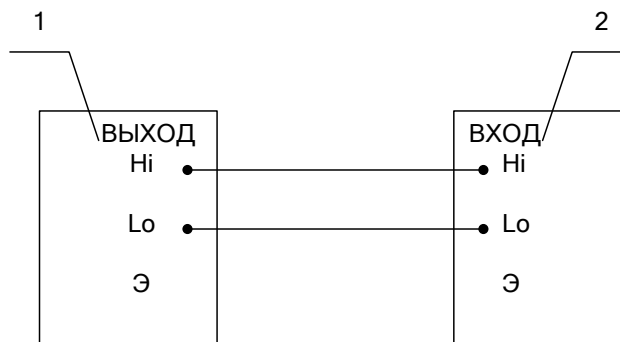
Результаты проверки считать удовлетворительными, если режим отразился на индикаторе и не возникло сообщение «Перегрузка».

9.7 Определение метрологических характеристик

9.7.1 Определение основной погрешности компарирования напряжения постоянного тока

По принципу действия компаратор КМ300К - это компенсация измеряемого напряжения напряжением калибратора, поэтому нелинейность характеристики компаратора и калибратора идентичны.

Определение допускаемой основной погрешности компарирования (нелинейности) производим поэтапно методом прямых измерений на основном пределе калибратора «10V» по поверочной схеме, представленной на рисунке 15.



где 1 – поверяемый компаратор КМ300К или КМ300Р;
2 – мультиметр Agilent 3458А

Рисунок 15

9.7.1.1 Определение основной погрешности компарирования (нелинейности) первой декады компаратора КМ300 производить следующим образом:

- компаратор КМ300 установить в режим калибратора на пределе «10V»;
- установить ноль на выходе калибратора;
- установить на мультиметре предел «Авто» 8.5 разрядов и NPLC = 100;
- установить комплектный ноль (0к) с погрешностью $\pm 0,1$ мкВ на пределе «10V» (см. 7.6.4);
- установить на выходе калибратора 10 В;

- провести взаимную калибровку с погрешностью ± 2 мкВ 9 (см. 7.6.3).
- устанавливать на выходе КМ300 напряжения ступеней первой декады в соответствии с таблицей 9.3.

Рекомендуемый порядок поверки ступеней «9»...«1»:

- определить нелинейность первой декады поверяемого компаратора КМ300, вычисляя разницу между значением напряжения ступени декады и показанием мультиметра Agilent 3458A. Следует контролировать калибровку.

Предел допускаемой основной погрешности компарирования указан в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Предел допускаемой основной погрешности компарирования

Номер ступени декады	Предел допускаемой основной погрешности линейности установленного напряжения в зависимости от декады, мкВ			
	Номер декады			
	1	2	3	4...7
1	± 2	$\pm 1,1$	± 1	1
2	± 3	$\pm 1,2$	± 1	
3	± 4	$\pm 1,3$	± 1	
4	± 5	$\pm 1,4$	± 1	
5	± 6	$\pm 1,5$	± 1	
6	± 7	$\pm 1,6$	$\pm 1,1$	
7	± 8	$\pm 1,7$	$\pm 1,1$	
8	± 9	$\pm 1,8$	$\pm 1,1$	
9	± 10	$\pm 1,9$	$\pm 1,1$	
10	± 2			

9.7.1.2 Поверку второй и последующих декад производить аналогично, начиная с контроля и установки комплектного нуля схемы.

Калибровку следует контролировать только при поверке второй и третьей декады.

Предел допускаемой основной погрешности для второй и последующих декад указан в таблице 9.3.

9.7.1.3 Аналогичные измерения осуществить при положительной полярности для первой декады, повторяя операции 9.7.1.1

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, указанных в таблице 9.3.

9.7.2 Определение основной погрешности измерения и воспроизведения напряжения основного предела «10V»

По принципу действия прибора погрешности измерения и воспроизведения напряжения равны.

Поверку осуществлять путем измерения напряжения образцовой меры, для чего необходимо подготовить компаратор КМ300 к измерениям следующим образом:

- провести автокалибровку компаратора КМ300;
- установить режим измерения напряжения постоянного тока с пределом «10V» и

7.5-разрядной шкалой ($T_{и} = 1,3$ с);

- подготовить к работе образцовую меру напряжения, в качестве которой используется прибор фирмы Fluke, США модели 7001 или 732;

- подать напряжение меры 10 В на вход компаратора КМ300 и зафиксировать показание.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разность действительного значения меры напряжения и измерения не превышает 70 мкВ при периодической поверке (50 мкВ при первичной поверке).

9.7.3 Определение основной погрешности измерения и воспроизведения напряжения постоянного тока на пределах «1V» и «100mV»

Поверку основной погрешности измерения и воспроизведения напряжения постоянного тока на пределах «1V» и «100mV» производить путем определения погрешности, коэффициента деления делителей выходного напряжения 1/10 и 1/100.

9.7.3.1 Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока на пределе «1V» осуществляется по встроенному в прибор независимому источнику напряжения ($1 \pm 0,02$) В.

Согласно меню передней панели (см 7.7.13) выбрать предел «1V» и провести поверку.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница измерений напряжения 1 В на пределе «1V» и «10V» не превышает $\pm 1,5$ мкВ.

В случае превышения провести полную автокалибровку (см. 7.2).

9.7.3.2 Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока на пределе «100mV» осуществляется по встроенному в прибор независимому источнику напряжения (100 ± 2) мВ .

Согласно меню передней панели (см 7.7.13) выбрать предел «100mV» и провести поверку.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница измерений напряжения 100мВ на пределе «100mV» и «1V» не превышает $\pm 0,3$ мкВ.

В случае превышения провести полную автокалибровку (см. 7.2).

9.7.4 Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока на пределах измерения «100V» и «1000V»

Определение основной погрешности измерения напряжения постоянного тока на пределах измерения «100V» и «1000V» осуществлять методом прямых измерений калиброванного напряжения образцовым вольтметром и поверяемым компаратором совместно с ДН вх, который входит в комплект поставки, по поверочной схеме, приведенной на рисунке 16.

9.7.4.1 Определение основной погрешности измерения на пределе «100V» осуществлять в следующей последовательности:

- установить на выходе калибратора КМ300КН напряжение 0 В на пределе «100V»;
- установить комплектный нуль на поверяемом компараторе КМ300К и мультиметре Agilent 3458A с погрешностью $\pm 0,2$ мВ на пределе «100V»;
- установить на выходе калибратора КМ300КН напряжение равное 100 В.
- вычислить разницу показаний мультиметра Agilent 3458A и поверяемого компаратора КМ300К.

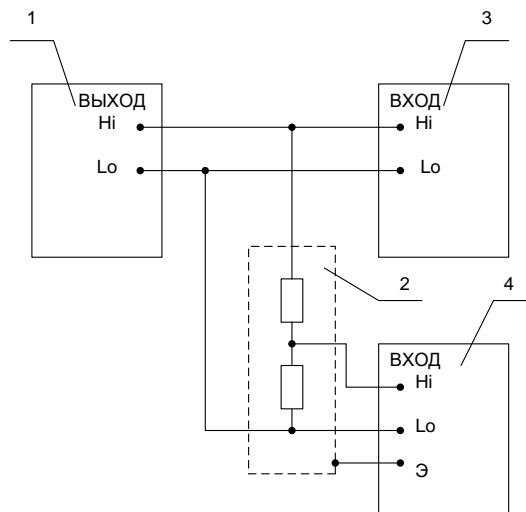
Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показаний не превышает ± 3 мВ при периодической поверке.

9.7.4.2 Определение основной погрешности измерения на пределе «1000V» осуществлять в следующей последовательности:

- установить на выходе калибратора КМ300КН напряжение 0 В на пределе «1000V»;
- установить комплектный нуль на поверяемом компараторе КМ300К и мультиметре Agilent 3458A с погрешностью ± 1 мВ на пределе «1000V»;
- установить на выходе калибратора КМ300КН напряжение 1000 В;
- вычислить разницу показаний мультиметра Agilent 3458A и поверяемого компаратора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показаний не превышает ± 35 мВ при периодической поверке.

Для исключения составляющей погрешности, обусловленной влиянием самонагрева ДН вх под воздействием 1000 В, показания снимаются через 1 мин после воздействия напряжения и через 5 мин после выдержки под напряжением.



- где
- 1 - калибратор КМ300КН;
 - 2 - ДН вх;
 - 3 – мультиметр 3458А;
 - 4 - поверяемый компаратор КМ300К

Рисунок 16

9.7.5 Определение основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока на пределах «100V» и «1000V»

Определение основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока на пределах «100V» и «1000V» осуществлять методом прямых измерений напряжения калибратора КМ300КН образцовым мультиметром Agilent 3458А.

Для этого соединить выход усилителя КМ300Н и вход мультиметра Agilent 3458А кабелем, который входит в комплект поставки.

9.7.5.1 Определение основной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока на пределе «100V» проводить в следующей последовательности:

- на поверяемом калибраторе установить предел «100V» и напряжение на выходе 0 В;
- установить комплектный нуль (0к) на калибраторе с погрешностью $\pm 0,1$ мВ на его пределе «100V»;
- на поверяемом калибраторе установить напряжения на выходе от 20 до 100 В с интервалом 20 В.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показаний образцового мультиметра Agilent 3458А и поверяемого калибратора не превышает значений, указанных в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Точки определения основной погрешности воспроизведения на пределе «100V»

Измеряемое напряжение, В	± 20	± 40	± 60	± 80	± 100
Допускаемая погрешность, мВ	± 1	$\pm 1,5$	± 2	$\pm 2,5$	± 3

9.7.5.2 Определение основной погрешности воспроизведения на пределе «1000V» проводить в следующей последовательности:

- на поверяемом калибраторе установить предел «1000V» и напряжение на выходе 0 В;
- установить комплектный нуль (0к) на калибраторе с погрешностью ± 1 мВ на его пределе «1000V»;

- на поверяемом калибраторе установить напряжения на выходе от 200 до 1000 В с интервалом 200 В.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показаний образцового мультиметра и поверяемого калибратора не превышает значений, указанных в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Точки определения основной погрешности воспроизведения на пределе «1000V»

Измеряемое напряжение, В	± 200	± 400	± 600	± 800	± 1000
Допускаемая погрешность, мВ	± 11	± 17	± 23	± 29	± 35

9.7.6 Проверка шумов

9.7.6.1 Проверку шумов в нулевой области компаратора на пределах «100mV», «1V», «10V», «100V», «1000V» осуществлять следующим образом:

- замкнуть входы U1 и U2 компаратора КМ300К переключкой, которая входит в комплект поставки;

- установить режим измерения напряжения постоянного тока с 8.5-разрядной шкалой и период выдачи измерений 1,3 с;

- последовательно устанавливая пределы «100mV» «1V», «10V» с последующей установкой 0к, кроме «100V» и «1000V», зафиксировать показания измерения.

Результаты проверки считать удовлетворительными, если показания индикатора не превышают 0,04; 0,1; 0,2 мкВ (пик-пик).

- на пределах «100V», «1000V» к входу подключить ДН вх, который входит в комплект поставки, и замкнуть вход;

- последовательно устанавливая пределы «100V» и «1000V» с последующей установкой 0к, зафиксировать показания измерения.

Результаты проверки считать удовлетворительными, если показания индикатора не превышают ± 0,5 мВ и ± 2 мВ.

9.7.6.2 Проверку шумов напряжения калибратора на основном пределе «10V» осуществлять при определении основной погрешности компарирования в 9.7.1 после установки напряжения первой ступени первой декады.

Результаты проверки считать удовлетворительными, если показания мультиметра Agilent 3458A не превышают 0,4 мкВ (пик-пик).

9.7.7 Проверка характеристик и параметров микровольтметра постоянного напряжения

9.7.7.1 Определение допускаемой основной погрешности микровольтметра на пределе «10V» осуществлять следующим образом:

- в меню передней панели (см. 7.7.12) «МИКРОВОЛЬТМЕТР» включить режим «Поверка»;

- на нулевом напряжении предела «10V» произвести установку нулей, затем поочередно подавать значение напряжений 2, 4, 6, 8, 10 В.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показаний индикатора и установленных напряжений калибратора не превышает указанных в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – Точки определения допускаемой основной погрешности микровольтметра на пределе «10V»

Измеряемое напряжение, В	± 2	± 4	± 6	± 8	± 10
Допускаемая погрешность, мВ	± 0,3	± 0,5	± 0,7	± 0,9	± 1,1

9.7.7.2 Определение допускаемой основной погрешности на пределе «1mV» производить следующим образом:

- включить предел «1mV»;

- на нулевом напряжении предела «1mV» произвести установку нулей;
- подать напряжение 1 мВ.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показания индикатора и поданного значения не превышает ± 1 мкВ.

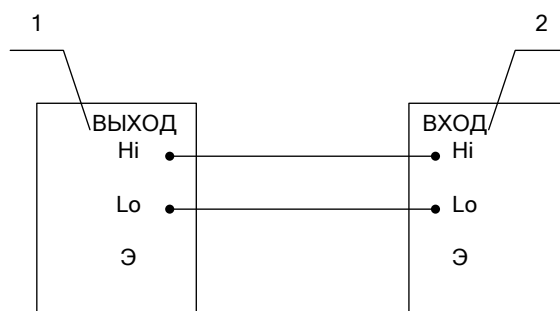
9.7.7.3 Определение допускаемой основной погрешности на пределе «100μV» производить следующим образом:

- на нулевом напряжении предела «100μV» произвести установку нулей;
- подать напряжение 100 мкВ.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показания индикатора и поданного значения не превышает $\pm 0,2$ мкВ.

9.7.8 Определение основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока

Определение основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока производить методом прямых измерений по поверочной схеме, представленной на рисунке 17.



- где 1 – поверяемый калибратор КМ300К или калибратор КМ300КН;
2 – калибратор – вольтметр универсальный Н4-12

Рисунок 17

Пределы и основная погрешность воспроизведения напряжения переменного тока приведены в таблице 9.7.

Таблица 9.7 – Пределы и основная погрешность воспроизведения напряжения переменного тока

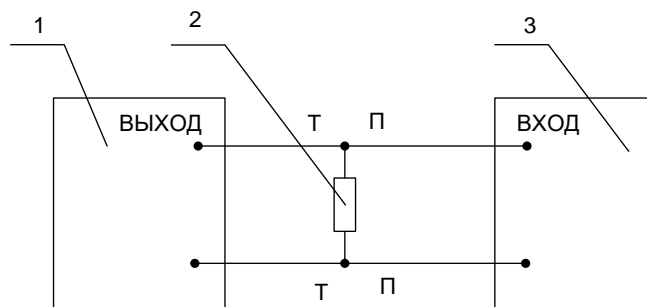
Предел, Уп	Значение напряжения	Допускаемая погрешность В, не более:		
		Частота, Гц		
		45	410	1000
«100mV»	10 мВ	$7 \cdot 10^{-6}$		
	100 мВ	$25 \cdot 10^{-6}$		
«1V»	100 мВ	$65 \cdot 10^{-6}$		
	1 В	$200 \cdot 10^{-6}$		
«10V»	1 В	$0,65 \cdot 10^{-3}$		
	10 В	$2 \cdot 10^{-3}$		
«100V»	10 В	$7,5 \cdot 10^{-3}$		
	100 В	$30 \cdot 10^{-3}$		
«700V»	100 В	$65 \cdot 10^{-3}$		
	700 В	$245 \cdot 10^{-3}$		

Результаты поверки считать удовлетворительными, если разница показаний вольтметра Н4-12 и значение напряжений калибратора не превышает значений, указанных в таблице 9.7.

9.7.9 Определение основной погрешности воспроизведения силы постоянного тока

Определение основной погрешности преобразования в режиме воспроизведения силы постоянного тока в диапазоне до 50 А осуществлять методом измерения напряжения на образ-

цовой мере сопротивления, через которую пропускается контролируемый ток, по поверочной схеме в соответствии с рисунком 18.



- где 1 – калибратор КМ300КТ;
 2 - образцовая мера сопротивления;
 3 - мультиметр Agilent 3458А

Рисунок 18

Определение погрешности на каждом пределе производить в области минимальных и максимальных значений силы тока.

Поочередно к выходу I проверяемого калибратора КМ300КТ необходимо подключать меры сопротивления и производить измерение падения напряжения на каждой мере сопротивления при минимальном (равном нулю) и максимальном токе предела.

Силу измеряемого тока определять как частное от деления показания мультиметра Agilent 3458А в режиме вольтметра на сопротивление меры.

Меры сопротивления, пределы и основная погрешность воспроизведения силы постоянного тока указаны в таблице 9.8.

Таблица 9.8 – Пределы и основная погрешность воспроизведения силы постоянного тока

Предел, I _п	Номинальные значения образцовой меры, Ом	Значение тока	Допускаемая погрешность A, не более:
«1mA»	1000	0 ±1 mA	± 5 нА ± 30 нА
«10mA»	100	0 ±10 mA	± 50 нА ± 300 нА
«100mA»	10	0 ±100 mA	± 0,5 мкА ± 3 мкА
«1A»	0,1	0 ±1 A	± 10 мкА ± 50 мкА
«10A»	0,01	0 10 A	± 0,20 мА ± 1,0 мА
«50A»	0,01	0 50 A	± 2,0 мА ± 20,0 мА

Результаты поверки по постоянному току считать удовлетворительными, если отклонения напряжения не превышают значений, указанных в таблице 9.8.

9.7.10 Определение основной погрешности воспроизведения силы переменного тока

Проверка пределов и определение основной погрешности воспроизведения силы переменного тока аналогична поверке 9.7.9.

Установить проверяемый прибор в режим калибратора силы переменного тока.

Поочередно к выходу «I» проверяемого калибратора КМ300КТ необходимо подключать меры сопротивления и производить измерение падения напряжения на каждой мере сопротивления при максимальном токе предела.

Силу измеряемого тока определять как частное от деления показания мультиметра Agilent 3458A в режиме вольтметра на сопротивление меры переменного тока для данной частоты.

Меры сопротивления, пределы и основная погрешность воспроизведения силы переменного тока указаны в таблице 9.9.

