

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Введение	3
2. Назначение	3
3. Технические данные	3
4. Состав изделия	13
5. Устройство и работа изделия	14
6. Устройство и работа составных частей изделия	20
7. Размещение и монтаж	27
8. Маркирование и пломбирование	28
9. Упаковка	28
10. Указание мер безопасности	29
11. Подготовка к работе	29
12. Порядок работ	32
13. Методика поверки	43
14. Проверка и подстройка резисторных делителей	62
15. Правила хранения	70
16. Транспортирование	70
17. Возможные неисправности и способы их устранения	72

ПО "КРАСНОДАРСКИЙ ЗИП"

ОКП 42 2526

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И  
ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

З.458.104 ТО

РЭОЗЭМІ  
КОМПЛАТОР НАПРЯЖЕНІЙ

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его технику - эксплуатационные параметры, в конструкции могут быть внесены незначительные изменения, не отраженные в настоящем издании.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО) содержит сведения, необходимые для эксплуатации компараторов напряжений типа Р300ЭМ1.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ

2.1. Компаратор напряжения типа Р300ЭМ1 (далее - компаратор) постоянного тока, класса точности 0,00025 (Р300ЭМ1-1) и класса точности 0,0005 (Р300ЭМ1-2), предназначен для:

компарирования напряжений;  
измерения напряжений;  
выдачи калиброванных напряжений;  
воспроизведения напряжений;  
усиления напряжений.

В компараторе предусмотрены режимы работы с внешним цифровым и аналоговым измерителями выхода.

2.2. Рабочие условия применения компаратора:

температура окружающего воздуха - от 10°C до 35°C;  
относительная влажность - 80% при температуре 25°C;  
напряжение питающей сети - (220±22)V, частотой 50;60Hz

2.3. Компаратор, предназначенный для поставки в район с тропическим климатом, соответствует исполнению 0 категории 4.1, и работает при температуре от 10 до 35°C. К условному обозначению типа компаратора добавляется 04.1 жж.

## 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3.1. Компаратор напряжений

3.1.1. При компарировании и измерении напряжений совместно функционируют встроенные калибратор, дифференциальный измерительный усилитель, дифференциальный микровольтметр, делитель входного напряжения.

Сведения о пределах компарирования (верхних значениях диапазонов) приведены в табл.1.

3.1.2. Пределы допускаемого значения основной погрешности компарирования и пределы допускаемого значения погрешности компарирования в рабочих условиях применения соответствующим образом указаны в табл.2.

Пределы допускаемого значения основной погрешности измерения при калибровке по нормальному элементу класса точности 0,001. II разряда соответствуют указанным в табл.2.

Таблица 1

Пределы, V	Условное обозначение предела в конструкторской документации: шрифт, V
При компарировании и измерениях напряжения постоянного тока:	
компенсационным методом	
II, III, IV	10
I, III, IV	I
0, III, IV	0,1
с использованием делителя входного напряжения (Вхв = I МВ)	
III, IV	100
При выдаче калиброванных напряжений и воспроизведении	
II, III, IV	10
I, III, IV	I
0, III, IV	0,1

3.1.3. Время установления рабочего режима компаратора - I h. Время установления прецизионного режима - 4 h. Компаратор обеспечивает нормируемые технические характеристики независимо от длительности включения после установления рабочего режима.

3.2. Дифференциальный измерительный усилитель напряжения

3.2.1. Параметры выходов дифференциального измерительного усилителя напряжения (далее - усилителя) соответствуют указанным в табл. 3.

Значение характеристики по пределам		Предел допускаемой погрешности компарирования, %		Предел допускаемой погрешности основной погрешности измерения и воспроизведения при калибровке по нормальному элементу класса точности 0,001 II разряда, % при интервале калибровки 8 h	
100V	0,1V	10V	0,1V	10V	0,1V
±(50V +4)	±(50V +4)	±(2,5V +1)	±(5V +1)	±(18V +1)	±(40V +5)
-	-	±(5V +1)	±(5V +1)	±(20V +1)	±(20V +1)
±(50V +4)	±(50V +4)	±(3,5V +0,04)	±(7V +0,04)	±(18V +0,5)	±(40V +1)
-	-	±(6V +0,04)	±(7V +0,04)	±(30V +0,5)	±(40V +1)
±(50V +4)	±(50V +4)	±(3,5V +0,04)	±(7V +0,04)	±(26V +0,5)	±(50V +0,5)
-	-	±(6V +0,04)	±(7V +0,04)	±(30V +0,5)	±(50V +0,5)

Таблица 2

U - номинальное значение измеряемого напряжения в вольтгах.  
Ж - только для погрешности измерения.



Таблица 3

Выход	Параметр выхода	
	±	2
Аналоговый (АВ)	± 10	± 5
Цифровой (ЦВ) на пределах измерений:		
I <sub>μV</sub> - IV	± 1	-
10V	± 10	-

3.2.2. Пределы усиляемых напряжений I; 10; 100 $\mu$ V; I; 10; 100 mV; I; 10 V.

Номинальные значения коэффициентов усиления, пределы допускаемого значения погрешностей усилителя по выходам ЦВ и АВ; пределы допускаемого значения нелинейности усилителя по выходу ЦВ соответствуют значениям, указанным в табл. 4, 5.

3.2.3. Входное сопротивление усилителя (R<sub>вх</sub>) соответствует значениям, указанным в табл. 6.

3.2.4. Выходное сопротивление усилителя по аналоговому и цифровому выходам не превышает 0,5  $\Omega$ .

3.2.5. Параметр помехозащитности входа

Коэффициент режекции дифференциального переменного напряжения (помеха нормального вида) частоты питающей сети и диапазон частот указаны в табл. 6.

Коэффициент режекции связанных напряжений (помеха общего вида):

для напряжения переменного тока частоты питающей сети указаны в табл. 6;

для напряжения постоянного тока - не менее 120 db.

3.2.6. Характеристики длительности включения.

Смещение нуля усилителя по напряжению не превышает 3 $\mu$ V в рабочем режиме за 8 h.

3.3. Дифференциальный микровольтметр

Таблица 4

Наименование показателя	Значение на пределах усиляемых напряжений			
	I	10	100	1000
Номинальное значение коэффициента усиления по выходу ЦВ	I	I	I	I
	I	I	I	I
Предел допускаемого значения нелинейности усилителя по выводу ЦВ в рабочих условиях применения, $\mu$ V	I	I	I	I
	I	I	I	I
Предел допускаемого значения погрешности усилителя по выводу ЦВ в рабочих условиях применения, $\mu$ V	I	I	I	I
	I	I	I	I
Предел допускаемого значения коэффициента усиления по выводу АВ	I	I	I	I
	I	I	I	I
Номинальное значение коэффициента усиления по выводу АВ	I	I	I	I
	I	I	I	I

Примечание. V - усиляемое напряжение в вольтях.

Наименование показателя		Значение на пределах усилительных напряжений	
10	I	V	I
10	I	100	10
10 <sup>1</sup>	I	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
10 <sup>1</sup>	I	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
10 <sup>5</sup>	I	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
10 <sup>6</sup>	I	10 <sup>6</sup>	±0,2 ±0,05
10 <sup>7</sup>	I	10 <sup>7</sup>	±(5V +5) ±(15V +0,05) ±(5 · 10 <sup>3</sup> V +5) ±(15 · 10 <sup>3</sup> V +5) ±(15 · 10 <sup>3</sup> V +0,5) ±(15 · 10 <sup>3</sup> V +0,5) ±0,2 ±0,05

Примечание. V - усилительное напряжение в вольтгах.

Номинальные значения коэффициентов усиления по входу АВ не по входу АВ предел допускаемости значений потребляемой мощности (по входу АВ) в рабочих условиях применения.

mV

Таблица 5

Наименование показателя		Значение на пределах измерений	
10	I	V	I
10	I	100	10
10 <sup>8</sup>	I	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
120	I	110	110
120	I	120	120
10 <sup>8</sup>	I	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
10 <sup>8</sup>	I	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
10 <sup>8</sup>	I	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>
10 <sup>6</sup>	I	100	100
10 <sup>5</sup>	I	100	100
160	I	160	160
160	I	160	160

Входное сопротивление, R<sub>вх</sub>, Ω не менее

Коэффициент режестии дифференциального переменного напряжения, K<sub>диф</sub>, не менее

Коэффициент режестии дифференциального переменного напряжения, K<sub>диф</sub>, не менее

Динамический диапазон дифференциального переменного напряжения, mV, (амплитудное значение) -

Коэффициент режестии синфазного переменного напряжения, K<sub>сф</sub>, не менее

Таблица 6





вызванное длительностью включения :

$25 \cdot 10^{-4}\%$  - в рабочем режиме, за 8 h;

$5 \cdot 10^{-4}\%$  - в предизонном режиме, за 1 h;

вызванное изменением температуры окружающего воздуха в диапазоне температур, соответствующих рабочим условиям применения,  $5 \cdot 10^{-4}\%/^{\circ}\text{C}$ ;

вызванное изменением напряжения питающей сети на  $\pm 22\text{V}$  от номинального  $2 \cdot 10^{-4}\%$ .

3.4.5. Изменение коэффициента деления делителя, вызванное изменением температуры окружающего воздуха в диапазоне температур, соответствующих рабочим условиям применения не превышает:  $5 \cdot 10^{-5}\%/^{\circ}\text{C}$  для предела IV ;  $10 \cdot 10^{-5}\%/^{\circ}\text{C}$  для предела 0, IV .

Таблица 8

Наименование показателя	Значение на пределах калиброванных напряжений	
	10V	IV ; 0, IV
Цена деления одной ступени младшей декады, $\mu\text{V}$	I	0, I
Выходное сопротивление калибратора, $\Omega$ , не более	0,2	300
Сопротивление нагрузки, $\Omega$ , не менее	400	-
Ток нагрузки, m A, не более	25	-

3.4.6 Напряжение шума выходного напряжения калибратора (мультипликативная составляющая) не превышает  $4 \cdot 10^{-5}\%$  (ШЛК-ШЛК)

3.4.7. Время установления напряжения калибратора не должно превышать 2 S при  $\Delta U = \pm (2,5 U + 1) \mu\text{V}$ ,

где  $\Delta U$  - отклонение выходного напряжения калибратора от установленного значения;

$U$  - установленное значение напряжения, V .

3.5. Делитель входного напряжения:

Номинальный коэффициент деления - 100.

Входное сопротивление - 1 M $\Omega$ , с допускаемым отклонением  $\pm 5\%$ .

Температурный коэффициент коэффициента деления - не более  $25 \cdot 10^{-4}\%/^{\circ}\text{C}$ .

Прибор снабжен устройством для автономной поверки и подстройки делителя.

3.6. Общие характеристики компаратора

3.6.1. Потребление тока от питающей сети напряжением 220V - не более 70 m A.

3.6.2. Изоляция между корпусом и изолированными от корпусу са по постоянному току электрическими цепями, доступ к которым возможен без вскрытия компаратора, выдерживает в течение 1 min действие испытательного напряжения переменного тока частотой 50 Hz , действующее значение которого соответствует:

1,5 kV - между соединенными вместе корпусом, и входными зажимами относительно ввода сетевого питания ;

0,5 kV - между корпусом и входными зажимами.

Сопротивление изоляции не менее :

$10^8 \Omega$  - между корпусом и выводом сетевого питания;

$10^{10} \Omega$  - между входными зажимами и соединенным с корпусом выводом сетевого питания.

3.6.3. Габаритные размеры и масса не превышают соответственно  $488 \times 170 \times 385 \text{ mm}$ , 13 kg .

#### 4. СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ

4.1. Составные части компаратора:

дифференциальный измерительный усилитель;

дифференциальный микровольтметр;

двухрядный многопределный калибратор напряжений; делитель входного напряжения.



4.2. Запасные части и принадлежности согласно ведомости ЗИП.

### 5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

#### 5.1. Общие сведения

Структурная схема компаратора и его связей с периферийными устройствами представлена на рис. 1.

При компарировании напряжений входное напряжение  $U_x$  непосредственно или через делитель входного напряжения (ДН вх) поступает на один из входов дифференциального измерительного усилителя напряжения (ДИУ), на другой вход которого подается напряжение  $U_k$  от калибратора напряжений (КН).

Разность напряжений (без ДН вх)

$$U_k - U_x = \Delta U \quad (1)$$

отсчитывается в масштабе  $U_x$  по одному из измерителей выхода (встроенному показывающему прибору или периферийному цифровому вольтметру). Результирующее напряжение:

$$U_x = U_k + \Delta U \quad (2)$$

определяется суммой значений напряжений, отсчитываемых по переключателям декад и измерителю выхода.

Посредством дифференциального измерительного усилителя (ДИУ) производится усиление разности напряжений:

$$\Delta U = U_x - U_k \quad (3)$$

В частном случае при  $U_k = 0$  усиливается напряжение  $U_x$ . Усиленное напряжение поступает на аналоговый и цифровой выходы, где инципируется соответствующими устройствами. Повышенная точность усиления и представление результата измерения в виде числа с 4-5 десятичными разрядами достигается использованием цифрового вольтметра. Наличие выхода калибратора напряжения позволяет решить широкий круг задач.

Калибратор, в частности, применяется в качестве источника калиброванных напряжений в схеме компаратора малых (до  $10 \text{ nV}$ ) напряжений с внешним нановольтметром.

