

# ВОЛЬТМЕТР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ В7-46 (В7-46/1)

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЧАСТЬ I

### ВНИМАНИЕ !

В тексте ТО имеются опечатки:

Имеется

Должно быть

Стр. 44

Фильтрация Р

Фильтрация F

Стр. 46

п.2.3I Ø

п.2.3I 0

Стр. 47

ПС О I I I O I I

ПС О О О I O I O

Стр. 52

ЛДЗ ЛД<sup>Г</sup>2 ЛД1 ЛД0  
0 0 0 0

Вольтметр  
исправен

Недопустимое смещение  
нуля

Недопустимое смещение  
нуля на входных гнездах

## СОДЕРЖАНИЕ

Лист

## Часть I

1. Назначение .....	5
2. Технические данные .....	7
3. Состав комплекта вольтметра .....	55
4. Принцип действия .....	58
4.1. Принцип действия вольтметра .....	58
4.2. Автоматическая калибровка вольтметра .....	65
5. Маркирование и пломбирование .....	88
6. Конструкция .....	89
7. Описание электрической принципиальной схемы .....	91
7.1. Блок аналоговый. Схема электрическая принципиальная .....	91
7.1.1. Блок коммутации (A1) .....	91
7.1.2. Преобразователь $U_{\sim}$ (A2) .....	94
7.1.3. Преобразователь $R$ (A3) .....	102
7.1.4. Блок ограничителей (A4) .....	105
7.1.5. Усилитель входной (A5) .....	108
7.1.6. АЦП (A6) .....	112
7.1.7. Блок управления (A8) .....	120
7.1.8. Блок развязки (A10) .....	121
7.2. Генератор счетных импульсов (ГСИ) .....	122
7.3. Счетчик реверсивный. Схема электрическая принципиальная .....	127
7.4. Блок соединительный цифровой Схема электрическая принципиальная .....	132
7.5. Устройство сопряжения с КОП.....	144

	Лист
7.6. Блок передней панели. Схема электрическая принципиальная .....	154
7.7. Стабилизатор аналоговый. Схема электрическая принципиальная .....	158
7.8. Стабилизатор цифровой. Схема электрическая принципиальная .....	158
Приложение I. Перечень принятых сокращений .....	160
Часть 2 Альбом схем	

## I. НАЗНАЧЕНИЕ

I.1. Вольтметр универсальный В7-46 (В7-46/1) предназначен для измерения постоянных напряжений и силы тока, средне-квадратических значений переменных напряжений и силы тока, электрического сопротивления постоянному току, отношения двух напряжений и обеспечивает математическую и логическую обработку результатов измерений.

I.2. Рабочие условия эксплуатации вольтметра следующие:

температура окружающего воздуха	от минус 10, до плюс 50°C - для В7-46  от плюс 5 до плюс 40°C - для В7-46/1
относительная влажность	до 98% при температуре 25°C;
атмосферное давление	от 60 кПа (450 (450 мм Hg) до 107 кПа (800 мм Hg)

I.3. Вольтметр В7-46 (В7-46/1) применяется для обеспечения измерений при настройке, проверке и эксплуатации различной радиоэлектронной аппаратуры и допускает использование его как автономно, так и в составе автоматизированных измерительных систем (АИС). Вольтметр имеет выход в канал общего пользования (КОП).

I.4. Вольтметр допускает работу с серийно-выпускаемым высоковольтным делителем постоянного напряжения ДН-055 2.727.055 ТУ.

Внешний вид вольтметра В7-46(В7-46/1) со стороны передней панели

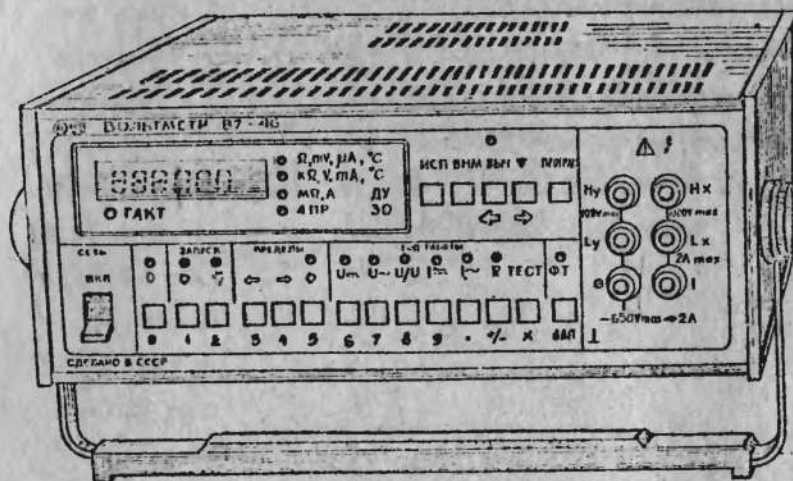


Рис. 1

Внешний вид вольтметра В7-46(В7-46/1) со стороны задней панели

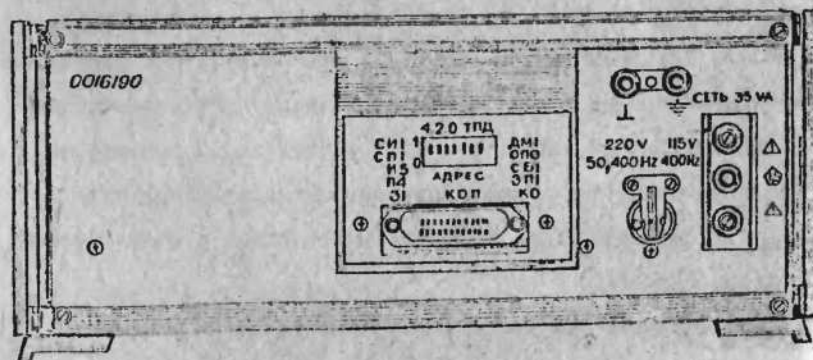


Рис. 2

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Вольтметр обеспечивает измерение постоянного напряжения положительной и отрицательной полярностей на диапазонах измерений с верхними пределами 20, 200 мВ; 2, 20, 200, 1000 В.

Предел допускаемой основной погрешности измерения постоянного напряжения в процентах равен значениям, приведенным:

1) в табл. 2.1 – в течение межповерочного интервала 6 мес;

2) в табл. 2.2 – в течение межповерочных интервалов 12 и 24 мес;

3) в табл. 2.1 – в течение 24 h непрерывной работы после калибровки относительно внешней меры э.д.с. с погрешностью не более 0,003 %.

Вольтметр выдерживает на всех диапазонах, кроме наибольшего, в течение  $I_{min}$  напряжение, равное конечному значению ближайшего большего диапазона измерений. На диапазоне с пределом измерений 1000 В вольтметр выдерживает в течение  $I_{min}$  напряжение значением 1200 В.

2.2. Быстродействие вольтметра, ступень квантования для каждого диапазона измерений, число десятичных разрядов индикации соответствуют значениям, приведенным в табл. 2.1, 2.2.

2.3. Входное сопротивление вольтметра при измерении постоянного напряжения не менее  $I_{GR}$  на диапазонах измерений с пределами 20, 200 мВ и 2 В и равно  $(10 \pm 1,0) M\Omega$  на диапазонах измерений с пределами 20,



Таблица 2.1

Предел измерения	Быстродействие, измер/с	Степень квантования (число разрядов индикации)	Предел допускаемой основной погрешности, %, за межповерочный интервал	
			24 h	6 мес
20 мВ	0,1	100 мВ (5 I/2)	$\pm [0,03+0,02(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,04+0,02(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	1	1 мВ (4 I/2)	$\pm [0,03+0,025(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,04+0,025(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	5	10 мВ (3 I/2)	$\pm [0,1+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$
200 мВ	5	1 мВ (5 I/2)	$\pm [0,015+0,0025(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,025+0,0025(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	10	10 мВ (4 I/2)	$\pm [0,02+0,015(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,025+0,02(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	50	100 мВ (3 I/2)	$\pm [0,1+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$
2 В	5	10 мВ (5 I/2)	$\pm [0,01+0,002(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,02+0,002(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	10	100 мВ (4 I/2)	$\pm [0,015+0,01(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,02+0,015(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	50	1 В (3 I/2)	$\pm [0,1+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$
20 В	5	100 мВ (5 I/2)	$\pm [0,015+0,002(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,02+0,002(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	10	1 мВ (4 I/2)	$\pm [0,02+0,01(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,025+0,01(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	50	10 мВ (3 I/2)	$\pm [0,1+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$

Продолжение табл. 2.1

Предел измерения	Быстродействие, измер/с	Степень квантования (число разрядов индикации)	Предел допускаемой основной погрешности, %, за межповерочный интервал	
			24	6 мес
200 В	5	1 мВ (5 I/2)	$\pm [0,015+0,002(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,02+0,002(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	10	10 мВ (4 I/2)	$\pm [0,02+0,01(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,025+0,02(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	50	100 мВ (3 I/2)	$\pm [0,1+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$
1000 В	5	10 мВ (5 I/2)	$\pm [0,02+0,004(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,025+0,004(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	10	100 мВ (4 I/2)	$\pm [0,03+0,02(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,04+0,02(\frac{U}{U_0} - 1)]$
	50	1 В (3 I/2)	$\pm [0,2+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{U}{U_0} - 1)]$

Таблица 2.2

Предел измерений	Быстродействие, измер/с	Степень квантования (число разрядов)	Предел допускаемой основной погрешности, % за межповторный интервал	
			12 мес	24 мес
20 мВ	0,1	100 мВ (5 1/2)	$\pm [0,05+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,06+0,03(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	1	1 мВ (4 1/2)	$\pm [0,05+0,025(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,08+0,03(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	5	10 мВ (3 1/2)	$\pm [0,2+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
200 мВ	5	1 мВ (5 1/2)	$\pm [0,025+0,0025(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,04+0,003(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	10	10 мВ (4 1/2)	$\pm [0,03+0,025(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,05+0,03(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	50	100 мВ (3 1/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
2 В	5	10 мВ (5 1/2)	$\pm [0,025+0,0025(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,03+0,003(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	10	100 мВ (4 1/2)	$\pm [0,025+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,04+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	50	1 В (3 1/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
20 В	5	100 мВ (5 1/2)	$\pm [0,025+0,0025(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,04+0,003(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	10	1 мВ (4 1/2)	$\pm [0,025+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,04+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	50	10 мВ (3 1/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$

Продолжение табл.2.2

Предел измерений	Быстродействие, измер/с	Степень квантования (число разрядов индикации)	Предел допускаемой основной погрешности, % за межповторный интервал	
			12 мес	24 мес
200 В	5	1 мВ (5 1/2)	$\pm [0,03+0,002(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,05+0,003(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	10	10 мВ (4 1/2)	$\pm [0,03+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,05+0,03(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	50	100 мВ (3 1/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
1000 В	5	10 мВ (5 1/2)	$\pm [0,03+0,004(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,04+0,006(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	10	100 мВ (4 1/2)	$\pm [0,05+0,02(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,08+0,03(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	50	1 В (3 1/2)	$\pm [0,25+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,4+0,2(\frac{U_k}{U} - 1)]$

Примечание. В табл. 2.1, 2.2 и далее приняты следующие обозначения:

$U_k$  - конечное значение установленного диапазона измерений;

$U$  - значение измеряемого напряжения на входе вольтметра.

200, 1000 V .

Погрешность измерения входного сопротивления на диапазонах измерений с пределами 20, 200 мВ и 2 В не более  $\pm 10\%$ .

2.4. Коэффициент подавления помех нормального вида частотой 50, 100 и 400 Hz при измерении постоянного напряжения не менее 60 дБ .

2.5. Коэффициент подавления помех общего вида постоянно-го тока или переменного тока частотой питающей сети при измерении постоянного напряжения не менее 120 дБ в нормальных условиях при сопротивлении небаланса 1 кОм .

2.6. Вольтметр обеспечивает измерение среднеквадратического значения переменного напряжения произвольной формы до 20 В в диапазоне частот от 20 Hz до 1 МHz , до 700 В в диапазоне частот от 20 Hz до 100 кHz и имеет диапазоны измерений с верхними пределами 200 мВ; 2, 20, 200, 700 В .

Коэффициент амплитуды измеряемого напряжения  $K_{a \leq 4}$ , при этом максимальное значение напряжения на входе вольтметра не более 1000 В .

Предел допускаемой основной погрешности измерения переменного напряжения произвольной формы в процентах при значениях измеряемого напряжения от 0,005  $U_k$  до  $U_k$  в течение межповерочных интервалов 6, 12, 24 мес равен значениям, приведенным:

- 1) в табл. 2.3, 2.4 при времени измерения 0,33, 2 с ;
- 2) в табл. 2.5, 2.6 при времени измерения 0,1 с .

Таблица 2.3

Межповерочный интервал	Диапазон частот	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 0,33; 2 с, %, на диапазонах измерений с пределами		
		200 мВ	2 В	20 В
6 мес	20 - 60 Hz	$\pm [0,4+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,4+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,4+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	60 - 400 Hz	$\pm [0,4+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	400 Hz - 10 кHz	$\pm [0,3+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	10 - 20 кHz	$\pm [0,4+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	20-100 кHz	$\pm [0,6+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	100 - 300 кHz	$\pm [5+1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [2,5+0,4(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [2,5+0,4(\frac{U_k}{U} - 1)]$
12 мес	300 - 1000 кHz	-	$\pm [5+1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [5+1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	20 - 400 Hz	$\pm [0,5+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,5+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,5+0,1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	400 Hz - 20 кHz	$\pm [0,5+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,4+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,4+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	20 - 100 кHz	$\pm [2+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [1,5+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [1,5+0,15(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	100-300 кHz	$\pm [10+2(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [5+1(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [5+1(\frac{U_k}{U} - 1)]$
24 мес	300 - 1000 кHz	-	$\pm [10+2(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [10+2(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	20 - 400 Hz	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_k}{U} - 1)]$
	400 Hz - 20 кHz	$\pm [0,6+0,25(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_k}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_k}{U} - 1)]$



Продолжение табл. 2.3

Межповерочный интервал	Диапазон частот	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 0,33; 2 s, %, на диапазонах измерений с пределами		
		200 мВ	2 В	20 В
24 мес	20 - 100 кГц	$\pm [2+0,25(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [2+0,25(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [2; 5+0,25(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	100 - 300 кГц	$\pm [12+2(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [6+1(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [6+1(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	300 - 1000 кГц	-	$\pm [12+1,5(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [12+1,5(\frac{U_x}{U} - 1)]$

Таблица 2.4

Межповерочный интервал	Диапазон частот	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 0,33, 2 s, %, на диапазонах измерений с пределами	
		200 В	700 В
6 мес	20 - 400 Hz	$\pm [0,4+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,5+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	400 Hz - 10 kHz	$\pm [0,25+0,06(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,4+0,06(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	10 - 20 kHz	$\pm [0,4+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [0,6+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,6+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$
12 мес	20 - 400 Hz	$\pm [0,5+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,8+0,1(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	400 Hz - 10 kHz	$\pm [0,5+0,15(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,5+0,15(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	10 - 20 kHz	$\pm [0,5+0,15(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [0,8+0,15(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [1,5+0,15(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [2+0,15(\frac{U_x}{U} - 1)]$
24 мес	20 - 400 Hz	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [1+0,3(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	400 Hz - 10 kHz	$\pm [0,6+0,2(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [1+0,3(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	10 - 20 kHz	$\pm [0,6+0,3(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [1+0,3(\frac{U_x}{U} - 1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [2,5+0,25(\frac{U_x}{U} - 1)]$	$\pm [3+0,4(\frac{U_x}{U} - 1)]$



Таблица 2.5

Межповероч- ный интервал	Диапазон частот	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 0,1 с, %, на диапазонах измерений с пределами		
		200 мВ	2 В	20 В
6 мес	400 Hz - 10 kHz	$\pm [0,5+0,2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,3+0,15(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	10 - 20 kHz	$\pm [0,6+0,2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,5+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,5+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [1+0,3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	0,1 - 0,3 MHz	$\pm [6+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [4+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [4+0,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	0,3 - 1,0 MHz	-	$\pm [6+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [6+3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
12 мес	400 Hz - 20 kHz	$\pm [0,6+0,3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,6+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,6+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [2+0,3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [2,5+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [2,5+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	0,1 - 0,3 MHz	$\pm [10+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [6+1,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [6+1,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	0,3 - 1,0 MHz	-	$\pm [12+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [12+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
24 мес	400 Hz - 20 kHz	$\pm [1+0,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1+0,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1+0,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [3+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [4+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [4+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	0,1 - 0,3 MHz	$\pm [15+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [8+1,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [8+1,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	0,3 - 1,0 MHz	-	$\pm [15+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [15+2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$

Таблица 2.6

Межповероч- ный интервал	Диапазон частот	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 0,1 с, %, на диапазонах измерений с преде- лами	
		200 В	700 В
6 мес	400 Hz - 10 kHz	$\pm [0,4+0,2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,5+0,2(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	10 - 20 kHz	$\pm [0,6+0,3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [0,5+0,3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [1+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
12 мес	400 Hz - 20 kHz	$\pm [0,6+0,3(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [2,5+0,25(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [2,5+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
24 мес	400 Hz - 20 kHz	$\pm [1+0,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [1,5+1(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$
	20 - 100 kHz	$\pm [4+0,4(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$	$\pm [4+0,5(\frac{\mu\kappa}{\mu} -1)]$

2.7. Входное сопротивление вольтметра при измерении переменного напряжения равно  $(2 \pm 0,1) M\Omega$ , входная емкость не более  $50 \mu F$ .

Погрешность измерения входной емкости не более  $\pm 5\%$ .

2.8. Время измерения переменного напряжения при  $4 \frac{1}{2}$ ,  $5 \frac{1}{2}$  разрядах индикации на частотах до  $100 \text{ Hz}$  не более  $2 \text{ s}$ , на частотах выше  $100 \text{ Hz}$  — не более  $0,33 \text{ s}$ .

При  $3 \frac{1}{2}$  разрядах индикации время измерения на частотах выше  $400 \text{ Hz}$  не более  $0,1 \text{ s}$ .

2.9. Вольтметр обеспечивает измерение силы постоянного тока на диапазонах измерения с верхними пределами  $20$ ,  $200 \mu A$ ,  $2$ ,  $20$ ,  $200$ ,  $2000 \text{ mA}$  ( $10 \text{ A}$  с внешним шунтом).

Предел допускаемой основной погрешности измерения силы постоянного тока в процентах за межповерочные интервалы  $I_2$ ,  $24 \text{ мес}$ , быстродействие и ступень квантования каждого диапазона измерений вольтметра равны значениям, приведенным в табл.2.7.

Предел допускаемой основной погрешности измерения силы постоянного тока вольтметра с внешним шунтом до  $10 \text{ A}$  за межповерочные интервалы  $I_2$ ,  $24 \text{ мес}$ , быстродействие, ступень квантования для каждого диапазона измерений равны значениям, приведенным в табл.2.8.

2.10. Максимальное падение напряжения на входной цепи вольтметра при измерении силы постоянного тока не более  $0,25 \text{ V}$  на диапазоне измерений с пределами  $20$ ,  $200 \mu A$ ;  $2$ ,  $20 \text{ mA}$ ;  $0,28 \text{ V}$  — на диапазоне измерений с пределом  $200 \text{ mA}$ ;  $1 \text{ V}$  — на диапазоне с пределом  $2000 \text{ mA}$ .

Падение напряжения на внешнем шунте  $10 \text{ A}$  не более  $0,5 \text{ V}$ .

Таблица 2.7

Предел измерения	Быстродействие, измер./с	Ступень квантования (число разрядов индикации)	Предел допускаемой основной погрешности, %, за межповерочный интервал	
			12 мес	24 мес
$20 \mu A$	5	$100 \mu A$ (5 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,15+0,01(\frac{I_x}{I}) - 1]$	$\pm [0,25+0,025(\frac{I_x}{I} - 1)]$
	10	$1 \text{ mA}$ (4 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,15+0,02(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,025(\frac{I_x}{I} - 1)]$
	50	$10 \text{ mA}$ (3 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,15+0,1(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{I_x}{I} - 1)]$
$200 \mu A$	5	$1 \text{ mA}$ (5 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,1+0,005(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,01(\frac{I_x}{I} - 1)]$
	10	$10 \text{ mA}$ (4 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,1+0,01(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,015(\frac{I_x}{I} - 1)]$
	50	$100 \text{ mA}$ (3 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,15+0,1(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{I_x}{I} - 1)]$
$2 \text{ mA}$	5	$10 \text{ mA}$ (5 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,1+0,005(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,01(\frac{I_x}{I} - 1)]$
	10	$100 \text{ mA}$ (4 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,1+0,01(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,015(\frac{I_x}{I} - 1)]$
	50	$1 \text{ A}$ (3 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,15+0,1(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{I_x}{I} - 1)]$
$20 \text{ mA}$	5	$100 \text{ mA}$ (5 $\frac{1}{2}$ )	$\pm [0,1+0,005(\frac{I_x}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,01(\frac{I_x}{I} - 1)]$

Продолжение табл.2.7

Предел измерений	Быстродействие, измер/с	Степень квантования (число разрядов индикации)	Предел допускаемой основной погрешности, %, за межповерочный интервал	
			12 мес	24 мес
20 мА	10	1 $\mu$ А (4 I/2)	$\pm [0,1+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,015(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	50	10 $\mu$ А (3 I/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{I_k}{I} - 1)]$
200 мА	5	1 $\mu$ А (5 I/2)	$\pm [0,1+0,005(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	10	10 $\mu$ А (4 I/2)	$\pm [0,1+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,015(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	50	100 $\mu$ А (3 I/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$
2000 мА	5	10 $\mu$ А (5 I/2)	$\pm [0,1+0,005(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	10	100 $\mu$ А (4 I/2)	$\pm [0,1+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,15+0,015(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	50	1 мА (3 I/2)	$\pm [0,15+0,1(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$

20

Таблица 2.8

Предел измерений с внешним шунтом	Быстродействие, измер/с	Число разрядов индикации	Степень квантования в единицах измерения постоянного напряжения	Предел допускаемой основной погрешности, %, за межповерочный интервал	
				12 мес	24 мес
10 А	5	5 I/2	100 $\mu$ А	$\pm [0,4+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,6+0,02(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	10	4 I/2	1 мА	$\pm [0,4+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,6+0,02(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	50	3 I/2	10 мА	$\pm [0,4+0,01(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [0,6+0,02(\frac{I_k}{I} - 1)]$

Примечание. В табл.2.7, 2.8 приняты следующие обозначения:

 $I_k$  - конечное значение установленного диапазона измерений (с внешним шунтом $I_k = 10$  А);

I - значение измеряемой силы тока на входе вольтметра.