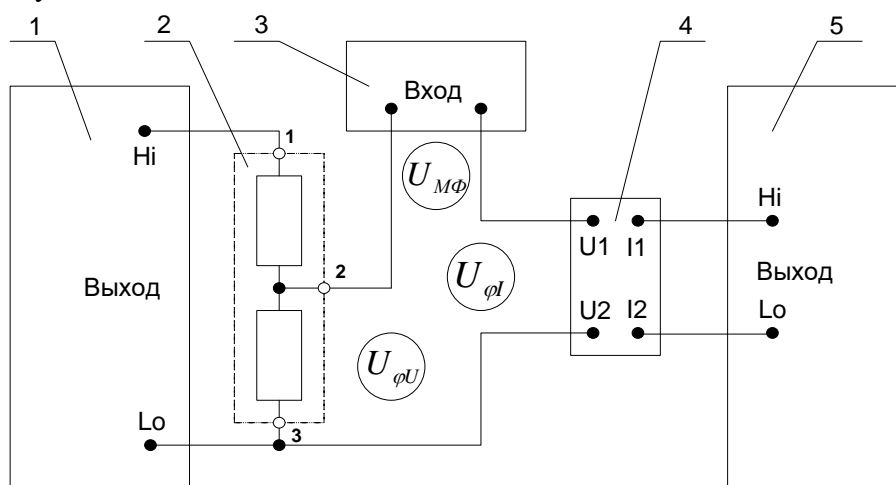
Таблица 9.9 – Пределы и основная погрешность воспроизведения силы переменного тока

Предел, I _п (значение тока)	Мера сопротивления, Ом	Допускаемая погрешность А, не более:		
		Частота, Гц		
		45	410	1000
«1mA» (1 mA)	100	0.3мкА		
«10mA» (10 mA)	100	3мкА		
«100mA» (100 mA)	10	30мкА		
«1A» (1 A)	0,1	0.4mA		
«10A» (10 A)	0,01	5mA		
«50A» (50 A)	0,01	50mA		

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность не превышает значений, указанных в таблице 9.9.

9.7.11 Определение абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока

9.7.11.1 Определение абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ на частоте 55 Гц проводить по поверочной схеме в соответствии с рисунком 12.



- где
- 1 - поверяемый калибратор напряжения КМ300КН;
 - 2 - магазин сопротивления Р 4830/2;
 - 3 - мультиметр Agilent 3458A;
 - 4 - Рн: Н4-12МС;
10 мА – 100 Ом;
100 мА – 10 Ом;
1 А – 1 Ом;
измерительный резистор МР3050
10 А – 0,1 Ом;
 - 5 - поверяемый калибратор тока КМ300КТ

Рисунок 12

Определение абсолютной основной погрешности производить при выходном значении калибратора напряжения 10 В на пределе «10V» и 100 В - «100V», калибратора тока 10 мА на пределе «10mA», 100 мА - «100mA», 1 А - «1A» и 10 А - «10A», при значении угла сдвига фаз между током и напряжением плюс 60 ° на частоте 55 Гц.

Проверку производить для каждого значения напряжения и соответствующего тока.

9.7.11.1.1. Для определения погрешности угла сдвига фаз при выходном значении калибратора напряжения 10 В на пределе «10V» необходимо выполнить следующие действия:

- подключить к выходу калибратора напряжения магазин сопротивления Р4830/2 как делитель напряжения с нижним плечом 100 Ом между точками выхода 2 и 3, с верхним плечом 900 Ом между точками выхода 1 и 2;

- подключить к выходу калибратора тока измерительные резисторы в соответствии с пределом и выходным током;

- изменяя напряжение выхода калибратора КМ300КН, добиться равенства напряжений на потенциальных концах измерительного резистора ($U_{\phi I}$) и ($U_{\phi U}$) на нижнем плече делителя Р 4830/2 (выходы 2 и 3);

- измерить междуфазное напряжение ($U_{M\phi}$);

- рассчитать по формуле (10) погрешность угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$:

$$\Delta\varphi_{UI} = 2 * \arcsin \left(\frac{U_{M\phi} - U_{\phi}}{2 * U_{\phi}} \right) \text{ при } \varphi_{UI} = \pm 60^\circ, \quad (10)$$

Выполнить 9.7.11.1.1 для каждого значения тока, указанного в 9.7.11.1

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ не превышает соответствующих значений, указанных в таблице 4.14.

9.7.11.1.2. Для определения погрешности угла сдвига фаз при выходном значении калибратора напряжения 100 В на пределе «100V» необходимо выполнить следующие действия:

- поменять коэффициент деления (1/100) магазина сопротивлений Р4830/2, нижнее плечо 100 Ом - между точками выхода 2 и 3, верхнее плечо 9900 Ом - между точками выхода 1 и 2;

- повторить действия, указанные в 9.7.11.1 и 9.7.11.2.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ не превышает соответствующих значений, указанных в таблице 4.14.

9.7.11.2 Определение абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ на частоте 1000 Гц производить по поверочной схеме в соответствии с рисунком 13.

Определение абсолютной основной погрешности производить при выходном значении калибратора напряжения 1 В на пределе «10V» и 100 В - «100V», калибратора тока 10 мА предел «10mA», 100 мА «100mA», 1 А «1A» и 10 А «10A», на частоте 1000 Гц.

9.7.11.2.1. Проверку производить для каждого значения напряжения и соответствующего тока. Для определения погрешности угла сдвига фаз при выходном значении калибратора напряжения 1 В на пределе «10V» необходимо выполнить следующие действия:

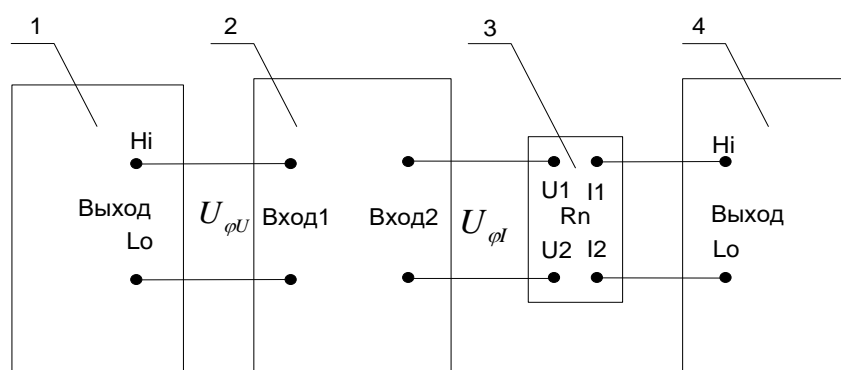
- выполнить цикл установки нуля измерителю разности фаз Ф2-34;

- на выходе калибратора напряжения установить значение напряжения 1 В с частотой 1000 Гц;

- подключить к выходу калибратора тока измерительные резисторы в соответствии с пределом и выходным током;

- измерение погрешности угла сдвига фаз производить для каждого значения тока при значении угла сдвига фаз между током и напряжением плюс 90 ° на частоте 1000 Гц.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ не превышает соответствующих значений, указанных в таблице 1.14.



- где
- 1 - поверяемый калибратор напряжения КМ300КН;
 - 2 - измеритель разности фаз Ф2-34;
 - 3 - Rn: Н4-12МС;
 - 10 мА – 100 Ом;
 - 100 мА – 10 Ом;
 - 1 А – 1 Ом;
 измерительный резистор МР3050
 - 10 А – 0,1 Ом;
 - 4 - поверяемый калибратор тока КМ300КТ

Рисунок 13

9.7.11.2.2. Для определения погрешности угла сдвига фаз при выходном значении калибратора напряжения 100 В на пределе «100V» необходимо выполнить следующие действия:

- выход калибратора напряжения и вход измерителя разности фаз Ф2-34 подключить через делитель 1/100, входящий в комплект Ф2-34;
- на выходе калибратора напряжения установить значение напряжения 100 В с частотой 1000 Гц;
- подключить к выходу калибратора тока измерительные резисторы в соответствии с пределом и выходным током;
- измерение погрешности угла сдвига фаз производить для каждого значения тока при значении угла сдвига фаз между током и напряжением плюс 90° на частоте 1000 Гц.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ не превышает соответствующих значений, указанных в таблице 4.14.

9.8 Оформление результатов поверки

9.8.1 Положительные результаты поверки следует оформлять путем нанесения оттиска клейма поверителя на задней панели приборов (на винт) компаратора КМ300 и штампа поверителя в его формуляре.

9.8.2 При отрицательных результатах поверки гасится оттиск клейма поверителя и делается соответствующая запись в формуляре.

10 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

10.1 Во время проведения работ по уходу за компаратором КМ300 необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в разделе 3 и подразделе 6.4.

10.2 Техническое обслуживание компаратора КМ300 проводится с целью обеспечения их нормируемых технических характеристик и включает в себя следующие виды работ:

- внешний осмотр во время эксплуатации;
- ремонт при возникновении неисправностей;
- калибровку;
- консервацию при снятии на продолжительное хранение.

10.3 При внешнем осмотре проверяется наличие пломб, сохранность соединительных разъемов и клемм и отсутствие повреждения корпусов приборов компаратора КМ300.

10.4 Ремонт компаратора КМ300 при возникновении неисправностей допускается производить только представителями предприятия-изготовителя или организацией, получившей на это право.

10.5 После ремонта приборы компаратора КМ300 калибруются и проводится их поверка.

10.6 О всех ремонтах должна быть сделана отметка в формулярах с указанием даты, причины выхода из строя и характере произведенного ремонта.

10.7 Калибровка производится после ремонта, при поверке (в случае необходимости).

Приступать к калибровке следует только при условии, что не обеспечивается метрологический запас 20 %.

Инструкция по калибровке приведена в приложении А.

10.8 В тех случаях, когда имеется возможность (оснащение, квалификация), проведение полной калибровки компаратора КМ300 возможно после внимательного изучения инструкции по калибровке и желательно пройти обучение у производителя.

11 ХРАНЕНИЕ

Приборы компаратора КМ300 должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

Хранить приборы компаратора КМ300 без упаковки следует при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно активных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150.

Рекомендуется после продолжительного хранения или пребывания изделия в условиях повышенной влажности проводить его просушку при температуре 40 °С в течение двух-трех суток.

Гарантийный срок хранения с момента изготовления 12 месяцев.

12 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Приборы компаратора КМ300 в транспортной упаковке могут транспортироваться всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах (железнодорожным, автомобильным, водным транспортом - в трюмах, в самолетах - в герметизированных отапливаемых отсеках).

Условия транспортирования: температура - от минус 25 до 55 °С, относительная влажность воздуха – 95 % при температуре 40 °С.

После транспортирования перед вводом приборов компаратора КМ300 в эксплуатацию их необходимо выдержать в нормальных условиях применения 24 ч.

Дата консервации совпадает с датой упаковывания.

Срок защиты без переконсервации - 1 год.

13 МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

13.1 Маркирование компаратора КМ300К

13.1.1 На лицевой панели компаратора КМ300К нанесены:

- наименование и тип;
- логотип предприятия;
- функциональное назначение кнопок;
- обозначение клемм входа, выхода и экран.

13.1.2 На задней панели компаратора КМ300К нанесены:

- тип;
- символ «Внимание!»;
- испытательное напряжение изоляции;
- изображение знака утверждения типа;
- изображение знака соответствия;
- заземление;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- вид питания, номинальное значение напряжения питания и ток потребления.

13.2 Маркирование усилителя КМ300Н

13.2.1 На лицевой панели усилителя КМ300Н нанесены:

- наименование;
- кнопка «Сеть»;
- обозначение клемм входа, выхода.

13.2.2 На задней панели усилителя КМ300Н нанесены:

- символ «Внимание!»;
- испытательное напряжение изоляции;
- заземление;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- вид питания, номинальное значение напряжения питания и ток потребления.

13.3 Маркирование преобразователя КМ300Т

13.3.1 На лицевой панели преобразователя КМ300Т нанесены:

- наименование;
- кнопка «Сеть»;
- обозначение клемм входа, выхода.

13.3.2 На задней панели преобразователя КМ300Т нанесены:

- символ «Внимание!»;
- заземление;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- год изготовления;
- вид питания, номинальное значение напряжения питания и ток потребления.

13.4 Пломбирование

Пломбирование приборов КМ300К, КМ300Н и КМ300Т выполняется закрытием пломбой на задней панели крепежных винтов в ножках, которые в свою очередь фиксируют верхние и нижние крышки приборов.

Приложение А
(обязательное)
Инструкция по калибровке компаратора КМ300

А.1 Назначение

Данная инструкция устанавливает порядок и методы калибровки компаратора КМ300 относительно эталонов, которые исключают накопление погрешности из-за дрейфа во времени характеристик наиболее ответственных узлов прибора.

Приступать к калибровке следует только при условии, что не обеспечивается **метрологический запас 20 %**.

Проведение полной калибровки компаратора КМ300 возможно при наличии оснащения, квалификации и после внимательного изучения данной инструкции, желательно пройти обучение у производителя.

Во время проведения работ по калибровке компаратора КМ300 необходимо соблюдать меры безопасности, изложенные в разделе 3 и подразделе 6.4.

А.2 Код доступа

Код доступа необходим для защиты от несанкционированного вмешательства лиц, не допущенных к выполнению работ по калибровке компаратора КМ300.

Восьмизначный код доступа хранится у производителя и выдается метрологическим службам при проведении периодической поверки в случае, если не обеспечивается **метрологический запас 20 %**, а также после ремонта компаратора КМ300 в случае необходимости.

После проведения работ по калибровке компаратора КМ300 или замены кода доступа сделайте необходимую отметку в формуляре.

Получение кода доступа лицами, не допущенными к проведению работ по калибровке, расценивается как оперативное вмешательство в работу компаратора КМ300, которое влечет за собой несоблюдение гарантий предприятия-изготовителя.

Для получения кода доступа обращайтесь по адресу электронной почты zsl@znp.ru или по телефону, указанному в формуляре на компаратор КМ300.

А.3 Операции калибровки

Калибровка проводится с целью обеспечения компаратора КМ300 нормируемых технических характеристик и включает в себя следующие виды калибровок:

- 1 - калибровка по абсолютному значению на основном пределе «10V» (см. А.6.1);
- 2 - калибровка пределов «1V» и «100mV» (см. А.6.2);
- 3 - калибровка внешнего делителя ДН вх (см. А.6.3);
- 4 - калибровка усилителя до 1000 В (КМ300Н) (см. А.6.4);
- 5 - калибровка (+/-) преобразователя U в I (КМ300Т) (см. А.6.5);
- 6 - калибровка (~) преобразователя U в I (КМ300Т) (см. А.6.5);
- 7 - калибровка (~) U пределов «100mV», «1V», «10V»;
- 8 - калибровка частоты;
- 9 - значения начальных фаз 45-55/55-1000 Гц;
- 10 - поправки по плюсу первой декады (линейность);
- 11 - поправки по минусу первой декады (линейность);
- 12 - поправки первой октады для ~U;
- 13 - поправки второй октады для ~U;
- 14 - калибровка ЦАП для ~U;
- 15 - изменить пароль;
- 16 - счетчик калибровок.

А.4 Средства калибровки

А.4.1 Перечень средств измерений, применяемых при калибровке, указан в таблице А.4.1.

Таблица А.4.1 – Средства измерений, применяемые при калибровке

Наименование	Тип средств измерений	Основные технические характеристики средств измерений
Мультиметр	Agilent 3458A	Линейность на пределе $10\text{В} \pm 0,00001\%$. Измерение напряжения постоянного тока в диапазоне от 100 мВ до 1000 В; погрешность измерения от $\pm 0,0008$ до $\pm 0,001\%$; измерение напряжения переменного тока в диапазоне от 10 мВ до 10 В в полосе частот до 1 кГц; погрешность измерения $\pm 0,009\%$
Мера постоянного напряжения	Fluke 7001	Воспроизведение напряжения постоянного тока величиной 10 В; относительная нестабильность за год $\pm 0,00015\%$
Калибратор-вольтметр универсальный	H4-12	Измерение напряжения переменного тока в диапазоне от 10 мВ до 1000 В, в частотном диапазоне от 0,1 Гц до 20 кГц; погрешность измерения переменного напряжения от 0,003 до 0,005 %
Компаратор - калибратор универсальный	KM300KH	Воспроизведение напряжений постоянного тока в диапазоне от 10 нВ до 1000 В; погрешность воспроизведения от $\pm 0,0009$ до $\pm 0,003\%$
Катушки электрического сопротивления	P331 P321	Номинальные сопротивления 1000; 100; 10; 0,1 Ом; стабильность за 1 год $\pm 0,001\%$
Катушка электрического сопротивления	P310	Номинальные значения сопротивлений 0,01 Ом; нестабильность за 1 год $\pm 0,003\%$
Мера сопротивления	H4-12MC	Номинальное значение сопротивления 100; 10; 1; 0,01 Ом; допустимая погрешность от $\pm 0,008$ до $\pm 0,02\%$
Измерительный резистор	MP3050	Номинальные значения сопротивлений 0,1; отклонение действительных значений сопротивления от номинального значения $\pm 0,02\%$
Магазин сопротивления для цепей постоянного и переменного тока	P4830/2	Класс точности 0,05
Измеритель разности фаз	Ф2-34	Диапазон входных напряжений от 0,2 до 2 В; Погрешность измерения углов фазового сдвига $0,1^\circ$ в диапазоне частот до 1000 Гц
Измеритель нелинейных искажений	СК6-13	Диапазон напряжений от 1 до 100 В. Диапазон измеряемых искажений от 0,01 до 0,5 % с погрешностью не более $\pm 10\%$

А.4.2 При проведении калибровки допускается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

А.5 Условия проведения калибровки

При проведении калибровки должны быть соблюдены следующие нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха, °С 23 ± 1 ;

- относительная влажность окружающего воздуха, % 30 - 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) 84 - 106 (630 - 795);
- напряжение питающей сети, В 220 ± 4,4;
- частота промышленной сети, Гц 47 - 63.
- время прогрева компаратора КМ300 должно быть не менее 1 ч.

А.6 Указания по калибровке

А.6.1 МЕНЮ калибровки

Вход в меню калибровки из режима «Сброс».

Нажатием кнопок **РЯД**, затем **ВВОД** активировать режим ввода кода доступа.

Состояние индикатора	Введите код * * * * * =
-------------------------	--------------------------------------

Кнопками набора «1» - «9» ввести код доступа.

Нажать **ВВОД** для проверки кода доступа.

Если код верный, открывается меню калибровки, а если код неверный, на индикаторе появится надпись «код неверен» и прибор возвращается в режим «Сброс».

Кнопками «▲», «▼» или **РЕДАКТИРОВАНИЕ** (см 7.4.6) установить необходимую операцию калибровки.

А.6.2 Калибровка по абсолютному значению на основном пределе «10V»

Для реализации калибровки на пределе «10V» к входу U1 компаратора КМ300К подключить эталонный стандарт напряжения 7001 фирмы FLUKE или его аналог.

Войти в меню калибровки (см. А.6.1).

Кнопками «▲», «▼» или **РЕДАКТИРОВАНИЕ** (см. 7.4.6) выбрать пункт 1 МЕНЮ.

Состояние индикатора	1) Калибровка предела 10 V
-------------------------	---

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	<u>10.000 000 V</u> Введите En
-------------------------	---

Кнопками набора «1» - «9» или **РЕДАКТИРОВАНИЕ** ввести значение эталонного стандарта напряжения 7001 (10 В).

Нажать кнопку **ВВОД**, активируя процедуру калибровки.

Калибровка длится в течение минуты, при этом необходимо следить за процессом измерения, чтобы исключить случайную ошибку при сбоях сети питания.