#### 5.2. Принцип действия компаратора

5.2.1. Компаратор выполнен с применением техники операционных индуктивных делителей напряжения (техника ОИДН) и мало-

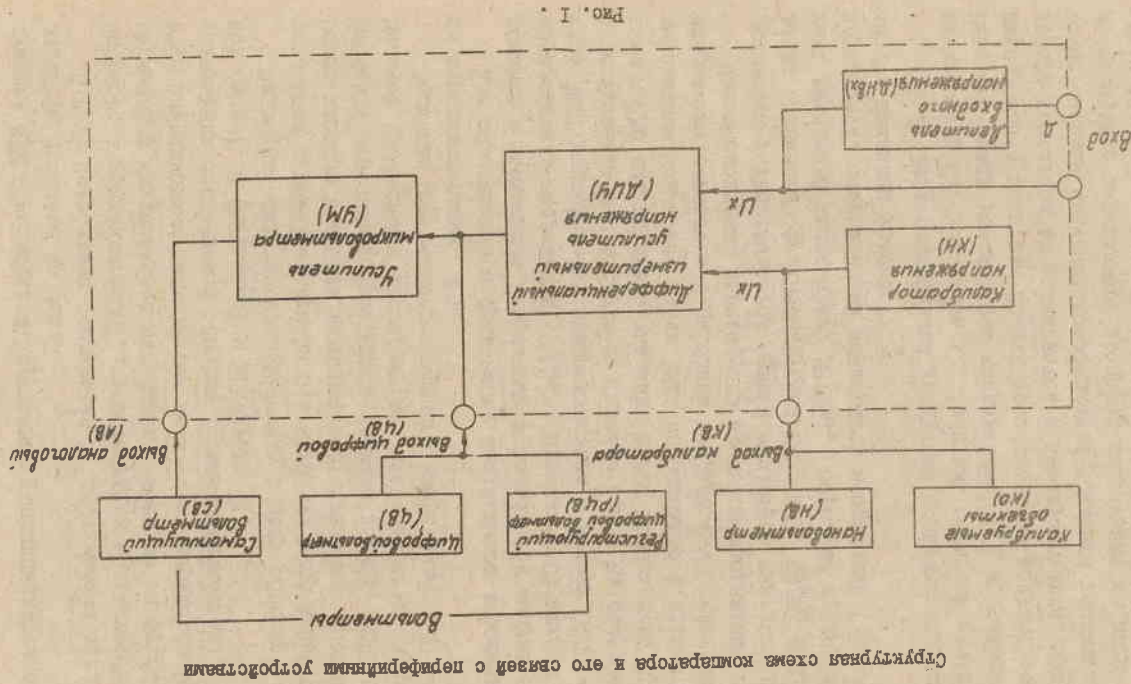


Рис. 1



пумящих МДМ - усилителей. Упрощенная принципиальная схема ком- паратора показана на рис. 2.

5.2.2. Потоянные напряжения  $E$ , создаваемые источником опорного напряжения (ИОН), преобразуются модулятором МД1 в переменное двухполярное напряжение, которое масштабс изменя- ется операционным индуктивным делителем напряжения (ОИДН), содержащим сердечник и обмотки I (намагничивающая), II (обрат- ной связи), III (выходные) и усилитель А1.

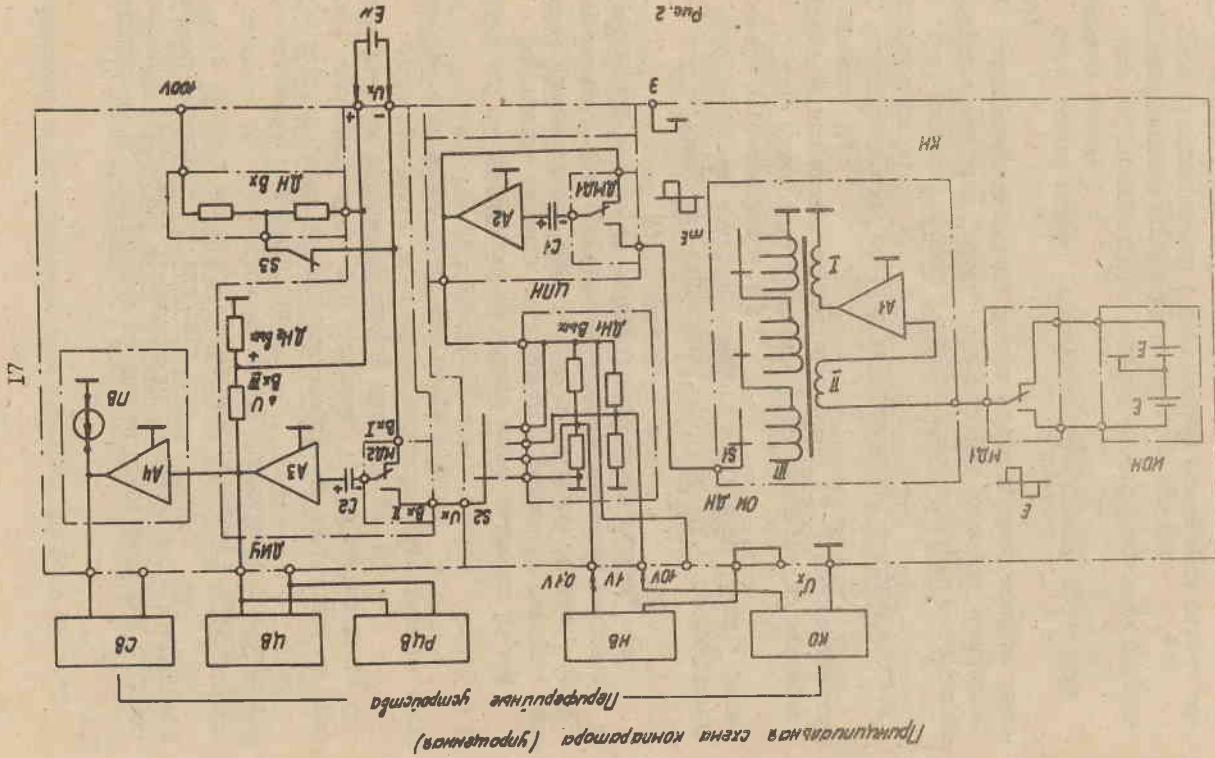
Включение индуктивного делителя в цепь обратной связи усилителя определяет линейность выходных напряжений ОИДН, вы- сокое входное и низкое выходное сопротивление. Поскольку коэф- фициенты передачи определяются числами витков, ОИДН обладает высокой временной и температурной стабильностью характеристик

Величина переменного выходного напряжения ОИДН регулирует- ся переключателями S I.

Для обратного преобразования импульсного переменного нап- ряжения в постоянное напряжение используется импульсный пре- образователь напряжения (ИПН). Конденсатор С1 ключом демодуля- тора ДМД1 периодически присоединяется к выходу ОИДН в момент существования импульсного напряжения одной из полярностей, за- ряжаясь до амплитудного значения этого напряжения. При проти- воположном положении ключа ДМД1 запомненное конденсатором С1 напряжение сливается с выходным напряжением усилителя А2.

После окончания переходного процесса напряжение на выходе усилителя устанавливается равным амплитуде импульсного напря- жения. Соместно функционирующие ИОН, МД1, ОИДН, ИПН и дел- тель выходного напряжения, ДН1вых., образуют трехпределельный, двухрядный, семидекадный калибратор напряжений ( переключате- ли S I показаны условно).

5.2.3. Дифференциальный усилитель содержит модулятор МД2, конденсатор С2, усилитель А3, делитель обратной связи ДН2, вых Разность между усмываемым напряжением  $U_x$  и напряжением на нижнем плече делителя ДН2-вых преобразуется модулятором МД2, в тракте усилителя А3 усиливается и демодулируется. При доста- точно большом значении коэффициента усиления усилителя А3 пос- ле окончания переходного процесса напряжение на выходе усми- теля А3 практически равно нулю, что соответствует равенству



напряжения  $U_x$  напряжению на нижнем плече делителя  $ДН_2$  вых. Выходное напряжение усилителя АЗ превращает  $U_x$  в коэффициент деления делителя  $ДН_2$  вых раз.

Аналоговый выход образуется подключением к выходу ДИУ усилителя А4. К аналоговому выходу присоединен встроенный показывающий вольтметр (ПВ).

При использовании ДИУ для компарирования напряжений он работает аналогично ИИИ с тем отличием, что на конденсаторе С2 запоминается напряжение выхода калибратора  $U_k$ .

После окончания переходного процесса напряжение на входе усилителя АЗ равно нулю, что соответствует

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

где  $\Delta U$  - напряжение на нижнем плече делителя  $ДН_2$  вых.

Маркировка зажимов аналогового и цифрового выходов, включение показывающего прибора выполнены таким образом, что  $U_x$  определяется как арифметическая сумма отсчетов напряжений по калибратору и соответствующему измерителю выхода, т.е.

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

5.2.4. Измерение напряжения от 10 до 100V производится с использованием делителя входного напряжения ( $ДН_х$ ), включаемого переключателем S3.

5.2.5. Калибровка калибратора производится по внешнему источнику напряжения образцового (ИНО)  $E_N$ , присоединенному к зажимам  $U_x$ .

5.3. Компаратор состоит из размещенных в одном корпусе четырех блоков:

блок передней панели (коммутирующие элементы калибратора переключатель рода работы, регулирующие элементы калибратора, индуктивные делители, показывающий прибор, входные зажимы);

блок задней панели (трансформатор, сетевой ввод, ИОН, выходные зажимы);

блок дифференциального измерительного усилителя с органами управления и установки нуля;

блок функциональный (электронные компоненты схемы, печатный монтаж связи всех блоков).

5.4. На левой стороне блока передней панели расположены:

"Х1" - рычажный семидекадный переключатель ряда Х1;

"Х2" - профильный семидекадный переключатель ряда Х2;

"Х1", "Х2" - кнопки включения соответствующего ряда и потенциометра установки нуля калибратора по ряду Х2 (верхний) и ряду Х1 (нижний);

"Е<sub>Н</sub>" - потенциометры калибровки компаратора;

"Г", "0, Г" - потенциометры калибровки делителя  $ДН_Г$  вых на пределах I V ; 0, I V ;

"Е<sub>Н</sub> - I-0, I - U<sub>1</sub> - 0 U - U<sub>2</sub>" - переключатель рода работы (переключатель S);

"I-10-0, I" - кнопки переключения пределов калибратора;

КОНТР - кнопка включения схемы контроля входного делителя и потенциометр калибровки входного делителя напряжения;

"0 U" - потенциометры грубой (нижний) и плавной (верхний) регулировки напряжения смещения нуля;

"0 I" - потенциометр регулировки тока смещения нуля;

"H" - кнопка включения схемы смещения нуля в положение стрелки показывающего прибора;

"+" - кнопка переключения полярности показывающего прибора;

"I, V - 10 V" - переключатель пределов усиления ДИУ и микровольтметра;

СЕТЬ - кнопка включения сети;

"U<sub>1</sub>" - выходные зажимы для присоединения ко входу U<sub>1</sub>;

ДЕД - зажим присоединения к входному делителю напряжения;

"U<sub>2</sub>" - зажимы для присоединения ко входу U<sub>2</sub>;

"I" - зажим для присоединения корпусов внешних устройств

На лицевой стороне задней панели расположены

"220 V" - сетевой ввод;

"0, 25 A" - предохранитель;

Выходные зажимы:

"Е<sub>Н</sub>" - для присоединения ИНО (нормального элемента);

"АВ" - аналоговый выход;

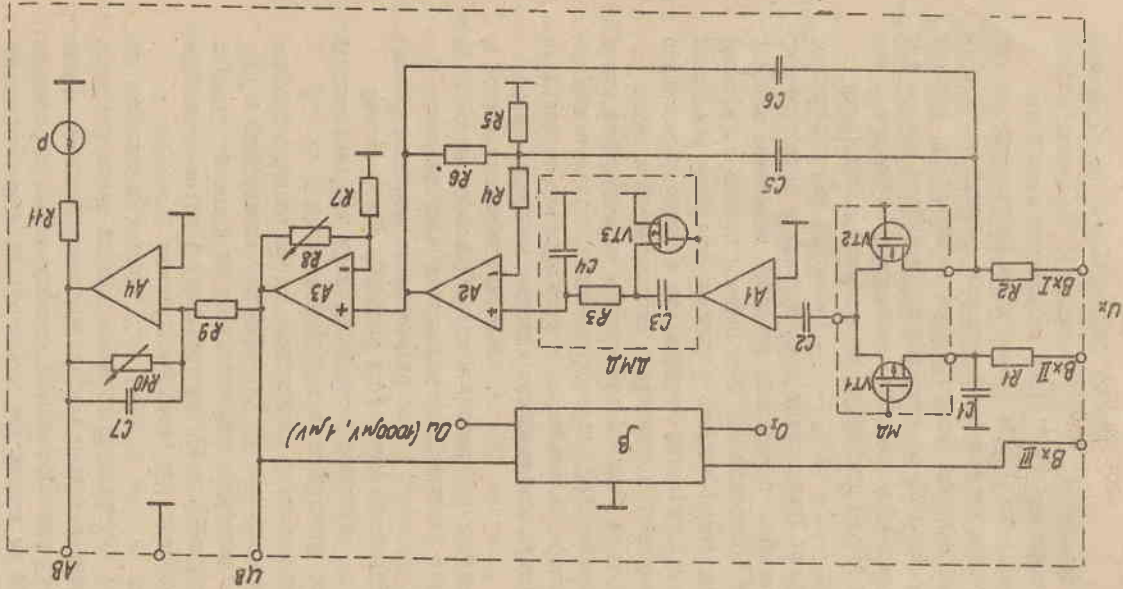


- "ЦВ" - цифровой выход;
- "0, I-I-10V" - для присоединения к соответствующим выходам компаратора;
- "\*" - общий зажим выходов компаратора;
- "AK" - зажимы для присоединения внешнего автокомпенсатора;
- "U<sub>х</sub>" - зажимы для присоединения источника измеряемого напряжения при использовании внешнего автокомпенсатора;
- "┌" - зажим для присоединения к корпусу прибора;
- "└" - зажим заземления.

6. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ  
ИЗДЕЛИЯ

6.1. Дифференциальный измерительный усилитель и микро-вольтметр.

6.1.1. Упрощенная принципиальная схема дифференциального измерительного усилителя и микровольтметра представлена на рис.3. Дифференциальное напряжение, образованное разностью напряжений, приложенных к входам I (ВхI) и II (ВхII), преобразуется модулятором МД на МОП - транзисторах V T1, V T2 в переменное напряжение, которое передается через конденсатор C2 на вход усилителя переменного напряжения А1. Усиленное переменное напряжение демодулируется демодулятором ДМД (транзистор V T8), фильтруется (фильтр R3, C4) и поступает на инвертирующий вход усилителя постоянного тока А2, инвертирующий вход которого через делитель местной обратной связи (R4, R5, R6) присоединен к выходу усилителя А2, а через конденсатор C5 - ко входу модулятора (транзистор V T2), образуя параллельный высокочастотный канал. Конденсатор C6, включенный в цепь обратной связи усилителей А1, А2, совместно с резистором R2 образует активный фильтр с большой постоянной времени, обуславливающий помехозащищенность по входу I. Аналогичные функции выполняет фильтр R1, C1, установленный на входе II. Дальнейшее усиление сигнала выполняется усилителем А3 с регулируемым (в зависимости от коэффициента усиления) делителем обратной связи R7, R8.