21



Погрешность измерения падения напряжения не более  $\pm 1\%$ .

2.11. Вольтметр обеспечивает измерение среднеквадратического значения силы переменного тока произвольной формы с коэффициентом амплитуды  $K_d \leq 3$  в диапазоне частот от 40 Hz до 20 kHz на диапазонах измерений с верхними пределами 200  $\mu A$ , 2, 20, 200 mA; от 40 до 10 kHz на диапазоне измерений с верхним пределом 2000 mA; от 40 Hz до 2 kHz на диапазоне измерений с верхним пределом 10 A (с внешним шунтом).

Предел допускаемой основной погрешности измерения силы переменного тока произвольной формы в процентах при значениях измеряемого напряжения от  $0,005 I_k$  до  $I_k$  в течение межповерочных интервалов 12, 24 мес равен значениям, приведенным:

- 1) в табл. 2.9 при времени измерения 0,33, 2 с;
- 2) в табл. 2.10 при времени измерения 0,1 с.

2.12. Максимальное падение напряжения на входной цепи вольтметра при измерении силы переменного тока не более 0,25 V на диапазонах измерений с пределами 200  $\mu A$ ; 2, 20 mA; 0,28 V — на диапазоне измерений с пределом 200 mA и 1 V — на диапазоне измерений с пределом 2000 mA.

Падение напряжения на внешнем шунте 10 A не более 0,5 V.

Погрешность измерения падения напряжения не более  $\pm 1\%$ .

2.13. Время измерения силы переменного тока при 4 I/2, 5 I/2 разрядах индикации на частотах от 40 до 100 Hz не более 2 с, на частотах выше 100 Hz — не более 0,33 с.

При 3 I/2 разрядах индикации время измерения на частотах выше 400 Hz не более 0,1 с.

Таблица 2.9

Межповерочный интервал	Предел измерения	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 2; 0,33 с, %, в диапазоне частот	
		40 Hz — 10 kHz	10 — 20 kHz
12 мес	200 $\mu A$	$\pm [0,6 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [2 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2 mA	$\pm [0,6 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [2 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	20 mA	$\pm [0,6 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [2 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	200 mA	$\pm [0,6 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [2 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2000 mA	$\pm [0,6 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$	—
	10 A (с внешним шунтом)	$\pm [1 + 0,1(\frac{I_k}{I} - 1)]$ в диапазоне 40 Hz — 2 kHz	
24 мес	200 $\mu A$	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	20 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	200 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2000 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	—
	10 A (с внешним шунтом)	$\pm [1,5 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$ в диапазоне 40 Hz — 2 kHz	



Таблица 2.10

Межповерочный интервал	Предел измерений	Предел допускаемой основной погрешности при времени измерения 0,1 с, %, в диапазоне частот	
		400 Hz - 1 kHz	10 - 20 kHz
12 мес	200 $\mu A$	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	20 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	200 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [3 + 0,3(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2000 mA	$\pm [1 + 0,25(\frac{I_k}{I} - 1)]$	-
	10 A (с внешним шунтом)	$\pm [1,5 + 0,15(\frac{I_k}{I} - 1)]$ в диапазоне 40 Hz - 2 kHz	
24 мес	200 $\mu A$	$\pm [1,5 + 0,5(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [4 + 0,4(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2 mA	$\pm [1,5 + 0,5(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [4 + 0,4(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	20 mA	$\pm [1,5 + 0,5(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [4 + 0,4(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	200 mA	$\pm [1,5 + 0,5(\frac{I_k}{I} - 1)]$	$\pm [4 + 0,4(\frac{I_k}{I} - 1)]$
	2000 mA	$\pm [1,5 + 0,5(\frac{I_k}{I} - 1)]$	-
	10 A (с внешним шунтом)	$\pm [2 + 0,2(\frac{I_k}{I} - 1)]$ в диапазоне 40 Hz - 2 kHz	

2.14. Вольтметр обеспечивает измерение отношения двух постоянных напряжений  $\frac{U_{x...}}{U_{y...}}$  одинаковой или противоположной полярностей, при этом напряжение  $U_{x...}$  находится в диапазоне от 1  $\mu V$  до 1000 V, а напряжение  $U_{y...}$  в диапазоне от 0,1 до 10 V.

Источники напряжений  $U_{x...}$  и  $U_{y...}$  должны иметь общую точку или позволять ее создание.

Предел допускаемой основной погрешности измерения отношения двух постоянных напряжений  $S$  в процентах равен

$$\delta = \pm (\delta_x + \delta_y + 0,01) \text{ для } S \geq 1, \quad (I.1)$$

$$\delta = \pm (\delta_x + \delta_y + \frac{0,2}{S} \cdot 10^n) \text{ для } S < 1 \quad (I.1a)$$

где  $\delta_x$  - предел допускаемой основной погрешности измерения напряжения  $U_{x...}$  в процентах;

$\delta_y$  - предел допускаемой основной погрешности измерения постоянного напряжения на диапазоне измерений с пределом 200 mV для  $U_{y...}$  от 0,1 до 2 V и на диапазоне измерений с пределом 2 V для  $U_{y...}$  свыше 2 до 10 V;

$S$  - измеряемое отношение двух постоянных напряжений.

$n$  - показатель степени индицируемый на табло вольтметра при измерении отношений  $< 1$ .

2.15. Вольтметр обеспечивает измерение отношения среднеквадратического значения переменного напряжения произвольной формы  $U_{x~}$  с коэффициентом амплитуды  $K_a \leq 4$  к постоянному напряжению  $U_{y...}$ , при этом напряжение  $U_{x~}$  может принимать значения от 10 mV до 700 V в диапазоне частот 20 Hz - 100 kHz и от 10 mV до 20 V в диапазоне частот 20 Hz - 1 MHz, напряжение  $U_{y...}$  может принимать значения

от 0,1 до 10 V .

Источники напряжений  $U_{x\sim}$  и  $U_{y\sim}$  должны иметь общую точку или допускать ее создание.

Предел допускаемой основной погрешности измерения отношения  $\frac{U_{x\sim}}{U_{y\sim}}$   $\delta$  в процентах равен

$$\delta = \pm (\delta_x + \delta_y + 0,01) \text{ для } S \geq 1, \quad (1.2)$$

$$\delta = \pm (\delta_x + \delta_y + \frac{0,2}{S} \cdot 10^n) \text{ для } S < 1 \quad (1.2a)$$

где  $\delta_x$  — предел допускаемой основной погрешности измерения среднеквадратического значения переменной напряжения  $U_{x\sim}$  в процентах;

$\delta_y$  — предел допускаемой основной погрешности измерения постоянного напряжения на диапазоне измерений с пределом 200 mV для  $U_{y\sim}$  от 0,1 до 2 V и на диапазоне измерений с пределом 2 V для  $U_{y\sim}$  свыше 2 до 10 V ;

$S$  — измеряемое отношение переменного напряжения к постоянному,

$n$  — показатель степени, индицируемый на табло при измерении отношений  $< 1$

2.16. Вольтметр обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на диапазонах измерений с верхними пределами 20, 200  $\Omega$  ; 2, 20, 200, 2000 k $\Omega$  по двух и четырехпроводной схеме и 20, 200 M $\Omega$  — по двухпроводной схеме.

Предел допускаемой основной погрешности измерения электрического сопротивления в процентах равен значениям, приведенным:

1) в табл. 2.II — в течение межповерочного интервала 6 мес;

2) в табл. 2.I2 — в течение межповерочных интервалов 12, 24 мес;

3) в табл. 2.II — в течение 24 h непрерывной работы после калибровки относительно внешней меры сопротивления с погрешностью не более 0,005 %.

Примечание. Вольтметр обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на диапазоне измерений с пределом 200 M $\Omega$  только в нормальных условиях.

2.17. Быстродействие вольтметра, степень квантования для каждого диапазона измерений электрического сопротивления соответствуют значениям, приведенным в табл.2.II, 2.I2.

Таблица 2.11

Предел измерений	Степень квантования (число разрядов индикации)	Быстродействие, измер./с	Предел допускаемой основной погрешности, % за межповерочный интервал	
			24 h	6 мес
20 Ω	100 μΩ (5 I/2)	0,1	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,015(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 mΩ (4 I/2)	1	$\pm [0,025+0,02(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,015(\frac{R_x}{R}-1)]$
	10 mΩ (3 I/2)	5	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 mΩ (5 I/2)	3	$\pm [0,015+0,005(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,005(\frac{R_x}{R}-1)]$
	10 mΩ (4 I/2)	5	$\pm [0,02+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,03+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$
200 Ω	100 mΩ (3 I/2)	50	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	10 mΩ (5 I/2)	3	$\pm [0,015+0,0025(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,0025(\frac{R_x}{R}-1)]$
	100 mΩ (4 I/2)	5	$\pm [0,02+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 Ω (3 I/2)	50	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	100 mΩ (5 I/2)	3	$\pm [0,015+0,0025(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,0025(\frac{R_x}{R}-1)]$
20 kΩ	1 Ω (4 I/2)	5	$\pm [0,02+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$
	10 Ω (3 I/2)	50	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 Ω (5 I/2)	3	$\pm [0,015+0,0025(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,0025(\frac{R_x}{R}-1)]$
	10 Ω (4 I/2)	5	$\pm [0,02+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$
	100 Ω (3 I/2)	50	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$

Продолжение табл. 2.11

Предел измерений	Степень квантования (число разрядов индикации)	Быстродействие, измер./с	Предел допускаемой основной погрешности, % за межповерочный интервал	
			24 h	6 мес
2000 kΩ	10 Ω (5 I/2)	3	$\pm [0,02+0,003(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,03+0,003(\frac{R_x}{R}-1)]$
	100 Ω (4 I/2)	5	$\pm [0,04+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,05+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 kΩ (3 I/2)	10	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	100 Ω (5 I/2)	1	$\pm [0,04+0,004(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,06+0,004(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 kΩ (4 I/2)	3	$\pm [0,1+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,01(\frac{R_x}{R}-1)]$
20 MΩ	10 kΩ (3 I/2)	5	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	1 kΩ (5 I/2)	1	$\pm [0,3+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [0,3+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	10 kΩ (4 I/2)	3	$\pm [1,0+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [1,0+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$
	100 kΩ (3 I/2)	5	$\pm [3+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$	$\pm [3+0,1(\frac{R_x}{R}-1)]$



Таблица 2.12

Предел измерений	Степень квантования (число разрядов индикации)	Быстродействие, измер./с	Предел допускаемой основной погрешности, % за межповерочный интервал	
			12 мес	24 мес
20 Ω	100 μΩ (5 I/2)	0,1	$\pm [0,04+0,015(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,06+0,025(\frac{R_k}{R}-1)]$
	1 mΩ (4 I/2)	1	$\pm [0,04+0,02(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,06+0,04(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 mΩ (3 I/2)	5	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{R_k}{R}-1)]$
	1 mΩ (5 I/2)	3	$\pm [0,03+0,005(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,05+0,005(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 mΩ (4 I/2)	5	$\pm [0,03+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,05+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$
2 kΩ	100 mΩ (3 I/2)	50	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 mΩ (5 I/2)	3	$\pm [0,025+0,0025(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,004(\frac{R_k}{R}-1)]$
	100 mΩ (4 I/2)	5	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,015(\frac{R_k}{R}-1)]$
	1 Ω (3 I/2)	50	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$
	100 mΩ (5 I/2)	3	$\pm [0,025+0,0025(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,004(\frac{R_k}{R}-1)]$
20 kΩ	1 Ω (4 I/2)	5	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 Ω (3 I/2)	50	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{R_k}{R}-1)]$
	1 Ω (5 I/2)	3	$\pm [0,025+0,0025(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,004(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 Ω (4 I/2)	5	$\pm [0,025+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,04+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$

Таблица 2.12

Предел измерений	Степень квантования (число разрядов индикации)	Быстродействие, измер./с	Предел допускаемой основной погрешности, % за межповерочный интервал	
			12 мес	24 мес
200 kΩ	100 Ω (3 I/2)	50	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 Ω (5 I/2)	3	$\pm [0,05+0,003(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,1+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$
	100 Ω (4 I/2)	5	$\pm [0,05+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,1+0,015(\frac{R_k}{R}-1)]$
	1 kΩ (3 I/2)	10	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$
	100 Ω (5 I/2)	1	$\pm [0,1+0,004(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,2+0,02(\frac{R_k}{R}-1)]$
20 MΩ	1 kΩ (4 I/2)	3	$\pm [0,15+0,01(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,02(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 kΩ (3 I/2)	5	$\pm [0,15+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,25+0,15(\frac{R_k}{R}-1)]$
	1 kΩ (5 I/2)	1	$\pm [0,4+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [0,6+0,2(\frac{R_k}{R}-1)]$
	10 kΩ (4 I/2)	3	$\pm [1,5+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [2+0,2(\frac{R_k}{R}-1)]$
	100 kΩ (3 I/2)	5	$\pm [4+0,1(\frac{R_k}{R}-1)]$	$\pm [5+0,2(\frac{R_k}{R}-1)]$

Примечание. В табл. 2.11, 2.12 приняты следующие обозначения:

Rк - конечное значение установленного диапазона измерений;

R - значение измеряемого сопротивления на входе вольтметра.



2.18. Сила постоянного тока, протекающего через измеряемое сопротивление, равна значениям, приведенным в табл.2.13.

Максимальное значение постоянного напряжения на измеряемом сопротивлении (напряжение на открытых гнездах) не более 10 В при измерении на диапазонах с пределами измерений 20, 200 МΩ не более 2,1 В.

Погрешность измерения напряжения не более  $\pm 5\%$ .

2.19. Вольтметр обеспечивает математическую и логическую обработку результатов измерения по программам в соответствии с табл.2.14.

Таблица 2.13

Предел измерения	Значение силы тока
20 Ω	$(I \pm 0,2) \text{ mA}$
200 Ω	$(I \pm 0,2) \text{ mA}$
2 kΩ	$(I \pm 0,2) \text{ mA}$
20 kΩ	$(0, I \pm 0,02) \text{ mA}$
200 kΩ	$(I \pm 0,2) \mu\text{A}$
2000 kΩ	$(I \pm 0,2) \mu\text{A}$

2.20. В вольтметре предусмотрена проверка работоспособности составных частей.

2.21. Предел допускаемой дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды на каждые 10 °С в диапазоне температур от минус 10 до плюс 50 °С не превышает предела допускаемой основной погрешности за межповерочный интервал 6 мес. при измерении постоянного, переменного напряжений и электрического сопротивления, удвоенного предела — при измерении отношения двух напряжений и половины предела

Таблица 2.14

Номер программы	Наименование программы (режим программирования)	Содержание программы
01	Смещение на константу "С"	Вычисление по формуле "X-C"
02	Умножение на константу "С"	Вычисление по формуле "X·C"
03	Процентное отклонение от константы "С"	Вычисление по формуле $\frac{X-C}{C} \cdot 100\%$
04	Деление на константу "С"	Вычисление по формуле "X/C"
05	То же	Вычисление по формуле "X <sup>2</sup> /C"
06-10	Статистическая обработка n измерений:	
06	с индикацией текущего размера выборки	n
07	с индикацией среднего значения	$\frac{\sum X_i}{n}$
08	с индикацией математического ожидания	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum X_i^2}$
09	с индикацией дисперсии	$\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2$
10	с индикацией средне-квадратического отклонения	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2}$
11	Просмотр сводной таблицы результатов статистической обработки, предусмот-	

Продолжение табл.2.14

Номер программы	Наименование программы (режим программирования)	Содержание программы
	ренных в программах 06-10	-
14	Подсчет и индикация количества $X_i$ , значение которых не попадает в интервал от $L$ до $H$	$X_i \leq L, X_i \geq H$
15	Подсчет и индикация количества $X_i$ , значение которых попадает в интервал от $L$ до $H$	$L \leq X_i \leq H$
20	Поиск и индикация максимального значения среди всех значений $X_i$	$X_{i \max}$
21	Поиск и индикация минимального значения среди всех значений $X_i$	$X_{i \min}$
22	Поиск и индикация разницы между максимальным и минимальным значениями $X_i$	$X_{i \max} - X_{i \min}$
16	Просмотр сводной таблицы результатов поиска экстремальных значений, предусмотренных в программах 14, 15, 20, 21, 22	

Продолжение табл.2.14

Номер программы	Наименование программы (режим программирования)	Содержание программы
23	Просмотр таблицы результатов поиска экстремальных значений, предусмотренных в программах 20 - 22	
24	Вычисление значения температуры от минус 230 до плюс 1100 °C по результатам измерения сопротивления платинового термопреобразователя (ТСП) со значением $W_{100} = 1,3910$	
25	Вычисление значения температуры от минус 200 до плюс 850 °C по результатам измерения сопротивления платинового термопреобразователя (ТСП) со значением $W_{100} = 1,3850$	
26	Задание разрядности на табло:	
	00 - 3,5 разряда	
	01 - 4,5 разряда	
	02 - 5,5 разряда	
27	Задание значения задержки (в миллисекундах) для режима задержанного разового запуска	
29	Самодиагностика неисправнос-	

Продолжение табл.2.14

Номер программы	Наименование программы (режим программирования)	Содержание программы
30	<p>тей в устройстве сопряжения с КОП</p> <p>Задание варианта настройки вольтметра:</p> <p>00 - отказ от настройки;</p> <p>01-17 - номер этапа калибровки для останова на нем с индикацией калибровочного напряжения;</p> <p>18 - останов на тесте реверсивного счетчика</p> <p>АЦП в режиме самодиагностики с индикацией количества подсчитанных импульсов;</p> <p>19 - останов на тесте генератора счетных импульсов в режиме самодиагностики;</p> <p>20 - останов на тесте формирователя форсирующей частоты в режиме самодиагностики;</p> <p>21 - учащенное измерение и учет смещения нуля АЦП;</p> <p>22 - калибровка по внешней мере э.д.с. и сопротивления;</p> <p>23 - цифровой фильтр при измерении <math>U_{\sim}</math></p>	

допускаемой основной погрешности за межповерочный интервал 12 мес - при измерении силы постоянного и переменного токов.

Предел допускаемой дополнительной погрешности от воздействия повышенной влажности не превышает предела допускаемой основной погрешности за межповерочный интервал 6 мес при измерении постоянного, переменного напряжений и электрического сопротивления, удвоенного предела допускаемой погрешности за межповерочный интервал 6 мес при измерении отношения двух напряжений и половины предела допускаемой основной погрешности за межповерочный интервал 12 мес - при измерении постоянного и переменного токов.

2.22. Вольтметр имеет производственно-эксплуатационный запас 20 % по основным погрешностям измерений, нормированным за межповерочный интервал 6 мес при измерении постоянного и переменного напряжений, электрического сопротивления, отношения двух напряжений; нормированным за 12 мес - при измерении силы постоянного и переменного токов.

2.23. Вольтметр имеет следующие режимы работы:

- автоматическая установка нуля;
- ручной выбор диапазона измерений;
- автоматический выбор диапазона измерений;
- разовый запуск;
- периодический запуск;
- автоматическая калибровка измерительного тракта.

2.24. Вольтметр имеет изолированный от корпуса "плавающий" вход.

Электрическая изоляция цепей вольтметра выдерживает без пробоя и поверхностного перекрытия в течение 1 мин испытательное напряжение, указанное в табл.2.15.



Таблица 2.15

Электрические цепи вольметра, подлежащие испытаниям	Максимальное рабочее напряжение, В	Вид испытательного напряжения	Среднеквадратическое значение испытательного напряжения при прочности электрической изоляции, В		Сопротивление изоляции, МΩ, не менее			
			в нормальных условиях	в условиях повышенной влажности	в нормальных условиях	в условиях повышенной температуры	в условиях повышенной влажности	в условиях повышенной влажности
1. Между соединенными вместе гнездами "Н", "Н <sub>1</sub> ", "Н <sub>2</sub> ", "L <sub>1</sub> ", "L <sub>2</sub> " и гнездом защиты "G"	100	Переменное напряжение частотой 50	500	300	500	20	20	2
2. Между гнездом защиты "G" и клеммой "1"	650	То же	2000	1200	500	20	20	2

Продолжение табл. 2.15

Электрические цепи вольметра, подлежащие испытаниям	Максимальное рабочее напряжение, В	Вид испытательного напряжения	Среднеквадратическое значение испытательного напряжения при прочности электрической изоляции, В		Сопротивление изоляции, МΩ, не менее			
			в нормальных условиях	в условиях повышенной влажности	в нормальных условиях	в условиях повышенной температуры	в условиях повышенной влажности	в условиях повышенной влажности
3. Между соединенными вместе штырями вилки кабеля питания и корпусом	242	Переменное напряжение частотой 50	1500	900	20	5	5	2



Электрическое сопротивление изоляции указанных цепей вольтметра не менее значений, указанных в табл.2.15. Погрешность измерения электрического сопротивления не более  $\pm 10\%$ .

2.25. Электрическое сопротивление между выводом защитного заземления вольтметра и его корпусом не более  $0,5 \Omega$ .

2.26. Вольтметр обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, за межповерочные интервалы 6, 12 мес, по истечении времени установления рабочего режима, равного 1 h.

Через 15 min после включения вольтметр обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, за межповерочный интервал 24 мес.

Через 2 h после включения вольтметр обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, в течение 24 h непрерывной работы после калибровки относительно внешней меры з.д.с. и меры сопротивления.

2.27. Вольтметр допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение времени не менее 24 h при сохранении своих технических характеристик в пределах норм, установленных ТУ.

Примечание. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима вольтметра.

2.28. Вольтметр сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ, при питании его от сети переменного тока напряжением  $(220 \pm 22)V$  частотой  $(50 \pm 1,0)Hz$  и  $(115 \pm 6)$ ,  $(220 \pm 11)V$  частотой  $(400 \pm 28)Hz$ , содержанием гармоник не более 5 %.

2.29. Мощность, потребляемая вольтметром от сети питания

при номинальном напряжении, не превышает  $35 V \cdot A$ .