По окончании процедуры калибровки

Состояние индикатора	Сохранить ? Да / <u>Нет</u>
-------------------------	------------------------------------

Кнопками «◀», «▶» или **РЕДАКТИРОВАНИЕ** выбрать «Да», если хотите сохранить результат калибровки в энергонезависимой памяти прибора, или «Нет», если не хотите сохранить результат калибровки.

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

Повторить процедуру калибровки на другой полярности, поменяв полярность на входе U1 компаратора КМ300К эталонного стандарта напряжения 7001 фирмы FLUKE, США или его аналога.

А.6.3 Калибровка пределов «1V» и «100mV»

Выбор предела «1V» или «100mV» автоматический и зависит от поданного на вход напряжения.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 2 МЕНЮ.

Состояние
индикатора

**2) Калибровка пределов
1 V и 100 mV**

Для реализации калибровки на пределе «1V» к входу U1 компаратор КМ300К подключить высоко стабильный, малошумящий источник напряжения постоянного тока 1 В. В качестве источника можно использовать приборы КМ300К, Р3017, Р3003, П327 на пределе «1V» или их аналоги.

Нажать кнопку **ВВОД**, активируя процедуру калибровки.

Калибровка длится в течение минуты, при этом необходимо следить за процессом измерения, чтобы исключить случайную ошибку при сбоях сети питания.

По окончании процедуры калибровки:

Состояние
индикатора

Сохранить ? Да / Нет

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

Для реализации калибровки на пределе «100mV» к входу U1 компаратора КМ300К подключить высоко стабильный, малошумящий источник напряжения постоянного тока 100 мВ и повторить процедуру калибровки.

А.6.4 Калибровка внешнего делителя ДН вх

Калибровка ДН вх осуществляется методом прямых измерений калиброванного напряжения образцовым вольтметром и компаратором КМ300К совместно с ДН вх, который входит в комплект поставки, по схеме, приведенной на рисунке 14.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 3 МЕНЮ.

Состояние
индикатора

**3) Калибровка внешнего
делителя 1000 V**

Установить на калибраторе КМ300КН напряжение постоянного тока **1000 В** (рисунок 14).

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние
индикатора

**3) 1000.000 0
Введите En**

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести значение, измеренное мультиметром 3458А.

Нажать кнопку **ВВОД**, активируя процедуру калибровки.

Калибровка длится в течение минуты, при этом необходимо следить за процессом измерения, чтобы исключить случайную ошибку при сбоях сети питания.

По окончании процедуры калибровки:

Состояние индикатора

Сохранить ? Да / Нет

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку ВВОД для выполнения команды.

А.6.5 Калибровка усилителя до 1000 В КМ300Н

Калибровка усилителя КМ300Н на постоянном токе на пределах «100V» и «1000V» осуществляется методом прямых измерений напряжения калибратора КМ300КН образцовым мультиметром 3458А.

Для этого соединить выход усилителя КМ300Н и вход мультиметра 3458А кабелем, который входит в комплект поставки.

А.6.5.1 В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 4 МЕНЮ.

Состояние индикатора

4)Калибровка усилителя до 1000 V

Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора

Предел +100V/+1кV/~100V/ ~700V

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать необходимый предел.

ВНИМАНИЕ! Перед выполнением следующей операции ВВОД, убедитесь в том, что образцовый мультиметр 3458А или аналогичный подключен на необходимом пределе.

Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора

100.000 00 V Введите U измеренное
--

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести значение, измеренное мультиметром 3458А.

Нажать кнопку «Ввод».

Состояние индикатора

Сохранить ? Да / Нет

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку ВВОД для выполнения команды.

А.6.5.2 Калибровка усилителя КМ300Н на переменном токе на пределе «700V» аналогична А.6.5.1 на фиксированных частотах 10, 45, 100 - 1000 Гц.

А.6.6 Калибровка преобразователя U в I КМ300Т

Калибровка преобразователя КМ300Т осуществляется методом измерения напряжения на образцовой мере сопротивления, через которую пропускается контролируемый ток, по схеме в соответствии с рисунком 18.

А.6.6.1 Калибровка (\pm) преобразователя КМ300Т силы постоянного тока

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 5 МЕНЮ.

Состояние индикатора **5)Калибровка (+/-) преобразователя U в I**

Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора **Предел (+/-)
1mA 10mA 100mA 1A 10A 50A**

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать необходимый предел. Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора **0000.0000 Ω
Введите R оп**

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести значение R оп. Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора **+00.00μV
Подстройте ноль**

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ подстроить ноль на образцовом мультиметре 3458А. Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора **0.000 000 0 V
Введите U измеренное**

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести U, измеренное на образцовой мере. Нажать кнопку ВВОД.

Состояние индикатора **Сохранить ? Да / Нет**

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет». Нажать кнопку ВВОД для выполнения команды.

А.6.6.2 Калибровка (\sim) преобразователя КМ300Т силы переменного тока

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 6 МЕНЮ.

Состояние индикатора **5)Калибровка (~) преобразователя U в I**

Проведение калибровки преобразователя КМ300Т силы переменного тока аналогично А.6.6.1 на фиксированных частотах 10,45, 220, 500, 1000 Гц.

А.6.7 Калибровка напряжения переменного тока (~) на пределах 100mV, 1V, и 10V.

Калибровку основной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока производим методом прямых измерений по поверочной схеме, представленной на рисунке 17.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 7 МЕНЮ.

Состояние индикатора

7) Калибровка (~) U 100mV, 1V, 10V

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора

Предел (~) 100mV 1V 10V

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать необходимый предел.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести U, измеренное на образцовом приборе на частотах 10,20,45,220,410,710 и 1000 Гц.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора

Сохранить ? Да / Нет

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

А.6.8 Калибровка частоты

Калибровка частоты проводится методом прямых измерений образцовым прибором.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 8 МЕНЮ.

Состояние индикатора

8) Калибровка частоты

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора

100.000 00 Введите измеренную F
--

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора

Сохранить ? Да / Нет

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

А.6.9 Значения начальных фаз 45 - 55 или 55 - 1000 Гц

Необходимо подключить калибраторы КМ300КН и КМ300КТ, как показано на рисунке 11, затем войти в меню передней панели (см. 7.7) и активировать режим мощности (см. 7.7.15).

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 9 МЕНЮ.

Состояние индикатора	9) Значения начальных Фаз <u>45-55</u> / 55-1000 Гц
----------------------	---

А.6.9.1 Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать предел **45 - 55** Гц.

Калибровку абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ на частоте 45 – 55 Гц проводим по поверочной схеме в соответствии с рисунком 12.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	Предел U 10V	Предел I 10mA
----------------------	-----------------	------------------

Калибровка абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз проводится согласно 9.7.11.1.

Калибровка проводится для каждого значения напряжения и соответствующего тока.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	$\Delta\varphi = +000.00^\circ$ ~ 10.000 00V	F=0045
----------------------	---	--------

где $\Delta\varphi$ – поправка угла сдвига фаз между каналами тока и напряжения ($\varphi = 60^\circ$).

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ меняем значение **напряжения** и $\Delta\varphi$.

Для перехода на частоту 55 Гц кнопками «◀», «▶» устанавливаем маркер на **F** и нажимаем кнопку **ВВОД**.

Для завершения калибровки кнопками «◀», «▶» устанавливаем маркер на **F** и нажимаем кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	Сохранить ? Да / Нет
----------------------	----------------------

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

А.6.9.2 Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать предел **1000** Гц

Калибровку абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз между сигналами в каналах напряжения и тока $\Delta\varphi_{UI}$ на частоте 1000 Гц проводим по поверочной схеме в соответствии с рисунком 13.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	Предел U 10V	Предел I 10mA
----------------------	-----------------	------------------

Калибровка абсолютной основной погрешности угла сдвига фаз проводится согласно 9.7.11.2. Калибровка проводится для каждого значения напряжения и соответствующего тока.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора $\Delta\varphi = +000.00^\circ$ $F=1000\text{Гц}$
 $\sim 01.000\ 00\text{V}$

где $\Delta\varphi$ – поправка угла сдвига фаз между каналами тока и напряжения (при $\varphi = 60^\circ$).
Кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » или РЕДАКТИРОВАНИЕ меняем значение **напряжения** и $\Delta\varphi$.
Для завершения калибровки кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » устанавливаем маркер на F и нажимаем кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора **Сохранить ? Да / Нет**

Кнопками « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».
Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

А.6.10 Поправки по плюсу первой декады (нелинейность)

Калибровку нелинейности производим методом прямых измерений на основном пределе калибратора «10V» по поверочной схеме, представленной на рисунке 15.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками « \blacktriangle », « \blacktriangledown » или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 10 МЕНЮ.

Состояние индикатора **10) Поправки по плюсу первой декады**

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора **+ 0V +020.0 μ V**
Выберите ступень

На выходе калибратора выходное значение напряжения 0 В

Нажать кнопку **ВВОД**.

Кнопками « \blacktriangle », « \blacktriangledown », « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » или РЕДАКТИРОВАНИЕ устанавливаем комплектный ноль.

Нажать кнопку **ВВОД**, затем « \blacktriangle ».

Состояние индикатора **+ 0.10V +000.0 μ V**
Выберите ступень

На выходе калибратора выходное значение напряжения 1 В.

На образцовом приборе ввести калибровочный коэффициент (с·х) до значения на индикаторе «1.000 000 0V».

Нажать кнопку « \blacktriangle », затем **ВВОД**.

Состояние индикатора **+ 1V +000.0 μ V**
Выберите ступень

Кнопками « \blacktriangle », « \blacktriangledown », « \blacktriangleleft », « \blacktriangleright » или РЕДАКТИРОВАНИЕ устанавливаем на образцовом приборе показание «1.000 000 0V».

Нажать кнопку **ВВОД**, затем « \blacktriangle ».

Состояние индикатора **+ 2V +000.0 μ V**
Выберите ступень

На выходе калибратора выходное значение напряжения 2 В.

Нажать кнопку **ВВОД**, затем кнопками «▲», «▼», «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ устанавливаем на образцовом приборе показание «2.000 000 0V».

Последовательно увеличивая ступени декады вводим поправки для каждой декады с первой по десятую.

Выход из программы ввода поправок по плюсу первой декады нажатием **РЯД**, затем **ВВОД**.

А.6.11 Поправки по минусу первой декады (нелинейность)

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 10 МЕНЮ.

Состояние индикатора	11) Поправки по минусу первой декады
----------------------	---

Калибровку нелинейности по минусу первой декады производим аналогично **А.6.10**.

А.6.12 Поправки первой октады для напряжения переменного тока (~)U

Калибровку первой октады производим методом прямых измерений по поверочной схеме, представленной на рисунке 17.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 12 МЕНЮ.

Состояние индикатора	12) Поправки первой октады для ~U
----------------------	--

Нажать кнопку **ВВОД**

Состояние индикатора	~ 01. 250 00V Введите Uизмер. N1=1
----------------------	---

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести U, измеренное на образцовом приборе.

Кнопкой **ВВОД** последовательно включаем с 1 по 8 ступени первой октады и вводим измеренное образцовым прибором значение.

После ввода значения на 8 ступени нажимаем **ВВОД**

Состояние индикатора	Сохранить ? Да / Нет
----------------------	-----------------------------

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

А.6.13 Поправки второй октады для напряжения переменного тока (~)U

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 13 МЕНЮ.

Состояние индикатора	13) Поправки второй октады для ~U
----------------------	--

Калибровку второй октады производим методом прямых измерений согласно А.6.12.

А.6.14 Калибровка ЦАП для ~U

Калибровку ЦАП производим методом прямых измерений по поверочной схеме, представленной на рисунке 17.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 14 МЕНЮ.

Состояние индикатора	14) Калибровка ЦАП для ~U
----------------------	--------------------------------------

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	~ 0. 150 000V Введите Uизмер. ЦАП
----------------------	--

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести U, измеренное на образцовом приборе.

Нажать кнопку **ВВОД**.

Состояние индикатора	Сохранить ? Да / Нет
----------------------	-----------------------------

Кнопками «◀», «▶» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать «Да» или «Нет».

Нажать кнопку **ВВОД** для выполнения команды.

А.6.15 Изменить пароль

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 15 МЕНЮ.

Состояние индикатора	15) Изменить пароль
----------------------	----------------------------

Нажать кнопку **ВВОД**.

Кнопками «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ ввести новый пароль.

Нажать кнопку **ВВОД**.

А.6.16 Счетчик калибровок

Счетчик калибровок введен для контроля несанкционированного доступа в меню калибровок.

Изменение состояния памяти калибровочных коэффициентов инкрементирует счетчик на единицу. При выпуске прибора счетчик обнулен.

В меню калибровки (см. А.6.1) кнопками «▲», «▼» или РЕДАКТИРОВАНИЕ выбрать пункт 16 МЕНЮ.

Состояние индикатора	15) Счетчик калибровок 0
----------------------	--

Приложение Б
(обязательное)
Коды ошибок, расшифровка и способ устранения

Таблица Б.1

Код	Расшифровка	Устранение
	Ошибки вольтметра	
1	Невозможно установить O_i на $K_{ус} = 1$.	См. 7.3
2	Невозможно установить O_i в пределах ± 10 мкВ	-/-
3	$O_{и}$ более 1 мВ на пределе $K_{ус} = 1$	-/-
4	$O_{и}$ более 10 мкВ на пределах $K_{ус} = 10^4$ или $K_{ус} = 10^5$	-/-
5	Конец шкалы вольтметра на пределе $K_{ус} = 1$ больше на 10%	См. 7.2.3
6	Конец шкалы вольтметра на пределе $K_{ус} = 1$ меньше на 10%	-/-
7	Конец шкалы вольтметра на пределе $K_{ус} = 10^4$ больше на 10%	-/-
8	Конец шкалы вольтметра на пределе $K_{ус} = 10^4$ меньше на 10%	-/-
9	Конец шкалы вольтметра на пределе $K_{ус} = 10^5$ больше на 10 %	-/-
10	Конец шкалы вольтметра на пределе $K_{ус} = 10^5$ меньше на 10 %	-/-
	Ошибки калибратора	
15	Невозможно установить O_x калибратора на переделе плюс 100 мВ	См. 7.4.3
16	Невозможно установить O_x калибратора на переделе плюс 1 В	-/-
17	Невозможно установить O_x калибратора на переделе плюс 10 В	-/-
20	Невозможно установить O_x калибратора на переделе минус 100 мВ	-/-
21	Невозможно установить O_x калибратора на переделе минус 1 В	-/-
22	Невозможно установить O_x калибратора на переделе минус 10 В	-/-
	Ошибки EEPROM	
100-101	Ошибки числителя абсолютного калибровочного коэффициента +/-	Примечание
102-103	Ошибки знаменателя абсолютного калибровочного коэффициента +/-	-/-
104-115	Ошибки калибровочного коэффициента по переменному току на пределах 10; 1 В; 100 мВ (45, 55, 360, 440 Гц)	-/-
116-118	Ошибки числителя коэффициента делителя 1 к 100, 1 к 10, 1000 к 10	-/-
119-121	Ошибки знаменателя коэффициента делителя 1 к 100, 1 к 10, 1000 к 10	-/-
122-141	Ошибки поправок первой декады. 10 по плюсу и 10 по минусу	-/-
142-161	Ошибки поправок второй декады. 10 по плюсу и 10 по минусу	-/-
162-164	Ошибки концов шкалы вольтметра по пределам 10 В, 1 мВ, 100 мкВ	См. 7.3
165-167	Ошибки нулей вольтметра по пределам 10 В, 1 мВ, 100 мкВ	-/-
168-176	Ошибки числителя калибровочного коэффициента калибратора	См. 7.6.3
177-185	Ошибки знаменателя калибровочного коэффициента калибратора	-/-
186-194	Ошибки числителя калибровочного коэффициента вольтметра	-/-
195-203	Ошибки знаменателя калибровочного коэффициента вольтметра	-/-
204-209	Ошибки нулей калибратора по (+0.1, +1, +10, -0.1, -1, -10 В)	См. 7.6.4
210-214	Ошибки комплектного нуля калибратора по пределам 100 мВ, 1, 10, 100, 1000 В	-/-
215	Ошибка конца шкалы АЦП	Примечание
216	Ошибка смещения АЦП	-/-
217-222	Ошибки комплектного нуля преобразователя по пределам 1, 10, 100 мА, 1, 10, 50 А	См. 7.6.4
	Ошибки усилителя КМ300Н	
11	Отсутствует низковольтное питание	Примечание
22	Отсутствует высоковольтное питание	-/-
<p>Пр и м е ч а н и е - В случае неоднократного возникновения данных кодов ошибок, просьба уведомить об этом производителя по адресу электронной почты zsl@znp.ru или по телефону, указанному в формуляре прибора.</p>		

Приложение В
(обязательное)
Описание протокола FT 2.1 и организация передачи данных

Предназначено для ознакомления с требованиями и условиями работы приборов через последовательные интерфейсы USB 1.1, RS232, RS485 и содержит все необходимые сведения для разработки системного программного обеспечения.

В.1 Определения

При описании работы приборов в симметричных цифровых системах через последовательные интерфейсы используются следующие понятия и определения.

Адрес источника – адрес станции (номер станции в сети), отправляющей сообщение. В данном случае - персональный компьютер (далее - ПК) или прибор.

Адрес назначения - адрес станции (номер станции в сети), которой источник посылает сообщение.

В.2 Организация передачи данных в цифровой системе на базе последовательных интерфейсов USB 1.1, RS232 и RS485 для управления компаратором КМ300

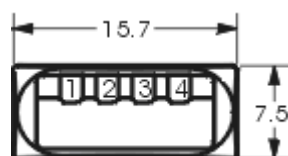
В.2.1 Интерфейс USB 1.1

Требования к линии связи и приемопередатчикам по стандарту USB 1.1 приведены в таблице В.1.

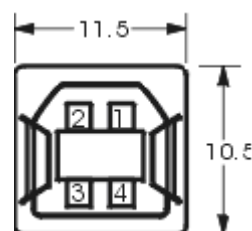
Таблица В.1

Наименование параметра	Значение параметра
Скорость обмена, Мбод	≤ 1,5
Длина линии связи, м	≤ 3
Напряжение питания для периферийных устройств, В	5
Максимальный ток потребления на одно устройство, мА	< 500
Максимальное количество подключенных устройств	127

Сигналы USB передаются по 4-х проводному кабелю. Расположение выводов и их назначение представлено на рисунке В.1.



Для подключения к источнику
(к компьютеру или хабу)



Для подключения к
периферийному устройству

Номер контакта	Назначение	Цвет провода
1	V BUS	Красный
2	D-	Белый
3	D+	Зеленый
4	GND	Черный

Рисунок В.1

Здесь GND - цепь "корпуса" для питания периферийных устройств, VBus - плюс 5 В также для цепей питания.

Шина D+ предназначена для передачи данных по шине, а шина D- - для приема данных.