Принципиальная схема дифференциального измерительного усилителя и микровольтметра.

47 кОм = если изменяет в парных пределах R63

Регулирование коэффициента усиления измерительного усилителя, времени установления напряжения на выходе, помехозащитности обеспечиваются звеном обратной связи  $\beta$ , содержащим коммутируемые резисторные делители и фильтры верхних частот. В звено входят также устройства для установки нуля по напряжению и току.

К цифровому выходу усилителя (ЦВ) присоединен усилитель микровольтметра (усилитель  $A_4$ , резисторы  $R_9, R_{10}$ , конденсатор  $C_7$ ), имеющий на всех пределах измерений, кроме предела  $10\text{ V}$ , коэффициент усиления  $10$ . На пределе  $10\text{ V}$  усилитель микровольтметра имеет коэффициент усиления  $1$ .

6.1.2. В соответствии с принципиальной схемой, структура выходов ЦВ и АВ практически одинакова.

Вместе с тем цифровой выход имеет некоторые отличительные особенности, в частности:

более высокую линейность коэффициента усиления, поскольку глубина обратной связи в системе А1-А2-А3- $\beta$  больше, чем в усилителе микровольтметра;

более высокую точность коэффициента усиления в связи с отсутствием дополнительной погрешности, вносимой усилителем микровольтметра (примерно  $0,5 \dots 1\%$ ), наличие точного значения коэффициента усиления на пределе  $10\text{ mV}$ ;

более широкий полосу пропускания, особенно на старших пределах, в связи с отсутствием фильтра, входного в состав усилителя микровольтметра. В связи с этим, поскольку при расширении полосы пропускания увеличивается шум, при необходимости измерения цифровым прибором с разрешением  $20\text{ mV}$  его целесообразно присоединять к аналоговому выходу или снабдить дополнительным фильтром;

коэффициент усиления по цифровому выходу на всех пределах усиления, за исключением предела усиления  $10\text{ V}$ , на порядок меньше коэффициента усиления по аналоговому выходу; на пределе  $10\text{ V}$  коэффициенты усиления по цифровому и аналоговому выходам равны и номинальные значения входного напряжения по аналоговому и цифровому выходу составляют  $10\text{ V}$ ;

вследствие имеющегося некоторого смещения нуля усилителя микровольтметра, установку нуля по напряжению необходимо выполнять по используемому выходу.

6.1.3. Коммутация входов усилителя производится переключателем рода работы. В положении "0" вход I усилителя отсоединяется от входных зажимов и замыкается на вход Ш, вход II соединяется от выхода ИНО и замыкается на землю;

погонциометрами "0" производится установка нуля на обоих входах по напряжению в соответствии с используемым входом. В положении "0" входы I, Ш замыкаются на сопротивление  $100\text{ k}\Omega$ , что позволяет выявить наличие тока смещения нуля на входе I и отрегулировать его корректором  $0_1$ .

В положении "I" переключателя S производится измерение напряжения с использованием делителя входного напряжения.

В положениях "U<sub>1</sub>", "U<sub>2</sub>" переключателя S входы I, Ш присоединяются к одной из пар входных зажимов ("U<sub>1</sub>", "U<sub>2</sub>"), вход II присоединяется к выходу калибратора.

В этих положениях переключателя рода работы производится компарирование напряжения.

6.1.4. Коммутация пределов измерения производится кнопками "I, V", "10 V". Во избежание перегрузки входа усилителя при измерении неизвестного напряжения целесообразно начинать измерение с наименее чувствительного предела.

6.1.5. Наличие двух шкал (с нулем посредине и нулем слева) создает определенные удобства в работе. При подготовке компаратора к работе целесообразно использовать шкалу с нулем посредине (кнопка  $\bar{L}$  выключена). При компарировании напряжений использование шкалы с нулем слева позволяет суммировать отсчет по переключателям калибратора с отсчетом по шкале пока зывающего прибора.

## 6.2. Калибратор напряжений

6.2.1. Упрощенная принципиальная схема калибратора напряжений представлена на рис. 4. Двухполярное напряжение E через модулятор МД1 на МОП транзисторах V T<sub>1</sub>, V T<sub>2</sub> преобразуется в переменное двухполярное напряжение, поступающее на вход операционного индуктивного делителя напряжения, содержащего усилитель А1 и индуктивный делитель напряжения, включенный намагничивающей обмоткой I и обмоткой обратной связи II соответственно на выход и вход усилителя А1. Обмотки III являются выходными.



Декадные переключатели S1, S2 присоединяют посредством кнопок включения соответствующего ряда "X1", "X2", обмотки индуктивного делителя напряжения к импульсному преобразователю напряжения (ИПН).

Входы ИПН образованы демодулятором ДМД (МОП-транзисторы VT3, VT4), к выходу которого присоединен через запоминающий (разделительный) конденсатор C1 вход усилителя переменного напряжения A2, к выходу которого через демодулятор (конденсатор C2, МОП-транзистор VT5) и фильтр нижних частот (резистор R7, конденсатор C3) присоединен усилитель A3 с целью местной обратной связи (резисторы R8, R9, R10). Канал параллельной высокочастотной обратной связи и интегратор образуются конденсаторами C4, C5. К выходу усилителя A3 присоединена схема выходных делителей напряжения, образующих пределы выходящих напряжений калибратора. Предел 10V образуется выходом ИПН, пределы 1V и 0,1V - делителями Д1, Д2.

На лицевую панель выведены оси потенциометров "1V", "0,1V" грубой и плавной регулировки.

6.2.2. Для калибровки калибратора от дополнительной обмотки через резисторы R1, R2 на один из выходов усилителя A1 подается дополнительное напряжение.

6.2.3. Для установки нулей калибратора на заземляющее обмотку III сопротивление R3 от схемы, содержащей обмотку IV, подстроечные потенциометры R5, R6, добавочный резистор R4, подается напряжение в соответствии с положением переключателя "X1", "X2". Оси потенциометров R5, R6 выведены на лицевую панель прибора.

6.3. Делитель входного напряжения

6.3.1. Принципиальная схема делителя входного напряжения представлена на рис.5. Схема содержит собственно делитель D и дополнительную схему для автономной подстройки его коэффициента деления, включающую потенциометр R1, резисторы R2, R3, R4, кнопку КОНТРОЛЬ (S), присоединяющую во время поверки делитель к зажиму источника питания Uд. В положении "Д" переключателя рода работы входы I и III присоединены к выходу "10" и общему зажиму делителя соответственно. При этом нап-

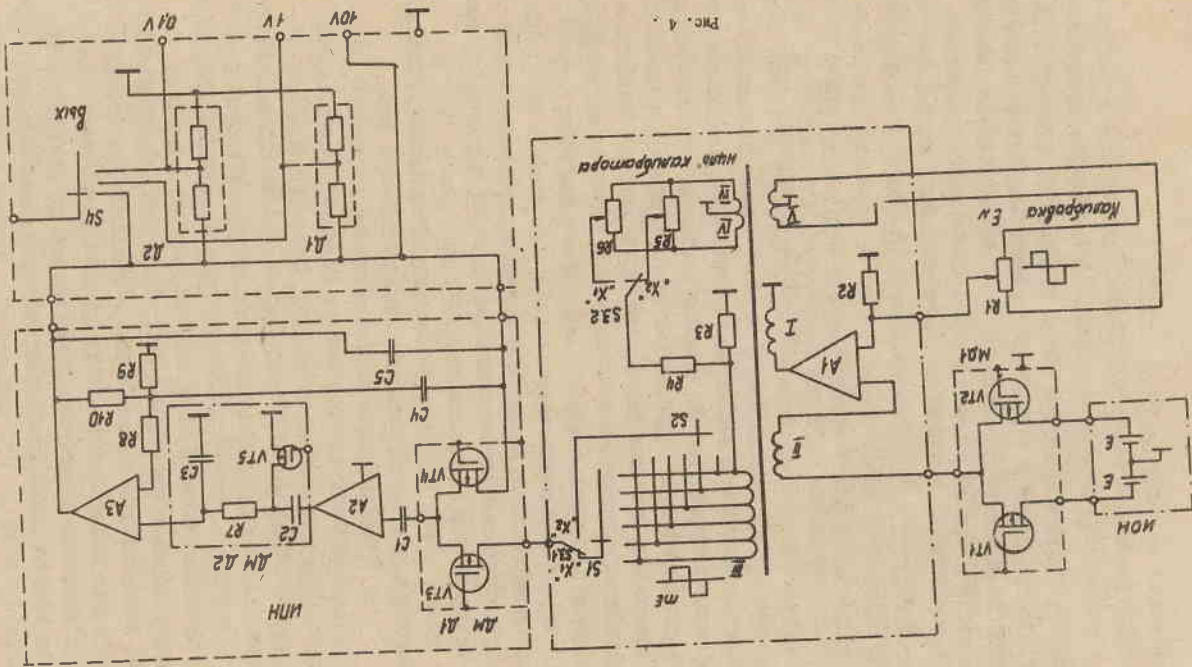


Рис. 4

ряжение, включенное на нижний зажим ввода "U<sub>1</sub>" и зажим ДЕМ, поступает на входы I, Ш (рис.3) разделенным в 100 раз. При контроле коэффициента деления переключатель рода работы в положении "U<sub>1</sub>" присоединяет вход I к зажиму ДЕМ и при нажатой кнопке S измеряется в режиме работы компаратора напряжение U<sub>д</sub>. После этого переключатель рода работы устанавливается в положение "Д", соответственно коммутируя вход I, Ш, И, также в режиме работы компаратора, измеряется напряжение U<sub>д</sub>, разделенное делителем примерно в 100 раз.

При необходимости производится подстройка коэффициента деления потенциометром КОНТР.

#### 7. РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ

7.1. Компаратор должен эксплуатироваться в помещении с постоянной или медленно изменяющейся температурой.

7.2. При эксплуатации компаратора должны быть приняты меры по защите от термо - э.д.с. Не рекомендуется установка компаратора возле труб водяного отопления, оконных проемов, источников тепла и т.д. Монтаж входных электрических цепей рекомендуется выполнять медным проводом.

7.3. Компаратор должен быть защищен от влияния электромагнитических помех, для чего монтаж присоединительных цепей должен быть выполнен экранированным проводом, а корпус источника сигнала вместе с экраном проводов должен быть соединен с корпусом компаратора. Некомпактные электрические схемы рекомендуются размещать на соединенной с корпусом компаратора изолированной металлической поверхности, например на изолированной стороне фольгированного стеклотекстолита.

Во избежание возникновения электростатических помех не рекомендуется работать на компараторе в одежде из легко электризуемых материалов, а также эксплуатировать компаратор в помещении с полом, покрытым легко электризуемым материалом при низкой относительной влажности воздуха.

7.4. При эксплуатации компаратора должны быть приняты меры для защиты от магнитных полей, для чего площадь между прямыми и обратными проводами, присоединяемыми к каждому элементу схемы, должна быть минимальна.

Принципиальная схема делителя входного напряжения

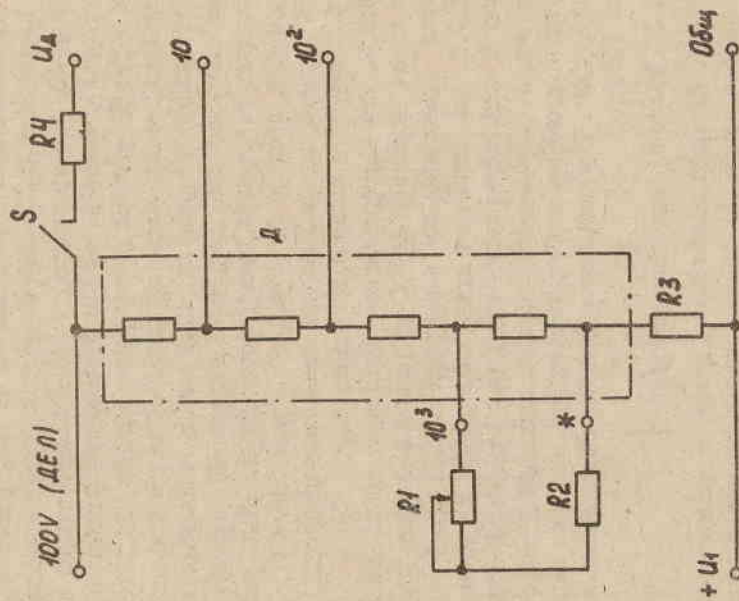


Рис.5.



## 10. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

10.1. К работе допускаются лица, ознакомленные с инструкцией по эксплуатации компаратора и прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с оборудованием, питаемым напряжением 220 В.

10.2. Перед работой заземлите корпус прибора.

## 11. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

11.1. При длительных перерывах в эксплуатации выполните несколько рабочих операций каждым переключателем и регуляторомным устройством.

11.2. Установите стрелку показывающего прибора на нулевую отметку его корректором в рабочем положении компаратора при выключенном сетевом питании.

11.3. Подключите прибор к сетевому питанию, нажмите кнопку СЕТЬ. На лицевой панели должна загореться сигнальная точка.

11.4. Прибор готов к работе по истечении 1 мин после подключения его к сетевому питанию.

11.5. Закрытите замки "U<sub>2</sub>" компаратора.

11.6. Установите предел микровольтметра "10 V" и переключатель рода работы S в положение "U<sub>2</sub>". Включите ряд X<sub>1</sub>.

11.7. Установите нули микровольтметра по току I<sub>1</sub> и напряжению U<sub>1</sub>, выполнив следующие операции (кнопки "L" и "H" — "отжать"):

включите пределы микровольтметра "1 mV" и компаратора "10 V";

установите переключатель S в положение "0<sub>1</sub>" и потенциометром "0<sub>1</sub>" установите стрелку показывающего прибора на нулевую шкалу;

переключите микровольтметр на предел "100 μV" и (при необходимости) установите стрелку показывающего прибора на нулевую шкалу с погрешностью ± 5 μV (уттите, что входному току в 100 мА соответствует отклонение стрелки от нулевой отметки на 10 μV);

установите переключатель S в положение "0<sub>1</sub>" и потенциометром "0<sub>1</sub>" — ПРИБОУ установите стрелку показывающего прибора на нулевую отметку нижней шкалы;

Не рекомендуется эксплуатация компаратора вблизи мощных источников изменяющихся токов.