2.30. Напряжение промышленных радиопомех, создаваемых вольтметром, не превышает:

80 dB на частоте от 0,15 до 0,5 MHz;

74 dB на частоте свыше 0,5 до 2,5 MHz;

66 dB на частоте свыше 2,5 до 30 MHz.

2.31. Вольтметр обеспечивает:

интерфейсные функции в соответствии с табл.2.16;

Таблица 2.16

Обозначение функции	Наименование функции	Функциональные возможности
СИ	Синхронизация передачи источника	В соответствии с ГОСТ 26.003-80
СП	Синхронизация приема	То же
ИС	Источник	"
П	Приемник	"
ЗИ	Запрос на обслуживание	"
ДИ	Дистанционное (местное) управление	"
СБ	Очистить устройство	"
ЗП	Запуск устройства	"

программирование буквенно-цифровым кодом всех органов управления, расположенных на передней панели, кроме переключателя СЕТЬ и клавиши "ИСП", согласно табл.2.17;

формат программных данных соответствует синтаксической диаграмме, приведенной на рис.2а;

выдачу информации в канал общего пользования (КОП) в соответствии с ГОСТ 27463-87 и табл.2.18.

Формат выдаваемой последовательно по байтам информации соответствует требованиям ГОСТ 26.003-80 и табл.2.19;

выдачу в КОП сигнала "Запрос обслуживания" (30) по следующим причинам:

- 1) прибор неработоспособный;
- 2) ошибочные программные данные;

Таблица 2.17

Программируемый параметр	Программируемый идентификатор	Код КОП						
		ЛД6	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	ЛД0
Род работы:	М	1	0	0	1	1	0	1
измерение $U_{\text{н}}$	0	0	1	1	0	0	0	0
измерение $U_{\text{н}}$	1	0	1	1	0	0	0	1
измерение $I_{\text{н}}$	2	0	1	1	0	0	1	0
измерение $I_{\text{н}}$	3	0	1	1	0	0	1	1
измерение R по четырехпроводной схеме	4	0	1	1	0	1	0	0
измерение R по двухпроводной схеме	5	0	1	1	0	1	0	1
Диапазоны измерений с пределами:	R	1	0	1	0	0	1	0
20 мВ, мА, Ω	0	0	1	1	0	0	0	0
200 мВ, мА, Ω	1	0	1	1	0	0	0	1
2 В, мА, кΩ	2	0	1	1	0	0	1	0
20 В, мА, кΩ	3	0	1	1	0	0	1	1
200 В, мА, кΩ	4	0	1	1	0	1	0	0
2000 В, мА, кΩ	5	0	1	1	0	1	0	1
20 А, МΩ	6	0	1	1	0	1	1	0
200 МΩ	7	0	1	1	0	1	1	1

Продолжение табл. 2.17

Программируемый параметр	Программируемый идентификатор	Код СКП						
		ЛД6	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	ЛД0
Вид запуска:	Т	1	0	1	0	1	0	0
периодический	0	0	1	1	0	0	0	0
разовый без задержки	3	0	1	1	0	0	1	1
разовый с задержкой, заданной в режиме программирования	2	0	1	1	0	0	1	0
исполнить запуск	1	0	1	1	0	0	0	1
Матобработка:	U	1	0	1	0	1	0	1
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0
АВП:	A	1	0	0	0	0	0	1
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0
Автокалибровка:	C	1	0	0	0	0	1	1
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0
Фильтрация:	P	1	0	0	0	1	1	0
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0
измерение отношения двух напряжений:	Y	1	0	1	1	0	0	1
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0

Продолжение табл. 2.17

Программируемый параметр	Программируемый идентификатор	Код КОП						
		ЛД6	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	ЛД0
Самодиагностика:	P	1	0	0	0	1	0	0
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
Коррекция нуля:	N	1	0	0	1	1	1	0
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0
Автоматическая коррекция дрейфа:	Z	1	0	1	1	0	1	0
включить:	1	0	1	1	0	0	0	1
отключить	0	0	1	1	0	0	0	0
Разрядность индикации:	I	1	0	0	1	0	0	1
3 1/2	0	0	1	1	0	0	0	0
4 1/2	1	0	1	1	0	0	0	1
5 1/2	2	0	1	1	0	0	1	0
Режим программирования:	P	1	0	1	0	0	0	0
ввод программы	W	1	0	1	0	1	1	1
оброс программных данных	S	1	0	1	0	0	1	1
точка	.	0	1	0	1	1	1	0
знак "+"	+	0	1	0	1	0	1	1
знак "-"	-	0	1	0	1	1	0	1
нуль	0	0	1	1	0	0	0	0
единица	1	0	1	1	0	0	0	1



Продолжение табл. 2.17

Программируемый параметр	Программируемый идентификатор	Код ОКП						
		ЛД6	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	ЛД0
два	2	0	1	1	0	0	1	0
три	3	0	1	1	0	0	1	1
четыре	4	0	1	1	0	1	0	0
пять	5	0	1	1	0	1	0	1
шесть	6	0	1	1	0	1	1	0
семь	7	0	1	1	0	1	1	1
восемь	8	0	1	1	1	0	0	0
девять	9	0	1	1	1	0	0	1
Режим включения "30":	Q	1	0	1	0	0	0	1
по причинам 1-6 п.2.31	Ø	0	1	1	0	0	0	0
по причинам 1-7 п.2.31	1	0	1	1	0	0	0	1
по причине 1 п.2.31	2	0	1	1	0	0	1	0
Повторить выдачу в КОП предыдущего результата измерений:	В	1	0	0	0	0	1	0
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
Выдать в КОП буквенно-цифровой код текущего режима работы вольтметра:	Н	1	0	0	1	0	0	0
Включить	1	0	1	1	0	0	0	1

Продолжение табл. 2.17

Программируемый параметр	Программируемый идентификатор	Код ОКП						
		ЛД6	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	ЛД0
Ограничитель строки программных данных	ПС	0	1	1	1	0	1	1
Повторить выдачу в КОП предыдущего результата измерений:	В	1	0	0	0	0	1	0
включить	1	0	1	1	0	0	0	1
Исполнение строки программных данных	;	0	1	1	1	0	1	1

Таблица 2.18

Наименование информации	Символ для печати	Кодирование разрядов								Код Н
		ЛД7	ЛД6	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	ЛД0	
Плюс	+	0	0	1	0	1	0	1	1	2В
Минус	-	0	0	1	0	1	1	0	1	2Д
Символ порядка	Е	0	1	0	0	0	1	0	1	45
Ноль	0	0	0	1	1	0	0	0	0	30
Единица	1	0	0	1	1	0	0	0	1	31
Два	2	0	0	1	1	0	0	1	0	32
Три	3	0	0	1	1	0	0	1	1	33
Четыре	4	0	0	1	1	0	1	0	0	34
Пять	5	0	0	1	1	0	1	0	1	35
Шесть	6	0	0	1	1	0	1	1	0	36
Семь	7	0	0	1	1	0	1	1	1	37
Восемь	8	0	0	1	1	1	0	0	0	38
Девять	9	0	0	1	1	1	0	0	1	39
Точка	.	0	0	1	0	1	1	1	0	2Е
Пробел	Δ	0	0	1	0	0	0	0	0	20
Перевод строки	ПС	0	0	0	0	1	0	1	0	0А

Таблица 2.19

Номер байта					
I	2,3,4,5,6,7,8	9	10	11,12	13
Знак мантиссы	Мантисса	Символ порядка	Знак порядка	Порядок	Перевод строки
+ Δ	X.XXXXX	Е	+	0X	ПС

Примечания: 1. X – цифра от 0 до 9.

2. Δ – при измерении переменных напряжений и токов байт не выдается.
3. В табл. 2.20 приведен формат выдаваемой информации при 5 1/2 разрядах индикации. Мантисса передается 2–8 байтом (X.XXXXX). При 4 1/2 разрядах индикации формат составляет 12 байт, мантисса передается 7–8 байтом (X.XXXX), при 3 1/2 разрядах индикации формат составляет 11 байт, мантисса передается 2–6 байтом (X.XXX).
4. При перегрузке в канале "X" и "Y" первым байтом передается латинская буква X, а во всех разрядах мантиссы – цифра 9.

- 3) перегрузка в канале "X";
- 4) недопустимое смещение нуля;
- 5) перегрузка в канале "У";
- 6) недогрузка в канале "У";
- 7) готовность на выдачу данных.

Структура сообщения байта состояния (БСТ) приведена в табл.2.20. Временные операционные характеристики в соответствии с табл.2.21.

2.32. Нарботка на отказ вольтметра  $T_0$  не менее 1000h .

2.33. Гамма-процентный ресурс не менее 10000h при  $\gamma=95\%$ .

2.34. Гамма-процентный срок службы не менее 15 лет при  $\gamma=95\%$ .

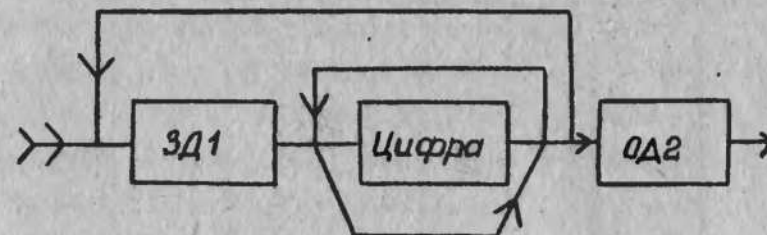
2.35. Гамма-процентный срок сохраняемости не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ или 5 лет для неотапливаемых хранилищ при  $\gamma=95\%$ .

2.36. Среднее время восстановления не более 8h .

2.37. Вероятность отсутствия скрытых отказов не менее 0,95 за межповерочный интервал 24 мес при среднем коэффициенте использования  $K_{\text{и}} = 0,04$ .

2.38. Габаритные размеры вольтметра 308х304х120 mm.  
Габаритные размеры табельной упаковки 500х178х397 mm,  
транспортной тары - 630х295х495 mm.

Синтаксическая диаграмма формата программных данных



ЗД1 - латинская буква;

ОД2 - ограничитель программных данных (ПС).

Рис.2а



Таблица 2.20

Логическое значение	Сообщения								Состояние вольтметра
	ОБЗ	БСТ							
		ЛД6	ЛД7	ЛД5	ЛД4	ЛД3	ЛД2	ЛД1	
I	Запрошено обслуживание	Авария	Не нормальное: неправильные программы; перегрузка; недогрузка;	Занят тест, калибровка, запуск, сброс, изменение	0	0	0	I	Вольтметр неисправен
					0	0	I	0	Неправильные программные данные
					I	0	I	0	Перегрузка в канале "у"
					I	I	0	0	Недогрузка в канале "у"
0	Обслуживание не запрошено	Отсутствие аварии	Нормальное	Готов	0	I	I	0	Перегрузка в канале "х"
					I	0	0	0	Недопустимое смещение нуля

Таблица 2.21

Временные характеристики	Значение, мс
Время исполнения запуска (от получения команды "ЗАП" до выполнения измерения)	$100 + t_3 + t_{изм}$
Время передачи байта (от прихода "высокого" ДП до установки "низкого" СД и от "высокого" ДП до "высокого" СД) в одном цикле синхронизации	не более 250
Время приема байта (от "низкого" СД до "высокого" ДП и от "высокого" СД до "высокого" ДП)	не более 950
Время выполнения сброса в исходное состояние (установка вольтметра в режим измерения $U_{\text{н}}$ на диапазоне 1000V, запуск периодический)	не более $1,5 \cdot 10^6$
Время установления линии КОП в исходное состояние после включения вольтметра	не более $1,5 \cdot 10^6$

Примечания: 1.  $t_3$  - время задержки начала измерения, заданное в режиме программирования (от 3 до 65535);  
 $t_{изм}$  - время измерения, приведенное в пп. 2.2, 2.3, 2.13, 2.17.  
 2. Если запрограммирован режим "ТЗ", то  $t_3 = 3 мс$ .

2.39. Масса вольтметра не более 7,5 кг, масса вольтметра с табельной упаковкой не более 17 кг, масса вольтметра с транспортной тарой не более 45 кг.

2.40. По требованию к электробезопасности вольтметр относится к классу защиты I по ГОСТ 12.2.007.0-75.

### 3. СОСТАВ КОМПЛЕКТА ВОЛЬТМЕТРА

3.1. Вольтметр В7-46 (В7-46/1) поставляется в комплекте, указанном в табл.3.1.

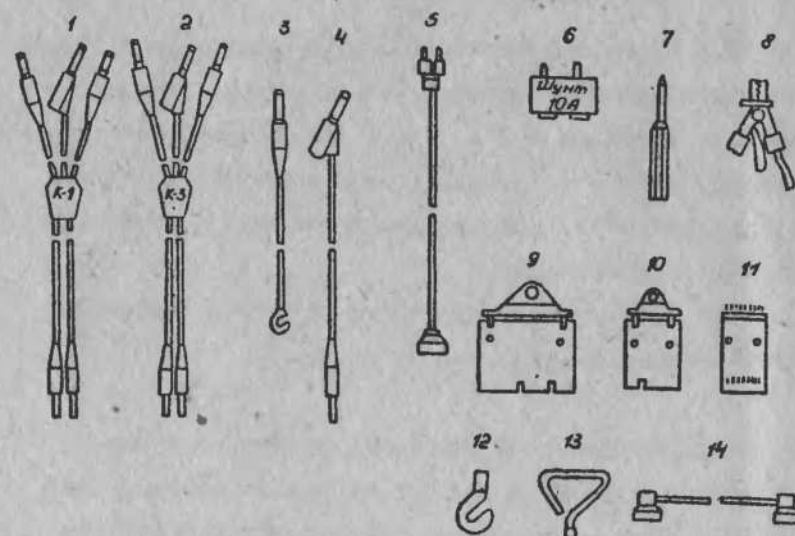
Таблица 3.1

Наименование, тип	Количество	Примечание
1. Вольтметр универсальный В7-46 (В7-46/1)	1	
2. Принадлежности:		
кабель "К-1"	1	
кабель "К-2"	1	
кабель "К-3"	1	
кабель "К-4"	1	
шнур сетевой	1	
шунт 10 А	1	
кабель	2	
щуп	2	
плата № 1	1	
плата № 2	1	
плата № 3	1	
наконечник	4	
крючок	2	
кабель КОП	1	
3. Запасные части:		
вставка плавкая		
ВП1-1 2,0 А 250V	2	
вставка плавкая		
ВП2Б-1 1 А 250V	4	

Продолжение табл. 3.1

Наименование, тип	Количество	Примечание
розетка РМ7-24Г-ПБ	1	
резистор C2-29B-0,125-100 кΩ -0,1%-I,0-A	1	
резистор C2-29B-0,5-10 кΩ ±0,1 %-I,0-A	1	
резистор C2-29B-2-4,7 кΩ ±0,1 %-I,0-A	2	
4. Эксплуатационная документация:		
Техническое описание, Часть I	1	
Техническое описание. Часть 2. Альбом схем	1	
Инструкция по эксплуатации	1	
Формуляр	1	
5. Упаковка	1	Табельная

Принадлежности к вольтметру В7-46 (В7-46/1)



- 1 - кабель К-1;
- 2 - кабель К-3;
- 3 - кабель К-2;
- 4 - кабель К-4;
- 5 - шнур сетевой;
- 6 - шунт 10 А;
- 7 - щуп;
- 8 - кабель;
- 9 - плата № 1;
- 10 - плата № 2;
- 11 - плата № 3;
- 12 - наконечник;
- 13 - крючок;
- 14 - кабель КОП.

Рис.3



## 4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

## 4.1. Принцип действия вольтметра

4.1.1. Принцип действия вольтметра заключается в преобразовании измеряемой величины в нормированное постоянное напряжение значением от 0 до 2,2 В с последующим его преобразованием методом широтно-импульсной модуляции в цифровой код и вычисления значения измеряемой величины с учетом ранее полученных коэффициентов.

Схема электрическая структурная вольтметра универсального В7-46 (В7-46/1) приведена на рис. 4.

Вольтметр состоит из аналоговой и цифровой части.

Аналоговая часть служит для преобразования измеряемой величины в импульсы, длительность которых пропорциональна измеряемой величине, и состоит из аналого-цифрового преобразователя (АЦП), источника опорного напряжения (ИОН), входного усилителя, усилителя  $U$ , преобразователя  $E$ , преобразователя  $U_{\Sigma}$ , преобразователя  $I$ , входного делителя  $U_{\Sigma}$ , формирователя калибровочных напряжений, блока управления коммутационными элементами и стабилизатора аналогового.

Цифровая часть предназначена для управления вольтметром, формирования, обработки и индикации результата измерения, а также выдачи его в КОП.

Цифровая часть состоит из микропроцессорного контроллера (МПК), дешифратора адреса, генератора синхроимпульсов (ГСИ), реверсивного счетчика, блока передней панели, устройства сопряжения с КОП; блока развязки и стабилизатора цифрового.

Схема электрическая структурная вольтметра универсального В7-46 (В7-46/1)

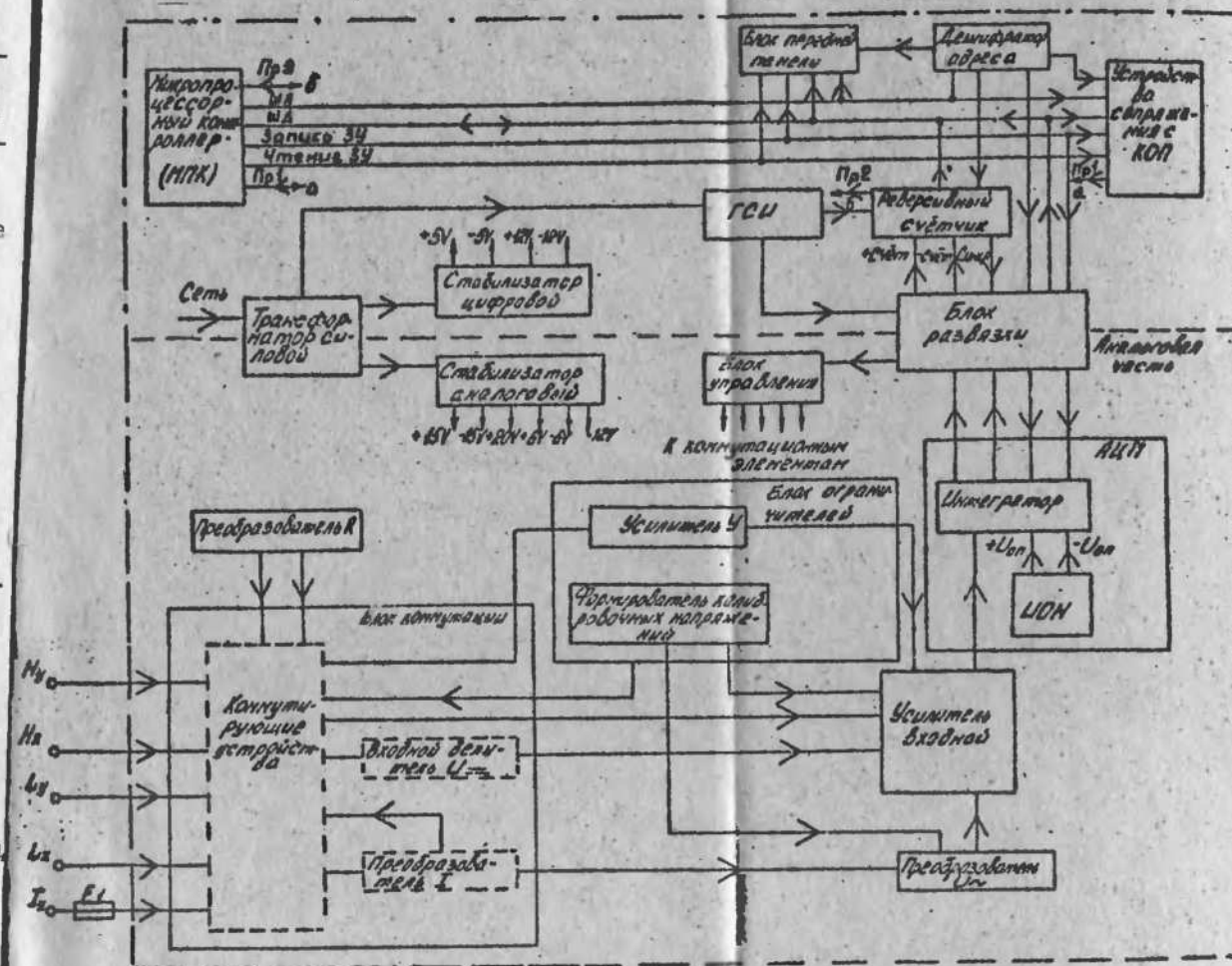


Рис. 4

... заключается в следующем:

Подавление помех общего вида в вольтметре достигается гальванической развязкой аналоговой от цифровой части и корпуса вольтметра, а также путем экранирования ее о помощью специального экрана **G**. Связь между аналоговой и цифровой частями осуществляется через импульсные трансформаторы блока развязки.

Измерение постоянного напряжения может проводиться по двум каналам: X (клеммы "Hx", "Lx") и Y (клеммы "Hy", "Ly"). Измерение переменного напряжения может проводиться только по каналу X (клеммы "Hx", "Lx").

Измерение электрического сопротивления может проводиться или по двухпроводной схеме (клеммы "Hx", "Lx") или по четырехпроводной (клеммы "Hx", "Lx", "Hy", "Ly"). При измерении токов источник тока подключают к клеммам "Ix", "Lx".

Входной усилитель обеспечивает необходимую чувствительность и высокое входное сопротивление вольтметра при измерении постоянного напряжения. Входной делитель служит для расширения диапазона измеряемых постоянных напряжений до 1000 В.

Постоянное напряжение, поступающее на вход вольтметра, масштабируется с помощью входного делителя и входного усилителя и подается на вход АЦП.

ИОН вырабатывает опорные напряжения  $U_{on}$  и минус  $U_{on}$ , из которых формируются опорные токи, необходимые для работы АЦП.

АЦП построен по методу широтно-импульсной модуляции, суть которого заключается в следующем:

на вход интегратора непрерывно поступает ток, пропорциональный измеряемой величине, "форсирующий ток", периодически изменяющий полярность, и опорный ток, полярность которого зависит от соотношения выходного напряжения интегратора и уровня компарирования компараторов, подключенных к выходу интегратора. Полярность опорного тока автоматически устанавливается такой, чтобы суммарный заряд интегрирующей емкости за время преобразования был равен нулю.