Кабель для работы только на минимальной скорости USB 1.1 может быть любым и не-экранированным.

В.2.2 Стандарт EIA 232

Требования к линии связи и приемопередатчикам по стандарту EIA 232 приведены в таблице В.2.

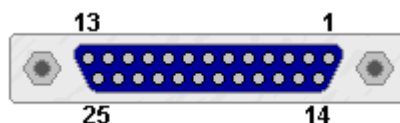
Таблица В.2

Наименование параметра	Значение параметра
Скорость передачи, кбод	≤ 115
Длина линии связи, м (для скорости 57600 бод)	≤ 5
Выходное напряжение, В	$\pm (5 - 15)$
Входное напряжение, В	$\pm (3 - 25)$

Устройства для связи по последовательному каналу соединяются кабелями с 9-ю или 25-ти контактными разъемами типа D.

Разъемы типов розетки и штырей. Каждый вывод обозначен и пронумерован. Расположение выводов представлено на рисунках В.2, В.3.

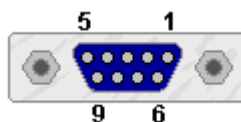
Перед соединением двух устройств через RS-232, каждый из которых питается от различных источников, рекомендуется выровнять напряжения между их сигнальными землями перед подключением.



DB25 Розетка

Контакт	Обозн.	Направление	Описание
1	SHIELD	---	Shield Ground - защитная земля, соединяется с корпусом устройства и экраном кабеля
2	TXD	-->	Transmit Data - Выход передатчика
3	RXD	<--	Receive Data - Вход приемника
4	RTS	-->	Request to Send - выход запроса передачи данных
5	CTS	<--	Clear to Send - вход разрешения терминалу передавать данные
6	DSR	<--	Data Set Ready - вход сигнала готовности от аппаратуры передачи данных
7	GND	---	System Ground - сигнальная (схемная) земля
8	CD	<--	Carrier Detect - вход сигнала обнаружения несущей удаленного модема
9-19	N/C	-	-
20	DTR	-->	Data Terminal Ready - выход сигнала готовности терминала к обмену данными
21	N/C	-	-
22	RI	<--	Ring Indicator - вход индикатора вызова (звонка)
23-25	N/C	-	-

Рисунок В.2



DB9 Розетка

Контакт	Обозн.	Направление	Описание
1	CD	<--	Carrier Detect
2	RXD	<--	Receive Data
3	TXD	-->	Transmit Data
4	DTR	-->	Data Terminal Ready
5	GND	---	System Ground
6	DSR	<--	Data Set Ready
7	RTS	-->	Request to Send
8	CTS	<--	Clear to Send
9	RI	<--	Ring Indicator

Рисунок В.3

Для подключения компаратора КМ300 к персональному компьютеру используется 3 - проводный минимальный нуль модемный кабель.

Подключение с использованием розеток DB9 представлено на рисунке В.4.

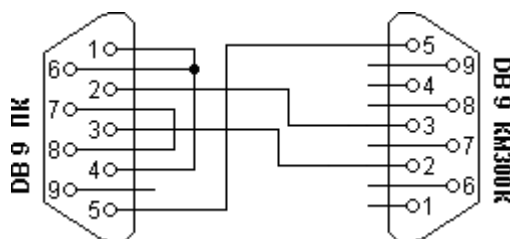


Рисунок В.4

Аналогично производится подключение к ПК посредством DB25.

В.2.3 Стандарт EIA 485

Протокол связи RS-485 является наиболее широко используемым промышленным стандартом, использующим двунаправленную сбалансированную линию передачи.

Протокол поддерживает многоточечные соединения, обеспечивая создание сетей с количеством узлов до 32 и передачу на расстояние до 1200 м.

Использование повторителей RS-485 позволяет увеличить расстояние передачи еще на 1200 м или добавить еще 32 узла.

Стандарт RS-485 поддерживает полудуплексную связь. Для передачи и приема данных достаточно одной скрученной пары проводников.

Требования к линии связи и приемопередатчикам по стандарту EIA 485 приведены в таблице В.3.

Таблица В.3

Наименование параметра	Значение параметра
Режим работы	Дифференциальный
Скорость передачи, Мбод	≤ 10
Длина линии связи, м	≤ 1200
Минимальный выходной диапазон драйвера, В	$\pm 1,5$
Максимальный выходной диапазон драйвера, В	± 5
Максимальный ток короткого замыкания драйвера, мА	250
Сопротивление нагрузки T_x , Ом	54
Чувствительность по входу R_x , мВ	± 200
Максимальное входное сопротивление R_x , кОм	12
Диапазон напряжений входного сигнала R_x , В	от минус 7 до плюс 12
Уровень логической единицы R_x , мВ	> 200
Уровень логического нуля R_x , мВ	< 200

Стандарт EIA 485 не оговаривает типы соединителей, разъёмов, колодок, нумерацию контактов.

Для подключения компаратора КМ300К используются следующие контакты разъема DB9 на стороне компаратора КМ300К (таблица В.4).

Таблица В.4

Контакт	Обозн.
6	Data +
8	Data -
9	GND

В.2.4 Подключение компаратора КМ300 к ПК

Скорость обмена данными фиксирована и составляет 57600 бод.

Подключение линии интерфейса к прибору и к последовательному порту ПК RS232 производится с помощью стандартного гнезда типа DB-9F.

Соединение производить при отключенном питании всех устройств, входящих в систему.

Подключение к последовательному порту ПК USB производится с помощью стандартного USB кабеля А-В.

В.3 Протокол обмена приборов FT 2.1

В.3.1 Формат передаваемых данных

Передача данных по последовательным интерфейсам USB, RS232 компаратором КМ300 осуществляется последовательной передачей кадров в полудуплексном режиме обмена.

За основу формата кадра передаваемых данных взят кадр с переменной длиной по аналогии со стандартным форматом – FT 2 (ГОСТ Р МЭК 870-5-1-95), но с некоторыми изменениями.

Для сбора данных применяется процедура «ЗАПРОС/ОТВЕТ», в которой ПК контролирует трафик данных последовательным опросом приборов.

В этом случае ПК является первичной станцией, инициирующей передачу всех сообщений, а прибор – вторичной станцией, передающей сообщения только по вызову.

Кадр, передаваемый первичной станцией, будем называть посылкой.

Кадр, передаваемый вторичной станцией (в данном случае – прибор) в ответ на посылку, будем называть ответом.

В.3.2 Правила передачи

В.3.2.1 Первый байт – адрес назначения (с девятым битом равным 1).

Все адреса абонентов компаратора должны быть уникальными и располагаться в интервале от 0 до F0h.

В.3.2.2 Пользовательские данные (до 15 байт) дополняются контрольным байтом.

В.3.2.3 Контрольная последовательность формируется CRC кодом, образуемым полиномом $X^7+X^6+X^5+X^2+1$, дополняемым одним битом четности на все биты блока.

Восемь битов контрольной последовательности, формируемые таким образом, инвертируются.

В.3.2.4 При обнаружении ошибок в соответствии с правилом А.3.2.5 требуется минимальный интервал спокойного состояния линии, равный $(L+3)$ байт, где L - максимальное число байтов пользовательских данных в кадре, при этом L должна быть меньше 45 байт.

Для $L \geq 45$ байт интервал должен быть не более 48 байт.

В.3.2.5 Вторичная станция контролирует качество сигнала, адрес назначения, контрольные последовательности, длину кадра и при обнаружении ошибки проверяет интервал спокойного состояния линии, определяемый в соответствии с правилом А.3.2.4.

Кадр бракуется, если хотя бы одна из этих проверок дает отрицательный результат.

При положительных результатах вторичная станция формирует ответ.

В.3.3 Формат передаваемого байта

Формат передаваемого байта представлен на рисунке В.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

1-й бит – стартовый бит;

2÷9 биты – биты данных;

10-й бит определяет признак типа данных байта:

- «1» - байт адреса назначения;

- «0» - другие байты;

11-й бит – стоповый бит

Рисунок В.5

В.3.4 Структура передаваемого кадра

В.3.4.1 Структура передаваемого кадра представлена на рисунке В.6.

Кадр начинается с адреса назначения (адреса должны находиться в интервале от 0 до F0 h) и заканчивается контрольной последовательностью.



Рисунок В.6

В.3.4.2 Нулевой блок кадра содержит:

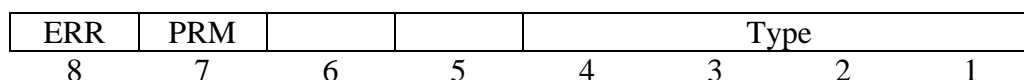
- байт длины кадра L;
- до четырнадцати байт пользовательских данных, среди которых:
 - 1) байт управления;
 - 2) байт адреса источника;
 - 3) байт кода функции;
 - 4) байты пользовательских данных;
- один байт контрольной последовательности.

В.3.4.3 Остальные блоки содержат байты пользовательских данных (до 15) и замыкающую их контрольную последовательность.

В.3.4.4 Адрес назначения – это номер прибора или ПК в сети, которому передается кадр.

В.3.4.5 Байт, указывающий длину L, определяет число байтов пользовательских данных в кадре.

В.3.4.6 Байт управления приведен на рисунке В.7.



ERR - Признак ошибки приема (имеет смысл только для ответа):

- **0** - нет ошибки;
- **1** - есть ошибка.

PRM - Физическое направление передачи:

- **1** - посылка (от первичной станции к вторичной);
- **0** - ответ (от вторичной станции к первичной).

Type - Тип оборудования

Рисунок В.7

В.3.4.7 Адрес источника – это номер прибора или ПК в сети, который передает кадр.

В.3.4.8 Байт кода функции определяет передаваемую информацию.

В.4 Описание функций прибора при работе с протоколом FT 2.1

В.4.1 Описание функций компаратора КМ300К при работе с протоколом FT 2.1 приведено в таблице В.5.

Код типа оборудования, используемый в байте управления для компаратора КМ300, равен «0100».

Таблица В.5

Код	Наименование функции
01h	Переход в режим «Сброс»
05h	Чтение пользовательских параметров прибора
06h	Установка пользовательских параметров прибора
08h	Тест обмена (простой запрос-ответ)
09h	Включение/выключение экрана
0Ah	Опрос состояния прибора
31h	Отмена комплектного нуля и пользовательской калибровки
32h	Калибровка прибора (автокалибровка, установка нулей)
34h	Пользовательская калибровка
Команды калибратора	
10h	Установка значения калибратора
11h	Чтение значения калибратора
12h	Комплектный нуль калибратора
Команды компаратора	
20h	Включение режима «Измерение»
21h	Передача значения измеренного напряжения в ПК
22h	Комплектный нуль компаратора
24h	Управление компаратором

В.5 Формат посылок

В.5.1

Переход в режим «Сброс»:	
Адрес вторичной станции	XXh - От 01 до F0h
Длина посылки	03h
Байт управления	44h
Адрес первичной станции	XXh - Адрес первичной станции
Код функции	01h - Режим «Сброс»
CRC	XXh

Байт управления

0 1 0 0 0 1 0 0

↑

тип оборудования

- компаратор КМ300

посылка - физическое

направление передачи

В.5.2

Чтение параметров прибора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	03h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	05h	- Запрос программируемых параметров
CRC	XXh	

В.5.3

Установка параметров прибора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	06h	
Байт управления	04h	
Адрес первичной станции	XXh	- адрес первичной станции
Код функции	05h	- чтение параметров
Байт параметров №1	XXh	
Байт параметров №2	XXh	
Новый адрес прибора	XXh	- от 01 до F0h
CRC	XXh	

Бит	Параметр	
D0	Звук	0 – Выкл, 1 – Вкл
D1-D3	Яркость	0 – мин., 7 – макс.
D4-D6	Время индикации	0-0.3, 1-0.6, 2-1.3, 3-2.6, 4-5, 1 с
D7	Резерв	

Бит	Параметр	
D0-D1	Цифровой фильтр	0 – откл, 1-Ф1, 2-Ф2, 3-Ф3
D2-D3	Число разрядов при измерении	0-8.5, 1-7.5, 2-6.5
D4-D5	Вид индикации	0 – 10.000000V 1 – 10.00 000 0V 2 – 10.000m000u0V
D6	Переход курсора	0 – Нет, 1 – Да
D7	Гашение разрядов	0 – Нет, 1 – Да

В.5.4

Тест обмена:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	03h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	08h	- Тест обмена
CRC	XXh	

В.5.5

Включение/выключение экрана:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	04h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	09h	- Включение/выключение экрана
Действие	XXh	- 1-255 – включение, 0 – выключение экрана
CRC	XXh	

В.5.6

Опрос состояния прибора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	03h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	0Ah	- Опрос состояния прибора
CRC	XXh	

В.5.7

Установка значения калибратора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	10h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	10h	- Установка значения калибратора
Значение в BCD коде	HLh	- Н - старшая декада
	HLh	.
	HLh	.
	HLh	- L - младшая декада
Вид выхода и предел	XXh	код предела
Частота	XYh	для частоты 50 Гц – от 450 до 550
	YYh	для частоты 400 Гц – от 360 до 440
CRC	XXh	

В.5.8

Чтение установленного значения:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	03h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	11h	- Чтение установленного значения
CRC	XXh	

В.5.9

Комплектный нуль калибратора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	05h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	12h	- Комплектный нуль калибратора
Комплектный нуль калибратора в дополнительном коде	HHh	- формат: 2х байтное число со знаком
	LLh	$U_{ок} = HHh * 100h + LLh$
CRC	XXh	

В.5.10

Включение режима «Измерение»:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	03h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	20h	- Включение режима измерения
CRC	XXh	

В.5.11

Передача измеренного постоянного напряжения по текущему входу в ПК:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	08h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	21h	- Передача измеренного постоянного напряжения в ПК
Измеренное значение постоянного напряжения в дополнительном коде	HHh	- формат: 4х байтное число со знаком $U_{изм} = ((HHh * 100h + MHh) * 100h + MLh) * 100h + LLh$
	MHh	
	MLh	
	LLh	
Режимы измерения	XYh	
CRC	XXh	

Бит	Параметр
D0-D2	0 – 100 mV
	1 – 1 V
	2 – 10 V
	3 – 100 V
D3	0 – U1
	1 – U2
D4	режим ΔU
D5	0 – ручной 1 – автомат.
D6	режим δU
D7	перегрузка

В.5.12

Комплектный нуль компаратора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	03h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	22h	- Комплектный нуль компаратора
CRC	XXh	

В.5.13

Управление компаратором:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	04h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	24h	- Передача измеренного постоянного напряжения в ПК
Режимы компаратора	XYh	- см. команду «передача измеренного напряжения в ПК» *)
CRC	XXh	

*) Режимы ΔU и δU имеют приоритет выше чем «ручн/авт». Последний имеет приоритет выше устанавливаемого предела

В.5.14

Отмена комплектного нуля и пользовательской калибровки:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	04h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	31h	- Отмена Ок и пользовательской калибровки
Функция отмены	XXh	D0 – Ок, D1 – пользовательская калибровка
CRC	XXh	В бите 1 – отмена, 0 – без изменений

В.5.15

Калибровка прибора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	04h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	32h	- калибровка прибора
Тип калибровки	XXh	0 – автокалибровка, 1 – установка нулей текущего предела, 2 – установка нулей полная
CRC	XXh	

В.5.16

Пользовательская калибровка:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	08h	
Байт управления	44h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	34h	- Пользовательская калибровка
Значение в BCD коде	HLh	- H - старшая декада
	HLh	.
	HLh	.
	HLh	- L - младшая декада
Номер ячейки	XXh	- Номер ячейки от 1 до 9
CRC	XXh	- Бит D7: 0 – калибратор, 1 – компаратор

В.6 Формат ответов

В.6.1

В случае ошибки приема:	
<div style="text-align: center;"> Байт управления 1 0 x x 0 1 0 0 — тип оборудования-КМ300 — изменение данных — состояние прибора — ответ-физическое направление передачи — признак наличия ошибки приема </div>	
Адрес первичной станции	XXh
Длина посылки	03h
Байт управления	84h
Адрес вторичной станции	XXh
Код функции	XXh
CRC	XXh

- От 01 до F0h

В.6.2

Ответ на посылку:	
- режим «Сброс» (01h); - установка параметров прибора (06h); - тест обмена (08h); - включение/выключение экрана (09h); - установка значения калибратора (10h); - комплектный нуль калибратора (12h); - включение режима «Измерение» (20h); - передача значения измеренного напряжения (21h); - комплектный нуль компаратора (22h); - управление компаратором (24h); - отмена комплектного нуля (31h); - калибровка прибора (32h); - пользовательская калибровка (34h);	
<div style="text-align: center;"> Байт управления 0 0 x x 0 1 0 0 — тип оборудования – КМ300 — изменение данных — состояние прибора — ответ-физическое направление передачи — Признак отсутствия ошибки приема </div>	
Адрес первичной станции	XXh
Длина посылки	03h
Байт управления	04h
Адрес вторичной станции	XXh
Код функции	XXh
CRC	XXh

- От 01 до F0h
- Код функции соответствующей посылки

В.6.3

На чтение пользовательских параметров прибора:	
Адрес вторичной станции	XXh
Длина посылки	XXh
Байт управления	04h
Адрес первичной станции	XXh
Код функции	05h
Байт параметров №1	XXh
Байт параметров №2	XXh
Активные коэффициенты	XУh
Ячейки коэф. калибратора (1-8)	XXh
Ячейки коэф. компаратора (1-8)	XXh
9е ячейки коэф. ¹⁾	XXh
Коды ошибок	XXh
....	...
Коды ошибок	XXh
CRC	XXh

- От 01 до F0h

- изменяемая. От 9 до 29

- чтение параметров

X – номер активного коэф. калибратора, Y – компаратора
0 – 1я ячейка, 7 – 8я ячейка
0 – 1я ячейка, 7 – 8я ячейка
D0 – 9я ячейка калибратора
D1 – 9я ячейка компаратора

- коды ошибок
Число кодов от 0 до 20

Бит	Параметр
D0	Звук
D1-D3	Яркость
D4-D6	Время индикации
D7	Резерв

Бит	Параметр
D0-D1	Цифровой фильтр
D2-D3	Число разрядов при измерении
D4-D5	Вид индикации
D6	Переход курсора
D7	Гашение разрядов

1) Если ячейка хранит пользовательский коэффициент, то соответствующий бит установлен, иначе - сброшен

В.6.4

На опрос состояния прибора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	05h	
Байт управления	04h	
Адрес первичной станции	XXh	- адрес первичной станции
Код функции	0Ah	- опрос состояния
Байт параметров №1	XXh	
Код режима прибора	XXh	- код режима прибора
CRC	XXh	