7.5. Компаратор должен быть защищен от помех проникающих по цепи электрического питания. Рекомендуется штатный компаратор от измерительной сети, свободной от коммутационных импульсов мощных устройств.

7.6. В связи с тем, что выходы измерительного усилителя гальванически связаны с его электрической схемой, требования к входным цепям измерителей выхода в части синфазных характеристик и их развязка относительно сети совпадают с аналогичными требованиями к компаратору. Корпус измерителя выхода присоединяется к корпусу компаратора.

7.7. Присоединение нормального элемента (НЭ) к замкам "E<sub>1</sub>" должно производиться экранированным проводом с сопротивлением изоляции между жилами не менее 10<sup>9</sup> Ω. Экран проводов присоединяется к зажиму "L" корпуса.

## 8. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

8.1. Пломбирование компаратора при его выпуске производится заводом-изготовителем и органами Госстандарта. Пломбирование компаратора в процессе эксплуатации производится органами Госстандарта или по их доверенности метрологических службами предприятий-потребителей.

## 9. УПАКОВКА

9.1. Упаковка приборов и маркировка упаковочной тары должна производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 9181-74 и ГОСТ 14192-77.

При упаковке прибор должен быть помещен в мешок из синтетической пленки (в котором должен быть влагопоглотитель), обернут мягкой бумагой, упакован в картонную коробку, которая устанавливается в транспортный ящик. Пространство между стенками ящика и коробкой должно быть заполнено древесной стружкой или другим амортизационным материалом.

Ящик должен быть выслан водонепроницаемой бумагой.

9.2. Дата консервации совпадает с датой упаковки.

Срок переконсервации — 1 год.

установите предел микровольтметра "10  $\mu V$ " и потенциометром "0 U" - ПЛАВНО установите нуль микровольтметра с отклонением не более  $\pm 0,1 \mu V$ .

В связи с наличием некоторой зависимости между нулями, перечисленными выше операции рекомендуются повторять и, при необходимости, доподстроить нули микровольтметра.

При работе с высокоомными резисторами ток смещения нуля является существенным источником погрешности. Величина этой погрешности может быть снижена при более тщательной и час- той подстройке нуля.

II.8. Установите нули калибратора, выполнив следующие операции:

установите переключатели декад в нулевые положения, переключатель пределов компаратора - в положение "10 V";

установите нули микровольтметра в соответствии с п. II.7; установите предел микровольтметра "10 V", переключатель S в положение "U<sub>2</sub>" и, постепенно повышая чувствительность микровольтметра до 10  $\mu V$  потенциометром "XI" по ряду "XI" установите стрелку показывающего прибора на нулевую отметку нижней шкалы с отклонением не более  $\pm 0,2 \mu V$ .

II.8.1. При необходимости подстройте диапазон регулятора вания потенциометра "XI" корректором "OX", доступ к которому предусмотрен через отверстие в верхней крышке прибора.

II.9. Нажмите кнопку " + ".

II.10. Установите переключатель первой декады ряда "XI" в положение I; 2...10V и убедитесь, что стрелка микровольтметра устанавливается в положение I; 2...10 соответственно положению переключателя первой декады. Аналогично проверятся все остальные декады.

Таким же образом можно проверить декады ряда "X2", включив ряд "X2".

Проверку декад обих рядов можно проводить и по входу "U", предварительно закоротив замыкание "U<sub>1</sub>" и установив переключатель S в положение "U<sub>1</sub>".

II.11. В положении переключателя первой декады "10" включите предел компаратора IV (0,1V) и убедитесь, что на микровольтмере установится напряжение IV (0,1V).

II.12. Калибровка калибратора по ИНО (нормальному элементу) выполняется при измерении или воспроизведении напряжений.

II.12.1. При калибровке по ИНО, допускающему кратковременный отбор тока, производятся следующие операции:

в отнуленном положении кнопки "H<sub>1</sub>V" установите переключатель S в положение "0 U";

подключите источник "U<sub>K</sub>" к замыкам "E<sub>M</sub>";

установите нули микровольтметра и калибратора

(п.п. II.10, II.11);

установите предел микровольтметра "10 V" (при  $U_K > 5 V$  нажмите кнопку "H<sub>1</sub>V") и переведите переключатель S в положение "E<sub>M</sub>";

по ряду "XI" ("X2") выставьте действительное значение источника  $U_K$  и (при  $U_K > 5 V$ ) отпустите кнопку "H<sub>1</sub>V";

постепенно повышая чувствительность микровольтметра по- тенциометрами "E<sub>M</sub>", установите стрелку показывающего прибора на нулевую отметку нижней шкалы с отклонением не более  $\pm 4 \cdot 10^{-5}\%$  (например, при  $U_K = 5 V$  отклонение не должно превышать  $4 \cdot 10^{-5} \cdot 5 V = 2 \mu V$ ).

100

По окончании калибровки установите предел микровольтметра "10 V", выведите переключатель S из положения "E<sub>M</sub>" в положение "0 U".

II.12.2. При работе с нормальным элементом, не допускающим даже кратковременного (импульсного) отбора тока, следует руководствоваться следующим:

отпустите кнопку "H<sub>1</sub>V" и установите переключатель S в положение "0 U";

нормальный элемент подсоедините к замыкам "E<sub>M</sub>";

установите нули микровольтметра и калибратора (п.п. II.10; II.11) по ряду "X2" ("XI");

включите на микровольтмере предел "10 V", переведите переключатель в положение "I", установите на переключателе ряда "X2" ("XI") действительное значение э.д.с. нормального элемента.



Стрелка показывающего прибора должна отклониться влево на одно оцифрованное деление верхней шкалы.

Переведите переключатель  $S$  в положение "EM", при этом стрелка показывающего прибора должна вернуться к нулевой отметке нижней шкалы. Постепенно повышая чувствительность микровольтметра, потенциометрами "EM" установите стрелку показывающего прибора на нулевую отметку нижней шкалы с отклонением не более  $\pm 0,2 \mu V$  (предел  $10 \mu V$ ).

Установите предел микровольтметра "10V", переключатель  $S$  выведите из положения "EM" в положение "0V".  
 II.12.3. Взаимная калибровка выполняется при поверке компаратора по калибратору.

При калибровке выполните следующие операции:

в отпущенном положении кнопки "H E" установите переключатель  $S$  в положение "0V";  
 подключите калибратор к клеммам "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>");  
 установите нули микровольтметра (п. II.10) и комплектный нуль компаратора по ряду "XI" потенциометрами "XI" компаратора и "0V" калибратора;  
 установите предел микровольтметра "10V" и переведите переключатель  $S$  в положение "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>");  
 установите значение IV по ряду "XI" компаратора и IV калибратора;

постепенно повышая чувствительность микровольтметра, потенциометрами "EM" компаратора или КАЛИБР калибратора установите стрелку показывающего прибора на нулевую отметку нижней шкалы с отклонением не более  $\pm 0,2 \mu V$ ;  
 установите предел микровольтметра "10V" и переведите переключатель  $S$  в положение "0V".

## 12. ПОРЯДОК РАБОТЫ

12.1. Измерение напряжения с использованием микровольтметра

12.1.1. При полном уравновешивании погрешность измерения определяется калибратором и соответствует значениям, указанным в табл. 9.

При неполном уравновешивании в погрешность измерения до-

полнительно входит погрешность измерения неуравновешенной части в соответствии с используемым измерителем разности (встроенный микровольтметр или измерительный усилитель с внешним ЦВ). Для оценки влияния погрешности измерителя разности и, соответственно, определения допустимой части неуравновешенного напряжения необходимо учитывать, что влияние собственной погрешности измерителя выхода уменьшается пропорционально отношению неуравновешенной и уравновешенной частей измеряемого напряжения. Например, если при измерении напряжения IV уравновешивание произведено 4-мя декадами (999900  $\mu V$ ), а  $100 \mu V$  отсчитывается по показывающему прибору с погрешностью  $\pm 1\%$ , то вносимая погрешность составит только  $\pm 10^{-4}\%$  ( $1\% \times 100 \approx 10^{-4}\%$ ).

999900

При использовании внешнего ЦВ класса точности 0,01 и измерительного усилителя на пределе  $10 mV$  ( $\pm 0,01\%$ ) возможно произвести уравновешивание только двумя декадами  $999000 \mu V$ . При этом вносимая погрешность также будет порядка  $\pm 2 \cdot 10^{-4}\%$  ( $2 \times 0,01\% \times 10000 \approx 2 \cdot 10^{-4}\%$ ). Измерение напряжения, не

999999

превышающее II V с использованием микровольтметра производится следующим образом:

присоедините источник измеряемого напряжения к клеммам "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>");

установите нули микровольтметра в соответствии с п. II.10 установите нуль калибратора на пределе 10V (п. II.11) при закороченных клеммах "U<sub>2</sub>" ("U<sub>1</sub>");

выполните калибровку компаратора по ИМО (нормальному элементу) (п. II.12);

установите предел микровольтметра 10V и нажмите кнопку

"H E";

переведите переключатель  $S$  в положение "U<sub>1</sub>";

"U<sub>2</sub>" и установите измерную величину измеряемого напряжения по микровольтметру;

выключите ряд "XI" и уравновесьте декадами переключателями измеряемое напряжение;

уравновешивание выполнено правильно, если стрелка показывающего прибора смещена от нулевого положения на величину, не превышающую 5 делений верхней шкалы;

отпустите кнопку "В" и продолжите работу по нижней шкале микровольтметра;

постепенно повышая чувствительность микровольтметра, делами переключателями уравновесьте измеряемое напряжение.

При полном уравновешивании результат определяется по положению десятичных переключателей. При неполном уравновешивании — суммой напряжений калибратора (отсчитывается по положению десятичных переключателей) и микровольтметра. При изменении напряжения свыше II V используется встроенный делитель входного напряжения. В этом случае источник измеряемого напряжения подключается к зажимам "U" и ДЕТ. При исполнении соединения соединительного кабеля компаратора нужно замкнуть между собой зажимы "U", "I" и ДЕТ. Измерение производится, установив переключатель S в положение "I".

При этом погрешность делителя входного напряжения входит в погрешность измерения в соответствии с табл. 2.

12.2. Измерение напряжения с использованием внешнего цифрового вольтметра.

12.2.1. Присоедините цифровой вольтметр к зажимам "ДВ" (при точных измерениях) или к зажимам "АВ" (при необходимости максимальной погрешности). Входное сопротивление цифрового вольтметра должно быть не менее 100 кОм. Установите на цифровом приборе предел U при присоединении его к зажимам "ДВ" и предел 10 U при присоединении его к зажимам "АВ". При этом пределы измерения цифрового вольтметра будут соответствовать пределам измерения усилителя компаратора.

Установку нулей усилителя и калибратора следует проводить по каждому из выводов аналогично п. 11.10; 11.11.

12.3. Измерение напряжения с использованием аналоговой регистрации (самопишущего прибора).

12.3.1. Установите нули усилителя при нажатой кнопке "В" аналогично п. 11.10 по аналоговому прибору, на пределе 10 V с входным сопротивлением не менее 10 кОм,

$$0.001 \text{ В} = \lambda - 10$$

Примечание: U — номинальное значение калиброванного напряжения;  $\lambda$  — относительная погрешность ИМО (класс точности), выраженная в миллионных частях (например, для нормального элемента класса точности 0.001).

Значение характеристик по пределам		Характеристика	
10 V	IV	при интервале калибровки 8 V	Предел допускаемой основной погрешности воспроизведения в прецизионном режиме при калибровке по ИМО (нормальному элементу) с погрешностью $\lambda$ , мВ
0,1 V	I	при интервале калибровки 1 V	
		Р303 М1 - 1	Решение задачи основано на прецизионном режиме при калибровке по ИМО (нормальному элементу) с погрешностью $\lambda$ , мВ
		Р303 М1 - 2	
			при интервале калибровки 8 V
			при интервале калибровки 1 V
			при интервале калибровки 8 V
			при интервале калибровки 1 V

Таблица 9

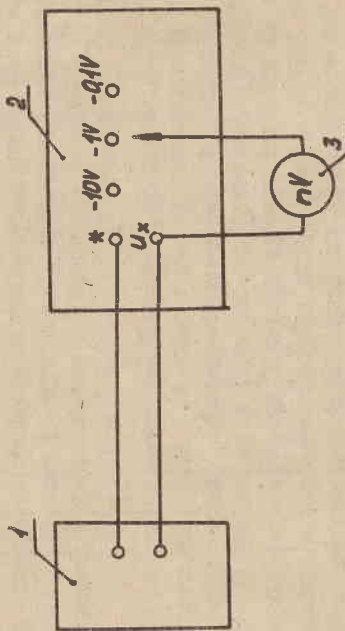


подключенному к выводу "AB" компаратора. В случае невозможности установки нуля по п. II.10, можно устанавливать нуль декадами калибратора. При необходимости изменения polarity компенсирующего напряжения калибратора нажмите кнопку "H" и одновременно поменяйте места провода на входных зажимах.

12.4. Измерение напряжения с использованием внешнего нановольметра производится на пределе компаратора 0, IV в тех случаях, когда чувствительности микровольметра недостаточно. Схема включения показана на рис. 6.

12.4.1. Подготовьте компаратор к работе (раздел II). Установите переключатель S в положение "0V", предел микровольметра 10V, переключатель декад - в нулевое положение.

Схема включения источника измеряемого напряжения и нановольметра



1 - источник измеряемого напряжения  
2 - задняя панель компаратора Р300ЭМ1;  
3 - нановольметр.

Рис. 6

Замкните медной перемычкой зажимы "Ux" на задней панели.

12.4.2. При соедините к нижнему зажиму "Ux" и к ис-пользуемому зажиму выхода калибратора нановольметра, измерьте с его помощью нулевое напряжение калибратора и компенсируйте его устройством смещения нуля нановольметра.

При возможности обеспечить источник сигнала, рекомендуется производить установку комплексного нуля схемы устройством смещения нуля нановольметра после присоединения цепи Ux с отключенным питанием, что позволяет повысить точность измерения. При этом замкните зажимы "Ux" не производите.