В цифровую часть вольтметра передаются импульсы "+счет" и "-счет". Импульс "+счет" передается при положительной полярности, а импульс "-счет" при отрицательной полярности опорного тока. Конец времени преобразования определяется по срезу импульса "-счет". При измерении переменного напряжения входные клеммы "Нх", "Lх" подключаются ко входу преобразователя среднеквадратического значения переменного напряжения в постоянное.

В режиме измерения сопротивления входные клеммы вольтметра подключаются к преобразователю R. Измерение сопротивлений значением до  $2\text{ М}\Omega$  может производиться как по двухпроводной, так и по четырехпроводной схеме, исключаяющей влияние сопротивления измерительного кабеля на погрешность измерения. Принцип измерения сопротивления до  $2\text{ М}\Omega$  состоит в измерении падения напряжения на измеряемом резисторе при протекании через него калиброванного тока.

Принцип измерения сопротивлений свыше  $2\text{ М}\Omega$  основан на измерении напряжения на измеряемом резисторе, включенном в цепь из последовательно соединенных образцового резистора и источника напряжения. Значение измеряемого сопротивления определяется по формуле

$$R_x = K_{R4} \cdot \frac{U_x}{U_4 - U_x},$$

где  $K_{R4}$  — поправочный коэффициент, вычисленный при проведении калибровок;

$U_x$  — напряжение на измеряемом резисторе;

$U_4$  — напряжение, измеренное при проведении калибровок пределов 20, 200 МΩ.

Измеряемые токи с входных клемм "Iх", "Lх" поступают на вход преобразователя I. Преобразователь тока представляет собой набор образцовых резисторов.

Напряжение, создаваемое измеряемым током на образцовом резисторе, поступает или на вход входного усилителя при измерении постоянного тока, или на вход преобразователя переменного напряжения при измерении переменного тока.

Усилитель У обеспечивает высокое входное сопротивление по каналу "Hy", "Ly" при измерении отношений двух постоянных напряжений  $\frac{U_{x=}}{U_{y=}}$  и переменного к постоянному напряжению  $\frac{U_{x\sim}}{U_{y=}}$ . Измерение отношений напряжений обеспечивается программно.

Формирователь калибровочных напряжений выдает постоянные напряжения для калибровок входного усилителя и усилителя У, а также переменное напряжение для калибровки преобразователя переменного напряжения.

Основным блоком цифровой части вольтметра является микропроцессорный контроллер (МК). Он обеспечивает управление процессом измерения, коррекцию результата измерения, выполнение математической и логической обработки результатов измерений, вывод их на индикаторное табло, обеспечивает



взаимодействие всех узлов вольтметра, контроль их работоспособности, ввод информации с передней панели и управление работой вольтметра с КОП.

С блоками цифровой части вольтметра МПК соединяется посредством:

шины адреса (ША), обеспечивающей обращение контроллера к внутренней памяти и к отдельным блокам вольтметра;

шины данных (ШД), обеспечивающей передачу информации между запоминающим устройством контроллера и микропроцессором, а также между контроллером и узлами вольтметра;

сигналов "Запрос прерывания" ("Пр 1", "Пр 2"), обеспечивающих автоматическое прерывание работы МПК для оперативного выполнения другой программы;

сигналов "Запись ЗУ" (ЗПЗУ) и "Чтение ЗУ" (ЧПЗУ) для синхронизации режимов записи и чтения информации в/из блоков вольтметра.

Обращение МПК к блокам вольтметра осуществляется по шине адреса. Дешифратор адреса дешифрирует состояние шины адреса и вырабатывает сигналы "Выбор устройства" (ВУ1 - ВУ11) и "Выбор аналоговой части" (ВАЧ).

Генератор синхриимпульсов (ГСИ) предназначен для формирования счетных импульсов с частотой 4,096 МГц для реверсивного счетчика и форсирующих импульсов с частотой 1 кГц для работы АЦП.

Для обеспечения необходимого подавления помехи нормального вида работа ГСИ синхронизируется сигналом с частотой питающей сети.

Реверсивный счетчик обеспечивает формирование кода,

соответствующего значению измеряемой величины. Информация со счетчика по сигналу "Пр 2" считывается в МПК, где обрабатывается и корректируется. Полученный результат выводится на индикаторное табло блока передней панели, при необходимости в КОП.

Блок сопряжения с КОП обеспечивает взаимодействие вольтметра с другими приборами и устройствами, объединенными в систему в соответствии с ГОСТ 26.003-80.

## 4.2. Автоматическая калибровка вольтметра

4.2.1. Автоматическая калибровка вольтметра предназначена для исключения влияния неидеальности измерительного тракта на результат измерения. Автокалибровкой охвачены следующие аналоговые схемы вольтметра:

входной делитель  $U_{\text{вх}}$  ;

преобразователь R ;

усилитель U ;

преобразователь  $U_{\sim}$  .

В процессе автокалибровки производится вычисление поправочных коэффициентов, позволяющих привести погрешность измерения физических величин к минимальному значению, реализованному на пределах 20, 200 мВ и 2 В при измерении постоянного напряжения. При этом проводится 32 калибровочных измерений с последующим вычислением и запоминанием поправочных коэффициентов ОЗУ.

При автокалибровке за основу берутся параметры, устанавливаемые при калибровке вольтметра по внешней мере:

коэффициент преобразования АЦП на пределе 2 В ;

сопротивление образцового резистора  $1 \text{ к}\Omega$ , эквивалент которого в цифровом виде хранится в ПЗУ.

На рис.5 приведена схема электрическая функциональная коммутации аналоговых устройств вольтметра.

Состояние элементов коммутации при различных функциях и режимах работы вольтметра, а также при проведении автокалибровочных измерений приведено в табл.4.1, 4.2.

Автокалибровка осуществляется сразу после включения вольтметра.

В дальнейшем автокалибровка проводится при нажатии клавиши "▼" на передней панели вольтметра, при этом происходит уточнение поправочных коэффициентов, записанных в ОЗУ.

Для определения поправочных коэффициентов при измерении постоянного напряжения проводится восемь калибровочных измерений. При первом, третьем, пятом и седьмом калибровочных измерениях измеряется напряжение смещения нуля в цепи измерения постоянного напряжения.

При втором калибровочном измерении измеряется калибровочное напряжение  $U_2$ , равное  $(2 \pm 0,1) \text{ В}$ , поступающее в измерительную цепь из блока ограничителей от формирователя калибровочных напряжений через замкнутые контакты реле К12.1, К10.2, К13.

При четвертом калибровочном измерении калибровочное напряжение  $U_4$  поступает на вход усилителя с нижнего плеча делителя D A1 через замкнутые контакты реле К10.2, К13, при этом через замкнутые контакты реле К12.1 на делитель поступает калибровочное напряжение  $U_2$  с формирователя калибровочных напряжений.

Схема электрическая функциональная коммутации аналоговых устройств

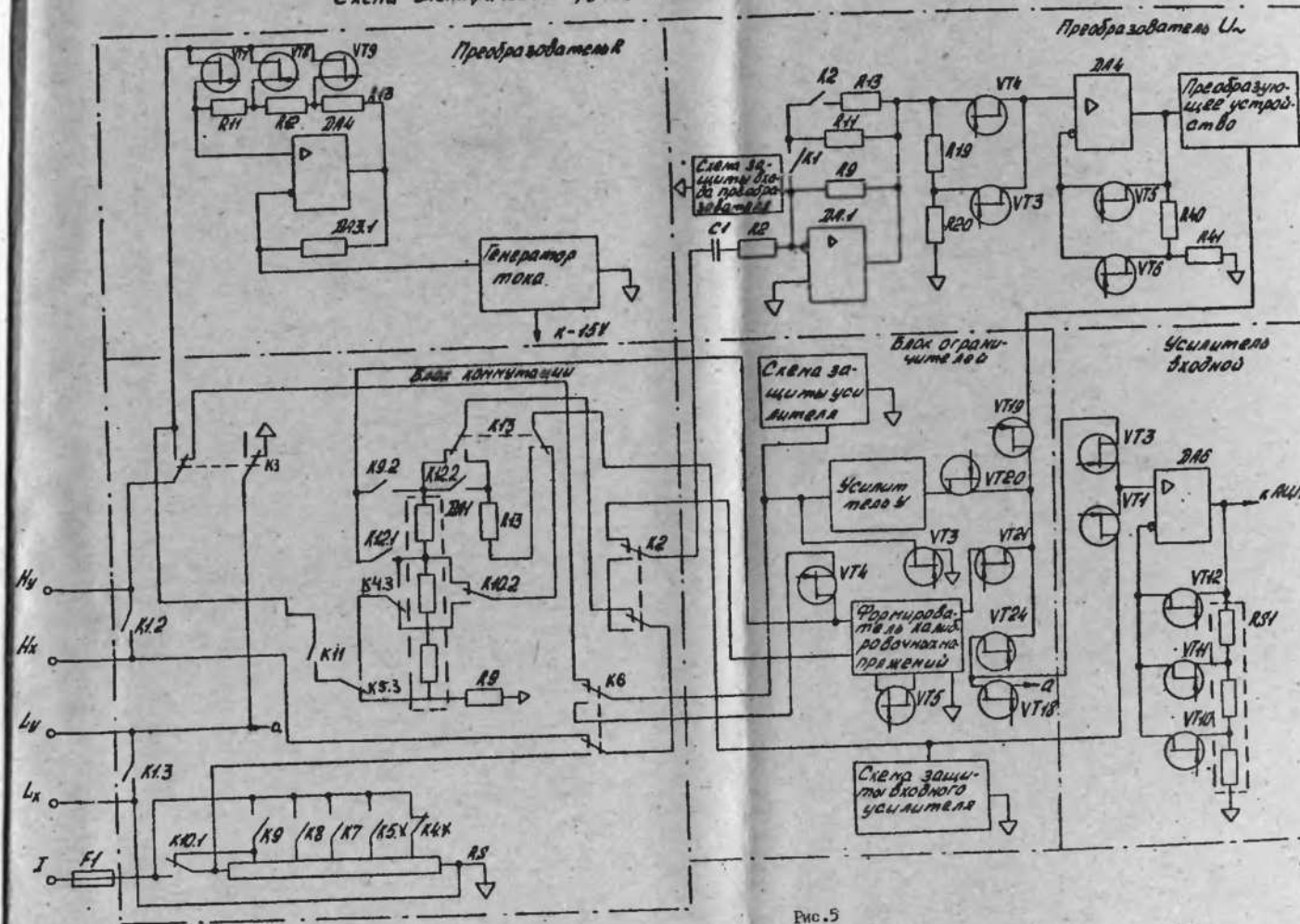


Рис.5

Из них первое, третье, пятое и седьмое измерения проводятся

Род работы		Предел измерения	Блок коммутации													Преобразователь U								Преобразователь R				Усилитель входной				Блок ограничителей								Блок защиты
			Обозначение коммутируемого элемента																																					
			K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K1	K2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT1, VT2, PA3	VT7	VT8	VT9	VT1	VT3	VT10	VT11	VT12	VT3, VT5	VT4	VT16	VT19	VT21	VT20	VT24	DD 4.4		
$\frac{U_{изм}}{U_{изм}}$	$U_{изм}$	20 мВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-		
		200 мВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
		2 В	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-			
		20 В	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-			
		200 В	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-			
		1000 В	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-			
	$U_{изм}$	1 В	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
		10 В	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-			
$\frac{U_{изм}}{U_{изм}}$	$U_{изм}$	200 мВ	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-		
		2 В	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-			
		20 В	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-			
		200 В	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-			
		700 В	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	⊕	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-			
	$U_{изм}$	1 В	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-			
		10 В	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-				
		1 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-			
2 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-				
3 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-				
4 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-				
5 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-				
6 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-				
7 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-				
8 нВ	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-				



Род работы	Предмет измере- ния	Блок коммутации													Преобразователь $U_{\sim}/U_{\text{сн}}$						Преобразователь $R$			Усилитель входной				Блок ограничителя								Блок ссз- пазых
		Обозначение коммутационного элемента																																		
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K1 ПЛ	K2 ПЛ	VT3 ПЛ	VT4 ПЛ	VT5 ПЛ	VT6 ПЛ	VT1, VT2 ПЛЗ	VT7	VT8	VT9	VT1	VT3	VT10	VT11	VT12	VT3, VT5	VT4	VT18	VT19	VT21	VT20	VT24
Калибровка $U_{\sim}$	1 изм.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+
	2 изм.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+		
	3 изм.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+
	4 изм.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+
Калибровка $R$	1 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
	2 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	
	3 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
	4 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
	5 изм.	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6 изм.	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
	7 изм.	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	
	8 изм.	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	
Калибровка канала $Y$	1 изм.	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-
	2 изм.	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	
	3 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+		
	4 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+		
	5 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+		
	6 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+		
	7 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+		
	8 изм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+		

Род работы	Предел измерения	Блок коммутации												Преобразователь $U_{\sim}/U_{\sim}$						Преобразователь $R$				Усилитель входной				Блок ограничителей								Блок гсз	
														Обозначение коммутационного элемента																							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K1 ПЛ	K2 ПЛ	VT3 ПЛ	VT4 ПЛ	VT5 ПЛ	VT6 ПЛ	VT1, VT2 ПЛЗ	VT7	VT8	VT9	VT1	VT3	VT10	VT11	VT12	VT5	VT4	VT18	VT19	VT21	VT20	VT24	DD4.4
$U_{\sim}$	20 mV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
	200 mV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
	2 V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
	20 V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
	200 V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
	1000 V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	
$U_{\sim}$	200 mV	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-
	2 V	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-
	20 V	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-
	200 V	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-
	700 V	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	⊕	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+
$I_{\sim}$	20 $\mu A$	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
	200 $\mu A$	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
	2 mA	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
	20 mA	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
	200 mA	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
	2000 mA	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+
$I_{\sim}$	200 $\mu A$	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-
	2 mA	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	
	20 mA	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	
	200 mA	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	
	2000 mA	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	⊕	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	

Продолжение табл. 4.2

Род работы	Предел измерения	Блок коммутации												Преобразователь $U_1/U_2$								Преобразователь $R$			Усилитель входной								Блок ограничителей								Блок развязки
		Обозначение коммутирующего элемента																																							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K1 Пл1	K2 Пл1	VT3 Пл1	VT4 Пл1	VT5 Пл1	VT6 Пл1	VT1, VT2 Пл3	VT7	VT8	VT9	VT1	VT3	VT10	VT11	VT12	VT15	VT4	VT18	VT19	VT21	VT20	VT24	DD4.4				
R (2-проводная схема)	20 $\Omega$	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	200 $\Omega$	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	2 k $\Omega$	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	20 k $\Omega$	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	200 k $\Omega$	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	2000 k $\Omega$	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	20 M $\Omega$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	200 M $\Omega$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
R (4-проводная схема)	20 $\Omega$	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	200 $\Omega$	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	2 k $\Omega$	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	20 k $\Omega$	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	200 k $\Omega$	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			
	2000 k $\Omega$	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	⊕	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-			

" + " - коммутируемый элемент замкнут;

" - " - коммутируемый элемент разомкнут;

" ⊕ " - коммутируемый элемент замкнут при замыкании клавиши " D, ".



Род работы	Предел измерения	Блок коммутации												Преобразователь $U_{\sim}/U_{=}$						Преобразователь $R$		Усилитель входной		Блок ограничителей										Блок развязки						
		Обозначения коммутационного элемента																																						
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K1 П1	K2 П1	VT3 П1	VT4 П1	VT5 П1	VT6 П1	VT1, VT2 П1, 3	VT7	VT8	VT9	VT1	VT3	VT10	VT11	VT12	VT3., VT5	VT4	VT18	VT19	VT21	VT20	VT24	DD4.4			
Коррекция "0"	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	+	x	x	x	x	x	+	-	-	-	-	-	-			
Калибровка $R$ на пределе 20, 200 МОм:	I нзм.	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-		
	2 нзм.	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	3 нзм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-		
	4 нзм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-		
	5 нзм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-		
	6 нзм.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-		

"+" - коммутирующий элемент замкнут;

"-" - коммутирующий элемент разомкнут;

"x" - коммутирующий элемент сохраняет состояние, предшествующее включению данного предела измерения или рода работы;

• - коммутирующий элемент замкнут при нажатии клавиши "Фт".

Результаты первого, второго, третьего и четвертого калибровочных измерений подвергаются математической обработке в МПК, где вычисляется вспомогательный коэффициент  $K_{всп.}$ .

При шестом калибровочном измерении в измерительную цепь поступает напряжение  $U_6$  с нижнего плеча входного делителя **DA1**, при этом на среднее плечо делителя через контакты реле **K12.1** поступает напряжение с формирователя калибровочных напряжений, равное  $(10 \pm 0,5) V$ .

При восьмом калибровочном измерении измеряется напряжение  $U_8$  на среднем плече делителя **DA1**, при этом напряжение, равное  $(10 \pm 0,5) V$ , поступает из формирователя калибровочных напряжений на вход делителя через замкнутые контакты реле **K9.2**.

В результате математической обработки результатов всех предыдущих измерений в МПК вычисляются поправочные коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$ .

Значение коэффициентов  $K_{всп.}$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  запоминаются ОЗУ.

Коэффициент  $K_1$  используется при коррекции результатов измерений на пределах измерения постоянного напряжения 20 и 200  $V$ .

Коэффициент  $K_2$  используется при коррекции результатов измерений на пределе измерений 1000  $V$ .

Коэффициент  $K_{всп.}$  используется при проведении калибровки преобразователя сопротивлений.

Для определения поправочных коэффициентов, корректирующих результаты измерения сопротивления, на пределах 20  $\Omega$  - 2  $M\Omega$ , также проводится восемь калибровочных измерений. Из них первое, третье, пятое и седьмое измерения проводятся

для определения смещения нуля измерительной цепи.

При втором калибровочном измерении измеряется напряжение  $U_2$  на образцовом резисторе  $R_9$  в блоке коммутации  $B$  значением  $1\text{ к}\Omega$  при протекании через него отабиленного тока. Ток, протекающий через образцовый резистор, поступает из преобразователя  $E$  от генератора тока. В зависимости от положения ключей на транзисторах  $VT7-VT9$  ток через образцовый резистор может принимать значения  $1\text{ }\mu\text{A}$ ;  $0,1\text{ mA}$ ;  $1\text{ mA}$ . При втором калибровочном измерении через образцовый резистор протекает ток  $1\text{ mA}$ .

Результаты первого и второго калибровочного измерения математически обрабатываются в МПК и вычисляется поправочный коэффициент  $K_{R1}$  в соответствии с формулой

$$K_{R1} = \frac{U_R}{U_2 - U_{см1}}, \quad (4.1)$$

где  $U_R$  — цифровой эквивалент образцового резистора, который хранится в ПЗУ;

$U_2$  — напряжение на образцовом резисторе, значение которого измерено при втором калибровочном измерении;

$U_{см1}$  — напряжение смещения нуля, значение которого измерено при первом калибровочном измерении.

При четвертом калибровочном измерении измеряется напряжение  $U_4$  на образцовом резисторе  $R_9$  при протекании через него стабильного тока, равного  $0,1\text{ mA}$ .

В МПК вычисляется второй поправочный коэффициент в соответствии с формулой.

$$K_{R2} = \frac{U_R}{U_4 - U_{см3}} \quad (4.2)$$

где  $U_R$  — цифровой эквивалент образцового резистора, который хранится в ПЗУ;

$U_4$  — напряжение на образцовом резисторе, значение которого измерено при четвертом калибровочном измерении;

$U_{см3}$  — напряжение смещения нуля, значение которого измерено при третьем калибровочном измерении.

При шестом калибровочном измерении ток  $0,1\text{ mA}$  от генератора тока через замкнутые контакты реле  $K4.2$  (см. табл. 4.1) поступает на последовательно соединенные резистор нижнего плеча делителя  $DA1$  и образцовый резистор  $R_8$ . При шестом калибровочном измерении вольтметр измеряет напряжение на этих резисторах.

При восьмом калибровочном измерении схема измерения такая же, как и при шестом калибровочном измерении, но ток генератора тока при этом равен  $1\text{ }\mu\text{A}$ .

В МПК происходит вычисление поправочного коэффициента  $K_{R3}$  в соответствии с формулой

$$K_{R3} = \frac{(U_6 - U_{см5})K_{R2} \cdot K_{всп}}{U_8 - U_{см7}}, \quad (4.3)$$

где  $K_{R3}$  — поправочный коэффициент;

$U_6$  — напряжение, значение которого измерено при шестом калибровочном измерении;

$U_{см5}$  — напряжение смещения нуля, измеренное



при пятом калибровочном измерении;

$K_{R2}$  – второй поправочный коэффициент;

$K_{всп}$  – вспомогательный коэффициент, полученный при калибровке вольтметра по постоянно-му напряжению;

$U_8$  – напряжение, значение которого измерено при восьмом калибровочном измерении;

$U_{см7}$  – напряжение смещения нуля, измеренное при седьмом калибровочном измерении.

На основании предыдущих измерений МПК вычисляет значение сопротивления верхнего плеча делителя  $R_{1,0\delta p}$  и запоминает его в ОЗУ. Значение  $R_{1,0\delta p}$  используется при вычислении значения измеряемого резистора на пределах 20 и 200 МΩ.

Коэффициенты  $K_{R1}$ ,  $K_{R2}$ ,  $K_{R3}$  запоминаются в ОЗУ, при этом:

$K_{R1}$  используется при корректировке результата измерения на пределах 20, 200 Ω и 2 kΩ;

$K_{R2}$  используется при корректировке результата измерения на пределе 20 kΩ;

$K_{R3}$  используется при корректировке результата измерений на пределах 200 kΩ и 2000 kΩ.

Для получения поправочных коэффициентов при измерении сопротивлений на пределах 20, 200 МΩ проводится шесть калибровочных измерений. При первом, третьем и пятом измерениях измеряется смещение нуля измерительного тракта. При втором измерении определяется значение опорного напряжения  $U_0$ . При четвертом и шестом измерениях измеряются напряжения  $U_4$  и  $U_6$ . По результатам шести измерений

вычисляется коэффициент

$$K_{R4} = \frac{R_{1,0\delta p} \cdot U_4}{U_0 + \frac{U_0 + U_6}{U_4 + U_6}},$$

где  $K_{R4}$  – поправочный коэффициент, который используется при измерении сопротивлений на пределах 20, 200 МΩ;

$R_{1,0\delta p}$  – сопротивление верхнего плеча делителя D AI;

$U_4, U_6$  – напряжения, значения которых измеряются при четвертом и шестом калибровочном измерении соответственно;

$U_0$  – значение опорного напряжения, определяемое при втором калибровочном измерении.