Бит	Параметр	Параметр
D0	Экран	0 – выключен, 1 – включен
D1	Ок калибратора	0 – выключен, 1 – включен
D2	Ок входа 1	0 – выключен, 1 – включен
D3	Ок входа 2	0 – выключен, 1 – включен
D4	Номер входа	0 – 1й, 1 – 2й
D5	Выбор пределов	0 – ручной, 1 – автоматический
D6	Режим ΔU	0 – выключен, 1 – включен
D7	Режим %	0 – выключен, 1 – включен

В.6.5

На чтение установленного значения калибратора:		
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Длина посылки	0Ah	
Байт управления	04h	
Адрес первичной станции	XXh	- Адрес первичной станции
Код функции	11h	- Установка значения калибратора
Значение напряжения	HLh	H – декада 10 В, L – декада 1 В
	HLh	H – декада 100 мВ, L – декада 10 мВ
	HLh	H – декада 1 мВ, L – декада 100 мкВ
	HLh	H – декада 10 мкВ, L – декада 1 мкВ
Вид выхода и предел	XYh	код предела
Частота	XYh	для частоты 50 Гц – от 450 до 550
	YYh	для частоты 400 Гц – от 360 до 440
CRC	XXh	

В.6.6

Ответ при ошибке конфигурирования:		
Адрес первичной станции	XXh	
Длина посылки	04h	
Байт управления	04h	
Адрес вторичной станции	XXh	- От 01 до F0h
Код функции	AAh	- Ошибка конфигурирования
Ошибки конфигурирования	XXh	- Ошибки конфигурирования, см. ниже
CRC	XXh	

Ошибки конфигурирования:

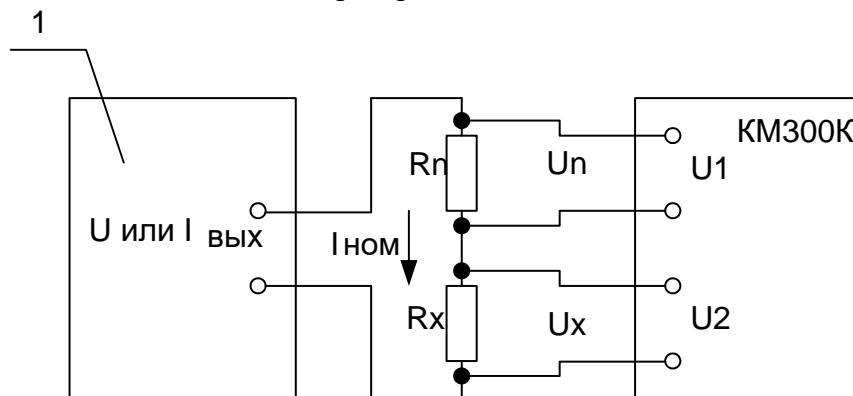
- 10h - неверный режим прибора
- 11h - недопустимое значение в устанавливаемом значении
- 12h - неверное значение частоты

- 20h - ошибка преобразователя напряжения в ток
- 21h - ошибка усилителя до 1000 В
- 22h - предел не установлен

Приложение Г (обязательное) Компарирование сопротивлений

Компарирование (измерение) сопротивлений производится потенциометрическим методом, а именно, измерением разности падения напряжений на образцовом (R_n) и измеряемом (R_x) резисторе в соответствии с рисунком Г.1.

Образцовый (R_n) и измеряемый (R_x) резисторы соединены токовыми зажимами последовательно с калибратором 1, а потенциальными зажимами резистор R_n соединен с входом U_1 , а R_x - с входом U_2 компаратора КМ300К.



где 1 – калибратор постоянных токов и напряжений КМ300С при компарировании сопротивлений от 10^{-4} до 10^7 Ом или;
калибратор КМ300КТ при компарировании сопротивлений от 10^{-4} до $2 \cdot 10^3$ Ом;
калибратор КМ300К при компарировании сопротивлений от 2 до 10 МОм

Рисунок Г.1

Значения компарлируемых равнономальных сопротивлений, устанавливаемых токов на опорном резисторе, предел компарирования, рассеиваемые мощности и минимально-возможные пределы погрешности компарирования сопротивлений приведены в таблице .1.

Для исключения влияния термо - э.д.с., смещения нуля источника 1 и компаратора КМ300К процесс компарирования (измерения) сопротивлений рекомендуется разделить на два этапа:

- установка комплектного нуля по обоим входам компаратора КМ300К при отключенном токе источника 1;
- измерение относительной разности напряжений в процентах (компарирование) в соответствии с 7.5.

На индикаторе компаратора КМ300К считывается показание разности значений U_n и U_x в процентах (δU) согласно формуле (Г.1).

$$\delta U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \cdot 100\% = \frac{I R_x - I R_n}{I R_n} \cdot 100\% = \frac{R_x - R_n}{R_n} \cdot 100\%, \quad (\text{Г.1})$$

откуда следует,

$$R_x = \frac{\delta U}{100\%} \cdot R_n + R_n, \quad (\text{Г.2})$$

где R_n - действительное значение сопротивления, указанное в паспорте при $T = 20$ °С.

П р и м е ч а н и е - Температура компарлируемых сопротивлений устанавливается ($20 \pm 0,1$) °С при помощи термостата.

Таблица Д.1 – Предел допускаемой основной погрешности компарирования сопротивлений

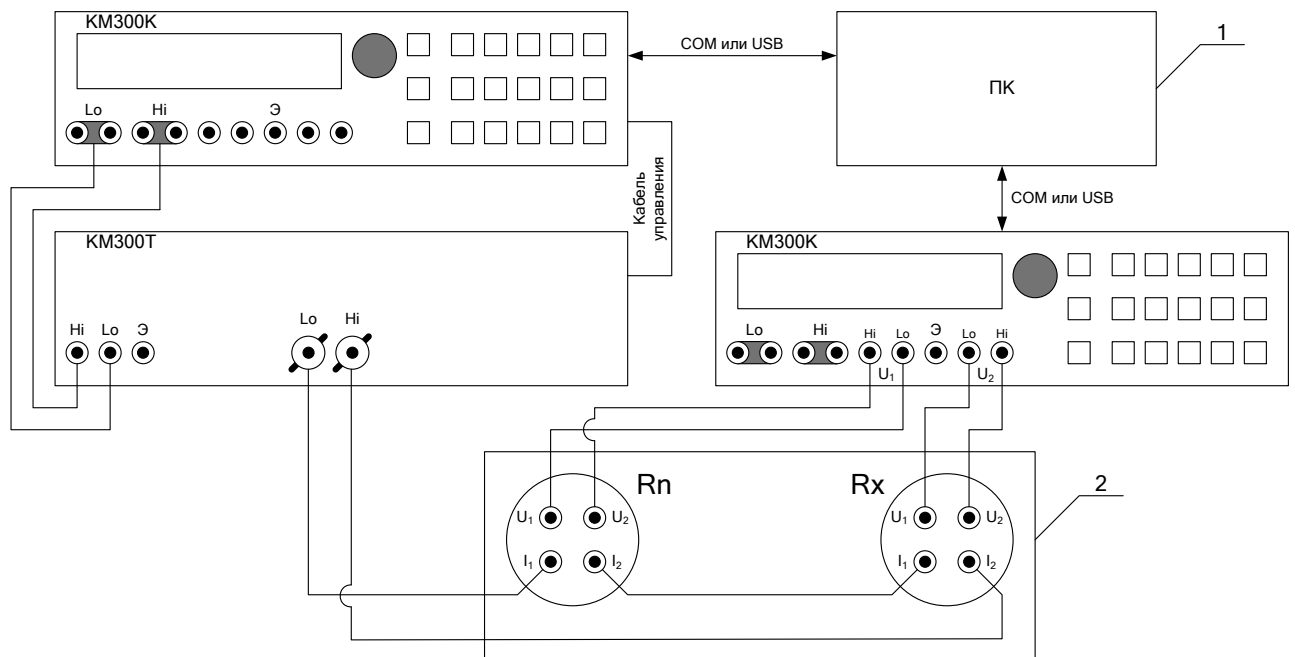
Образцовый резистор, R _n , Ом	Измеряемый резистор, R _x , Ом	Устанавливаемый ток, А (напряжение, В)	Мощность рассеивания на резисторах, мВт	Предел компарирования	Предел допускаемой основной погрешности компарирования, %
0,001	0,0001	10	10	«100mV»	0,005
		3	1		0,015
0,001	0,001	10	100	«100mV»	0,0006
		7	50		0,00076
		5	25		0,001
		3	9		0,0015
		1	1		0,004
0,01	0,01	10	1000	«100mV»	0,00024
		7	500		0,00026
		5	250		0,00028
		3	90		0,00033
		1	10		0,0006
		0,5	2,5		0,001
0,1	0,1	3	900	«1V»	0,00013
		1	100	«100mV»	0,00024
		0,7	50		0,00026
		0,5	25		0,00028
		0,3	9		0,00033
		0,1	1		0,0006
1	1	1	1000	«1V»	0,0001
		0,7	500		0,00011
		0,5	250		0,00012
		0,3	90	«100mV»	0,00013
		0,1	10		0,00024
		0,07	5		0,00026
		0,01	0,1		0,0006
10	10	0,1	100	«1V»	0,0001
		0,07	50		0,00011
		0,05	25		0,00012
		0,03	9		0,00013
		0,01	1	«100mV»	0,00024
100	100	0,01	10	«1V»	0,0001
		0,007	5		0,00011
		0,005	3	«100mV»	0,00012
		0,001	0,1		0,00024
1000	1000	0,001	1	«1V»	0,00011
		(2)	1		0,00011
		(10)	25	«10V»	0,00012
1·10 ⁴	1·10 ⁴	(20)	10	«10V»	0,00011
		(10)	3		0,00012
1·10 ⁵	1·10 ⁵	(20)	1	«10V»	0,00011
1·10 ⁴		(10)	0,9		0,0003
1·10 ⁴	1·10 ⁶	(10)	0,1	«10V»	0,0011
1·10 ⁴	1·10 ⁷	(10)	0,01		0,01

Погрешность компарирования указана при разнице значений (R_n) и (R_x) не более 0,1%.

Пример расчета погрешности компарирования, когда разница (R_n) и (R_x) более 0,1% , приведен в 4.3 (см. пример 2).

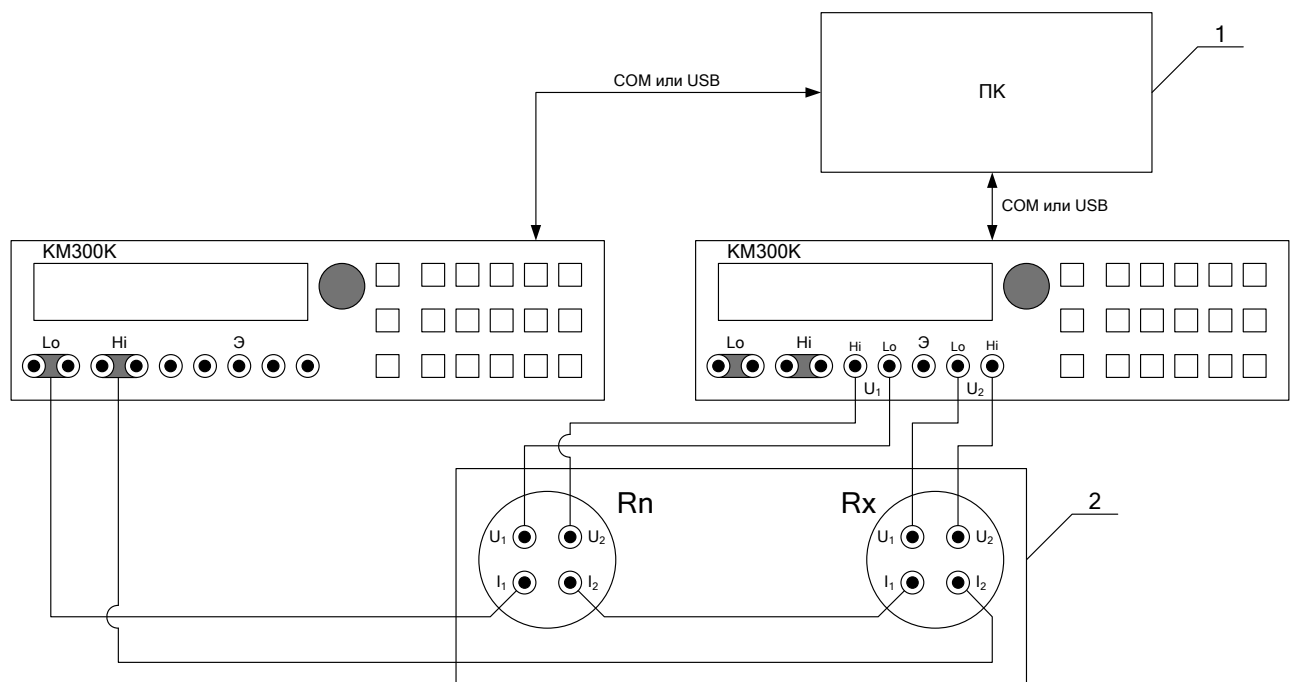
Г.1 Компарирование сопротивлений в ручном режиме компаратором КМ300К и калибратором КМ300КТ

Собрать схему согласно рисунка Г.2 для компарирования сопротивлений от 10^{-4} до $2 \cdot 10^3$ Ом и рисунка Г.3 для компарирования сопротивлений от $2 \cdot 10^3$ до 10^7 Ом.



где 1 – персональный компьютер для автоматизации измерений;
2 – масляный или воздушный термостат (желательно)

Рисунок Д. 2



где 1 – персональный компьютер для автоматизации измерений;
2 – масляный или воздушный термостат (желательно)

Рисунок Д.3

Пример - Компарирование в ручном режиме двух равнономинальных мер номиналом 100 Ом.

Действительное значение $R_n = 100,00055$ Ом при $T = 20$ °С (не более $2 \cdot 10^3$ Ом), поэтому выбираем схему компарирования с калибратором тока КМ300КТ согласно рисунка Г.2 и собираем схему.

Последовательность действий проведения компарирования:

1) Калибратор КМ300КТ перевести в режим «Сброс».

Реализация режима «Сброс»

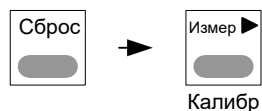


2) Согласно **таблицы Г.1** выбрать измерение на мощности 10 мВт и токе 0,01 А.

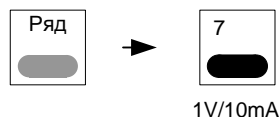
При токе 0,01 А на резисторе 100 Ом упадет 1 В, отсюда следует выбор предела компарирования «1V».

Компаратор КМ300К перевести из режима «Сброс» в режим «Измерение» на пределе «1V».

Реализация режима «ИЗМЕРЕНИЕ»

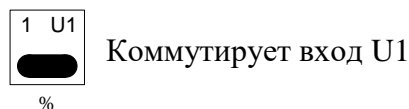


Реализация ручного выбора предела измерения «1V».

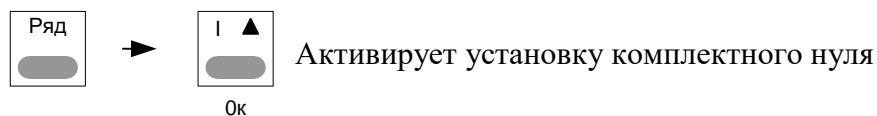


3) Для исключения влияния термо - э.д.с., смещения нуля компаратора КМ300К установить комплектный нуль (0к) по входам U1 и U2 компаратора КМ300К.

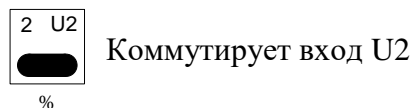
Выбор входа U1.



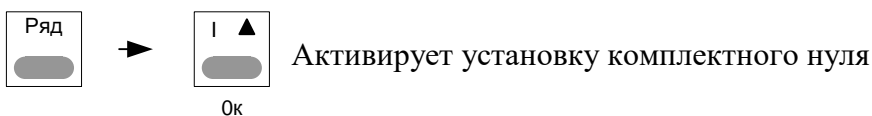
Реализация режима «КОМПЛЕКТНЫЙ НУЛЬ» по входу U1.



Выбор входа U2.

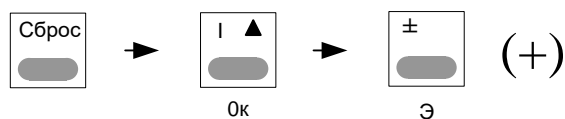


Реализация режима «КОМПЛЕКТНЫЙ НУЛЬ» по входу U2.



4) Калибратор КМ300КТ перевести в режим выдачи тока 10 мА.

Реализация режима «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ СИЛЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»



Состояние индикатора

Введите I_{вых}
+00.000 000mA

Установить предел воспроизведения (см. 7.4.3. Ручной выбор предела).

Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ набрать желаемое значение силы тока (I_{вых}) с индикацией на нижней строке индикатора, например: «**10.000 000mA**».



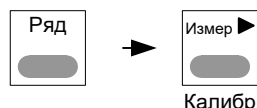
Активирует режим «Воспроизведение силы постоянного тока»

Состояние индикатора

+10.000 000mA
I_{вых} (10mA) Э

5) По входу **U1** провести калибровку относительно действительного значения меры **R_n = 100.00055 Ом** и тока **10 мА**, показания на индикаторе после калибровки должны быть **100.00055 Ом * 10 мА = 1.000 005 50 В**.

Реализация режима «КАЛИБРОВКА»



Пример -

Состояние индикатора

0.999 955 01 V
Введите U_{калибровки}

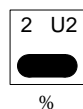
Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) набрать желаемое значение напряжения (В нашем случае «**1.000 005 50 V**») в верхней строке индикатора.



Активирует процедуру «КАЛИБРОВКА»

б) Коммутировать вход U₂ и фиксировать действительное значение R_x, которое равно измеренному значения напряжения по входу U₂ деленному на 10 мА.

Выбор входа U₂



Коммутирует вход U₂

П р и м е ч а н и е - Минимальное значение погрешности компарирования достигается с применением масляных или воздушных термостатов для мер сопротивления.

Г.2 Компарирование сопротивлений с использованием программного обеспечения компаратором КМ300К и калибратором КМ300КТ

Данная программа предназначена управлять автоматическими независимыми приборами КМ300КТ (калибратор тока) и КМ300К (компаратор напряжений) для получения компаратора сопротивлений КМ300КТиК, который позволяет компарировать как равнономинальные, так и неравнономинальные сопротивления в диапазоне от 10^{-4} до 10^7 Ом и выполняет все необходимые действия, описанные ранее в пункте 2.

Перед началом работы, когда программа будет использоваться впервые, подключите прибор (приборы) к компьютеру по интерфейсу USB, включите прибор (приборы) и установите драйвер устройства с предоставляемого диска.

Драйвер находится в папке «Драйвер для КМ300». Драйвер (x64) для 64 разрядной версии.

Программа компарирования сопротивлений имеет внешний вид, показанный на рисунке Г.4.