12.4.3. Установите коммутирующие устройства нановольметра в положение установки нуля, снимите перемычку с зажимов "Ux", присоедините источник сигнала.

12.4.4. Установите переключатель пределов нановольметра на грубый предел измерения и оцените величину измеряемого напряжения. Выполняя последовательно уравновешивание и понижение чувствительности нановольметра, произведите измерение.

12.5. Порядок работы с дифференциальным измерительным усилителем напряжений.

12.5.1. Подключите к зажимам "ЦВ" или "AB" на задней панели компаратора периферийное устройство.

12.5.2. Выполните подготовку к работе компаратора в соответствии с разделом II. Установите переключатель декад рядов "XI", "X2" в нулевые положения и включите предел калибратора "0, IV". Исключите влияние нулевого напряжения калибратора, для чего окончательно установите нуль усилителя по напряжению выполните потенциометрами "0U" по актичному реключателю рода работы в одно из положений "U1", "U2", "EN", предварительно замкнув соответствующую пару зажимов медной перемычкой. Если в процессе работы не предполагается калировка калибратора по ИНО (нормальному элементу), рекомендуется замкнуть накоротко зажимы "EN" и установите нуль по напряжению и току производите соответственно в положениях "EN"; "0I".

При необходимости особо точно усиления сигнала, установку нулей необходимо производить при замкнутых зажимах "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>") соответственно в положении переключателя рода работы "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>").

12.5.3. Установите переключатель рода работы в положение "U<sub>1</sub>" или "U<sub>2</sub>" в соответствии с используемыми входными зажимами, включите предел измерения в соответствии со значением сигнала и определите значение входного напряжения.

12.5.4. Погрешности усилителя по выходам АВ и ЦВ определяются видом работы и периодичностью контроля нулей. Исходные данные для определения погрешностей даны в разделе 3. Обратите внимание на указанные ниже возможности повышения точности усиления сигнала.

Если в измеренном напряжении имеется неизменная в процессе измерения составляющая, компенсируйте ее прецизионным напряжением калибратора. При этом сравнительно низкая точность усилителя по выходам АВ и ЦВ и погрешности измерителя выхода практически окажут влияние только на погрешность результата усиления переменной части сигнала.

Имейте в виду, что значения нелинейности усилителя (нелинейность) и кратковременная нестабильность усилителя на несколько десятков меньше погрешности усилителя по выходам АВ и ЦВ и составляет 10<sup>-2</sup> - 10<sup>-3</sup> %.

Исключение погрешности усилителя по выходам АВ и ЦВ может быть достигнуто калибровкой всего измерительного тракта (включая цифровой вольтметр) посредством подачи в этот тракт напряжения калибратора.

Поскольку временная стабильность нулей по напряжению и току усилителя существенно зависит от длительности включения прибора, по возможности увеличивайте время предварительного включения прибора в соответствии с видом выполняемой работы.

12.6. Порядок работы с микровольтметром (без уравновешивания)

12.6.1. Отпустите кнопку "H<sub>0</sub>" и "H<sub>1</sub>", установите предел компаратора 0,1V, переключатели декад в нулевые положения и присоедините измеряемый источник к зажимам "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>"); если напряжение источника превышает 11V, он дол-

жен быть подключен к зажимам "U<sub>1</sub>" и ДЕН.

12.6.2. Установите нули микровольтметра (п.11.10) и закоротите зажимы "U<sub>2</sub>" ("U<sub>1</sub>") медной перемычкой.

12.6.3. Переведите переключатель S в положение "U<sub>2</sub>" ("U<sub>1</sub>") и доподстройте нуль потенциометрами "00" микровольтметра с отклонением не более ±50mV (на пределе 1mV). Установите предел микровольтметра 10V, переключатель S в положение "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>"). Нажмите кнопку "H<sub>0</sub>" или "H<sub>1</sub>" (в зависимости от полярности измеряемого напряжения) и измерьте напряжение источника на соответствующем пределе микровольтметра.

12.7. Порядок работы с калибратором напряжений

12.7.1. Подготовьте компаратор к работе (п.11) и (при необходимости) откалибруйте его по источнику напряжения об-разцовому (нормальному элементу) (п.11.12).

Значения напряжений на выходах калибратора приведены в табл.10.

При выборе предела калиброванных напряжений следует не забывать отличие выходов сопротивлений и нулевых напряжений по пределам калибратора. Нагрузочная характеристика калибратора на пределе 10V приведена в приложении.

12.7.2. Перед работой с калибратором установите переключатели декад используемого ряда "X1" ("X2") в нулевые положения, и убедитесь, что при этом калибруемый объект выдает нуль.

Отметим, что установку нуля калибратора следует производить на каждом пределе калиброванных напряжений, используя совместно потенциометры "X1" ("X2") компаратора и органы регулировки нуля калибруемого объекта. Установив таким образом комплектный нуль калибратора и калибруемого объекта,

12.7.3. Погрешность воспроизведения калибратора определяется видом работы, периодичностью калибровки и подстройки нуля. При компарировании погрешность определяется нелинейностью напряжения калибратора, нестабильностью напряжения калибратора на межповоротный интервал вследствие нестабильности ИОНа, вызванной длительностью включения, изменением



внешней температуры, изменением напряжения сети, изменением нулевого напряжения калибратора.

Уменьшение погрешности достигается за счет периодической установки нулей калибратора и калибровки. В частности, при проверке цифровых приборов погрешность напряжения калибратора определяется только его нелинейностью, если перед каждым циклом поверки производится комплексная установка нуля согласно п. 12.7.2 и взаимная калибровка калибратора и поверяемого цифрового прибора, для чего органами калибровки компаратора или цифрового вольтметра устанавливается номинальное значение напряжения калибратора.

Необходимо иметь в виду, что составившие погрешности, вызванные длительностью включения, существенно снижаются при увеличении длительности предварительного включения. Сокращение составляющих погрешности, вызванных длительностью включения и изменением внешних условий достигается также за счет периодической калибровки калибратора по внешнему ИНО, например, термостабилизированному нормальному элементу. Перед каждой калибровкой необходимо устанавливать нуль калибратора.

При измерении калибровка производится по ИНО (нормальному элементу) с известным действительным значением напряжения. К значениям нелинейности калибратора добавляется погрешность определения действительного значения напряжения ИНО (нормального элемента).

Пределы допускаемой погрешности воспроизведения калибруется соответствуют указанным в табл. 9.

12.7.4. Структура калибратора, при которой пределы калиброванных напряжений IV и 0, IV образованы посредством делителей, помещаемых внаемлю подстройку, позволяет использовать пределы калиброванных напряжений как раздельно, так и совместно. При переходе с одного предела калиброванных напряжений на другой с целью использования более высокой точности старших делителей в этом случае должны быть обязательно построены резисторные делители калибратора в соответствии с методикой раздела 13.

При раздельном использовании пределов калиброванных напряжений погрешность резисторных делителей калибратора учитывается калибровкой.

Номер декады	Левая одной ступени декады по пределам калиброванных напряжений, V	10	I	0,1
...	IV	IV	IV	IV
1	100mV	100mV	100mV	100mV
...	IV	IV	IV	IV
2	100mV	100mV	100mV	100mV
...	IV	IV	IV	IV
3	10mV	10mV	10mV	10mV
...	IV	IV	IV	IV
4	1mV	1mV	1mV	1mV
...	IV	IV	IV	IV
5	100mV	100mV	100mV	100mV
...	IV	IV	IV	IV
6	10mV	10mV	10mV	10mV
...	IV	IV	IV	IV
7	100mV	100mV	100mV	100mV

Таблица 10

### 12.8. Измерение сопротивлений

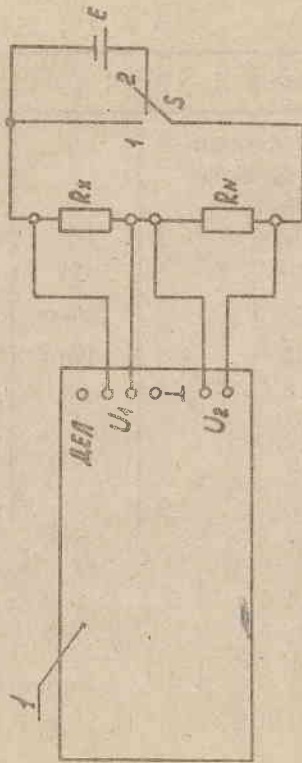
12.8.1. Схема измерения сопротивлений представлена на рис. 7. Образцовый ( $R_N$ ) и измеряемый ( $R_x$ ) резисторы соединены токовыми зажимами последовательно с источником питания  $E$ . Потенциальными зажимами резисторы  $R_N$ ,  $R_x$  присоединены ко входам "U 2", "U 1". При прецизионных измерениях рекомендуется использовать переключаемый источник питания  $S$ , в положении I, замыкающий контур  $R_x$ ,  $R_N$  для установки комплектов нулей с учетом влияния сопротивлений резисторов и термодинамической Э.Д.С. цепи.

При измерении сопротивлений компаратор калибруется по напряжению на сопротивлении  $R_N$ , после чего измеряется напряжение на сопротивлении  $R_x$ .

### 12.9. Измерение коэффициентов деления делителей

12.9.1. Измерение коэффициента деления делителей производится аналогично измерению величины сопротивлений с тем отличием, что вход "U 2" подключается к выводам делителя, присоединенным к источнику питания  $E$ . При измерении коэффициентов деления делителя компаратор калибруется по напряжению на входе делителя, после чего измеряется его выходное напряжение.

Схема измерения сопротивлений



I — компаратор Р300ЭМ1;

$R_N$  — образцовый резистор;

E — источник питания.

Рис. 7

### 13. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

13.1. Настоящий раздел устанавливает методы и средства периодической поверки компараторов.

Методы и средства поверки указаны применительно к двум разным поверочным схемам, в зависимости от класса точности компаратора Р300ЭМ1 и используемой поверочной аппаратуры (см. п. 13.3).

#### 13.2. Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие операции:

внешний осмотр (п. 13.6.1);

определение основной погрешности компаратора

(пп. 13.6.2.1; 13.6.3.1);

определение основной погрешности калибратора

(пп. 13.6.2.2; 13.6.3.2);

определение погрешности дифференциального измерительно-го усилителя напряжения (пп. 13.6.2.3; 13.6.3.3);

определение погрешности микровольметра (пп. 13.6.2.4;

13.6.3.4).

Операции поверки указаны для условий эксплуатации и выполняются с периодичностью в один год.

При поверке производится подстройка резисторных делителей в соответствии с разделом 14.

#### 13.3. Средства поверки

Для компараторов Р300ЭМ1-1 основным рекомендуемым средством является компаратор Р3017.

Для компараторов Р300ЭМ1-2 основным рекомендуемым средством поверки является калибратор П827 и дополнительный компаратор Р300ЭМ1 (Р3003), не допускается также применение компаратора Р3017. Кроме того, в обмен клемм поверки должны применяться следующие средства поверки:

нормальный элемент II разряда класса точности 0,001;

термометр для контроля температуры окружающего воздуха с разрешением 0,2°C;

вольтметр переменного напряжения для контроля напряжения сети класса точности не ниже 2,5.



Взамен компараторов Р3017, Р300ЭМ1 (Р3003), калибратора П327 допускается применение другой аппаратуры, удовлетворяющей условиям поверки.

Поверочную схему расположите на металлизированной изолированной поверхности, соединив металл с корпусами приборов.

Монтаж должен быть выполнен медными изолированными свинцовыми экранованными проводниками.

#### 13.4. Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия применения:

температура окружающего воздуха  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;

относительная влажность от 30 до 80%;

напряжение питающей сети  $(220 \pm 4,4) \text{ V}$ ;

частота питающей сети  $(50 \pm 1) \text{ Hz}$  или  $(60 \pm 1,2) \text{ Hz}$ ;

атмосферное давление  $84-106,7 \text{ kPa}$  ( $630-800 \text{ mm Hg}$ ).

Компаратор выдерживается в нормальных условиях не менее четырех часов.

#### 13.5. Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

поверхней компаратор должен быть подготовлен к работе в соответствии с разделом II настоящего ГО;

образцовая аппаратура должна быть подготовлена к работе в соответствии с ее эксплуатационными документами;

поверочная схема должна быть выполнена в соответствии с указаниями п. 13.3.

Время выдержки в нормальных условиях при температуре поверки должно быть не менее четырех часов.

13.6. Проведение поверки и обработка результатов наблюдений

13.6.1. Внешний осмотр компаратора. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие компаратора следующим требованиям:

наличие и состояние клемм; комплектность.

Не допускается к эксплуатации и подлежат ремонту компараторы с поврежденными зажимами, поврежденными кабелями се-

тевого питания.

13.6.2. Определение метрологических характеристик компаратора Р300ЭМ1-1.

Перед поверкой следует в соответствии с ГО на компараторе Р3017 подстроить линейность ДДН БИ, декады БИ и первой декады БИ, а также пределы БИ.

13.6.2.1. Определение основной погрешности компарирования необходимо производить по БИ компаратора Р3017 в схеме, указанной на рис. 8.

Перед началом поверки установите переключатели приборов в следующие положения:

компаратора Р3017

переключатели всех декад БИ и БП - "0";

переключатели пределов БИ, микровольтметра - "10V";

переключатель рода работы микровольтметра - "0V";

переключатель пределов БИ - "0,1V";

переключатель рода работы БИ - "U";

компаратора Р300ЭМ1

переключатель рода работы - "0V";

переключатели всех декад - "0";

переключатели пределов калибратора и микровольтметра

- "10V";

кнопки "1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8", "9", "0", "КОНТР" - отжаты (работа по нижней шкале);

переключатель гядов - "XI".