Для получения поправочных коэффициентов, корректирующих результаты измерений по каналу Y при измерении отношений двух напряжений, в вольтметре проводится восемь калибровочных измерений.

Первое, третье, пятое и седьмое измерения проводятся для определения напряжения смещения нуля измерительной цепи.

При втором калибровочном измерении в измерительную цепь вольтметра от формирователя калибровочных напряжений поступает напряжение значением  $(2 \pm 0,1) V$  и в МПК запоминается его уточненное значение  $U_2$ .

При четвертом калибровочном измерении напряжение  $(2 \pm 0,1) V$  от формирователя калибровочных напряжений поступает непосредственно на вход усилителя Y через замкнутый ключ на транзисторе VT4 в блоке ограничителей и замкнутые контакты реле K6 в блоке коммутации. Резуль-

таты четвертого калибровочного измерения  $U_4$  запоминаются в МПК.

Результаты первого, второго, третьего и четвертого калибровочных измерений проходят математическую обработку в МПК, в результате чего вычисляется первый поправочный коэффициент по каналу  $Y$  в соответствии с формулой

$$K_{y1} = \frac{U_2 - U_{см1}}{U_4 - U_{см3}}, \quad (4.4)$$

где  $K_{y1}$  - первый поправочный коэффициент при калибровке по каналу  $Y$ ;

$U_4$  - напряжение, значение которого измеряется при четвертом калибровочном измерении;

$U_{см3}$  - напряжение смещения нуля, измеренное при третьем калибровочном измерении;

$U_2$  - напряжение, значение которого измеряется при втором калибровочном измерении;

$U_{см1}$  - напряжение смещения нуля, измеренное при первом калибровочном измерении.

При шестом калибровочном измерении в измерительную цепь вольтметра от формирователя калибровочных напряжений поступает напряжение значением  $(10 \pm 0,5) V$ . В МПК запоминается уточненное значение этого напряжения  $U_6$ .

При восьмом калибровочном измерении напряжение значением  $(10 \pm 0,5) V$  от формирователя калибровочных напряжений поступает непосредственно на вход усилителя  $Y$ , измеряется вольтметром и запоминается в МПК.

Результаты пятого, шестого, седьмого и восьмого калибровочных измерений проходят математическую обработку в

МПК, в результате чего вычисляется второй поправочный коэффициент по каналу  $Y$  в соответствии с формулой

$$K_{y2} = \frac{(U_6 - U_{см5}) \cdot K_{всп}}{U_8 - U_{см7}}, \quad (4.5)$$

где  $K_{y2}$  - второй поправочный коэффициент при калибровке по каналу  $Y$ ;

$U_8$  - напряжение, значение которого измерено при восьмом калибровочном измерении;

$U_{см7}$  - напряжение смещения нуля, значение которого измерено при седьмом калибровочном измерении;

$U_6$  - напряжение, значение которого измерено при шестом калибровочном измерении;

$U_{см5}$  - напряжение смещения нуля, значение которого измерено при пятом калибровочном измерении.

Коэффициент  $K_{y1}$ ,  $K_{y2}$  запоминаются ОЗУ.

Коэффициент  $K_{y1}$  используется для корректировки результатов измерения по каналу  $Y$ , когда измеряемое напряжение на гнездах "Н<sub>Y</sub>", "L<sub>Y</sub>" находится в диапазоне от 100 мВ до 1 В.

Коэффициент  $K_{y2}$  используется для корректировки результатов измерения по каналу  $Y$ , когда измеряемое напряжение на гнездах "Н<sub>Y</sub>", "L<sub>Y</sub>" находится в диапазоне от 1 до 10 В.

Для корректировки результата измерения среднеквадратического значения переменного напряжения используется один поправочный коэффициент, который вычисляется в МПК по результатам четырех калибровочных измерений.

Во время первого и третьего калибровочного измерений измеряется напряжение смещения нуля измерительной цепи.

При втором калибровочном измерении измеряется постоянное напряжение на входе преобразователя постоянного напряжения в периодическую последовательность импульсов частотой 1 кГц, скважностью равной 2, среднеквадратическое значение которого равно постоянному напряжению на входе преобразователя. Преобразователь постоянного напряжения в периодическую последовательность импульсов находится в блоке ограничителей.

При четвертом калибровочном измерении периодическая последовательность импульсов частотой 1 кГц и скважностью 2, поступает через замкнутые контакты реле К2 на вход преобразователя  $U_{\sim}$  и измеряется измерительной цепью переменного напряжения вольтметра.

Положение ключей при калибровке переменного напряжения приведено в табл. 4.1.

Результаты всех четырех калибровочных измерений математически обрабатываются в МИК и вычисляется значение поправочного коэффициента.

$$K_{U_{\sim}} = \frac{U_2 - U_{см1}}{U_4 - U_{см3}}, \quad (4.6)$$

где  $U_4$  — напряжение, значение которого измерено при четвертом калибровочном измерении;

$U_{см3}$  — напряжение смещения нуля, значение которого измерено при третьем калибровочном измерении;

$U_2$  — напряжение, значение которого измерено при втором калибровочном измерении;

$U_{см1}$  — напряжение смещения нуля, значение которого измерено при первом калибровочном измерении.

Поправочный коэффициент  $K_{U_{\sim}}$  запоминается ОЗУ и используется при калибровке результата измерения переменного напряжения.

При прохождении автокалибровки на индикаторном табло вольтметра индицируется номер этапа.

Этап объединяет измерение напряжения смещения нуля и измерение калибровочного значения постоянного напряжения.

Соответствие этапов калибровки номеру калибровочного измерения (см. табл. 4.1) приведено в табл. 4.3.

Таблица 4.3

	Номер калибровочного измерения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Этапы калибровки входного делителя цепи измерения $U_{\sim}$	01	01	02	02	03	03	04	04
Этапы калибровки преобразователя R	05	05	06	06	07	07	08	08
Этапы калибровки усилителя канала "у"	09	09	10	10	11	11	12	12
Этапы калибровки преобразователя $U_{\sim}$	13	13	14	14	-	-	-	-
Этапы калибровки цепи измерения сопротивления на пределе 20, 200 МΩ	15	15	16	16	17	17	-	-



## 5. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

5.1. Вольтметр имеет следующую маркировку на передней панели

наименование вольтметра;  
на задней панели  
год выпуска;  
на боковой панели справа:  
условное обозначение вольтметра.

Примечание. Вольтметр может иметь дополнительную маркировку в соответствии с конструкторской документацией.

5.2. На задней панели вольтметра, в местах крепления верхней и нижней крышки, под винтом, установлены пломбировочные чашки по две на каждой крышке.

Пунт 10А пломбируется в пломбировочную чашку, устанавливаемую в месте крепления скоб.

Пломбирование производит предприятие-изготовитель мастикой № 1 ГОСТ 18680-73.

## 6. КОНСТРУКЦИЯ

6.1. Основой конструкции вольтметра являются детали унифицированного малогабаритного корпуса. Литые боковые кронштейны корпуса скреплены с передней и задней панелями (выполненными штамповкой) при помощи винтов и образуют жесткий каркас.

Сверху и снизу вольтметр закрывается крышками, входящими спереди в пазы декоративных планок, обрамляющих переднюю панель. Боковые крышки вольтметра закреплены специальными винтами и поворотной ручкой, служащей для переноса вольтметра.

Конструктивно аналоговая часть вольтметра изолирована от цифровой части и размещена в герметичном пластмассовом корпусе. Корпус закреплен при помощи поперечных кронштейнов.

Все составные части вольтметра выполнены в виде печатных плат, соединенных между собой при помощи разъемов типа ССП-37, ССП-14 и оригинальных разъемов с плоскими жгутами.

План расположения составных частей вольтметра приведен на рисунке приложения 4 2.710.029 ИЗ.

Блок питания состоит из двух стабилизаторов напряжения, выполненных на печатных платах отдельно для аналоговой и цифровой части.

Трансформатор блока питания установлен на боковом кронштейне корпуса.

На задней части корпуса вольтметра закреплена плата устройства опрессовки с КСП, соединенная с блоком соедине-

тельным цифровым при помощи оригинального плоского жгута.

На плате устройства сопряжения с КОП расположены кодовый переключатель, "Адрес" и розетка типа RПМ7 и "КОП", имеющие выход на заднюю панель вольтметра.

На задней панели вольтметра расположены также:

вилка для подключения сетевого шнура;

тумблер переключения питающей сети 220 В 50 Hz ,  
400 Hz и 115 В 400 Hz;

клемма "  $\perp$  " общая, цифровая;

клемма, соединенная с корпусом "  $\perp$  ";

предохранители питающей сети.

Знак "  $\triangle$  " указывает, что при установке предохранителей необходимо пользоваться указаниями, приведенными в разделе 2 инструкции по эксплуатации.

На передней панели вольтметра расположены:

индикаторное цифровое табло;

тумблер включения вольтметра СЕТЬ;

клавиши контактов мембранного переключателя;

входные гнезда " Hx ", " Lx ", " G ", " Hy ", " Ly ", " I ".

В нижней части корпуса вольтметра, под съемной крышкой, установлены переключатели  $\nabla U$ ,  $\nabla R$ , используемые при калибровках по внешней мере Э.д.с. и по внешней мере сопротивления.

Входящие в состав вольтметра измерительные кабели К1, К2, К3, К4, шунт 10 А конструктивно выполнены в виде отдельных функциональных сборочных единиц, которые при необходимости могут быть подключены к входным гнездам вольтметра.

## 7. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ

7.1. Блок аналоговый. Схема электрическая принципиальная.

Блок аналоговый предназначен для преобразования измеряемой величины, поступающей на вход вольтметра в периодическую последовательность импульсов различной длительности и передачи их в блок соединительный цифровой.

В блок аналоговый входят:

блок коммутации (А1);

преобразователь  $U$  (А2);

преобразователь R (А3);

блок ограничителей (А4);

усилитель входной (А5);

АПЧ (А6);

блок управления (А8);

блок развязки (А10).

7.1.1. Блок коммутации (А1)

Блок коммутации конструктивно выполнен на отдельной печатной плате. Связь блока коммутации с гнездом " Hx " и преобразователем  $U$  осуществляется через одинарные контакты Х2, Х1, с гнездами " Lx ", " Hy ", " Ly ", " I " и другими блоками – через аналоговый блок при помощи печатных контактов и розетки типа СНЦ4-72.

В блок коммутации входят:

1) коммутирующие устройства для переключения режимов

и пределов измерений, а также для организации калибровки вольтметра;

2) преобразователь  $I$ , преобразующий измеряемый постоянный или переменный ток в эквивалентное постоянное или переменное напряжение;

3) входной делитель, предназначенный для приведения измеряемого напряжения к значению, не превышающему значения  $2\text{ В}$ .

При измерении постоянного напряжения значением до  $2,2\text{ В}$  измеряемое напряжение с входных гнезд "Нх", "Lх" через контакты реле K6.3, K2.2, KI3.2, KI3.3 и вилку X3:36A,Б поступает на вход усилителя.

Резистор RI3 выполняет функцию защиты входа усилителя от перегрузки на пределах измерений  $20, 200\text{ мВ}$  и  $2\text{ В}$  при поступлении на его вход напряжения, превышающего значение  $2,6\text{ В}$ .

При измерении постоянного напряжения свыше  $2\text{ В}$  до  $1000\text{ В}$  измеряемое напряжение при помощи входного делителя на микросхеме DAI преобразуется в напряжение, не превышающее значение  $2,2\text{ В}$ . Коэффициент деления делителя переключается реле KI0.3.

При измерении переменного напряжения измеряемое напряжение с входных гнезд "Нх", "Lх" через контакты реле K2.2, K6.3 поступает на вход преобразователя  $U_{\sim}$ .

В режиме измерения электрического сопротивления значением до  $2000\text{ к}\Omega$  измеряемое сопротивление через контакты реле K3.2 подключается к преобразователю R. Падение напряжения на этом сопротивлении, пропорциональное измеряемому сопротивлению, поступает на входной усилитель через вилку

X3:36A,Б.

На пределах измерений сопротивления  $20, 200\text{ М}\Omega$  в качестве образцового резистора используется микросхема DAI, общее сопротивление которой  $9,9\text{ М}\Omega$ . К ней последовательно через гнезда "Нх", "Lх" подключается измеряемое сопротивление.

Ток через образцовый и измеряемый резистор задается калибровочным напряжением  $2\text{ В}$ , поступающим с вилки X3:17A,Б через контакты реле KI1.2, KI2.2 на микросхему DAI.

Напряжение с измеряемого сопротивления через контакты реле K6.3, K2.2, KI3.2, KI3.3 и сопротивление RI3 поступает на входной усилитель и дальше на АЦП. Данные измерения с АЦП проходят математическую обработку в микропроцессорном контроллере в соответствии с формулой

$$R_x = \frac{K_{R4} \cdot U_x}{U_1 - U_x}, \quad (7.1)$$

где

$R_x$  — измеряемое сопротивление;

$U_x$  — падение напряжения на измеряемом резисторе;

$K_{R4}$  — коэффициент, определяемый при проведении калибровок на пределах измерений  $20, 200\text{ М}\Omega$ ;

$U_1$  — калибровочное напряжение, равное  $2\text{ В}$ , измеренное при проведении 16-го этапа калибровки.



В режиме измерения постоянного и переменного токов в качестве преобразователя токов используется шунт **RS1**, выполненный на печатной плате, и резисторы **RI-R6**.

Контакты реле **K4.2**, **K5.2**, **K7.2** – **K10.2** подключают к входным гнездам "I", "**L<sub>x</sub>**" сопротивление шунта в соответствии с выбранным пределом измерений.

При измерении постоянного тока напряжение с шунта поступает через контакты реле **K6.3**, **K2.2**, **K13.2**, **K13.3** и резистор **RI3** на вход усилителя (**X3:36A,B**).

При измерении переменного тока напряжение с шунта поступает на вход преобразователя **U<sub>~</sub>** через контакты реле **K6.3**, **K2.2**.

Стабилитроны **VDI4** – **VDI7** предназначены для защиты входа преобразователя "I" от случайного подключения к гнездам "I", "**L<sub>x</sub>**" напряжения свыше 2,6 В.

Диоды **VDI** – **VDI3** исключаютдребезг реле в момент передачи и снятия напряжения питания. Напряжение питания на реле **KI.I** – **KI3.I** подается через блок управления в соответствии с программой, записанной в ПЗУ.

#### 7.1.2. Преобразователь **U<sub>~</sub>** (A2)

##### 7.1.2.1. Схема электрическая функциональная

Электрическая функциональная схема преобразователя переменного напряжения в постоянное приведена на рис.6.

Преобразователь **U<sub>~</sub>** конструктивно выполнен на трех печатных платах и состоит из двух основных функциональных частей:

масштабирующего устройства, предназначенного для при-

Схема электрическая функциональная преобразователя переменного напряжения в постоянное

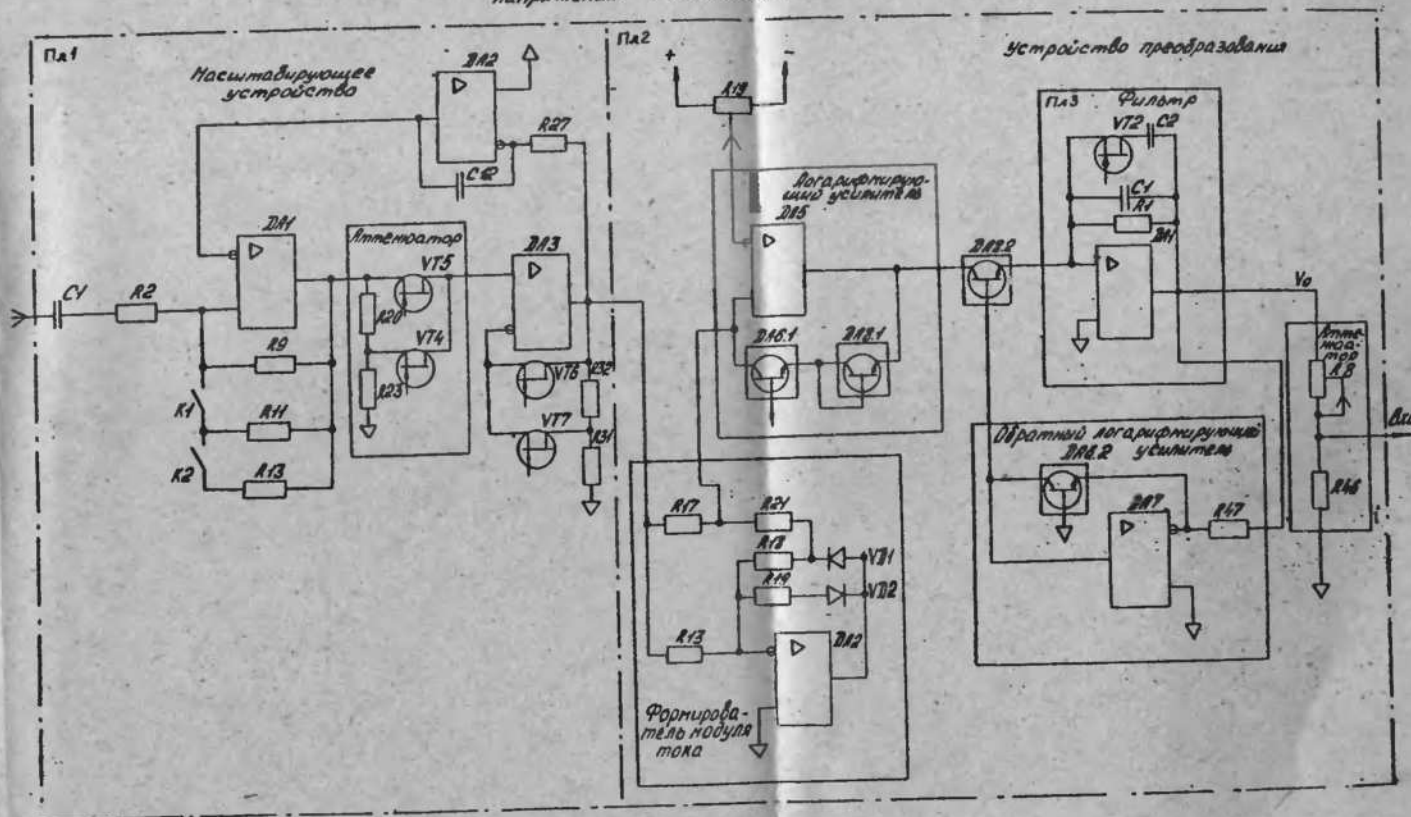


Рис.6

ведения измеряемого переменного напряжения, поступающего на вход вольтметра, к напряжению, не превышающему  $I V$  эффективного значения;

устройства преобразования, представляющего собой преобразователь среднеквадратических значений переменного напряжения.

Требуемый коэффициент передачи масштабирующего устройства достигается с помощью двух широкополосных усилителей, построенных на микросхемах ДА1, ДА3 и аттеннатора.

Коэффициенты передачи усилителей и аттеннатора в зависимости от предела измерения переменного напряжения приведены в табл.7.1.

Таблица 7.1

Предел измерения, V	Коэффициент передачи			Общий коэффициент передачи масштабирующего усилителя
	усилителя на микросхеме ДА1	усилителя на микросхеме ДА3	аттеннатора	
0,2	1:1	10	1	10
2	1:1	1	1	1:1
20	1:10	1	1	1:10
200	1:100	1	1	1:100
700	1:100	1	1:5	1:500

Устройство преобразования представляет собой преобразователь среднеквадратических значений, построенный по способу введения экспоненциально-логарифмической обратной связи.

Этот способ базируется на реализации алгоритма

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \exp[2 \ln|U(t)| - \ln U_0] dt, \quad (7.2)$$

где  $U_0$  — среднеквадратическое значение входного напряжения;

$T$  — период измеряемого переменного напряжения;

$U(t)$  — мгновенное значение переменного напряжения на входе устройства преобразования.

Входное напряжение преобразователя преобразуется в формирователе модуля тока в пульсирующий ток одного знака с помощью однополупериодного выпрямителя на операционном усилителе DA2 с диодами в обратной связи.

В логарифмирующем усилителе ток преобразуется в напряжение, пропорциональное значению  $2 \ln|U(t)|$ , поскольку в цепь обратной связи усилителя на микросхеме DA5 последовательно включены транзисторы микросхем DA6.1 и DA8.1.

Обратный логарифмирующий усилитель собран на операционном усилителе DA7, в цепь обратной связи которого включен транзистор микросхемы DA6.2.

На транзисторе микросхемы DA8.2 выполнен потенцирующий преобразователь. Все транзисторы работают на экспоненциальных участках вольт-амперных характеристик.

Напряжение, приложенное к переходу эмиттер-база транзистора микросхемы DA8.2, определяется разностью выходных напряжений логарифмирующих усилителей на микросхемах DA5 и DA7, то есть пропорционально значению  $2 \ln|U(t)| - \ln U_0$ .

Операцию усреднения производит фильтр, построенный на микросхеме DA1.

С помощью аттенуатора на выходе устройства преобразования его коэффициент передачи устанавливается равным 1.

Полоса пропускания преобразователя  $U_n$  на уровне минус 3 dB на различных пределах измерений равна соответственно:

0,2 V — 1 MHz; 2 V — 5 MHz;

20 V — 5 MHz; 200 V — 500 kHz; 700 V — 500 kHz.

#### 7.1.2.2. Схема электрическая принципиальная

Масштабирующее устройство выполнено на плате ПЛ1.

Измеряемое переменное напряжение через резистивно-емкостную цепь C1, R2, C2, R3 поступает на инвертирующий вход широкополосного усилителя, охваченного коммутируемой отрицательной обратной связью. Коммутация осуществляется контактами реле KI.2, K2.2 в зависимости от выбранного предела измерения.

Контакт KI.2 замкнут на пределах 20 V, 200 V, 700 V

Контакт K2.2 замкнут на пределах 200 V и 700 V.