Компарирование сопротивлений

Главная Связь

Схема измерения с калибратором напряжения КМ300К

R_{оп}
Тип меры: P321
Номер меры: 1
R_{оп} 100000,000 Ом
P_{ном} 0,10 МВА
U на R_{оп}=3,162V

R_х
Тип меры: MC3080
Номер меры: 0073
R_х 100000,000 Ом
P_{ном} 0,10 МВА
U на R_х=3,162V

Компарлируемые меры
 равнономинальные
 НЕравнономинальные

Ток компарирования 0,03162 мА
Предел измерения 10V
Погрешность компарирования 0,0001316% при N измерениях 0,0000658%

Число измерений N 4
 без термостата
 однократная установка Ok

№	Измеренная относительная разность	Случайное отклонение погрешности компарирования
0	0,00100%	0,00100%
0	0,00100%	0,00100%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%
0	1,00000%	0,00000%

$\delta_x = 43.398962\%$
R_x = 143398.962 Ом

КМ300К (№ 20120110) COM3 - готов

Расчетная погрешность компарирования (см. 4.4)

Рисунок Г.4

Перед началом процесса компарирования необходимо выбрать порты для связи с компаратором КМ300К (измеритель) и калибратором тока КМ300КТ и адреса приборов.

Это делается посредством пункта меню «Связь», которое приведено на рисунке Г.5.

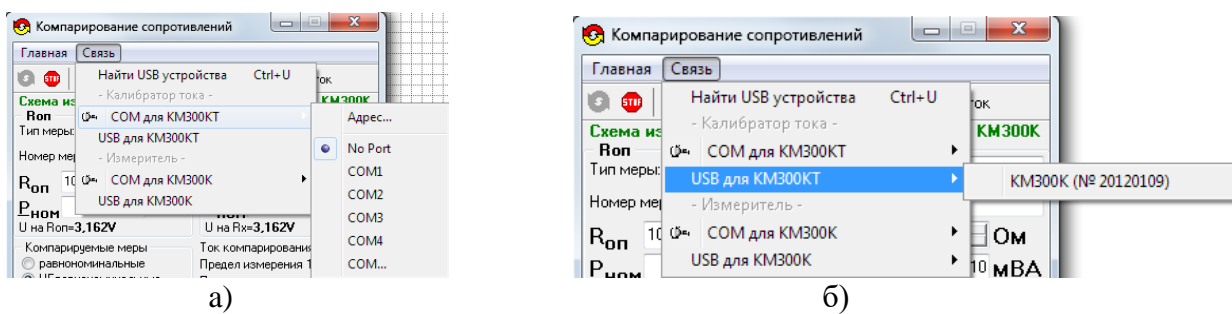




Рисунок Г.5

Адрес калибратора тока КМ300КТ можно определить, выбрав подпункт «Адрес...» подменю «COM для КМ300КТ» и указав необходимый адрес, а адрес компаратора КМ300К – выбрав подпункт «Адрес...» подменю «COM для КМ300К» и также указав необходимый адрес (см. рисунок Г.5а).

Так как приборы могут иметь интерфейсы и RS232 (RS485) и USB, то подключение возможно по любому из указанных интерфейсов.

Для выбора подключенных по RS232 (RS485) приборов необходимо в подменю «COM для КМ300КТ» или «COM для КМ300К» меню «Связь» выбрать порты, к которым подключены приборы (см. рисунок Г.5а). При этом в предпоследней строке снизу будет выведена информация о выбранном порте (см. рисунок Г.4): «готов», если порт был свободен и был выбран для работы, или же «занят», если порт не был выбран для работы, потому как уже используется.

Для выбора приборов подключенных по USB необходимо выбрать нужный прибор в подменю «USB для КМ300КТ» или «USB для КМ300К» меню «Связь» (см. рисунок Г.5б). Если подменю пустое, а прибор подключен, то необходимо выбрать пункт меню «Найти USB устройства» меню «Связь» или щелкнуть иконку  на панели инструментов, после чего указанные подменю должны будут содержать подключенные приборы. При выборе свободных приборов, подключенных по USB, предпоследняя нижняя строка будет содержать название и заводской номер подключенного прибора (см. рисунок Г.4).

После того как порты приборов выбраны, можно произвести настройку их параметров, выбрав пункт «Параметры прибора» меню «Главная» (см. рисунок Г.6) или нажав кнопку  в основном окне.

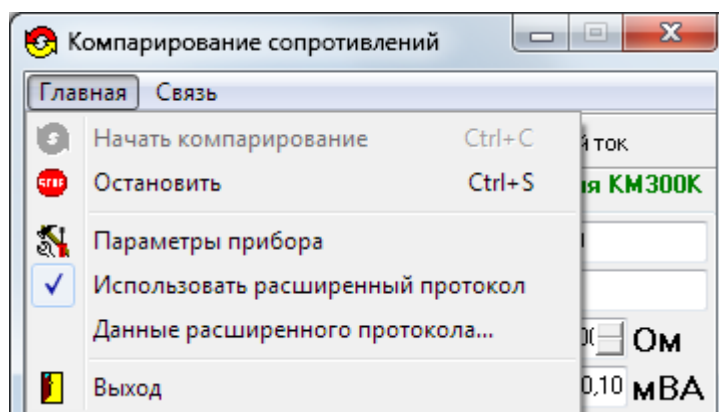


Рисунок Г.6

При этом откроется окно пользовательских параметров, внешний вид которого приведен на рисунке Г.7.

Для считывания параметров преобразователя КМ300Т необходимо выбрать соответствующий пункт в группе «Прибор» (выделен на рисунке Г.7) и нажать кнопку «Считать параметры».

Для считывания параметров компаратора КМ300К необходимо выбрать пункт «Измеритель» в группе «Прибор» и нажать кнопку «Считать параметры».

После изменения параметров преобразователя или измерителя, для их сохранения необходимо нажать кнопку «Сохранить параметры».

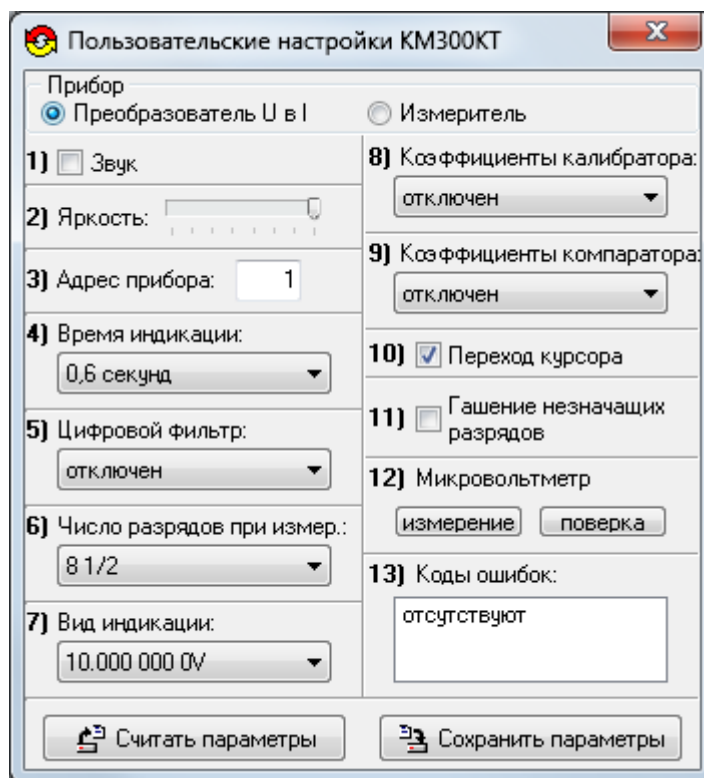


Рисунок Г.7

Набор параметров соответствует пользовательскому меню, вызываемого с передней панели прибора (см. 7.7).

После выбора подключенных приборов необходимо ввести параметры компарируемых сопротивлений и самого процесса компарирования.

В областях $R_{оп}$ и R_x необходимо ввести типы мер и номера опорной и измеряемой меры соответственно (см. рисунок Г.8).

В области $R_{оп}$ необходимо ввести действительное значение сопротивления указанное в паспорте на меру при 20 °С и допустимой мощности соответственно.

Данные для R_x необходимо ввести приблизительные, если выбран режим компарирования неравноминальных сопротивлений.

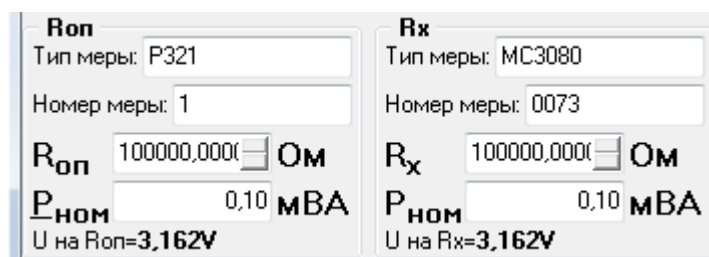


Рисунок Г.8

Если компарируются равноминальные меры, то область R_x недоступна.

Исходя из введенных параметров $R_{оп}$ и R_x , рассчитывается ток через компарируемые сопротивления так, чтобы не была превышена мощность ни на одной из мер.

Рассчитанный ток компарирования отображается ниже указанных областей (см. рисунок Г.9).

В областях $R_{оп}$ и R_x отображается падение напряжение на каждой из мер при расчетном токе (см. рисунок Г.8), ниже отображается предел измерения, на котором будет производиться измерение, а также погрешность компарирования.

Компарируемые меры		Ток компарирования 0,03162mA
<input type="radio"/> равнономинальные		Предел измерения 10V
<input checked="" type="radio"/> НЕравнономинальные		Погрешность компарирования
Число измерений N <input type="text" value="4"/>		0,0001316%
<input type="checkbox"/> без термостата		при N измерениях 0,0000658%
<input type="checkbox"/> однократная установка Ok		Интервал установки Ok <input type="text" value="2"/>

Рисунок Г.9

В применяемой программе используется многократное измерение, что улучшает погрешность компарирования в \sqrt{N} раз, где N – число измерений. Это число вводится в поле «Число измерений N», а рассчитанная по приведенной формуле погрешность в поле «при N измерениях». При числе измерений более четырех программа производит два дополнительных измерения. После того, как цикл измерения пройден, производится нахождение и исключение двух худших результатов измерений. Они выделяются красным цветом и в протоколе при печати не отражаются. Погрешность компарирования, найденное R_x и случайные отклонения погрешности компарирования, рассчитываются из оставшихся результатов измерений.

Если измерение проводится без использования термостата, то температура окружающей среды возможно отлична от 20 °C и действительное сопротивление опорной меры отлично от номинального (указанного в паспорте). В этом случае необходимо установить флажок «без термостата» и в появившейся области ввести необходимые данные: температуру окружающей среды, параметры $R_{оп}$ и R_x альфа (α) и бета (β) (см. рисунок Г.10), если альфа (α) и бета (β) неизвестны, то в окна вводятся нули.


Предел измерения 1V	Погрешность компарирования
Число измерений N <input type="text" value="9"/>	0,0001167%
<input checked="" type="checkbox"/> без термостата	при N измерениях 0,0000389%
<input type="checkbox"/> однократная установка Ok	Интервал установки Ok <input type="text" value="2"/>
t <input type="text" value="20,00"/> °C	$R_{оп}$ α <input type="text" value="1,00000"/> ppm/°C
	β <input type="text" value="0,00300"/> ppm/°C
t <input type="text" value="23,00"/> °C	R_x α <input type="text" value="2,00000"/> ppm/°C
	β <input type="text" value="0,00400"/> ppm/°C

Рисунок Г.10


Процесс компарирования начинается с установки напряжений смещения нуля (O_k) по обоим входам при отсутствии тока (напряжения) на компарируемых сопротивлениях. Установку нулей можно производить однократно (флажок «однократная установка» установлен) в начале процесса компарирования и через определенное число измерений (флажок «однократная установка» сброшен). В последнем случае необходимо указать интервал числа измерений, через которое будет производиться установка нулей в поле «Интервал установки O_k » (см. рисунок Г.9).

Ниже главного меню, под панелью инструментов зеленым цветом выводится строка, указывающая схему измерения. Если компарируются сопротивления до 2 кОм включительно (любое из сопротивлений), то используется схема измерения с использованием калибратора тока

КМ300КТ (см. рисунок Г.2), если - больше 2 кОм, то используется схема с калибратором напряжения КМ300К (см. рисунок Г.3).

После того как выбраны порты, к которым подключены приборы КМ300К и КМ300КТ, и введены параметры компарируемых сопротивлений и процесса компарирования можно приступить к компарированию. Для этого нажмите кнопку  или выберите пункт «Начать компарирование» в меню «Главное». Результаты измерений будут отображаться в таблице. После завершения компарирования в нижней части окна программы будут представлены полученные значения δx и R_x .

Колонка (Случайное отклонение разности) - это отклонение от среднего значения при N измерениях.

Процесс компарирования можно прервать в любой момент кнопкой  или выбрав пункт «Остановить» в меню «Главное».

Рассмотрим последовательность действий при компарировании равнономинальных мер:

а) выбрать порты подключенных приборов и определить адреса приборов (см. рисунок Г.5);

б) выбрать тип компарируемых мер – равнономинальные (выделено красным на рисунке Г.11). При этом поле R_x становится недоступным;

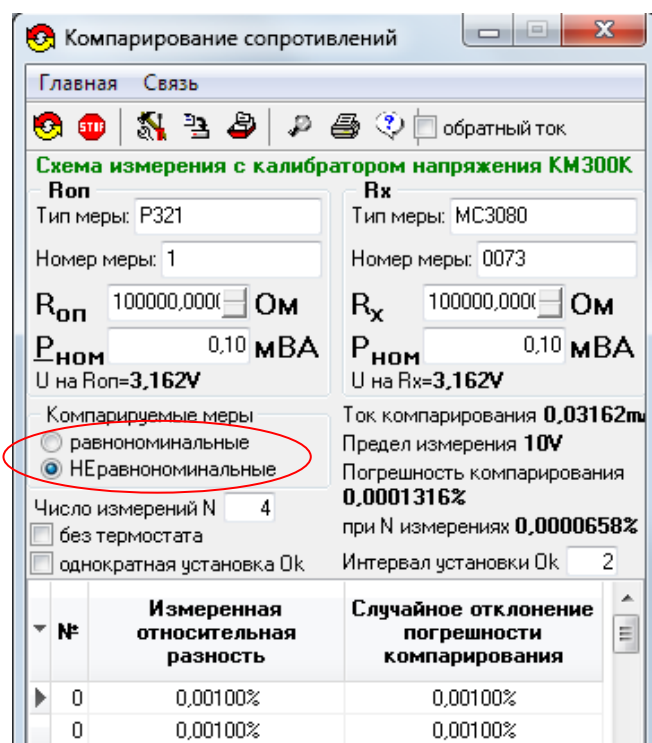



Рисунок Г.11


в) ввести значения $R_{оп}$ и $R_{ном}$ в соответствующие поля. При этом автоматически пересчитываются значения тока компарирования, падения напряжения на сопротивлениях, погрешности компарирования при единичном измерении и при N измерениях;

г) если компарирование производится без термостата, то необходимо установить соответствующую галочку «без термостата» и ввести значения температуры окружающей среды, коэффициенты альфа и бета для $R_{оп}$ и R_x ;

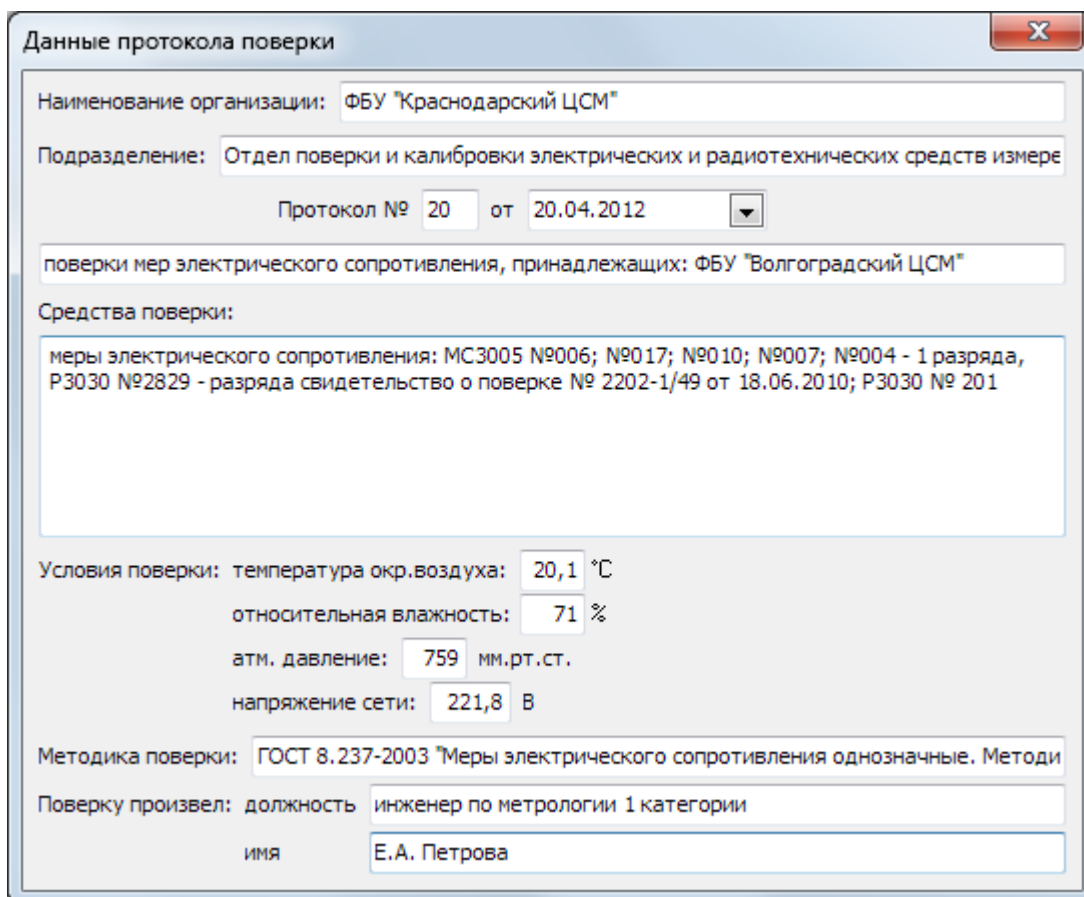
д) если необходимо устанавливать смещения нуля O_k через определенное число измерений, то необходимо снять галочку «однократная установка O_k » и ввести в появившемся поле «Интервал установки O_k » желаемое число;

е) Для начала процесса компарирования нажать кнопку  или выбрать пункт «Начать компарирование» в меню «Главное». Результаты измерений будут отображаться в таблице. После завершения компарирования в нижней части окна программы будут представлены полученные значения δx и R_x .

При компарировании НЕравнономинальных мер последовательность действий аналогична, за исключением действий в пункте б), где необходимо выбрать тип компарируемых мер – Неравнономинальные. После этого ставшим доступным, в поле R_x необходимо ввести приблизительное значение сопротивления R_x и ее номинальную мощность.