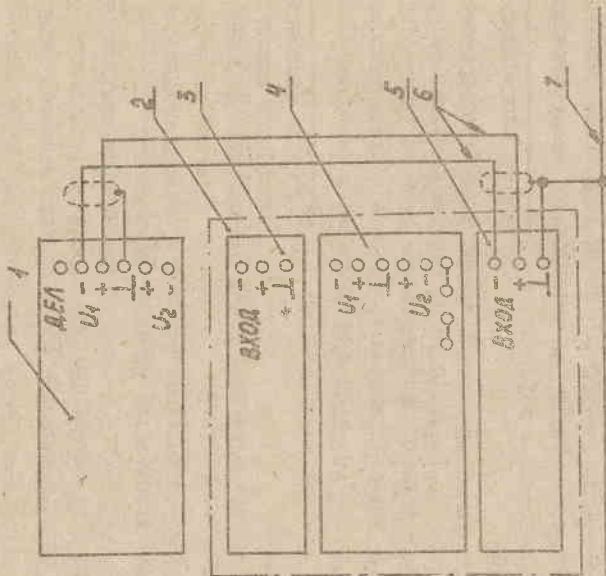
Внимание! Во время поверки и подстройки компаратора Р300ЭМ1 положения переключателей БИ и микровольтметра компаратора Р3017 не изменять.

Определение основной погрешности первой декады компаратора Р300ЭМ1 необходимо производить по ДДН БИ, для чего проведите следующие операции:

установите переключатель рода работы БИ в положение "r1", переведите переключатель декады БИ в положение "10";

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "U", " и устройствами "0V" БИ или потенци-

Схема определения погрешности компарирования компаратора Р300ЭМ1-1 с использованием компаратора Р301Г7



- 1 - компаратор Р300ЭМ1;
- 2 - компаратор Р301Г7;
- 3 - микровольтметр компаратора Р301Г7;
- 4 - блок измерительный (далее - БИ);
- 5 - блок поверочный (далее - БП);
- 6 - соединительный кабель;
- 7 - металлизированная изолированная поверхность

Рис. 8

метром "Х1" компаратора Р300ЭМ1 установите комплектный нуль  
схемы на пределе микровольтметра компаратора Р300ЭМ1  $10 \mu V$ ;  
переведите переключатель пределов микровольтметра компа-  
ратора Р300ЭМ1 в положение "10 V";  
установите переключатель первой декады компаратора  
Р300ЭМ1 в положение "1" (напряжение 1,0 V);  
установите переключатель декады ДДН БП в положение "1"  
(1,0 V);

постепенно понижая чувствительность микровольтметра ком-  
паратора Р300ЭМ1, выложите предел "10  $\mu V$ ", и произведите  
взаимную калибровку с помощью устройств калибровки "Е" "ком-  
паратора Р300ЭМ1 и КАЛИБР блока БП. Расхождение напряжений  
должно быть не более  $\pm 0,2 \mu V$ ;

установите на компараторе Р300ЭМ1 и ДДН БП напряжения 2V  
отсчитайте на пределе 100  $\mu V$  микровольтметра значение  
разности напряжений компаратора Р300ЭМ1 и ДДН БП  $d_{1,1}$ . Эта раз-  
ность представляет собой погрешность, где 1 - номер декады  
компаратора Р300ЭМ1, 2 - номер ступени.

Аналогичным образом произведите поверку остальных положе-  
ний первой декады и занесите в табл. II значения  $d_{1,1}$ .

Поверку всех остальных декад произведите по БП, исполь-  
зуя его аналогично калибратору П327 согласно п. 13.6.3.1.

Для чего выполните следующие операции:

переведите переключатель рода работы БП в положение "Р2";  
переключатель декад БП, ДДН БП, компаратора Р300ЭМ1 уста-  
новите в положение "0", переключатель рода работы компарато-  
ра Р300ЭМ1 - в положение "U<sub>1</sub>";

устройством "0 U" БП или потенциометром "Х1" компара-  
тора Р300ЭМ1 установите комплектный нуль схемы на пределе  
микровольтметра компаратора Р300ЭМ1  $10 \mu V$ ;

установите переключатель первой декады компаратора  
Р300ЭМ1 и переключатель декады БП - в положение "1";

Таблица II

Номер :Номер декады :ступени :	Значение по ступеням декад, $\mu V$	действительное, $d_{mi}$ :	предельное
0			1,0
1			3,5
2			6,0
3			8,5
4			11
5			13,5
6			16
7			18,5



Номер декады	Номер ступени	Значение по ступеням декад, $\mu V$	действительное, $d_{mi}$	предельное
I	8			21
	9			23,5
	10			26
	0			1,00
	1			1,25
	2			1,50
	3			1,75
	4			2,00
	5			2,25
	6			2,50
II	7			2,75
	8			3,00
	9			3,25
	10			3,50
	0			1,00
	1			1,02
	2			1,05
	3			1,07
	4			1,10
	5			1,12
III	6			1,15
	7			1,17
	8			1,20
	9			1,22
	10			1,25

устройствами "КАЛИБР" БП и "Б<sub>N</sub>" компаратора Р300ЭМ1/г произведите взаимную калибровку на пределе микро-вольметра компаратора Р300ЭМ1/ 10  $\mu V$  ;

установите предел микровольметра компаратора Р300ЭМ1 в положение "10 V" ;

установите переключатели декад компаратора Р300ЭМ1 и декады БП в положение "0" ;

переведите переключатель пределов БП в положение "1 V" и потенциометром "X1" компаратора Р300ЭМ1 установите комп-лектный нуль схемы на пределе микровольметра 10  $\mu V$  ;

установите декаду БП в положение "1", декаду компарато-ра Р300ЭМ1 в положение "0100000" (0,1 V) ;

отсчитайте погрешность первой ступени второй декады на пределе микровольметра 10  $\mu V$  ;

устанавливая переключатель декад БП и второй декады ка-либратора Р300ЭМ1 в положение "2" ... "10", определите погреш-ность на остальных ступенях 2-ой декады компаратора Р300ЭМ1 и занесите значения в табл. II.

Поверку остальных декад произведите аналогично, начиная с контроля и подстройки комплектного нуля схемы.

Калибровку следует контролировать только при поверке первых трех декад.

Значения  $d_{mi}$  для 4 ... 7 декад должны быть не более

1  $\mu V$ .

13.6.2.2. Основная погрешность компарирования по сущест-ву является основной погрешность линейности установленного напряжения калибратора (нелинейность) и поэтому может быть использована при работе с ним.

Погрешность для предела 10 V определяется согласно табл. II. При подстроенных делителях выходного напряжения ка-либратора компаратора погрешность на пределах 1 V ; 0,1 V опре-деляется делением погрешностей предела 10 V на 10 и 100 соответственно.

13.6.2.3. Определение погрешности усилителя по выходам АВ и ЦВ компаратора Р300ЭМ1-I производится в поверочной схе-ме рис. 9 при одной полярности сигнала. Схема собирается после подстройки линейности декад БП и БИ и пределов БП.

Значения нелинейности усилителя определяются по выходу ЦВ при включении измерителя выхода на цифровой выход усилите-ля. Переключатель рода работы блока БП должен быть установ-лен в положение "R2".

Значения нелинейности определяются при входных сигналах указанных в табл. I2.

Для определения значений нелинейности выполните следу-ющие операции :





установите коммутирующие устройства компаратора Р300ЭМ1 в положении, соответствующие усилению сигнала на пределе  $100 \mu V$  (вход "U<sub>1</sub>");

установите переключатель пределов блока Б1 в положение " $100 \mu V$ ", все декады компаратора Р300ЭМ1 и блоков БИ, БП должны быть установлены в нулевые положения;

установите на блоке БИ переключатель рода работ в положение "U", переключатель рядов в положение "X1", переключатель пределов в положение "10V";

установите на микровольтметре компаратора Р3017 переключатель рода работ в положение "U", переключатель пределов в положение " $100 mV$ ". При этом нуль микровольтметра должен быть посередине (при необходимости подстройте комплектный нуль потенциометрами "0<sub>1</sub>" компаратора Р300ЭМ1 с отклонением не более  $\pm 0,1 \mu V$ );

убедитесь в работоспособности схемы, подав в схему напряжение  $1 \mu V$  от калибратора компаратора Р300ЭМ1. При этом стрелка микровольтметра компаратора Р3017 должна отклониться на одно оцифрованное деление верхней шкалы;

установите переключатель рода работ микровольтметра компаратора Р3017 в положение "0V";

кнопкой "А<sub>1</sub>" установите нуль показывающего прибора компаратора Р300ЭМ1 на нулевую отметку верхней шкалы;

установите вторую декаду блока БИ по вышечному ряду Х1 в положение "10";

установите декаду Б1 в положение "10";

переведите переключатель рода работ микровольтметра компаратора Р3017 в положение "U", и выполните взаимную калибровку блока БП и блока БИ, для чего устройствами "КАЛИБР" БП и БИ установите стрелку показывающего прибора микровольтметра компаратора Р3017 на нулевую отметку шкалы;

синхронно переключая по ступеням переключатель декады блока БП и переключатель второй декады блока БИ, отсчитайте значения нелинейности на 8-2 ступенях.

Результаты измерения занесите в табл. 12.

Для определения значений нелинейности на пределах усилителя  $10 mV$ ,  $10V$  выполните все описанные выше операции, ком-

мутируя блоки БП и БИ, компаратор Р300ЭМ1 и микровольтметр компаратора Р3017 в соответствии с табл. 12.

Погрешность усилителя по выходу ЦВ определяется при номинальных значениях напряжений на пределах усиления  $100 \mu V$  -  $100 mV$ .

Выполните взаимную калибровку блоков БП и БИ на пределе  $1V$  следующим образом:

установите все декады блоков БИ, БП и компаратора Р300ЭМ1 в нулевые положения;

включите предел микровольтметра компаратора Р300ЭМ1 "IV", установите переключатель пределов микровольтметра компаратора Р3017 и переключатель пределов БП в положение "10V"; пользуюсь устройствами "0<sub>1</sub>" БП и БИ, установите комплектный нуль схемы на пределе микровольтметра компаратора Р3017  $10 \mu V$ ;

установите декаду БП и первую декаду ряда Х1 блока БИ в положение "1V";

устройствами "КАЛИБР" блоков БП и БИ выполните взаимную калибровку на пределе микровольтметра компаратора Р3017  $10 \mu V$ . Расхождение должно быть не более  $\pm 0,2 \mu V$ .

Произведите поверку пределов  $100 \mu V$  -  $100 mV$ , устанавливая коммутирующие устройства приборов в соответствии с табл. 12. Результаты измерения занесите в табл. 13.

Определение погрешности усилителя по выходу АВ производится на пределах  $10V$ ,  $10 mV$  при номинальном напряжении на входе.

Поверка производится в схеме, указанной на рис. 9, при присоединении измерителя выхода к аналоговому выходу усилителя компаратора.

Перед поверкой и пересоединением измерителя выхода на аналоговый выход выполните взаимную калибровку блоков БИ и БП по цифровому выходу в соответствии с описанным выше при определении погрешности усилителя по выходу ЦВ.

Выполняя установку минимального отклонения от нуля при нулевых положениях декад потенциометрами "0<sub>1</sub>" микровольтметров компараторов Р300ЭМ1, Р3017 и устанавливая коммутирующие устройства приборов в соответствии с табл. 14, произведите определение погрешности усилителя по выходу АВ.

Результаты измерений занесите в табл. 14.

13.6.2.4. Определение основной приведенной погрешности микровольтметра может производиться в схеме рис.8 и в схеме рис.9 - без измерителя выхода при работе компаратора в режиме микровольтметра (верхняя шкала, кнопка " $\frac{H}{B}$ " выключена)

Основная приведенная погрешность определяется при выбранном пределе компаратора 0,1V ;  
 на пределе 100  $\mu V$  - на всех числовых отметках шкалы;  
 на остальных пределах измерения, кроме предела 1  $\mu V$  - на крайней отметке шкалы;

на пределе 1  $\mu V$  - на девятой оцифрованной отметке шкалы.  
 Установив комплектного нуля потенциометрами "0V" поверяемого компаратора на пределах 100; 10; 1  $\mu V$  обязательна.

Измерения производятся с исключением влияния шума посредством усреднения показаний.

13.6.3. Определение метрологических параметров калибратора Р3003М1-2 можно производить в зависимости от наличия средств поверки:

в соответствии с методикой п.13.6.2 при наличии компаратора Р3017;

в соответствии с методикой пп.13.6.3.1...13.6.3.4 при наличии калибратора П327 и дополнительного компаратора Р3003М1 (Р3003) в схеме поверки, указанной на рис.10.

13.6.3.1. Определение основной погрешности компарирования производятся в схеме рис.10 в варианте без компаратора Р3003 - измерителя выхода.

При определении основной погрешности должны выполняться следующие операции:

установите переключателя декад компаратора и калибратора П327 в нулевые положения, выключите ряд  $X_1$ ;

переведите переключатели пределов на калибраторе П327 и компараторе в положение "10V";

переведите переключатель рода работы компаратора в положение "U<sub>1</sub>" и потенциометрами "0V" калибратора П327 или "X1" и "Сх" компаратора установите комплектный нуль схемы на пределе микровольтметра 10  $\mu V$  с отклонением не более  $\pm 0,1 \mu V$  ;

Примечание. В скобках указаны приборы применительно к схеме рис.10, для поверки компараторов Р3003М1-2

Измеритель выхода	Поверяемый ком-: Блок П1 (калибратор П327)	Поверяемый пре-: Предел калибр-: Положение	Поверяемый пре-: Положение	Напряжение на выходе П1	Предел измерения: Значение погрешности поверяемого	Напряжение на выходе П1	Предел измерения: Значение погрешности поверяемого
	100 $\mu V$	100 $\mu V$	100 $\mu V$	10	10 $\mu V$	10 $\mu V$	10 $\mu V$
	1 $\mu V$	1 $\mu V$	10 $\mu V$	10	10 $\mu V$	10 $\mu V$	10 $\mu V$
	10 $\mu V$	10 $\mu V$	10 $\mu V$	10	10 $\mu V$	10 $\mu V$	10 $\mu V$
	100 $\mu V$	100 $\mu V$	100 $\mu V$	10	100 $\mu V$	100 $\mu V$	100 $\mu V$

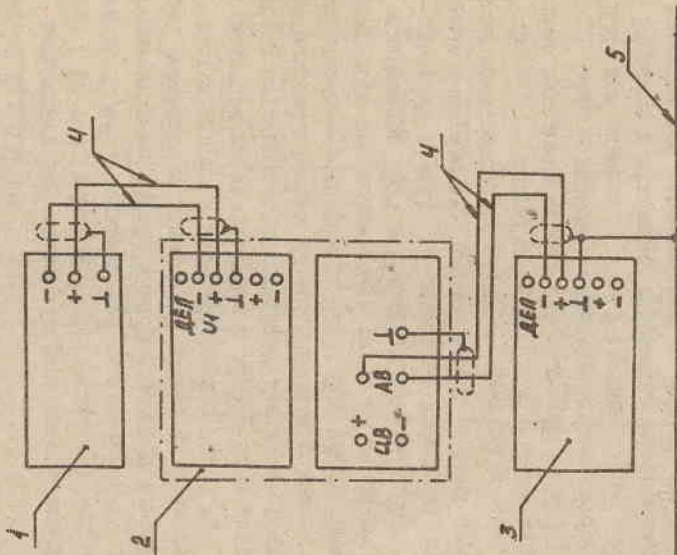
Погрешность усилителя по выходу ЦВ  
 Температура  $^{\circ}C$   
 Напряжение сети V

Прибор №  
 Таблица 13





Схема проверки компаратора Р300ЭМ1-2 с использованием калибратора П327 и дополнительного компаратора Р300ЭМ1 (Р3003)



- 1 - калибратор П327;
- 2 - поверяемый компаратор Р300ЭМ1 (компаратор I) - передняя и задняя панели;
- 3 - измеритель выхода - дополнительный компаратор Р300ЭМ1 или Р3003 (компаратор II);
- 4 - соединительные кабели;
- 5 - металлизированная изолированная поверхность.