Резисторы R10, R12 служат для настройки АЧХ усилителя в диапазоне 10–100 kHz.

Настройка АЧХ в области низких частот осуществляется резисторами R15, R17.

На вход широкополосного усилителя на микросхеме DA3 напряжение поступает или через ключ на транзисторе VT4 (на пределе измерений 700 V) или через ключ на транзисторе VT5.

Ключи управляются диодами VD5, VD6. На пределе 700 V напряжение, подаваемое на вход усилителя на микросхеме DA3, уменьшается делителем на резисторах R20–R23 в 5 раз.



Широкополосный усилитель на микросхеме DA3 охвачен отрицательной обратной связью, которая в зависимости от выбранного предела коммутируется ключами на транзисторах VT6, VT7.

Для устранения постоянной составляющей, создаваемой напряжением смещения нуля микросхем DA1, DA3, в схему введен интегратор на микросхеме DA2, конденсаторе C12 и резисторах R5, R8, R27.

Устройство преобразования конструктивно выполнено на плате ПЛ2.

Напряжение с выхода масштабирующего устройства поступает на вход логарифмирующего усилителя и выпрямителя. Суммарный входной ток логарифмирующего усилителя всегда одного знака, поскольку значение сопротивления резистора R17 в 2 раза больше значения суммарного сопротивления резисторов R22 и R21.

Выпрямитель состоит из широкополосного усилителя на микросхеме DA2, усилителя на микросхеме DA3, стабилизирующего смещение выпрямителя, генератора тока на транзисторах VT1, VT2 и нелинейной обратной связи на диодах VD2, VD3 и резисторах R13, R18, R19. Выходное напряжение выпрямителя равно нулю при положительной полярности напряжения на входе и равно по модулю входному напряжению при отрицательной полярности напряжения на входе.

Генераторы тока на транзисторах VT1, VT2 обеспечивают линейность коэффициента передачи выпрямителя при малых значениях входного напряжения устройства преобразования.

Логарифмирующий усилитель состоит из широкополосного усилителя на микросхеме DA5, генераторов тока на транзисторах VT3, VT4 и нелинейной обратной связи на транзисторах микросхем DA6.1, DA8.1.

Интегратор на микросхеме DA4 введен в схему для стабилизации напряжения на выходе усилителя (коллекторы транзисторов VT3, VT4) при отсутствии сигнала на входе.

При отсутствии сигнала на входе напряжение на выходе логарифмирующего усилителя устанавливается переменным резистором R19 на плате ПЛ3, в пределах минус 800 мВ – минус 900 мВ.

Включение транзистора VT3 обеспечивает защиту транзисторов микросхем DA6.1, DA8.1 от пробоя при перегрузке. При перегрузке транзистор VT3 входит в насыщение, при этом напряжение на его коллекторе ограничивается значением 0,8В.

Конденсатор C15 служит для регулировки АЧХ устройства преобразования в диапазоне частот 100 кГц – 1 МГц.

На вход обратного логарифмирующего усилителя на микросхеме DA7 подается напряжение с выхода преобразователя (о истока транзистора VT3). Диод VD6 предназначен для защиты от пробоя транзистора микросхемы DA6.2. Конденсатор C17 обеспечивает устойчивость логарифмирующего усилителя. Резистором R12 регулируется напряжение на входе логарифмирующего усилителя (вывод 2 микросхемы DA7), при отсутствии сигнала на входе в пределах минус 0,9 – минус 1,1 мВ.

Напряжение с выходов логарифмирующих усилителей сравнивается на переходе эмиттер-база транзистора, входящего в микросхему DA8.2. Постоянная составляющая тока коллектора этого транзистора пропорциональна среднеквадратическому значению входного напряжения.

Температурная зависимость элементов обратной связи логарифмирующих усилителей исключена благодаря применению

двух пар биполярных транзисторов и их соответствующим включением, а также установкой микросхем ДА6, ДА8 на общий теплопроводный радиатор для создания им одинакового температурного режима.

Фильтр выполнен на печатной плате Пд3. Он построен на базе усилителя с обратной связью в инвертирующем включении. Усилитель состоит из операционного усилителя ДА1, последовательно включенных интегрирующих цепочек (R13, R14, C5 и C6) и истокового повторителя (VT3).

При измерении переменных напряжений частотой ниже 200 МГц замыкается ключ на транзисторе VT2, а ключи на транзисторах VT5, VT6 размыкаются. При этом постоянные бремена корректирующих цепей увеличиваются, из-за чего пульсации выходного напряжения фильтра уменьшаются.

На инвертирующем входе усилителя (вывод 2 микросхемы ДА1) устанавливается напряжение близкое к нулю, поэтому ток коллектора транзистора ДА8.2 (плата Пд2) становится равным току через частотнозависимое сопротивление обратной связи (R1, C1). При выбранных значениях корректирующих цепей напряжение на выходе фильтра практически равно напряжению на резисторах R1 и R2, которое создается постоянной составляющей пульсирующего тока коллектора транзистора ДА8.2.

На пределе измерений 2 В постоянное напряжение на выходе преобразователя  $U_{\sim}$ , пропорциональное среднеквадратическому значению измеряемого переменного напряжения, устанавливается при регулировке переменным резистором R8.

### 7.1.3. Преобразователь R (A3)

#### 7.1.3.1. Схема электрическая функциональная

Преобразователь R представляет собой генератор стабильного тока, который создает на измеряемом сопротивлении напряжение, пропорциональное его значению.

Электрическая функциональная схема преобразователя R приведена на рис.7.

Отрицательное опорное напряжение  $U_{оп}$  через резисторы микросхемы ДА3 поступает на инвертирующий вход микросхемы ДА2.

На микросхеме ДА5 и транзисторе VT6 собран генератор тока. Значение генерируемого тока  $I_1$  определяется значением резисторов микросхемы ДА3.

Ток  $I_1$  создает на резисторах микросхемы ДА3.1 напряжение  $U_1$ . Так как напряжение  $U_1$  приложено между инвертирующим входом и выходом усилителя на микросхеме ДА4, такое же напряжение оказывается приложенным к резисторам R11-R13.

Ток  $I_1$ , протекающий через резисторы R11-R13, в зависимости от состояния ключей на транзисторах VT7 - VT9, может принимать значения  $I_{\mu A}$ ; 0,1 мА и 1 мА.

Ток значением 1 мА используется при измерении сопротивлений на пределах измерений 20, 200  $\Omega$  и 2 к $\Omega$ .

Ток значением 0,1 мА используется на пределе измерений сопротивлений 20 к $\Omega$ .

На пределах измерений 200, 2000 к $\Omega$  используется ток значением 1  $\mu A$ .

#### 7.1.3.2. Схема электрическая принципиальная

Микросхема ДА3 масштабирующего усилителя выполняет функцию токазадающего резистора. Конденсаторы C1, C2, C4-C5 служат для развязки преобразователя R по цепям питания. Генератор тока собран на микросхеме ДА2, транзисторе VT6,

Схема электрическая принципиальная преобразователя R

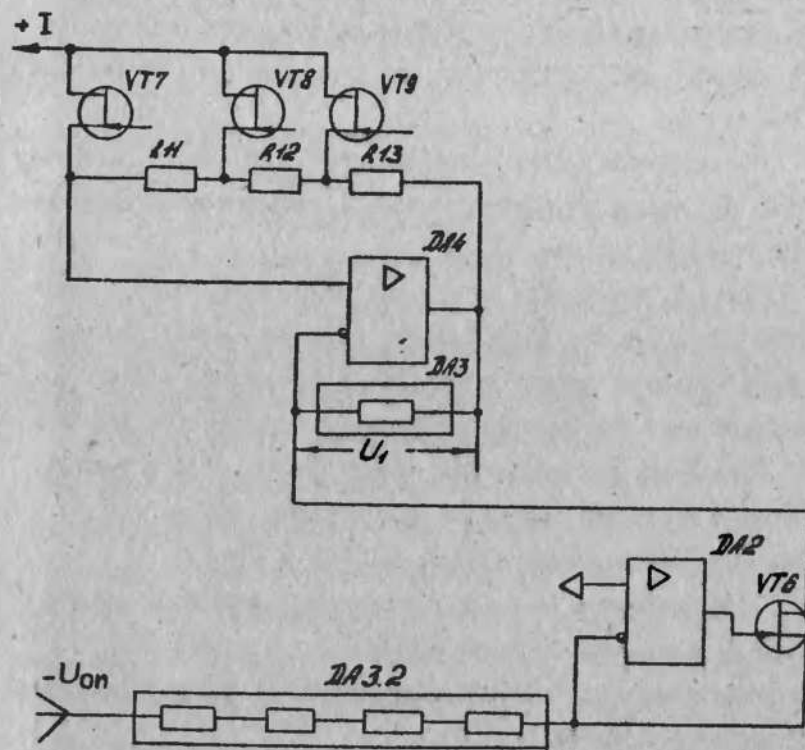


Рис. 7

конденсаторе C3 и части резистора микросхемы DA1. Конденсатор C3 установлен для устойчивой работы микросхемы DA2.

Источник тока с ограниченным выходным напряжением собран на микросхеме DA4, резисторах R10-R14 и части резисторов микросборки DA3. Переключение значения генерируемого тока осуществляется с помощью ключей на транзисторах VT7-VT9.

Резистор R14 и стабилитрон VD7 служат для ограничения выходного напряжения генератора тока. Диод VD6 и резистор R20 обеспечивают необходимую полярность напряжения на выходе микросхемы DA4 в момент включения.

На резисторах R1, R3, R6, R7, транзисторах VT1, VT2, VT3, VT4, VT5 и диодах VD1-VD4 собрана схема защиты входа микросхемы DA4 от перегрузки при случайной подаче напряжения на входные гнезда, когда вольтметр находится в режиме измерения сопротивления.

На резисторах R15-R17, R21-R24, диодах VD9-VD12 и микросхеме DA5 собрана схема управления ключами VT7-VT9. Микросхема DA1 обеспечивает надежное включение электронных ключей VT7-VT9 за счет выравнивания потенциалов на затворе и истоке включенного транзистора.

#### 7.1.4. Блок ограничителей (A4)

Блок ограничителей содержит:

усилитель канала "У" со схемой защиты от перегрузок;  
схему защиты от перегрузок входа входного усилителя;  
источник калибровочных напряжений;

электронные ключи, подключающие блоки вольтметра ко входу входного усилителя;



схему управления ключами.

Усилитель "У" собран на микросхеме ДА2. Для приведения динамического диапазона усилителя "У" к динамическому диапазону входного усилителя к выходу микросхемы ДА2 подключен делитель на резисторах R17, R18. Транзисторы VT1, VT2 и резисторы R7, R8 образуют схему защиты входа усилителя "У" от перегрузки.

Напряжение на эмиттере транзистора VT1, заданное стабилитроном VD1 и резистором R1, и напряжение на коллекторе транзистора VT2, заданное стабилитроном VD2 и резистором R2, определяют уровень ограничения напряжения на входе усилителя.

Схему защиты входного усилителя от перегрузки образуют резистор R13 (в блоке коммутации) и транзисторы VT8, VT10.

Уровень ограничения напряжения на входе входного усилителя определяется напряжением на стабилитронах VD3, VD5 и VD4, VD6.

Источник калибровочных напряжений содержит источник постоянного напряжения с двумя значениями выходного напряжения и преобразователь постоянного напряжения в переменное.

Источник постоянного напряжения собран на микросхеме ДА1, в цепь обратной связи которой включены резисторы R5, R6, R12. Источник постоянного напряжения выдает калибровочное напряжение 2 В, если ключ на транзисторе VT4 разомкнут, и 10 В, если ключ на транзисторе VT4 замкнут.

При замыкании ключа на транзисторе VT5 выходное напряжение источника постоянного напряжения равно нулю.

В схему преобразователя постоянного напряжения в переменное входят ключи на транзисторах VT11, VT12, VT14-VT16,

буферный усилитель на микросхеме ДА3 и конденсатор C5. На транзисторах VT13, VT17 собрана схема управления ключами на транзисторах VT11, VT14.

Схема управления ключами запускается импульсным напряжением, поступающим в блок ограничителей с блока развязки.

Преобразователь постоянного напряжения в переменное работает следующим образом:

в первый полупериод замыкаются ключи на транзисторах VT11, VT14 и VT16. При этом напряжение с выхода источника постоянного напряжения поступает на вход усилителя на микросхеме ДА3, и заряжает конденсатор C5.

В следующий полупериод ключи на транзисторах VT11, VT14 и VT16 размыкаются и замыкаются ключи на транзисторах VT12 и VT15, конденсатор C5 подсоединяется ко входу микросхемы ДА3, при этом полярность напряжения на входе микросхемы ДА3 оказывается противоположной полярности на выходе микросхемы ДА1. Так как ток разряда конденсатора практически отсутствует, амплитуды отрицательных и положительных импульсов на выходе микросхемы ДА3 будут равны между собой и равны напряжению на выходе микросхемы ДА1.

Так как скважность импульсов управления ключами равна двум, то среднеквадратическое значение переменного напряжения на выходе преобразователя точно равно значению постоянного напряжения на выходе микросхемы ДА1. Это напряжение используется при калибровке коэффициента передачи преобразователя переменного напряжения в постоянное.

Ключ на транзисторе T18 подключает вход входного усилителя к общему проводу. Резисторы R20, R22-R25 служат для регулировки смещения нуля на пределе 20 мВ.

Резистор R42, транзисторы VT22, VT23 служат для защиты транзистора VT18 от перегрузки при случайной подаче напряжения на входные гнезда, когда в льтметр включен в режим измерения сопротивления.

Ключ на транзисторе VT19 подключает выход преобразователя переменного напряжения в постоянное ко входу входного усилителя.

Ключ на транзисторе VT20 служит для подключения выхода усилителя "У" ко входу входного усилителя.

Ключ на транзисторе VT21 служит для подключения источника постоянных калибровочных напряжений ко входу входного усилителя.

Ключ на транзисторе VT24 служит для отключения группы ключей на транзисторах VT19 - VT21 от входа усилителя на время коррекции смещения нуля измерительного тракта.

Ключи на транзисторах VT3, VT7 коммутируют вход усилителя "У" на общий провод (VT3) или к источнику напряжений при коррекции смещения нуля усилителя "У".

Схема управления ключами на транзисторах VT18 - VT21, VT24 собрана на микросхеме DA4, управление ключами на транзисторах VT3, VT7 осуществляется схемой на транзисторах VT6 и VT9.

#### 7.1.5. Усилитель входной (A5)

##### 7.1.5.1. Схема электрическая функциональная

Электрическая функциональная схема входного усилителя приведена на рис. 8.

Схема входного усилителя предназначена для усиления постоянного напряжения, пропорционального значению измеряемой

Схема электрическая функциональная входного усилителя

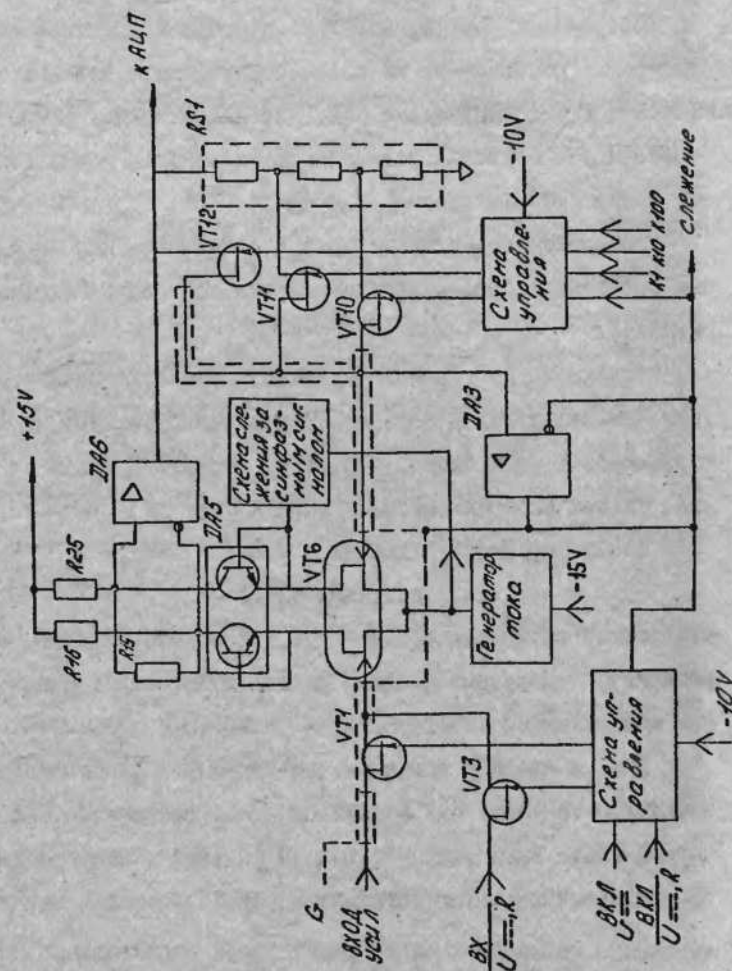


Рис. 8

величины и калибровочных напряжений до значений, необходимых для работы АЦП.

В схему входного усилителя входят:

малошумящий дифференциально-каскадный предварительный усилитель, построенный на согласованной паре полевых транзисторов VT6 и микросхеме DA5. Предварительный усилитель обеспечивает большое входное сопротивление и малый температурный дрейф напряжения смещения нуля;

генератор стабильного тока и схема слежения за синфазным сигналом, обеспечивающие большое ослабление синфазного сигнала;

усилитель на микросхеме DA6, обеспечивающий основное усиление входного напряжения. Усилитель имеет три значения коэффициента усиления: 1, 10, 100, которые зависят от состояния ключей на транзисторах VT10-VT12;

схема управления ключами;

делитель RS1;

ключи на транзисторах VT1, VT3, состояние которых определяется выбранным режимом работы вольтметра; режим измерения или режим автокалибровки.

Для уменьшения токов утечки и наводок входные цепи предварительного усилителя и цепи обратной связи защищены на печатной плате низкоомным "охранным кольцом". Защита основана на поддержании равных потенциалов сигнальных и экранирующих дорожек, проложенных на печатной плате параллельно. Потенциал экранирующих дорожек задается через повторитель на микросхеме DA3 напряжением на инвертирующем входе предварительного усилителя.

### 7.1.5.2. Схема электрическая принципиальная

Постоянное напряжение с входной вилки XI.1:9B через замкнутый ключ на транзисторе VT1 поступает на неинвертирующий вход предварительного усилителя.

Если вольтметр работает в режиме автокалибровки, напряжение на вход усилителя поступает от источника калибровочных напряжений через ключ на транзисторе VT3. Схема управления ключами на транзисторах VT1, VT3 построена на микросхеме

DA1.1. В схему защиты входа усилителя от перегрузки входят резистор R9 и транзисторы VT4, VT5 в диодном включении.

Для грубой регулировки нуля усилителя используются резисторы R17, R23, для точной регулировки - резистор R21. Подавление синфазного сигнала достигается введением следящей обратной связи через составной эмиттерный повторитель на транзисторах VT7, VT8, схему сдвига уровня на стабилитроне VD2, эмиттерные переходы транзисторов микросхемы DA5 на стоки транзисторов VT6.

Ток транзистора VT8 и стабилитрона VD2 задается генератором тока на транзисторе VT9.

Генератор стабильного тока построен на микросхеме DA4 и резисторах R10, R14, R22.

Для предотвращения перегрузки АЦП введена схема, состоящая из диодов VD3, VD4 и резистора R29. Схема ограничивает выходное напряжение усилителя до значения  $\pm 3,2$  В.

При превышении этого напряжения открывается один из диодов.

Коэффициент усиления усилителя может принимать три значения в зависимости от значения сопротивления делителя RS1, подключаемого в цепь отрицательной обратной связи усилителя



ключами на транзисторах VT10, VT12. Особенность схем управления этими ключами и ключами на транзисторах VT1, VT3 является слежение напряжения на их затворах за напряжением на инвертирующем входе дифференциального усилителя через повторитель на микросхеме DA3, что обеспечивает надежную работу этих транзисторов в открытом состоянии во всем диапазоне входных напряжений обеих полярностей. Закрываются ключи при подаче на затворы транзисторов постоянного напряжения минус 10 В через резисторы R4, R5, R28, R30, R31 и соответствующие открытые ключи микросхемы DA1.2.

В схеме предусмотрена подстройка коэффициента усиления усилителя переменными резисторами R32 (K=100) и R33 (K=10).

#### 7.1.6. АЦП (А6)

##### 7.1.6.1. Схема электрическая функциональная

Электрическая функциональная схема АЦП приведена на рис.9, временные диаграммы АЦП — на рис.10.

Постоянное напряжение  $U_x$  поступает на вход интегратора, выполненного на микросхеме DA6, конденсаторе C14 и делителе, в качестве которого применена резистивная микросборка DA5. На второй вход  $U_{\Phi}$  интегратора от генератора счетных импульсов поступает периодическая последовательность прямоугольных импульсов с частотой  $f_{\text{сч}} = 1/T_{\text{сч}}$ .