Программа позволяет распечатать протокол измерений (кнопка  в основном окне). Протокол может быть распечатан в двух видах: обычный и расширенный. Тип протокола выбирается в меню «Главная» установкой или сбросом флажка пункта «Использовать расширенный протокол» (см. рисунок Г.6).

При использовании расширенного протокола необходимо заполнить форму данных расширенного протокола, вызываемую при выборе пункта «Данные расширенного протокола...» меню «Главная» (см. рисунок Г.13).



Данные протокола поверки

Наименование организации: ФБУ "Краснодарский ЦСМ"

Подразделение: Отдел поверки и калибровки электрических и радиотехнических средств измере

Протокол № 20 от 20.04.2012

поверки мер электрического сопротивления, принадлежащих: ФБУ "Волгоградский ЦСМ"

Средства поверки:

меры электрического сопротивления: МС3005 №006; №017; №010; №007; №004 - 1 разряда, Р3030 №2829 - разряда свидетельство о поверке № 2202-1/49 от 18.06.2010; Р3030 № 201

Условия поверки: температура окр.воздуха: 20,1 °C
относительная влажность: 71 %
атм. давление: 759 мм.рт.ст.
напряжение сети: 221,8 В

Методика поверки: ГОСТ 8.237-2003 "Меры электрического сопротивления однозначные. Методи

Поверку произвел: должность инженер по метрологии 1 категории
имя Е.А. Петрова

Рисунок Г.13

Внешний вид обычного протокола представлен на рисунке Г.14, расширенного - на рисунке Г.15.

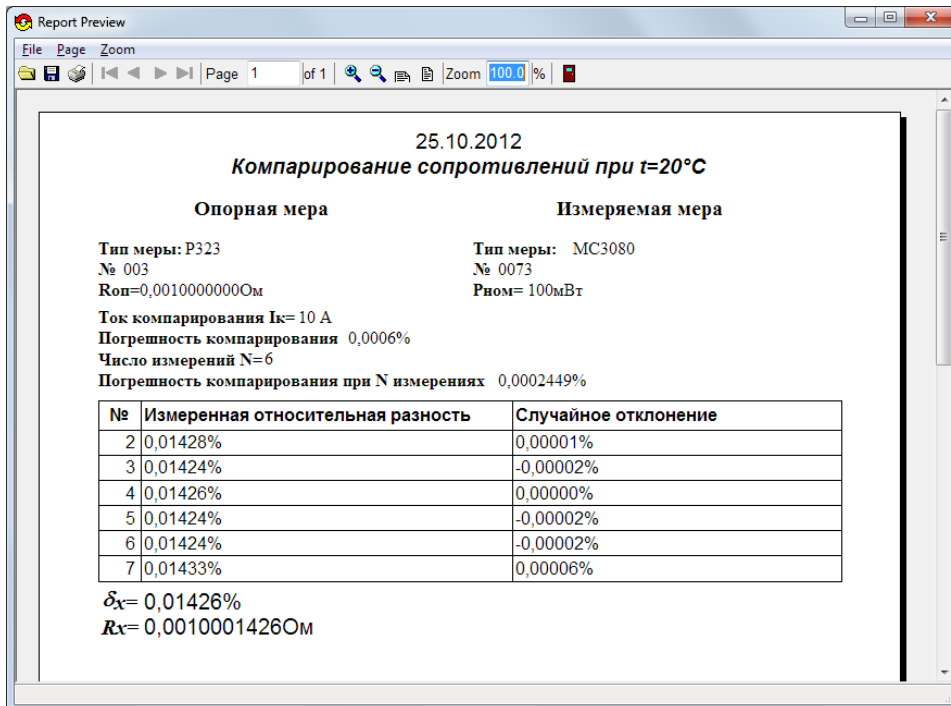


Рисунок Г.14

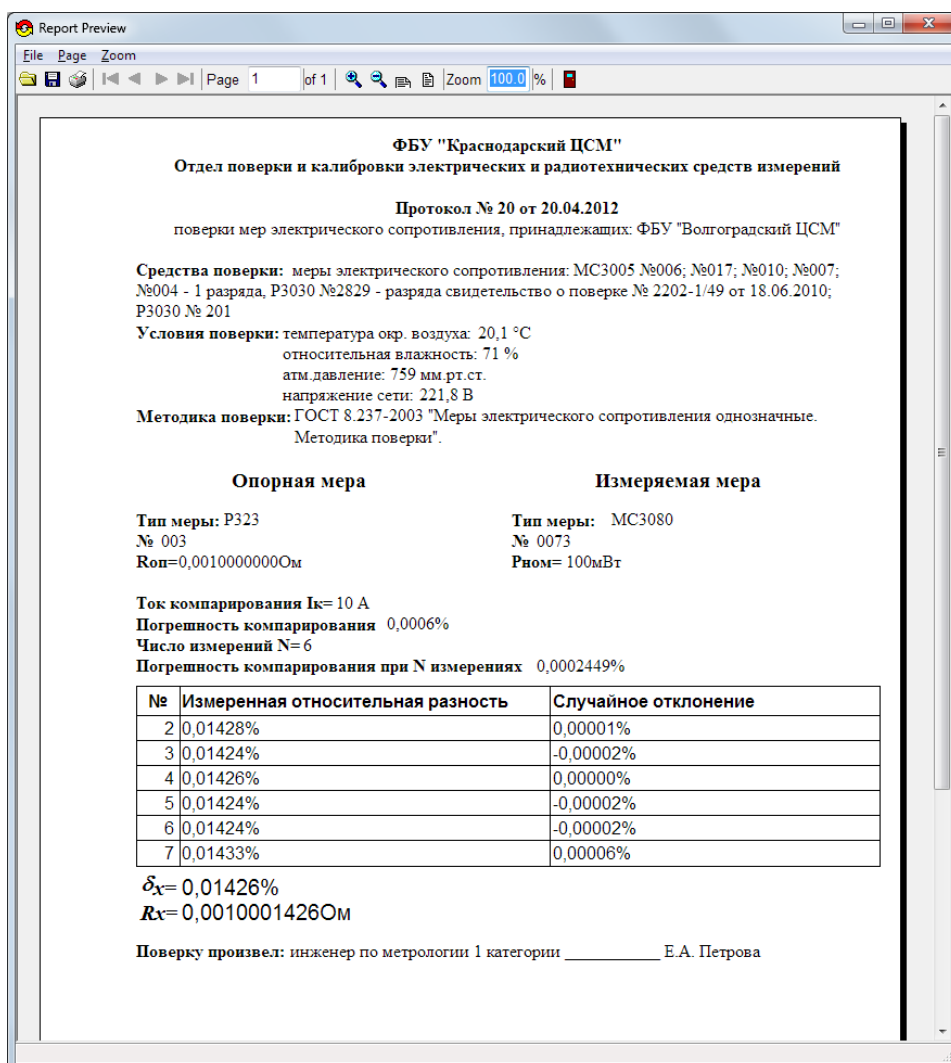
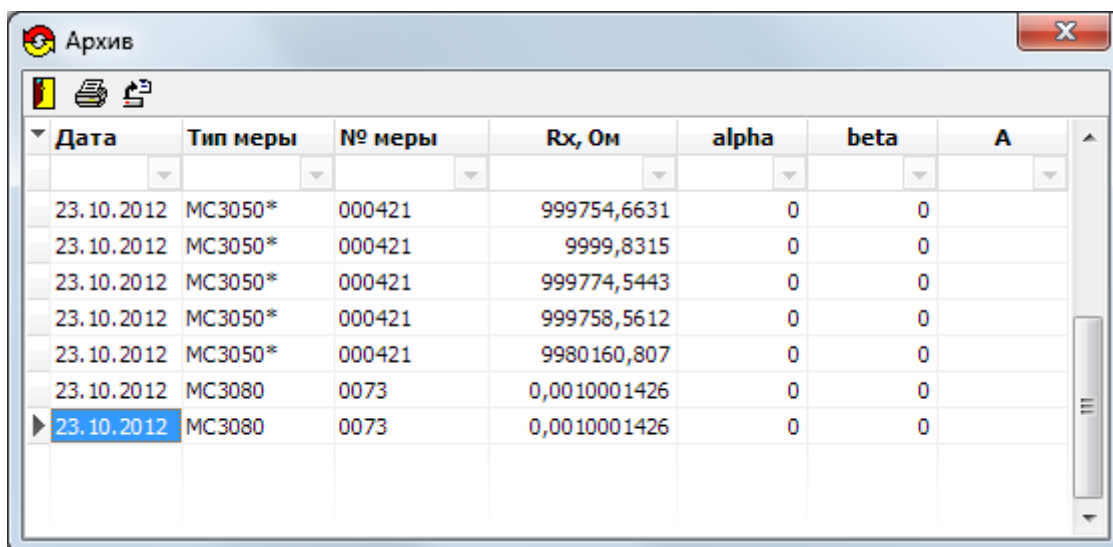


Рисунок Г.15

В программе предусмотрено архивирование результатов измерений (📁), печать протокола измерения (🖨️) и печать протоколов измерений из архива (📁🖨️).

При нажатии кнопки добавления в архив (📁) результат измерения добавляется в архив и открывается окно архива для просмотра (см. рисунок Г.16).



The screenshot shows a window titled 'Архив' (Archive) with a table of measurement data. The table has the following columns: 'Дата' (Date), 'Тип меры' (Type of measure), '№ меры' (Measure number), 'Rx, Ом' (Rx, Ohms), 'alpha', 'beta', and 'A'. The data rows are as follows:

Дата	Тип меры	№ меры	Rx, Ом	alpha	beta	A
23.10.2012	МС3050*	000421	999754,6631	0	0	
23.10.2012	МС3050*	000421	9999,8315	0	0	
23.10.2012	МС3050*	000421	999774,5443	0	0	
23.10.2012	МС3050*	000421	999758,5612	0	0	
23.10.2012	МС3050*	000421	9980160,807	0	0	
23.10.2012	МС3080	0073	0,0010001426	0	0	
23.10.2012	МС3080	0073	0,0010001426	0	0	

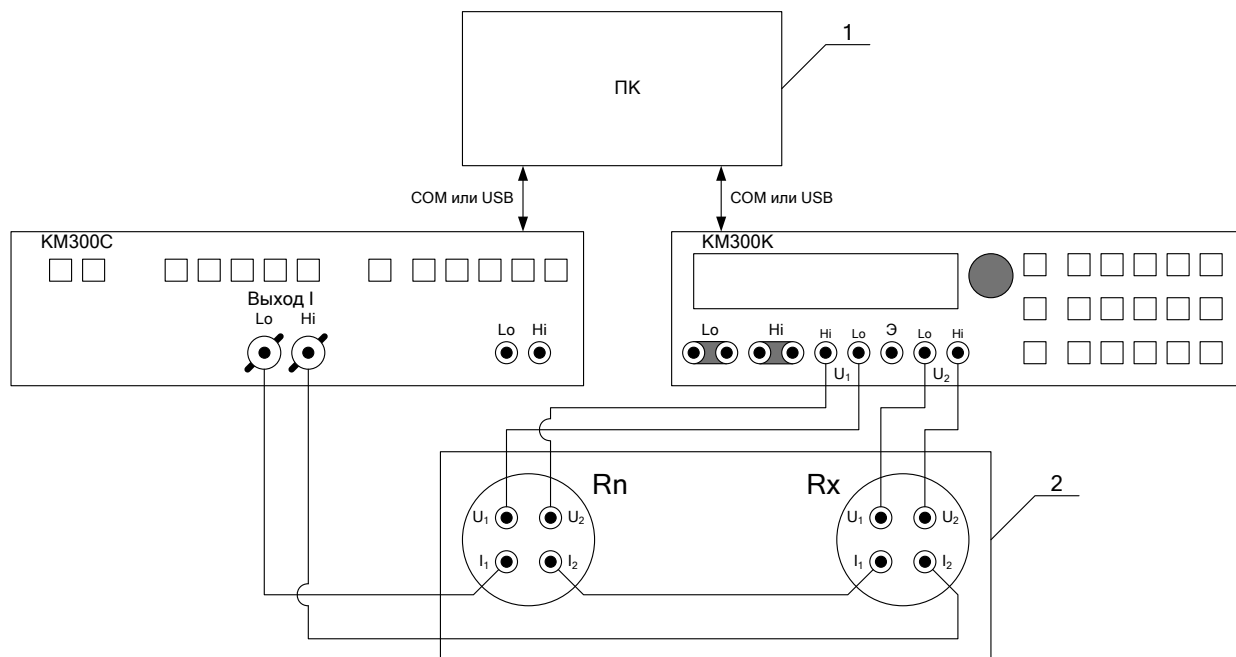
Рисунок Г.16

Для печати протокола измерения нужно нажать кнопку печати (🖨️) в основном окне программы. При этом откроется окно настройки печати Output Options, в котором можно выбрать принтер для печати и направление печати: Printer – вывод сразу на принтер, Preview – предварительный просмотр с печатью и File – для печати в файл.

Для печати протокола из архива нужно выделить строку протокола, который необходимо распечатать и затем нажать кнопку извлечения из архива (📁🖨️). Данные протокола будут извлечены и размещены в основном окне. Теперь можно распечатать протокол.

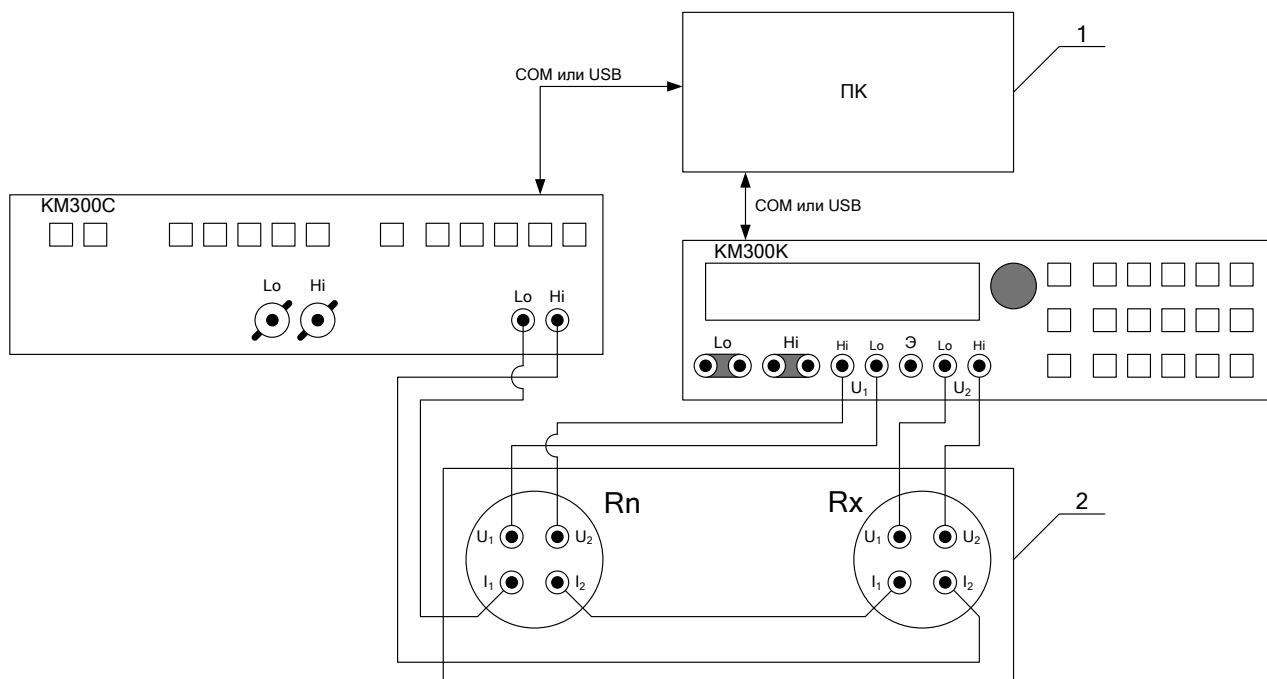
Г.3 Компарирование сопротивлений в ручном режиме компаратором КМ300К и калибратором постоянных токов и напряжений КМ300С

Собрать схему согласно рисунка Г.17 для компарирования сопротивлений от 10^{-4} до $1 \cdot 10^3$ Ом и рисунка Г.18 для компарирования сопротивлений от $1 \cdot 10^3$ до 10^7 Ом.



где 1 – персональный компьютер для автоматизации измерений;
2 – масляный или воздушный термостат (желательно)

Рисунок Г.17



где 1 – персональный компьютер для автоматизации измерений;
2 – масляный или воздушный термостат (желательно)

Рисунок Г.18

Пример - Компарирование в ручном режиме двух равнономинальных мер номиналом 100 Ом.

Действительное значение $R_n = 100,00055$ Ом при $T = 20$ °С (не более $1 \cdot 10^3$ Ом), поэтому выбираем схему компарирования с калибратором постоянных токов и напряжений (далее - калибратор) КМ300С согласно рисунка Г.17 и собираем схему.

Последовательность действий проведения компарирования:

1) Калибратор КМ300С перевести в режим «Сброс».

Реализация режима «Сброс»

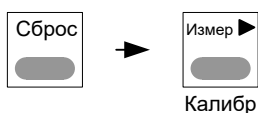


2) Согласно **таблицы Г.1** выбрать измерение на мощности 10 мВт и токе 0,01 А.

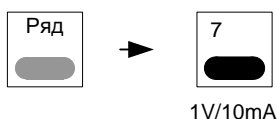
При токе 0,01 А на резисторе 100 Ом упадет 1 В, отсюда следует выбор предела компарирования «1V».

Компаратор КМ300К перевести из режима «Сброс» в режим «Измерение» на пределе «1V».

Реализация режима «ИЗМЕРЕНИЕ»

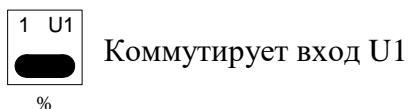


Реализация ручного выбора предела измерения «1V».

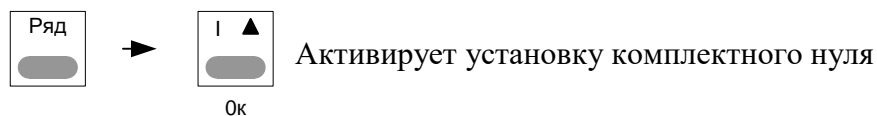


3) Для исключения влияния термо - э.д.с., смещения нуля компаратора КМ300К установить комплектный нуль (0к) по входам U1 и U2 прибора.

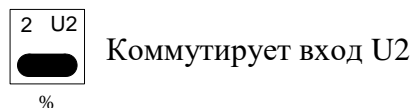
Выбор входа U1.