Рис. 10

13.6.3.2. Погрешность линейности установленного напряжения калибратора компаратора определяется в соответствии с п.13.6.2.2. Для предела 10V определяется согласно с табл. I

13.6.3.3. Определение погрешности усилителя по выходам АВ и СВ компаратора Р300ЭМ1-2 производится в поверочной схеме рис.10 при одной полярности сигнала.

Разность нулевых напряжений калибратора и выхода усилителя (расхождение их уровней калировки за межповерочный интервал) превышает соответственно 1/3 аддитивного и мультипликативного членов формулы определяемой погрешности, скрректируйте соответствующими регуляторами. Значения нелинейности усилителя должны определяться по цифровому выходу при одной полярности сигнала и вычисления измерителя выхода на цифровой выход усилителя.

Погрешность определяется при значениях входных сигналов указанных в табл. I2.

Для определения значений нелинейности сигнала выполните следующие операции:

установите коммутирующее устройство поверяемого компаратора (далее - компаратор I) в положения, соответствующие уровню сигнала на пределе 100  $\mu$ V (выход " U, " );

установите на калибраторе П327 предел 100  $\mu$ V ( переключатель декады в нулевом положении);

включите компаратор Р3003 - измеритель выхода (далее компаратор II) в положение измерения напряжения 100  $m$ V (выход " U " ). При этом нуль микровольтметра должен быть посередине, при необходимости подстройте комплектный нуль потенциометра. " 0v " компаратора I с отклонением не более  $\pm 0,1 \mu$ K ;

убедитесь в работоспособности схемы, подав в схему напряжение 1  $\mu$ V от калибратора компаратора I. При этом стрелка микровольтметра компаратора II должна отклониться на одно оцифрованное деление верхней шкалы;

установите переключатели рода работы компараторов в положение " 0v " ;

кнопкой "  $\frac{M}{L}$  " установите нуль показывающего прибора компаратора I на нулевую отметку верхней шкалы;



схронно переключая по ступеням переключатель декады ПЗ27 и переключатель первой декады компаратора П, отчитайте значения поправок калибратора ПЗ27 и компаратора П на 8-2 ступенях.

Для определения погрешности компаратора I на пределе 10V из результата измерения следует вычесть поправку калибратора ПЗ27 и компаратора П соответствующей ступени.

Погрешность усилителя по выходу ЦВ определяется при номинальных значениях напряжений на пределе усиления 100 мV - 100 мV следующим образом:

выполните взаимную калибровку калибратора ПЗ27 и компаратора П согласно описанному выше для контроля нелинейности на пределе I V;

произведите поверку пределов 100 мV - 100 мV с помощью определения значений нелинейности по выходу ЦВ с учетом табл. I3;

занесите результаты измерения в табл. I3.

Определение погрешности усилителя по выходу АВ производится на пределах 10 V, 10 мV при номинальном входном напряжении.

Поверка производится в схеме рис. 10 при присоединении компаратора П к аналоговому выходу компаратора I.

Перед поверкой выполните: установку микрометрических отсчетов от нуля по аналоговому выходу потенциометрами "0V" компараторов;

взаимную калибровку калибратора ПЗ27 и компаратора П по цифровому выходу в соответствии с описанным выше при определении значений нелинейности по выходу ЦВ.

Операции выполняйте в соответствии с табл. I4.

I3.6.3.4. Определение основной погрешности микровольтметра производится в схеме рис. 10 (вариант без компаратора II) при работе компаратора в режиме микровольтметра (верхняя шкала, кнопка "H B" выключена) аналогично п. I3.6.2.4.

установите 2-ую декаду калибратора компаратора П по выводу ряду  $X_1$  в положение "10";

установите декаду калибратора ПЗ27 в положение "10"; переведите переключатель рода работ в положение "U", и выполните взаимную калибровку калибратора ПЗ27 и компаратора компаратора П, для чего потенциометрами "E<sub>н</sub>" установите стрелку показывающего прибора компаратора П на нулевую отметку нижней шкалы;

в том случае, если взаимную калибровку калибратора ПЗ27 и компаратора П при установке второй декады компаратора П в положение "10" выполнить невозможно, калибровку следует выполнить с использованием последующих декад компаратора П; при этом напряжения компаратора П (с учетом взаимной калибровки) и калибратора ПЗ27 при контроле погрешности на 8-2 ступенях изменятся пропорционально;

схронно переключая по ступеням переключатель декады калибратора ПЗ27 и переключатель второй декады компаратора П, отчитайте значения погрешности на 8-2 ступенях. Результаты измерения занесите в табл. I2.

Для контроля пределов 10 мV, 10V выполните все описанные выше операции, коммутируя компараторы I, П, калибратор ПЗ27 в соответствии с табл. I2.

При контроле предела 10V следует дополнительно учитывать поправки калибратора ПЗ27 и компаратора П.

Определение поправок производится посредством измерения компаратором I1 напряжений декады калибратора ПЗ27 на пределе калибратора 10V при их взаимной калибровке по напряжению 10V.

Основные операции:

включите компаратор П на зажимы калибратора ПЗ27; установите комбинированный нуль компаратора П и калибратора ПЗ27;

выполните взаимную калибровку компаратора П и калибратора ПЗ27 при напряжении 10V (первая декада компаратора П, декада калибратора ПЗ27 - в положениях 10), при этом установите предел 100 мV микровольтметра компаратора П;

13.6.4. При периодической поверке и подстройке входного делителя напряжения компаратора по методике раздела 14 с применением калибратора ПЗ27 определяются значения контрольных напряжений на входе и выходе входного делителя напряжений (напряжения  $U_{10}$ ,  $U_{100}$ ), которые используются при автономной поверке в процессе эксплуатации.

#### 14. ПРОВЕРКА И ПОДСТРОЙКА РЕЗИСТОРНЫХ ДЕЛИТЕЛЕЙ

##### 14.1. Общие сведения

В компараторе Р300ЭМ1 предусмотрена автономная подстройка делителя входного напряжения. Подстройка делителей калибратора с коэффициентами деления 10; 100 (пределы калибратора компаратора 1V; 0,1V - соответственно) производится с применением внешнего источника стабильного напряжения примерно равного 1V для делителя 10 и 100mV для делителя 100.

При подстройке делителей в зависимости от используемой поверочной аппаратуры можно использовать либо блок БП компаратора Р3017, либо калибратор ПЗ27, а также нормальный элемент для подстройки делителя с коэффициентом деления 10.

14.2. Подстройка делителей калибратора компаратора с коэффициентом деления 10, 100 с использованием блока БП производится в схеме рис. 8 прямым сличением. Перед подстройкой должны быть тщательно подстроены пределы БП.

14.2.1. При подстройке делителя калибратора с коэффициентом деления 10 выполняйте следующие операции:

установите коммутрующие устройства компараторов Р300ЭМ1 Р3017 в положение, соответствующие началу псверки по методике п. 13.6.2.1;

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "U";

установите комплектный нуль схемы корректором "XI" компаратора Р300ЭМ1 и устройством "0U" БП;

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "0U";

установите первую декаду калибратора компаратора Р300ЭМ1 в положение "I", декаду БП в положение "I";

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "U", и выполните взаимную калибровку, пользуясь устройствами калибровки БП и компаратора Р300ЭМ1;

установите переключатель пределов БП в положение "IV", переключатель пределов калибратора компаратора Р300ЭМ1 в положение "IV", переключатели декад компаратора Р300ЭМ1 и БП в положение "0";

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "0U";

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "U", и, пользуясь устройством "0U" БП и потенциометром "XI" компаратора Р300ЭМ1, установите комплектный нуль схемы на пределе микровольтметра компаратора Р300ЭМ1 10 $\mu$ V;

установите переключатель первой декады компаратора Р300ЭМ1 в положение "10", переключатель декады БП в положение "10";

постепенно повышая чувствительность микровольтметра компаратора Р300ЭМ1, подстроеными потенциометрами делителя предела "IV" установите на микровольтметре стрелку на нулевую отметку нижней шкалы на пределе микровольтметра 1 $\mu$ V.

14.2.2. Подстройка делителя калибратора компаратора Р300ЭМ1 с коэффициентом деления 100 прямым сличением производится в следующем порядке:

выполните операции установки комплектного нуля и взаимной калибровки в соответствии с п.14.2.1 на пределе 10V;

установите переключатель пределов БП в положение "0,1V" переключатель пределов калибратора компаратора Р300ЭМ1 в положение "0,1V", переключатели декад в положение "0";

п пользуясь корректором микровольтметра "0U" компаратора Р300ЭМ1, установите комплектный нуль схемы на пределе микровольтметра 1 $\mu$ V;

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "0U";



установите переключатель первой декады компаратора Р300ЭМ1 в положение "10", переключатель декады Б1 в положение "10";

переведите переключатель рода работы компаратора Р300ЭМ1 в положение "U" и, постепенно повышая чувствительность микровольтметра компаратора Р300ЭМ1, подстройте делитель предела "0,1V" установите на микровольтметре стрелку на нулевую отметку нижней шкалы на пределе  $1 \mu V$ .

14.3. Подстройка делителей калибратора компаратора с коэффициентом деления 10, 100 с использованием калибратора П327 производится в схеме рис.10 без измерителя выхода.

Подстройка производится после определения поправки к первой декаде компаратора Р300ЭМ1 в соответствии с методикой п.13.6.3.1.

14.3.1. Подстройка делителя калибратора компаратора с коэффициентом деления 10 с применением калибратора П327 (предел 10V) включает следующие операции:

включите компаратор и калибратор П327 в соответствии с основной поверочной схемой в варианте без компаратора П (рис.10);

подготовьте приборы к работе в соответствии с их инструкцией по эксплуатации. На компараторе включите ряд "X<sub>1</sub>", предел "10V";

установите переключатель декады калибратора П327 в положение "0", переключатель пределов - в положение "10V"; установите переключатель рода работы компаратора в положение "U";

установите комплектный нуль схемы корректором "0V" калибратора П327 с отклонением не более  $\pm 0,2 \mu V$ ;

переведите переключатель рода работы компаратора в положение "0V";

установите первую декаду калибратора компаратора в положение "1";

установите декаду калибратора П327 в положение "1"; переведите переключатель рода работы в положение "U", и выполните взаимную калибровку компаратора и калибратора

П327 потенциометрами калибровки калибратора П327 (п.11.12); установите переключатель рода работы компаратора в положение "0V", переключатель декады компаратора и калибратора П327 в нулевое положение, переключатель пределов калибратора компаратора в положение "1V";

установите переключатель рода работы компаратора в положение "U";

установите комплектный нуль схемы корректором "0V" калибратора П327 (разрешение  $0,1 \mu V$ ) и включите предел микровольтметра "10V";

переведите переключатель рода работы компаратора в положение "0V", переключатель первой декады в положение "10"; установите декаду калибратора П327 в положение "1";

переведите переключатель рода работы в положение "U", постепенно повышая чувствительность микровольтметра,

подстройте потенциометрами делителя предела 1V установите на микровольтметре значение поправки к десятой ступени предела 10V калибратора Р300Э, деленное на 10.

14.3.2. Подстройка делителя калибратора компаратора с коэффициентом деления 100 (предел 0,1V) включает следующие операции:

установите переключатель рода работы в положение "0V", включите предел микровольтметра "10V";

установите на компараторе переключатель первой декады в нулевое положение, переключатель пределов в положение "1V";

установите на калибраторе П327 переключатель декады в нулевое положение, переключатель пределов в положение "1V" (с целью получения в дальнейшем напряжения 0,1V);

переведите переключатель рода работы в положение "U", пользуясь потенциометрами "0V" микровольтметра, установите комплектный нуль схемы с отклонением не более  $\pm 50 \mu V$ ;

переведите переключатель рода работы в положение "0V", установите первую декаду компаратора в положение "1", декаду калибратора в положение "1";

переведите переключатель рода работы в положение "U", и выполните взаимную калибровку компаратора и калибратора ПЗ27 потенциометрами калибратора ПЗ27 (потенциометрами "E<sub>н</sub>" компаратора);

установите переключатель рода работы компаратора в положение "0<sub>у</sub>", переключатели декад компаратора и калибратора ПЗ27 в нулевые положения, переключатель пределов калибратора компаратора в положение "0, IV";

установите переключатель рода работы компаратора в положение "U<sub>1</sub>";

установите комплектный нуль схемы потенциометрами "0<sub>у</sub>" микровольтметра (отклонение 50 нВ) и включите на нем предел "10 V";

переведите переключатель рода работы компаратора в положение "0<sub>у</sub>", переключатель первой декады в положение "10";

установите декаду калибратора в положение "I";

переведите переключатель рода работы компаратора в положение "U<sub>1</sub>";

включите на микровольтметре предел "100 мВ".