Выход интегратора связан со входами двух компараторов, выполненных на микросхемах DA7 и DA8. Напряжение срабатывания одного компаратора равно  $U_n$ , второго — нулю. Значение  $U_n$  выбрано из условия

$$U_n > U_{n\text{max}}, \quad (7.3)$$

Схема электрическая функциональная АЦП

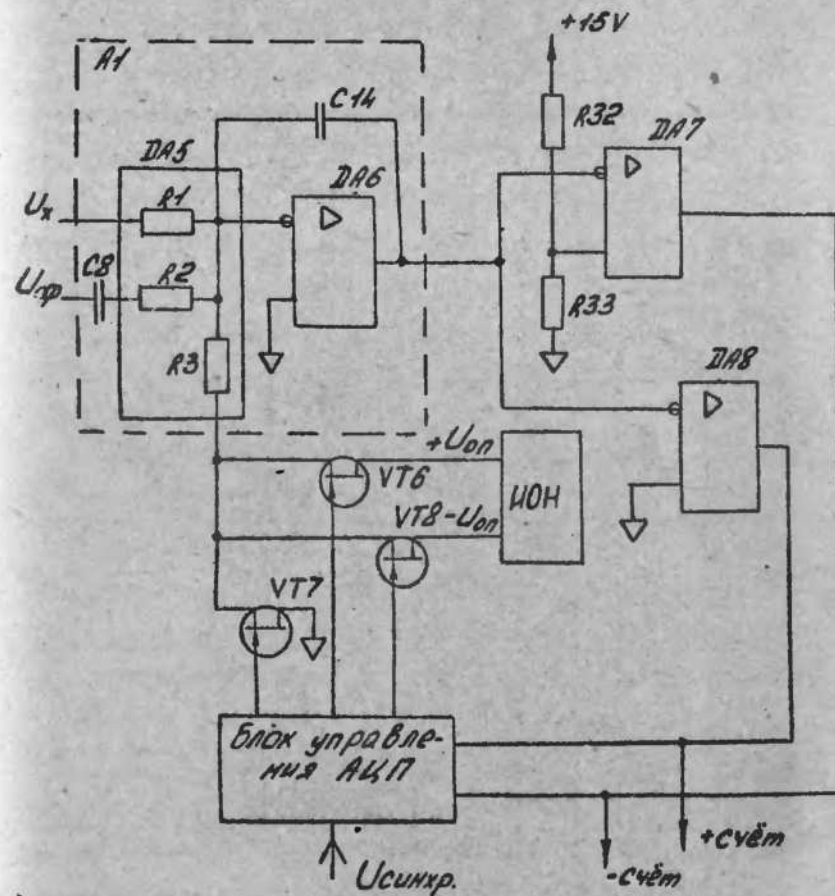


Рис. 9

## Временные диаграммы АЦП

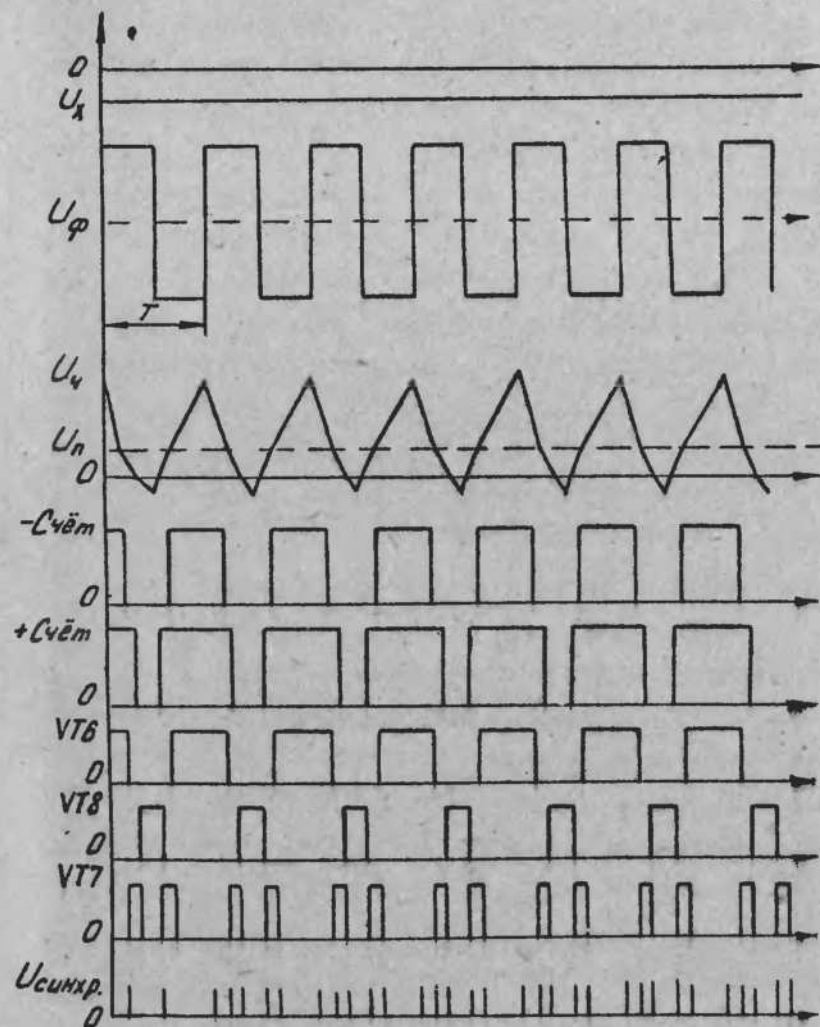


Рис. 10

где  $U_{н\max}$  — напряжение на выходе интегратора при  $U_x = 0$ .

Выходное напряжение компараторов управляет работой ключей на транзисторах  $VT6 - VT8$ . Ключ на транзисторе  $VT6$  замыкается, когда выходное напряжение интегратора превышает напряжение  $U_n$ . Ключ на транзисторе  $VT8$  замыкается, когда выходное напряжение интегратора меньше нуля, а ключ на транзисторе  $VT7$  замыкается, когда выходное напряжение интегратора больше нуля, но меньше  $U_n$ . Через замкнутые ключи на вход интегратора подается от источника опорного напряжения (ИОН) напряжение  $U_{он}$  или минус  $U_{он}$ , или напряжение, равное нулю.

На рис. 10 приведены эюры для отрицательного измеряемого напряжения  $U_x$ .

Импульсы "счит" и "счит" поступают в цифровую часть вольтметра, где из них вырабатываются импульсы управления реверсивным счетчиком и импульсы синхронизации  $U_{синхр.}$ , которые поступают в аналоговую часть и совместно с импульсами "счит" и "счит" управляют ключами  $VT6 - VT8$ .

Управление реверсивным счетчиком осуществляется таким образом, что когда к третьему входу интегратора подключено напряжение минус  $U_{он}$ , реверсивный счетчик включается в режим суммирования счетных импульсов, а когда на третий вход интегратора поступает напряжение  $U_{он}$ , реверсивный счетчик работает в режиме вычитания.

При  $U_x = 0$  интервалы включения источников  $U_{он}$  и минус  $U_{он}$  одинаковые и по окончании измерительного цикла в реверсивном счетчике оказывается записанным нуль.

При отличии напряжения  $U_x$  от нуля напряжение на интегрирующем конденсаторе будет равным нулю, когда

$$\frac{\overline{U_{\varphi}} T}{R_2} - \frac{U_x T}{R_1} + \frac{U_{on} \cdot \Delta t}{R_3} = 0, \quad (7.4)$$

где  $\overline{U_{\varphi}}$  — среднее значение импульсного напряжения, поступающего на интегратор от генератора счетных импульсов;

$T$  — период одного цикла преобразования;

$U_x$  — измеряемое напряжение;

$U_{on}$  — опорное напряжение ИОН;

$\Delta t$  — разность интервалов времени включения опорного напряжения  $U_{on}$ ;

$R_1, R_2, R_3$  — сопротивление резисторов входного делителя.

Учитывая, что  $\overline{U_{\varphi}} = 0$  формулу (7.4) можно преобразовать

$$\Delta t = \frac{U_x \cdot R_3}{U_{on} \cdot R_1} \cdot T, \quad (7.5)$$

Таким образом разность интервалов времени включения напряжения линейно зависит от измеряемого напряжения.

Реверсивный счетчик за интервал времени  $\Delta t$  насчитывает  $N'$  счетных импульсов, а за время одного преобразования  $T$  он насчитывает  $N_1$  счетных импульсов. Формула (7.5) эквивалентна формуле

$$N = \frac{U_x}{U_{on}} \cdot \frac{R_3}{R_1} \cdot N_1, \quad (7.6)$$

Соотношение  $\frac{R_3}{R_1 \cdot U_{on}}$  и число импульсов за время  $T$  выбрано в схеме таким, чтобы при  $U_x = 2V$   $N = 2000$ .

Высокая разрешающая способность преобразования обеспечивается суммированием результатов преобразований за  $n$  пе-

риодов преобразований

$$N_x = \sum_{i=1}^n N_i = \frac{U_x \cdot R_3}{U_{on} \cdot R_1} \cdot N', \quad (7.7)$$

где  $N_i$  — результат единичного преобразования;

$U_x$  — значение измеряемого напряжения на входе интегратора;

$U_{on}$  — значение напряжения ИОН;

$R_1, R_3$  — сопротивление резисторов входного делителя;

$N'$  — суммарный результат за  $n$  периодов преобразований ( $N' = n N_1$ ).

#### 7.1.6.2. Схема электрическая принципиальная

Интегратор собран на микросхеме DA6, конденсаторе C14 и микросхеме DA5, представляющую собой набор резисторов. Резисторы R26 и конденсаторы C10, C11 образуют низкочастотный фильтр. Конденсатор C15 увеличивает скорость нарастания фронта напряжения интегратора.

Резисторы R28, R29 и конденсаторы C12, C13, C18, C19 образуют развязывающий фильтр по цепям питания. Компараторы (микросхемы DA7, DA8) построены по идентичной схеме.

Для увеличения крутизны фронтов переключения и повышения устойчивости срабатывания введена неглубокая положительная обратная связь на резисторах R33–R36. Уровень положительного порога задается делителем, образованным резисторами R32, R33, R35. Резисторы R30, R31 и конденсаторы C16, C17 образуют развязывающий фильтр по цепям питания.

Схема управления ключами собрана на микросхемах DD1, DD2, транзисторах VT3, VT5, диодах VD3, VD6 – VD8. Ключи выполнены на транзисторах VT6 – VT8.



Для упрощения схемы управления ключами ее общий провод соединен с источником минус  $12\text{ В}$ .

Компараторы включены таким образом, что напряжение на их выходах равно минус  $12\text{ В}$  (сигнал логического "0"), если напряжение на их инвертирующих входах превышает порог срабатывания, и равно нулю (сигнал логической "1"), если напряжение на входах ниже порога срабатывания. Порог срабатывания компаратора на микросхеме  $\text{DA7}$  установлен  $U_n$ , порог срабатывания компаратора на микросхеме  $\text{DA8}$   $U_n=0$ . Выход компаратора на микросхеме  $\text{DA7}$  соединен с  $\text{D}$ -входом триггера  $\text{DD2.2}$ , а выход компаратора на микросхеме  $\text{DA8}$  соединен с  $\text{D}$ -входом триггера  $\text{DD2.1}$ . На  $\text{C}$ -входы триггеров поступает сигнал "Перенос" из цифровой части вольтметра.

Если напряжение на выходе интегратора достигнет порога срабатывания компаратора на микросхеме  $\text{DA7}$ , на инвертирующем выходе микросхемы  $\text{DD2.2}$  устанавливается сигнал логической "1", который, поступая на схему управления ключами на микросхеме  $\text{DD1}$ , способствует замыканию ключа на транзисторе  $\text{VT6}$  и размыканию ключа на транзисторе  $\text{VT7}$ . Напряжение  $U_{on}$  через замкнутый ключ на транзисторе  $\text{VT6}$  поступает на вход интегратора.

Если напряжение интегратора достигнет порога срабатывания компаратора на микросхеме  $\text{DA8}$ , на инвертирующем выходе триггера  $\text{DD2.1}$  установится сигнал логической "1", который поступает на схему управления ключами на микросхеме  $\text{DD1}$  и закрывает ключ на транзисторе  $\text{VT8}$ . Напряжение минус  $U_{on}$  отключится от входа интегратора.

Одновременно сигнал логического "0", который сохраняется на выходе микросхемы  $\text{DD2.2}$ , воздействует на вход элемента  $\text{И-НЕ}$ , собранного на двух инверторах микросхемы

$\text{DD1}$ . диодах  $\text{VD7}$ ,  $\text{VD8}$ , резисторе  $\text{R2I}$ , открывает ключ на транзисторе  $\text{VT7}$  и подключает вход интегратора к общему проводу.

Если же напряжение интегратора ниже порога срабатывания обоих компараторов, то сигналы логического "0" на неинвертирующих выходах триггеров  $\text{DD2.1}$  и  $\text{DD2.2}$ , поступая на схему управления ключами, откроют ключ на транзисторе  $\text{VT8}$  и закроют ключи на транзисторах  $\text{VT6}$ ,  $\text{VT7}$ .

Таким образом, когда выходное напряжение интегратора меньше нулевого уровня, к его входу подключается опорное напряжение отрицательной полярности, когда напряжение интегратора больше значения  $U_n$ , к его входу подключается опорное напряжение положительной полярности. Если напряжение интегратора  $U_n$  соответствует неравенству  $U_n > U_n > 0$ , тогда вход интегратора подключается к общему проводу.

На транзисторе  $\text{VT4}$ , стабилитроне  $\text{VD2}$ , резисторах  $\text{R5}$ ,  $\text{R7}$ ,  $\text{R15}$ ,  $\text{R17}$ , конденсаторе  $\text{C1}$  выполнен генератор развертывающего напряжения. Управление генератором осуществляется переменным напряжением форсирующей частоты  $f_{\text{форсир}}$ .

Амплитуда развертывающего напряжения стабилизируется стабилитроном  $\text{VD2}$ . Разделительный конденсатор  $\text{C8}$  не пропускает постоянную составляющую на вход интегратора.

Резисторы  $\text{R12}$ ,  $\text{R14}$ ,  $\text{R16}$ ,  $\text{R19}$ ,  $\text{R22}$ ,  $\text{R25}$  и переключки служат для подстройки коэффициента преобразования  $\text{АПЧ}$ .

Транзистор  $\text{VT1}$  уменьшает влияние ТКС канала полевых транзисторов  $\text{VT6}$ ,  $\text{VT8}$  на погрешность преобразования.

В состав  $\text{АПЧ}$  входит двухполярный источник опорного напряжения.

Основным элементом источника опорного напряжения является прецизионный стабилитрон **VDI**, включенный в цепь обратной связи усилителя на микросхеме **DA4**. Напряжения на выводах стабилитрона равны по значению и противоположны по знаку.

Усилитель на микросхеме **DA3**, в цепь обратной связи которого включена часть резисторов микросхемы **DA1**, формирует стабильный ток, протекающий через стабилитрон.

Усилитель на микросхеме **DA2** повышает нагрузочную способность источника положительного напряжения. Резисторы **R1**, **R2**, **R3**, **R4** и перемычки служат для выравнивания крутизны преобразования АЦП по положительной и отрицательной полярности преобразуемого напряжения.

Транзисторы **VT9**, **VT10** и резисторы **R23**, **R24** применены для повышения нагрузочной способности микросхем **DA3**, **DA4** соответственно.

#### 7.1.7. Блок управления (A8)

Блок управления предназначен для последовательного приема четырех 8-битовых слов (байтов) и преобразование их в сигналы управления ключами и реле всей аналоговой части вольтметра.

Блок управления состоит из восьмиразрядного сдвигового регистра на микросхеме **DD1** (**DD1.1**, **DD1.2**), счетчика битов на микросхемах **DD2**, **DD3**, регистров памяти на микросхемах **DD4** - **DD7**, **DD12** - **DD15**, буферов на микросхемах

**DD8** - **DD11** и ключей на транзисторах **VT1** - **VT15**.

Информация из цифровой части вольтметра последовательно поступает на **D** - вход восьмиразрядного сдвигового регистра

на микросхеме **DD1** и записывается в нем. Запись и сдвиг информации в регистре, а также подсчет битов и байтов передаваемой информации осуществляется по сигналу "Запись **A**", поступающему на вход **C** микросхемы **DD1**. При поступлении 8 импульсов на вход **C** регистра на его выходах устанавливается информация, совпадающая с передаваемым байтом информации из цифровой части вольтметра.

Одновременно восемь импульсов, поступающих на **C**-вход счетчика битов на микросхеме **DD2**, заполняют его и изменяют на единицу состояние счетчика байтов на микросхеме **DD3**, а его выходной дешифрованный сигнал на выходах **I**, **3**, **7**, **11** проводит запись информации со сдвигового регистра **DD1** в один из регистров памяти.

С выходов регистров памяти на микросхемах **DD12** - **DD15** в аналоговую часть вольтметра поступают сигналы управления ключами.

С выходов регистров памяти на микросхемах **DD4** - **DD7** через микросхемы **DD8** - **DD11** и транзисторы **VT1** - **VT15** в аналоговую часть вольтметра поступают сигналы управления реле.

Установка счетчиков на микросхемах **DD2**, **DD3** в исходное состояние осуществляется по сигналу "Сброс счета **A**", поступающему на **R** - входы счетчиков перед каждой передачей информации из цифровой части вольтметра в аналоговую.

#### 7.1.8. Блок развязки (A10)

Блок развязки предназначен для гальванической развязки аналоговой части вольтметра от цифровой с целью подавления помех общего вида.

Через импульсные трансформаторы Т1-Т5 из цифровой части в аналоговую поступают сигналы информации и управления работой блоков аналоговой части.

Импульсные трансформаторы Т6, Т7 предназначены для передачи сигналов управления реверсивным счетчиком из аналоговой части вольтметра.

Аналоговые ключи на микросхемах ДА1, ДА2 предназначены для усиления сигналов, поступающих из цифровой части вольтметра, а триггеры на микросхемах DD1-DD2 преобразуют импульсные сигналы в потенциальные.

## 7.2. Генератор счетных импульсов (ГСИ)

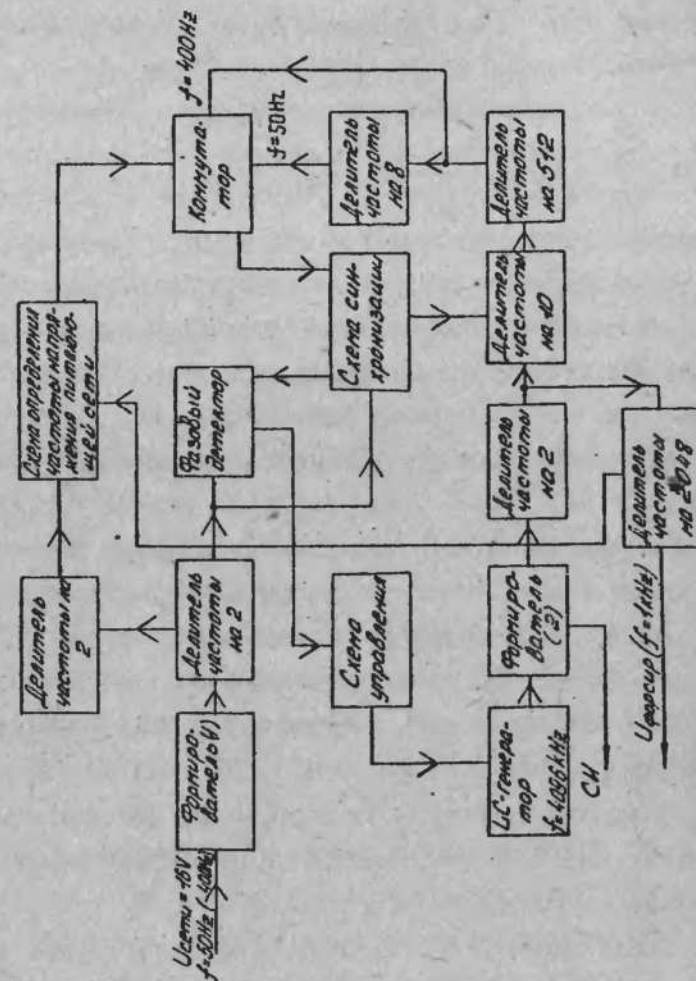
### 7.2.1. Схема электрическая структурная

Генератор счетных импульсов предназначен для формирования счетных импульсов "СИ" для реверсивного счетчика и сигналов "+Uфорсир" "-Uфорсир", предназначенных для работы АЦП.

На рис. II приведена электрическая структурная схема ГСИ. В ГСИ входят:

- LC- генератор;
- формирователь (1);
- схема определения частоты напряжения питающей сети;
- фазовый детектор;
- коммутатор;
- схема управления;
- схема синхронизации;
- делители частоты;
- формирователь (2)

Схема электрическая структурная ГСИ





Основой ГСИ является  $LC$  - генератор. Для увеличения подавления помехи нормального вида частота  $LC$  - генератора изменяется синхронно с изменением частоты напряжения питающей сети. Для этого в ГСИ применена фазовая автоподстройка частоты. Действие ее заключается в следующем:

напряжение питающей сети преобразуется формирователем (I) и делителем частоты на 2 в периодическую последовательность импульсов частотой  $\frac{f_{сети}}{2}$ , поступающую на вход фазового детектора и на схему синхронизации. На второй вход фазового детектора поступает от  $LC$  - генератора периодическая последовательность импульсов частотой, полученной при делении ее на 10240 (при частоте питающей сети 400 Hz) или на 81920 (при частоте питающей сети 50 Hz).

В фазовом детекторе производится сравнение фазы напряжения частотой  $\frac{f_{сети}}{2}$  и напряжения, поступающего через делителя частоты от  $LC$  - генератора. На выходе фазового детектора вырабатываются прямоугольные импульсы напряжения.

Эти импульсы поступают на схему управления, которая изменяет частоту  $LC$  - генератора таким образом, чтобы разность фаз напряжения сети и напряжения на выходе делителя была равна нулю.

Схема синхронизации предназначена для фиксации момента сравнения фаз обоих напряжений и управления работой делителя частоты с коэффициентом деления 10.

Когда сигнал на выходе схемы синхронизации равен логическому "0", работа делителя частоты с коэффициентом деления 10 разрешена, когда же сигнал на выходе схемы синхронизации равен логической "1" - делитель заблокирован.

Схема определения частоты питающей сети предназначена

для автоматического переключения выходов делителей частоты в зависимости от частоты питающей сети 400 Hz или 50 Hz.

Делитель частоты с коэффициентом деления 1024 предназначен для получения импульсного напряжения, необходимого для формирования сигналов "+Uфорсир" и "-Uфорсир" и для работы схемы определения частоты питающей сети.

#### 7.2.2. Схема электрическая принципиальная 5.4II.025 ЗЗ

$LC$  - генератор выполнен на транзисторе VT1, резисторах R3, R7; конденсаторах C3, C5, C6, C8 и индуктивности L1. Генератор генерирует переменное напряжение с частотой 4096 kHz  $\pm 6\%$ . Первый формирователь построен на транзисторах VT2, VT3 и микросхеме DD3.1.

Первый делитель частоты на 2 построен на микросхеме 5.1.

Схема определения частоты сети построена на микросхемах DD7, DD10, DD13, DD14.

Фазовый детектор построен на микросхеме DD5.2.

Коммутатор построен на микросхеме DD3.2 - DD3.4.