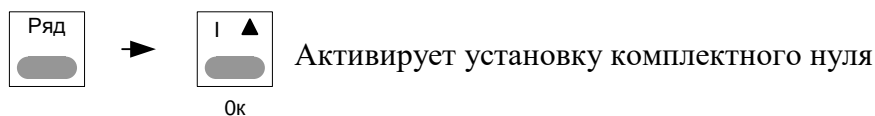
Реализация режима «КОМПЛЕКТНЫЙ НУЛЬ» по входу U1.



Выбор входа U2.

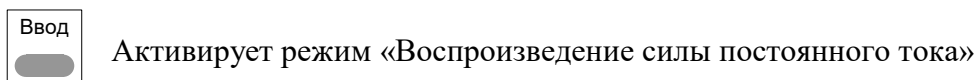
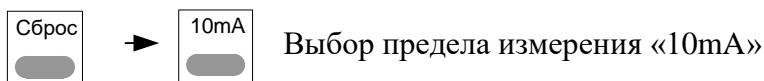


Реализация режима «КОМПЛЕКТНЫЙ НУЛЬ» по входу U2.



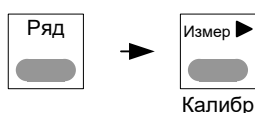
4) Калибратор КМ300С перевести в режим выдачи тока 10 мА.

Реализация режима «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ СИЛЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»



5) По входу **U1** провести калибровку относительно действительного значения меры **Rn = 100.00055 Ом** и тока **10 мА**, показания на индикаторе после калибровки должны быть **100.00055 Ом * 10 мА = 1.000 005 50 В**.

Реализация режима «КАЛИБРОВКА»

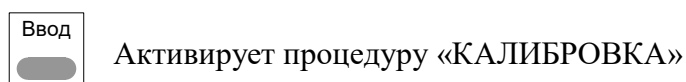


Пример -

Состояние
индикатора

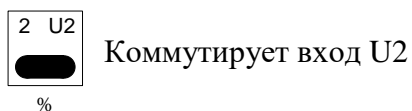
0.999 955 01 V Введите Uкалибровки
--

Кнопками набора «1» - «9» или РЕДАКТИРОВАНИЕ (см. 7.4.6) набрать желаемое значение напряжения (В нашем случае «**1.000 005 50 В**») в верхней строке индикатора.



б) Коммутировать вход **U2** и фиксировать действительное значение **Rx**, которое равно измеренному значению напряжения по входу **U2** деленному на **10 мА**.

Выбор входа **U2**.



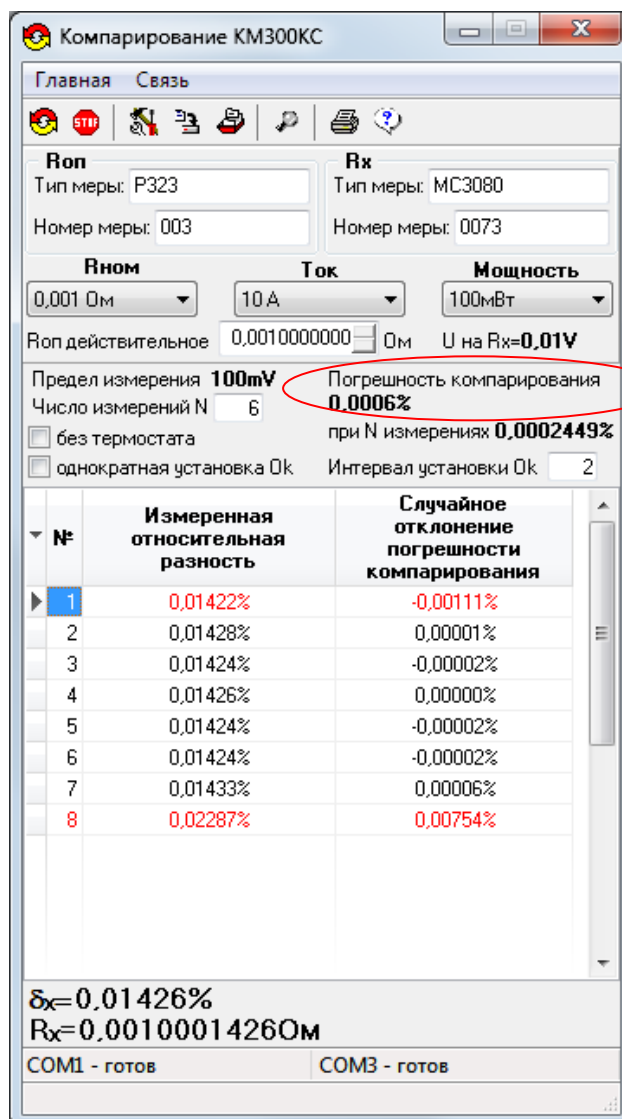
П р и м е ч а н и е - Минимальное значение погрешности компарирования достигается с применением масляных или воздушных термостатов для мер сопротивления.

Г.4 Компарирование сопротивлений с использованием программного обеспечения компаратором КМ300К и калибратором постоянных токов и напряжений КМ300С

Данная программа предназначена управлять автоматическими независимыми приборами КМ300С (калибратор постоянных токов и напряжений – далее калибратор) и КМ300К (компаратор напряжений) для получения компаратора сопротивлений КМ300КиС, который позволяет компарировать как равнономинальные, так и неравнономинальные сопротивления в диапазоне от 10^{-4} до 10^7 Ом.

Перед началом работы, когда программа будет использоваться впервые, подключите прибор (приборы) к компьютеру по интерфейсу USB, включите прибор (приборы) и установите драйвер устройства с предоставляемого диска. Драйвер находится в папке «Драйвер USB КМ300».

Программа компарирования сопротивлений имеет внешний вид, показанный на рисунке Г.19.



Расчетная погрешность компарирования (см. 4.4)

Рисунок Г.19

Перед началом процесса компарирования необходимо выбрать порты для связи с компаратором КМ300К (измеритель) и калибратором КМ300С и адреса приборов. Это делается посредством пункта меню «Связь», которое приведено на рисунке Г.20.

Адрес компаратора КМ300К можно определить, выбрав подпункт «Адрес...» подменю «СОМ для КМ300К» и указав необходимый адрес.

Адрес калибратора КМ300С фиксирован и не задается (см. рисунок Г.20а).

Так как приборы могут иметь интерфейсы и RS232 (RS485) и USB, то подключение возможно по любому из указанных интерфейсов.

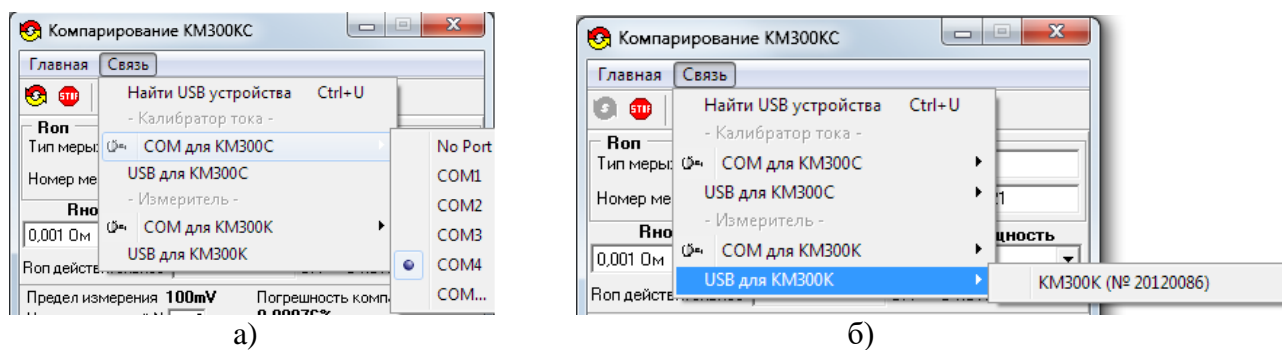




Рисунок Г.20

Для выбора подключенных по RS232 (RS485) приборов необходимо в подменю «COM для KM300C» или «COM для KM300K» меню «Связь» выбрать порты, к которым подключены приборы (см. рисунок Г.20а). При этом в предпоследней строки снизу будет выведена информация о выбранном порте (см. рисунок Г.19): «готов», если порт был свободен и был выбран для работы, или же «занят», если порт не был выбран для работы, потому как уже используется.

Для выбора приборов подключенных по USB необходимо выбрать нужный прибор в подменю «USB для KM300C» или «USB для KM300K» меню «Связь» (см. рисунок Г.20б). Если подменю пустое, а прибор подключен, то необходимо выбрать пункт меню «Найти USB устройства» меню «Связь» или щелкнуть иконку  на панели инструментов, после чего указанные подменю должны будут содержать подключенные приборы. При выборе свободных приборов, подключенных по USB, предпоследняя нижняя строка будет содержать название и заводской номер подключенного прибора (см. рисунок Г.19).

После выбора порта для KM300K, можно произвести настройку его параметров, выбрав пункт «Параметры прибора» меню «Главная» (см. рисунок Г.25) или нажав кнопку  в основном окне. При этом откроется окно пользовательских параметров KM300K, внешний вид которого приведен на рисунке Г.21. Для считывания параметров KM300K необходимо нажать кнопку «Считать параметры». После изменения параметров, для их сохранения в KM300K, необходимо нажать кнопку «Сохранить параметры».

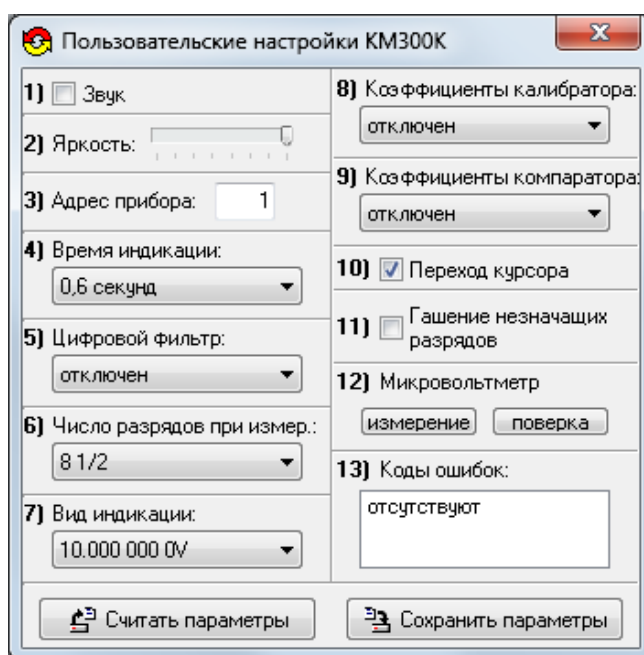


Рисунок Г.21

Набор параметров соответствует пользовательскому меню, вызываемого с передней панели прибора (см. 7.7).

После выбора подключенных приборов необходимо ввести параметры компарируемых сопротивлений и самого процесса компарирования.

В областях $R_{оп}$ и R_x необходимо ввести типы мер и номера опорной и измеряемой меры соответственно (см. рисунок Г.22).

$R_{оп}$	R_x
Тип меры: P321	Тип меры: MC3050
Номер меры: 003952	Номер меры: 000421

Рисунок Г.22

Далее из списка выбирается сопротивление $R_{ном}$ (номинальное значение) и после этого из соответствующего списка выбирается или ток или мощность (см. рисунок Г.23). Значения тока и мощности зависимы, т.е. при выборе тока изменяется значение мощности, а при выборе мощности – значение тока. В окне **$R_{оп}$ действительное** вводится действительное значение $R_{оп}$ указанное в паспорте на меру при температуре 20 °С.

$R_{ном}$	Ток	Мощность
0,001 Ом	7 А	50мВт
$R_{оп}$ действительное	0,0010000340 Ом	U на $R_x=0,007V$

Рисунок Г.23

Исходя из введенных параметров $R_{ном}$ рассчитывается падение напряжения на измеряемой мере и соответственно определяется предел измерения компаратора напряжения.

В применяемой программе используется многократное измерение, что улучшает погрешность компарирования в \sqrt{N} раз, где N – число измерений. Это число вводится в поле «Число измерений N », а рассчитанная по приведенной формуле погрешность в поле «при N измерениях». При числе измерений более четырех программа производит два дополнительных измерения. После того, как цикл измерения пройден, производится нахождение и исключение двух худших результатов измерений. Они выделяются красным цветом и в протоколе при печати не отражаются. Погрешность компарирования, найденное R_x и случайные отклонения погрешности компарирования, рассчитываются из оставшихся результатов измерений.

Если измерение проводится без использования термостата, то температура окружающей среды возможно отлична от 20°С и действительное сопротивление опорной меры отлично от номинального (указанного в паспорте). В этом случае необходимо установить флажок «без термостата» и в появившейся области ввести необходимые данные отдельно для $R_{оп}$ и R_x : температуру окружающей среды, параметры альфа (α) и бета (β) (см. рисунок Г.24).

Предел измерения 1V	Погрешность компарирования
Число измерений N 9	0,0001167%
<input checked="" type="checkbox"/> без термостата	при N измерениях 0,0000389%
<input type="checkbox"/> однократная установка Ok	Интервал установки Ok 2
t 20,00 °C	$R_{оп}$ α 1,00000 ppm/°C β 0,00300 ppm/°C
t 23,00 °C	R_x α 2,00000 ppm/°C β 0,00400 ppm/°C


Рисунок Г.24

Процесс компарирования начинается с установки напряжений смещения нуля (Ok) по обоим входам при нулевом токе (напряжении) на компарируемых сопротивлениях.


Установку нулей можно производить однократно (флажок «однократная установка» установлен) в начале процесса компарирования и через определенное число измерений (флажок «однократная установка» сброшен).

В последнем случае необходимо указать интервал числа измерений, через которое будет производиться установка нулей в поле «Интервал установки Ок» (см. рисунок Г.24).

После того как выбраны порты, к которым подключены приборы КМ300К и КМ300С, и введены параметры компарируемых сопротивлений и процесса компарирования можно приступить к компарированию.

Для этого нажмите кнопку  или выберите пункт «Начать компарирование» в меню «Главное».

Результаты измерений будут отображаться в таблице (измеренная относительная разность и случайное отклонение погрешности компарирования). После завершения компарирования в нижней части окна программы будут представлены полученные значения δx и R_x .

Процесс компарирования можно прервать в любой момент кнопкой  или выбрав пункт «Остановить» в меню «Главное».

Рекомендуемый выбор режимов при компарировании сопротивлений с наилучшей погрешностью компарирования:

- время индикации 1.3 с (см. 7.7.4 или через окно настройки параметров КМ300К);
- фильтр отключен (см. 7.7.5 или через окно настройки параметров КМ300К);
- число разрядов $8 \frac{1}{2}$ (см. 7.7.6 или через окно настройки параметров КМ300К);
- число измерений $N=9$;
- однократная установка Ок – отключить (флажок снят);
- интервал установки Ок – 2. Установка Ок будет выполняться через каждые два измерения;

- режим без термостата – отключить (флажок снят). Предполагается наличие термостата.

Измерение считать действительным, если случайное отклонение погрешности компарирования не превышает расчетной погрешности компарирования (см. рисунок Г.19).

В случае, если в процессе компарирования, когда приборы подключены по USB, возникает окно о невозможности установить связь, необходимо произвести переподключение кабеля USB. При постоянном возникновении такого рода ошибок, рекомендуется подключать приборы через COM порты, используя прилагаемый кабель.


Рассмотрим последовательность действий при компарировании:


- выбрать порты подключенных приборов и определить адрес компаратора КМ300К (см. рисунок Г.20);

- ввести типы и номера $R_{оп}$ и $R_{ном}$ в соответствующие поля;
- выбрать из списка сопротивление опорной меры $R_{оп}$ и после этого выбрать или ток компарирования или мощность опорной меры. При этом определяется падения напряжения на сопротивлениях, погрешности компарирования при единичном измерении и при N измерениях;

- если компарирование производится без термостата, то необходимо установить соответствующую галочку «без термостата» и ввести значения температуры окружающей среды, коэффициенты альфа и бета для $R_{оп}$ и R_x ;

- если необходимо устанавливая смещения нуля Ок через определенное число измерений, то необходимо снять галочку «однократная установка Ок» и ввести в появившемся поле «Интервал установки Ок» желаемое число;

- для начала процесса компарирования нажать кнопку  или выбрать пункт «Начать компарирование» в меню «Главное». Результаты измерений будут отображаться в таблице. После завершения компарирования в нижней части окна программы будут представлены полученные значения δx и R_x .

Программа позволяет распечатать протокол измерений (кнопка  в основном окне). Протокол может быть распечатан в двух видах: обычный и расширенный. Тип протокола вы-

бирается в меню «Главная» установкой или сбросом флажка пункта «Использовать расширенный протокол» (см. рисунок Г.23).

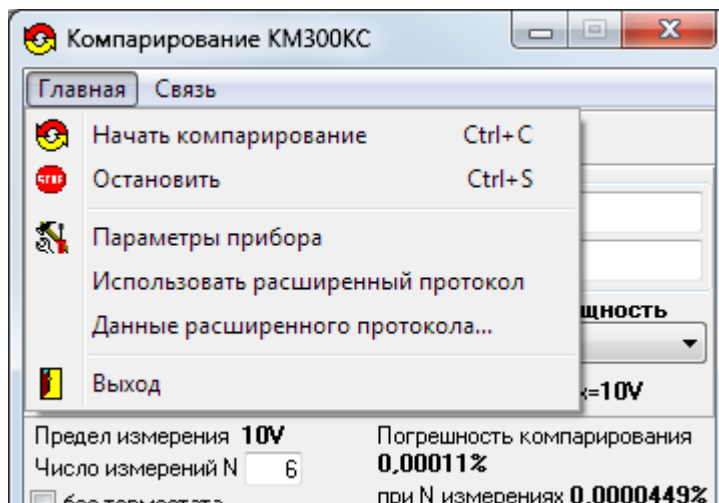


Рисунок Г.23

При использовании расширенного протокола необходимо заполнить форму данных расширенного протокола, вызываемую при выборе пункта «Данные расширенного протокола...» меню «Главная» (см. рисунок Г.13).

Внешний вид обычного протокола представлен на рисунке Г.14, расширенного - на рисунке Г.15.

В программе предусмотрено архивирование результатов измерений (📁), печать протокола измерения (🖨️) и печать протоколов измерений из архива (📁🖨️).

При нажатии кнопки добавления в архив (📁) результат измерения добавляется в архив и открывается окно архива для просмотра (см. рисунок Г.16).

Для печати протокола измерения нужно нажать кнопку печати (🖨️) в основном окне программы. При этом откроется окно настройки печати Output Options, в котором можно выбрать принтер для печати и направление печати: Printer – вывод сразу на принтер, Preview – предварительный просмотр с печатью и File – для печати в файл.

Для печати протокола из архива нужно выделить строку протокола, который необходимо распечатать и затем нажать кнопку извлечения из архива (📁🖨️). Данные протокола будут извлечены и размещены в основном окне. Теперь можно распечатать протокол.