Подстроочными потенциометрами делителя предела 0, IV установите на микровольтметре значение поправки к десятой ступени предела 10V калибратора Р3003 деленное на 100, повысив предел микровольтметра до 10 мВ, с отклонением не более ± 50 нВ;

14.4. В процессе эксплуатации имеется возможность подстройки делителя калибратора компаратора с коэффициентом деления 10, пользуясь нормальным элементом.

Подстройка делителя калибратора компаратора с коэффициентом деления 10 по нормальному элементу включает следующие операции:

подготовьте компаратор к работе, включая присоединение нормального элемента (кнопка "H В" отпущена);

переведите переключатель рода работы в положение "0<sub>у</sub>", включите микровольтметр на предел измерений 10V и установите на переключателях декад значения напряжений 1, 0,18 ... в соответствии с действительным значением напряжения нормального элемента;

переведите переключатель рода работы в положение "E<sub>н</sub>" и произведите с отклонением меньше 1 мВ калибровку компаратора (п.11.12);

переведите переключатель рода работы в положение "0<sub>у</sub>", установите на нуль переключатели декад, включите предел компаратора "IV";

замкните контакты "U<sub>1</sub>" красномедной перемычкой, установите переключатель рода работы в положение "U<sub>1</sub>" и проверьте (отклонение не более 0,1 мВ) комплектный нуль микровольтметра и калибратора;

при необходимости подстройте его корректором "0<sub>у</sub>" микровольтметра;

верните переключатель рода работы в положение "0<sub>у</sub>", включите предел микровольтметра 10 V и установите на переключателях значение 10,18 ..., пропорционально действительному значению напряжения нормального элемента;

переведите переключатель рода работы в положение "E<sub>н</sub>", включив на микровольтметре предел измерений 10 мВ.

Подстроочными потенциометрами делителя на пределе IV установите на микровольтметре значение поправки к десятой ступени предела IV.

14.5. Подстройка делителя входного напряжения производится с применением источника калиброванного напряжения 10V и IV. В качестве источника используется либо калибратор ПЗ27, либо блок БП.

14.5.1. Подстройка делителя входного напряжения с применением калибратора ПЗ27 включает следующие операции:

установите нули микровольтметра и калибратора (раздел II) подсоедините калибратор ПЗ27 к контактам "U<sub>1</sub>";  
установите медную перемычку между контактами "- U<sub>1</sub>" и "ДЕЛ";

установите переключатель S в положение "U<sub>1</sub>", с погрешностью ± 0,5 мВ установите комплектный нуль на пределе 10V компаратора и калибратора потенциометрами "XI" или "0<sub>у</sub>" калибратора ПЗ27;

переведите переключатель S в положение "0<sub>у</sub>" и включите предел микровольтметра "10 V".



Выполните взаимную калибровку, имея в виду, что в скобках обозначены значения напряжений для определения диапазона, запаса и дискретности регулировки потенциометра КОНТР:

установите на калибраторе и компараторе по ряду "XI" напряжение  $10V$  ( $1V$ );

переведите переключатель  $S$  в положение "U<sub>1</sub>" и, повышая чувствительность микровольтметра до  $100\mu V$ , потенциометрами "E<sub>M</sub>" или КАЛИБР выполните калибровку с погрешностью до  $5\mu V$  ( $0,5\mu V$ );

установите предел микровольтметра  $10V$ ;

переведите переключатель  $S$  в положение "0V";

установите на калибраторе компаратора напряжение  $0,1V$  ( $0,01V$ ).

Переведите переключатель  $S$  в положение "Д" и, повышая чувствительность микровольтметра, вращением потенциометра КОНТР, подстройте (при необходимости) делитель с погрешностью  $\pm 8\mu V$  ( $0,8\mu V$ ).

14.5.2. Определите значения контрольных напряжений ( $U_{1g}$ ,  $U_{2g}$ ), проведя следующие операции:

установить декады в нулевые положения, калибратор ПЗ27 отсоединить

переведите переключатель рода работы в положение "U<sub>1</sub>";

включите предел микровольтметра  $10V$ ;

установите на декадах одного из рядов 8000000;

включите кнопку КОНТР. Имейте в виду, что при одновременном включении кнопки КОНТР и переключателя рода работы в положение "U<sub>1</sub>" ("U<sub>2</sub>"), чувствительность микровольтметра увеличивается в 100 раз, то есть пределы  $10V$ ;  $1V$ ;  $100mV$  соответствуют пределам  $100$ ;  $10$ ;  $1mV$ . При этом стрелка показывающего прибора сместится к правому упору;

используя первые четыре декады, установите стрелку показывающего прибора на середину шкалы. На трех младших декадах должен быть нуль. Значение выставленного напряжения на первых четырех декадах есть напряжение  $U_{1g}$ ;

выполните окончательное уравновешивание потенциометрами "E<sub>M</sub>", повышая чувствительность микровольтметра от  $10V$  до  $100mV$ . На пределе  $100mV$  цена одного деления верхней шкалы соответствует  $10\mu V$ , допуск калибровки  $\pm 5$  делений верхней шкалы, что соответствует  $\pm 50\mu V$ ;

переведите переключатель рода работы в положение "0V", включите предел микровольтметра  $10V$  и выставьте на декадах одного из рядов напряжение в 100 раз меньше, чем напряжение  $U_{1g}$ , используя 3-6 декады;

переведите переключатель рода работы в положение "Д" и, повышая чувствительность микровольтметра от  $10V$  до  $10\mu V$ , уравновесьте напряжение на выходе входного делителя (напряжения  $U_{2g}$ ) четырьмя младшими декадами. При этом цена одного деления верхней шкалы  $0,1\mu V$  (допуск калибровки  $\pm 5$  делений, что соответствует  $\pm 0,5\mu V$ ). Имейте в виду, что при переключении пределов микровольтметра, стрелка показывающего прибора устанавливается на середину шкалы с некоторой задержкой.

14.6. Автономная подстройка делителя входного напряжения включает следующие операции:

подготовьте компаратор к работе (кнопка "H"  $\leftarrow$  "отсу-цена");

перемкните зажимы - "U<sub>1</sub>" и ДЕМ;

установите переключатель рода работы в положение "0V";

установите на переключателях декад одного из рядов значение контрольного напряжения на входе делителя (напряжение  $U_{2g}$ );

включите кнопку КОНТР, поставьте переключатель рода работы в положение "U<sub>1</sub>";

проведите окончательное уравновешивание, повышая чувствительность микровольтметра от  $10V$  до  $100mV$ , потенциометрами калибровки "E<sub>M</sub>". На пределе  $100mV$  цена одного деления верхней шкалы соответствует  $10\mu V$ , допуск калибровки  $\pm 5$  делений верхней шкалы, что соответствует  $\pm 50\mu V$ ;

включите микровольтметр на предел  $10V$ , переведите переключатель рода работы в положение "0V";

установите переключателями декад одного из рядов значение контрольного напряжения на выходе делителя (напряжение  $U_{1g}$ ), на пределе калибратора компаратора "10V";

переведите переключатель рода работы в положение "Д" и, повышая чувствительность микровольтметра от  $10V$  до  $10\mu V$ , проверьте соответствие напряжения на выходе делителя

установленному на переключателях декад напряжению  $U_{гр}$ . При этом цена одного деления верхней шкалы  $0,1 \text{ мВ}$ , допуск калибровки  $\pm 5$  делений, что соответствует  $\pm 0,5 \text{ мВ}$ .

Имейте в виду, что при переключении пределов микровольтметра, стрелка показывающего прибора устанавливается на среднюю шкалу с некторой задержкой. При необходимости произведите подстройку делителя потенциометрами КОНТР.

При подстройке делителя входного напряжения обратите особое внимание на установку нуля микровольтметра по току. Целесообразно при выполнении последней операции (измерение в положении "Д") предварительно проверить нуль по току, в положении переключателя рода работы "0".

#### 15. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

15.1. Компараторы должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от  $5$  до  $40^\circ\text{C}$  и относительной влажности до  $80\%$  при температуре  $25^\circ\text{C}$ .

15.2. Хранение компараторов без упаковки следует производить при температуре окружающего воздуха от  $10$  до  $35^\circ\text{C}$  и относительной влажности до  $80\%$  при температуре  $25^\circ\text{C}$ .

15.3. В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа I по ГОСТ 15150-69.

#### 16. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

16.1. Компараторы могут транспортироваться всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах (в самолетах - в герметизированных отсеках) в диапазоне температур от минус  $60$  до плюс  $60^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $95\%$  при температуре  $40^\circ\text{C}$ .

Таблица 15

Прибор №

## ПОРЯДОК КОМПАРИРОВАНИЯ

Основная испытательная температура  $^\circ\text{C}$   
 Напряжение сети V

Номер дека	Характеристики	Значения по ступеням декад, мВ											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
I	$\Delta N_1, \Delta N_2, \Delta N_3$												
	Пределы основной погрешности	1	II	16	21	26	31	36	41	46	51		
II	$\Delta N_1, \Delta N_2, \Delta N_3$												
	Пределы основной погрешности	1	6	16	21	26	31	36	41	46	51		
III	$\Delta N_1, \Delta N_2, \Delta N_3$												
	Пределы основной погрешности	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	1,5



17. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

17.1. Наиболее часто встречающиеся неполадки в работе компаратора и способы их устранения приведены в табл. 16.

17.2. Ремонт компаратора при необходимости производится на предприятии-изготовителе.  
17.3. По требованию заказчика поставляется "Руководство по определению ремонта".

Таблица 16

Неисправность	Признаки неисправности	Причина	Способ устранения
1. На компараторе не поступает сетевое питание при нажатой кнопке СЕТЬ.	Не горит сигнальная лампочка; при включении микровольметра на измеренная стрелка не отклоняется.	Отсутствие сетевого питания	Проверить и отремонтировать кабель сетевого питания.
2. На чувствительных пределах компаратора не фиксируется стрелка измеренных значений.	Стрелка совершает неупорядоченные колебания от нуля; стрелка невозможно установить на определенном значении.	Не сбалансирован корпус прибора; загрязнение контактов; повреждение элементов цепи; неисправная оптика прибора.	Соблюдать корпус прибора между собой; выполнить балансировку цепи; очистить оптический прибор; сменить оптику прибора.
3. Компаратор не фиксирует показания микровольметра.	Невозможность фиксации показаний микровольметра; стрелка не возвращается к нулю.	Неисправная оптика прибора; повреждение элементов цепи; повреждение элементов цепи; повреждение элементов цепи.	Проверить и отремонтировать кабель сетевого питания.

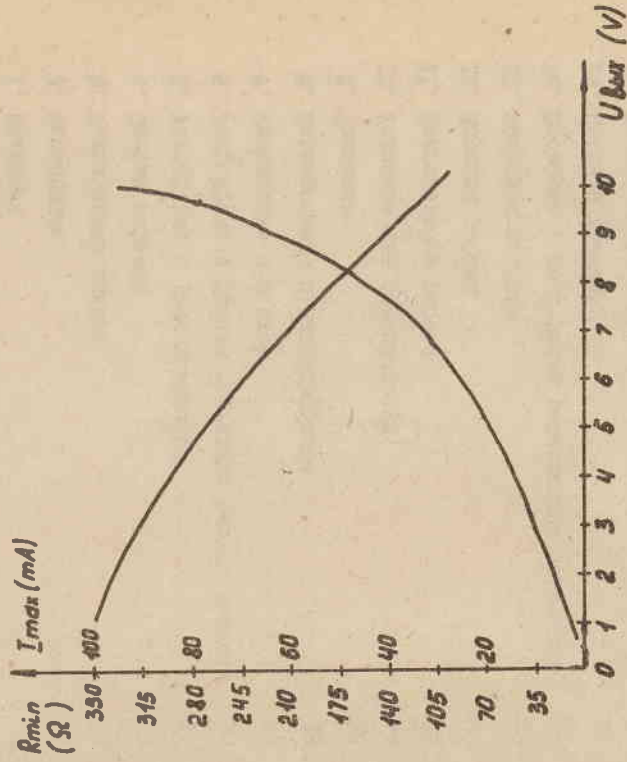
24

Предложение табл. 16

Неисправность	Признаки неисправности	Причина	Способ устранения
3. Повышенное смещение нуля усиления во времени	Неустойчивость нуля усиления	Наличие влаги компаратора; источник тепла или холода (датчик, открытые форточки и т.д.); импедансная неустойчивость сетевого питания.	Проверить и устранить источники неустойчивости температуры; перейти на питание от измерительной сети. При ее отсутствии использовать феррозонный стабилизатор.
4. Неустойчивость показаний микровольметра	Невозможность фиксации показаний микровольметра; стрелка показывающего прибора не возвращается к нулю.	Наличие влаги компаратора; повреждение элементов цепи; повреждение элементов цепи.	Проверить и устранить источники неустойчивости температуры; перейти на питание от измерительной сети. При ее отсутствии использовать феррозонный стабилизатор.
5. После присоединения измерительных элементов не фиксируется показания микровольметра.	Невозможность фиксации показаний микровольметра; стрелка не возвращается к нулю.	Наличие влаги компаратора; повреждение элементов цепи; повреждение элементов цепи.	Проверить и устранить источники неустойчивости температуры; перейти на питание от измерительной сети. При ее отсутствии использовать феррозонный стабилизатор.
6. Отсутствие или неустойчивость контакта в переключателе, кнопках, потенциометрах	Неработоспособность контактов; отсутствие контакта; отсутствие контакта; отсутствие контакта.	Окисление контактных поверхностей; повреждение контактов; повреждение контактов.	Зернисто поработать контактами; очистить контакты; заменить контакты.

25

ПРИЛОЖЕНИЕ



U<sub>вых</sub> - выходное напряжение калибратора;  
 на пределе 10V ;  
 I<sub>max</sub> - максимально допустимый ток нагрузки;  
 R<sub>min</sub> - минимально-допустимое сопротивление нагрузки

Промышленные тащ. 16

Неисправность	Причина неисправности	Причина	Способ устранения
7. Сдвигание стрелки показаний мультиметра на чувствительном пределе микровольтметра	Стрелка находится у одного из упоров	Загрязнение упора	Включить предел измерения 10V Снять ручку, выставить лимб и затянуть соответствующие винты
8. Выставленное значение по шкале мультиметра не соответствует фактическим отсчетам на лимбе	Смещение лимба с цифровой-ной отметки	Слабое крепление лимба	Указанное нарушение лимба требует проведения ремонта на гарантийный срок не допускается.