Схема управления частотой  $LC$  - генератора построена на варикапах VD1, VD2, резисторах R2, R14 и конденсаторе C12.

Формирователь (2) построен на транзисторах VT4 и VT5; делитель частоты на 1024 - на микросхеме DD8; делитель частоты на 10 - на микросхеме DD9; делитель частоты на 512 - на микросхеме DD11; делитель частоты на 8 - на микросхеме DD12.

На микросхеме DD6 построена схема синхронизации работы фазового детектора (микросхема DD5.2) по фронту импульса частотой  $\frac{f_{сету}}{2}$ .

Схема определения частоты питающей сети построена по принципу сравнения напряжения частотой  $\frac{f_{сету}}{2}$ , поступающего с триггера (микросхема DD7.1) на СЕ - вход счетчика на микросхеме DD13.1 и частоты напряжения, поступающего на его С - вход со счетчика на микросхеме DD10. На выходе микросхемы DD10 формируется импульсное напряжение частотой 400 Hz путем деления частоты генератора счетных импульсов счетчиками на микросхемах DD15.2, DD8, DD10 с общим коэффициентом пересчета равным 10240.

Если частота питающей сети равна 400 Hz, то счетчик на микросхеме DD13.1 успеет посчитать только два импульса напряжения частотой 400 Hz за первый полупериод напряжения частотой  $\frac{f_{сету}}{4}$ , на время второго полупериода счетчик будет блокирован по СЕ-входу сигналом логического "0" с микросхемы DD7.1, а затем в начале следующего периода счетчик по Е-входу сбросится в исходное состояние сигналом логической "1" со счетчика на микросхеме DD13.2.

Таким образом счетчик на микросхеме DD13.1 в течение всего периода напряжения частотой  $\frac{f_{сету}}{4}$  не будет заполнен и на его выводе 6 будет всегда присутствовать сигнал логического "0". Этот сигнал поступает на D - вход триггера на микросхеме DD14.1 и передается на его выход при поступлении сигнала на его С - вход. Выходной сигнал триггера в этом случае соответствует коду напряжения питающей сети частотой 400 Hz.

Если частота питающей сети равна 50 Hz, то в каждый полупериод напряжения частотой  $\frac{f_{сету}}{4}$  (12,5 Hz) укладывается 16 импульсов напряжения частотой 400 Hz. Когда счетчик на микросхеме DD13.2 насчитает 4 импульса напряжения частотой 400 Hz, то на его выводе I3 появится сигнал логического "0", который по Е - входу сбросит счетчик на микросхеме DD13.1 в исходное состояние. Одновременно этот сигнал, воздействуя на S - вход триггера на микросхеме DD14.2, сигналом логической "1" с его вывода I3 заблокирует по Е - входу счетчик на микросхеме DD13.2. Счетчик на микросхеме DD13.1 начинает считать последующие 12 импульсов напряжения частотой 400 Hz, в результате чего, по окончании счета, на его выводе 6 сформируется сигнал логической "1", который поступает на D - вход триггера на микросхеме DD14.1. На выходах триггера появятся сигналы, соответствующие коду напряжения питающей сети частотой 50 Hz.

Напряжение с выводов I, 2 триггера на микросхеме DD14.1 управляет работой коммутатора на микросхемах DD3.2, DD3.3, DD3.4, который подключает к С-входу микросхемы DD6.2 или напряжения с выхода счетчика DD11 (частотой 400 Hz), или напряжение с выхода счетчика DD12 (частотой 50 Hz).

7.3. Счетчик реверсивный. Схема электрическая принципиальная

Реверсивный счетчик (РС) предназначен для подсчета тактовых импульсов, количество которых пропорционально значению измеряемой величины.

В схему счетчика входят:

собственно реверсивный счетчик на микросхемах **DD11**,  
**DD13**, **DD14**;

схема управления реверсом (микросхемы **DD8**, **DD2.2**);

буферные 8-разрядные регистры на микросхемах **DD10**,  
**DD12** для хранения результата измерения и вывода его на ши-  
ну данных;

схема формирования сигнала "Запрос прерывания" на микро-  
схемах **DD7.2**, **DD6.2**;

схема программного управления реверсивным счетчиком  
(микросхемы **DD3-DD5**), которая используется для тестового  
контроля реверсивного счетчика и генератора счетных импуль-  
сов. Основным в этой схеме является 6-разрядный регистр па-  
мяти (микросхема 533 TM9), входы которой подключены к  
шине данных микропроцессорного контроллера. Запись данных  
в регистр осуществляется сигналами  $\overline{WE9}$  и  $\overline{WU9}$ .

По входам **D0**, **D1** регистра с шины данных записывается  
код подачи сигнала на вход реверсивного счетчика, по входам  
**D2 - D5** - код управления схемой реверса в соответствии с  
табл.7.1.

Временная диаграмма работы реверсивного счетчика приве-  
дена на рис.12.

Широтно-модулированные импульсы с выхода АЦП через схе-  
му программного управления и блок развязки поступают на  
управляющие триггеры (микросхема **DD3**), выходные сигналы  
которых управляют ключами подачи импульсов тактовой частоты  
(микросхема **DD2.2**) на входы прямого и обратного счета  
реверсивного счетчика. Задержка счета на время  $t_1, t_3$   
(см.рис.11) необходима для переключения ключей в АЦП.

Временная диаграмма работы реверсивного счетчика

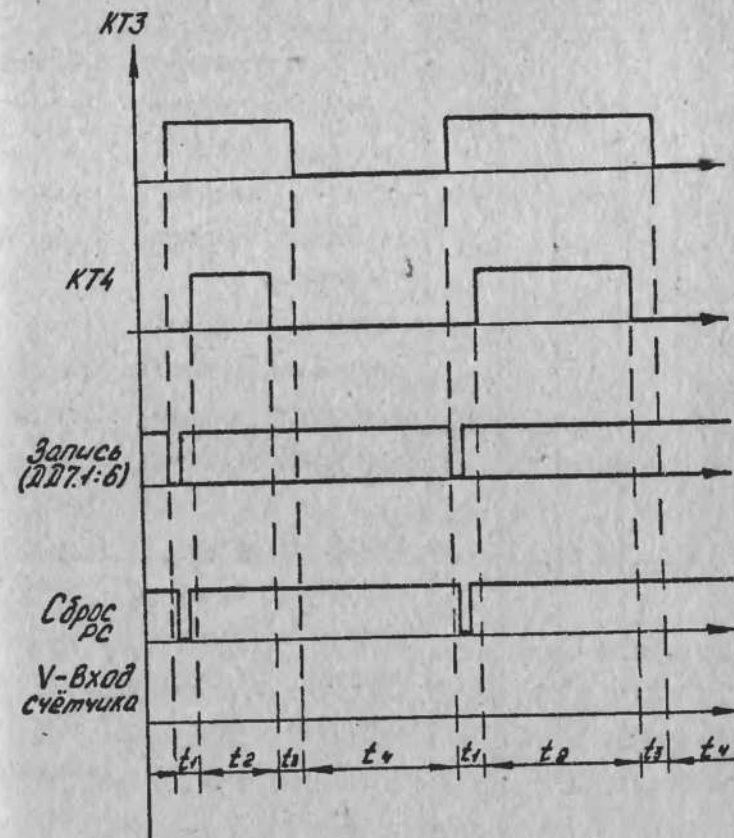


Рис.12



Таблица 7.1

Код регистра						Функция управления	Примечание
D0	D1	D2	D3	D4	D5		
0	0					Подача на вход реверсивного счетчика тактовых импульсов	Основной режим
1	0					Подача на вход реверсивного счетчика "U форсир "	Тест генератора
0	1					Подача на вход реверсивного счетчика импульсного напряжения частотой 1 MHz	Тест генератора счетных импульсов
1	1					Блокировка подачи импульсного напряжения на вход реверсивного счетчика	Тест реверсивного счетчика и генератора счетных импульсов
		1	0	0	1	Остановка счета	Тест реверсивного счетчика

Продолжение табл.7.1

Код регистра						Функция управления	Примечание
D0	D1	D2	D3	D4	D5		
		1	0	1	0	Прямой счет	Тест реверсивного счетчика и генератора счетных импульсов
		0	1	0	1	Обратный счет	То же
		0	0	0	0	Программная схема управления счетчиком отключена	Основной режим

По срезу импульса обратного счета запускается формирователь импульсов (микросхемы DD7.1, DD1.3, DD1.4), резистор R3 и конденсатор C7, вырабатывающий сигнал "Запись", по которому данные реверсивного счетчика и с триггера полноты (микросхема DD15) записываются в буферный регистр. Одновременно формирователь коротких импульсов воздействием по С - входу триггера на микросхеме DD7.2 формирует сигнал "Запрос прерывания", по которому МК считывает сначала старший байт данных с буферного регистра сигналом IV4, а затем младший байт - сигналом ВУЗ.

При считывании младшего байта данных происходит сброс

триггера запроса прерывания. МК производит программные вычисления и формирует результат единичного измерения.

Сигнал "Запрос прерывания" через дифференцирующую цепочку на резисторе R4 и конденсаторе C7 воздействует на  $V$  - входы счетчиков (микросхемы DD11, DD13, DD14), устанавливает их в исходное состояние, подготавливая к очередному измерению (интервал времени  $t_2$  - прямой счет,  $t_4$  - обратный счет).

7.4. Блок соединительный цифровой. Схема электрическая принципиальная 5.282.333 ЭЗ

Блок соединительный цифровой предназначен для связей блоков цифровой части вольтметра, а также для программного управления работой всего вольтметра.

Основную функциональную нагрузку в цифровой части вольтметра несет микропроцессорный контроллер, структурная схема которого приведена на рис.13.

МК состоит из:

центрального процессорного устройства (ЦПУ);  
оперативного запоминающего устройства (ОЗУ);  
постоянного запоминающего устройства (ПЗУ).

В ЦПУ входит:

генератор (Г), формирователь тактовых импульсов (ФТИ), буфер адреса (БА1), двухнаправленный трехстабильный буфер данных (БД1), блок прерываний (БПр), системный контроллер (СК), блок сигнатурного анализа (БСА) и формирователь начальной установки (ФНУ).

В ПЗУ входят:

буфер адреса (БА2), дешифратор адреса кристалла (ДАК),

Схема электрическая структурная микропроцессорного контроллера

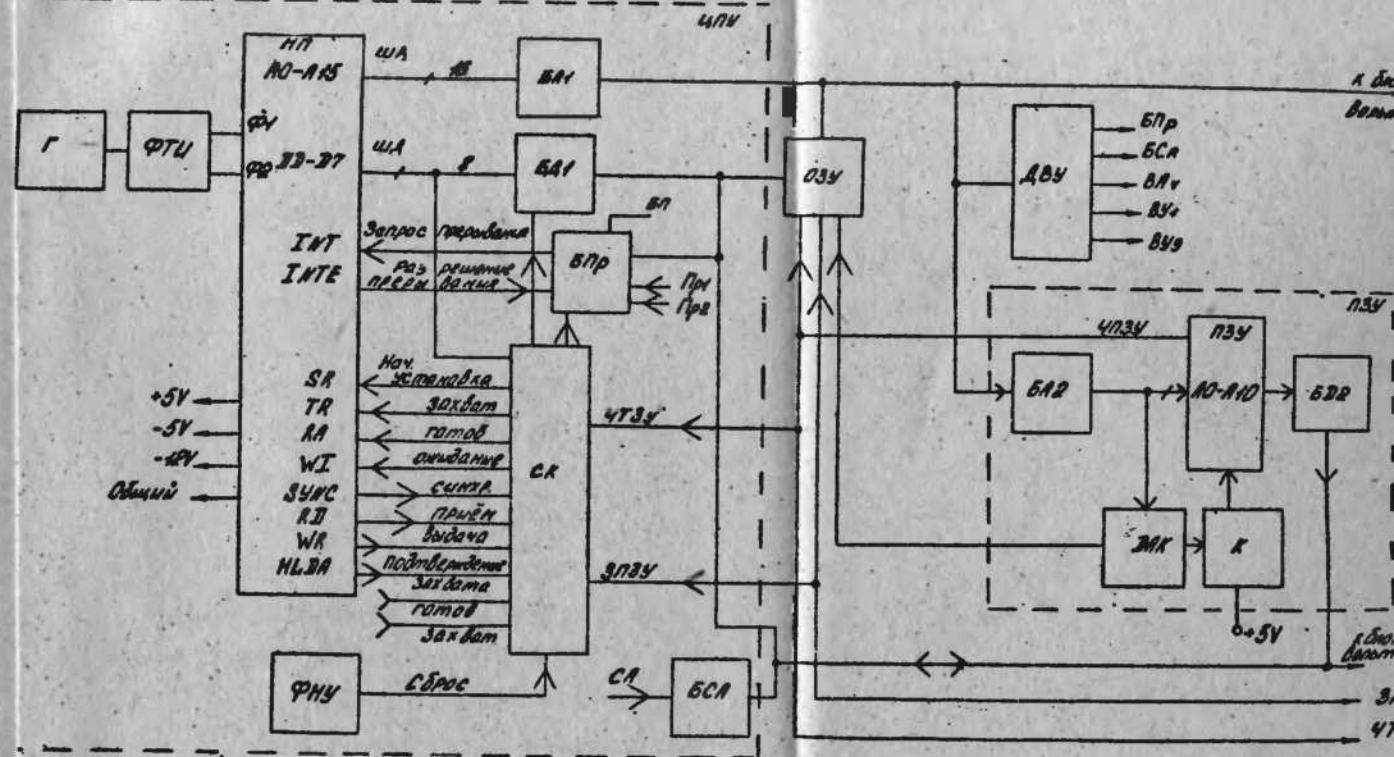


Рис.13

запрос допуска к шинам данных и адреса. Результатом появления сигнала захвата является то, что МП отключается от своих шин и информирует об этом другие блоки с помощью сигнала

буфер данных (БД2), токовые ключи (К) и БИСС ПЗУ общей емкостью 16Кх8.

Емкость ОЗУ 1Кх8.

Организацию МПК и всей цифровой части вольтметра определяет однокристалльный восьмизарядный микропроцессор 580ВМ80 (DD12). 16 выводов МП  $A_0 - A_{15}$  формируют трехтабильную шину адреса, по которой осуществляется адресация памяти или блоков вольтметра. Выводы D0 - D7 МП формируют двухнаправленную шину данных (ШД). По ней МП может как принимать данные для дальнейшей их математической и логической обработки, так и передавать результаты этой обработки внешним устройствам.

На входы Ф1, Ф2 микропроцессора поступают сдвинутые по фазе на  $180^\circ$  импульсы положительной полярности частотой 1,6 МГц.

Для получения периодической последовательности тактовых импульсов необходимой амплитуды, длительности и скважности на микросхемах DD2, DD7.1, DD10 и резисторах R4, R5 построен формирователь тактовых импульсов. Управление формирователем тактовых импульсов осуществляется периодической последовательностью импульсов частотой 8 МГц, которые поступают от генератора тактовых импульсов, построенном на микросхеме DD25, резисторах R31, R30 и резонаторе BQ1.

При подаче на вход начальной установки SR микропроцессора сигнала логической "1" внутренние регистры МП устанавливаются в исходное состояние.

На вывод TR ("Захват") поступает от внешних устройств запрос допуска к шинам данных и адреса. Результатом появления сигнала захвата является то, что МП отключается от своих шин и информирует об этом другие блоки с помощью сигнала



"Подтверждение захвата" на выводе **HLDA**.

Вход готовности "R A" и выход ожидания "W1" используются для синхронизации скорости работы МП с более медленными устройствами. При подаче на вход "R A" сигнала логического "0" МП переходит в режим ожидания и находится в нем до поступления на этот вход сигнала логической "1".

С вывода **SYNC** снимается сигнал синхронизации, который оповещает память и блоки вольтметра о начале нового машинного цикла, чем обеспечивается согласование во времени их работы с работой МП.

Наличие на выводе 4R D" ("Прием") сигнала логической "1" дает разрешение на прием микропроцессором байта информации с шины данных ИД. Наличие на выводе **WR** ("Выдача") сигнала логического "0" указывает на то, что МП выдает байт информации на шину данных.

Выводы **INT** "Запрос прерывания" и **INTE** "Разрешение прерывания" используются для организации режима прерываний от блоков вольтметра.

Переход на режим прерываний осуществляется по специальной команде **RST**. Эта команда формируется в блоке прерываний БПр (микросхема **DD 23**) при поступлении с одноименного выхода микропроцессора на его вход **INTE** сигнала логической "1", а на вход Пр1 или Пр2 сигнала логического "0", поступающего из устройства сопряжения с КОП или из АЦП соответственно.

В БПр вырабатывается сигнал "Запрос прерывания", который поступает на вход **INT** микропроцессора. По этому сигналу МП считывает код команды **RST**, что позволяет ему сформировать сигнал прерывания, то есть адресовать одну из двух под-

программ обслуживания прерывания в зависимости от того, какое устройство выставило прерывание - КОП (Пр1) или АЦП (Пр2).

Прием информации из памяти или блоков вольтметра в МП происходит по сигналу "Чтение ЗУ" (ЧЗУ), запись данных с ИД в память осуществляется по управляющему сигналу "Запись ЗУ" (ЗЗУ).

Системный контроллер (СК) формирует следующие сигналы, управляющие микропроцессором:

сигнал "Чтение ЗУ" и "Запись ЗУ" (микросхемы **DD II.3**, **DD24.2**);

сигнал "Подтверждение прерывания" ( $\overline{\text{ППР}}$  и  $\overline{\text{ППР}}$ ) на микросхеме **DD19.1**. Сигналы  $\overline{\text{ППР}}$  и  $\overline{\text{ППР}}$  вырабатываются системным контроллером в цикле прерывания для блокировки сигнала "Чтение ЗУ" и разрешения чтения кода команды **RCT** с БПр (микросхема **DD23**);

сигнал "Готов" (микросхемы **DD1.3**, **DD8.1**), который используется для формирования такта ожидания микропроцессора для организации пошагового выполнения программы в процессе настройки МПК;

сигнал "Захват" - запрос допуска к шинам данных и адреса (микросхема **DD7.2**);

сигнал "Начальная установка" (**ИУ**) (микросхема **DD11**) для установки внутренних регистров микропроцессора в исходное состояние.

Буфер данных БД (микросхемы **DD20**, **DD21**) служит для передачи данных из/в МП, а также для согласования шины данных микропроцессора с блоками вольтметра.

Перемычки 2-2' и 3-3' используются для перевода буфера данных БД в высокоимпедансное состояние при проверке

блока соединительного цифрового с помощью сигнатурного анализа.

В процессе обмена информацией с ОЗУ или ПЗУ или с блоками вольтметра микропроцессор по шине адреса ША выдает адрес ячейки памяти или блока вольтметра, с которым будет проводиться обмен информацией.

Согласование микропроцессора по нагрузочной способности осуществляется буфером адреса БА1 (микросхемы DD3 - DD5).

Дешифратор выбора устройств ДВУ (микросхемы DD6.I, DD6.2, DD9, DD13) предназначен для дешифрации адреса, поступающего по ША и определения конкретного блока, с которым должен произойти обмен информацией.

Дешифратор адреса кристалла ДАК (микросхема DD30) выдает адрес кристалла ПЗУ или ОЗУ, в котором записана используемая в данный момент программа, при этом в ПЗУ ключи К подключают питание к выбранному кристаллу ПЗУ.

Распределение памяти в вольтметре в соответствии с табл.7.2.

Таблица 7.2

Обозначение устройства	Адрес, Н		Адресный блок	Выполняемая функция
	Начало	Конец		
ПЗУ	0	07FF	1-й кристалл ПЗУ	Хранение программы
ПЗУ	08	0FFF	2-й кристалл ПЗУ	То же
ПЗУ	1000	17FF	3-й кристалл ПЗУ	"
ПЗУ	1800	1FFF	4-й кристалл ПЗУ	"
ПЗУ	2000	27FF	5-й кристалл ПЗУ	"
ПЗУ	2800	2FFF	6-й кристалл ПЗУ	"
ПЗУ	3000	37FF	7-й кристалл ПЗУ	"
ПЗУ	3800	3FFF	8-й кристалл ПЗУ	"
ОЗУ	4000	43FF	ОЗУ	Хранение информации
БЦр	EE00	EE07	Блок прерывания	Запись кода текущего приоритета
БСА	EE08	EE0F	Блок сигнатурного анализа	Установка окна сигнатур
БАЧ	EE10	EE17	Порт аналоговой части	Запись информации в аналоговую часть
БВ1	EE18	-	Интерфейс блока передней панели. канал А	Запись данных цифрового индикатора и светодиодов подсветки клавиш

Продолжение табл.7.2

Обозначение устройства	Адрес, Н		Адресный блок	Выполняемая функция
	Начало	Конец		
	EE19	-	канал В	Запись адреса индикаторов 3 младших бита; 4-й бит - индикация знака "+"; 5-й бит - индикация знака "-"; 6-й бит индикация включения режима измерения R; 7-й бит - индикация включения 4-проводной линии измерения R; 8-й бит - индикация включения режима 30.
	EE1A	-	канал С	Опрос клавиатуры
	EE16	-	РУС	Запись управляющего слова 88H
ВУ2	EE20	EE27	Блок передней панели	Запись данных в ОЗУ блока передней панели
ВУ3	EE28	EE2F	Реверсивный счетчик	Чтение младшего бита реверсивного счетчика

Продолжение табл.7.2

Обозначение устройства	Адрес, Н		Адресный блок	Выполняемая функция
	Начало	Конец		
ВУ4	EE30	EE37	Реверсивный счетчик	Чтение старшего бита реверсивного счетчика
ВУ5	EE38	EE3F	Устройство сопряжения с КОП	Запись данных в регистр выдачи данных в КОП
ВУ6	EE40	-	Интерфейс блока сопряжения с КОП	Чтение линии данных КОП
	EE41	-	канал А	То же
	EE42	-	канал В	Чтение управляющих сигналов КОП
	EE43	-	канал С	Чтение записи внутренних сигналов
	EE48	EE4F	РУС КОП	Запись управляющего слова 92H
ВУ7	EE48	EE4F	Выключатель внешней калибровки	Включение программы внешней калибровки
ВУ8	EE50	EE57	Блок аналоговой части	Сброс счетчика байтов
ВУ9	EE58	EE5F	Реверсивный счетчик	Программное управление



Продолжение табл.7.2

Обозначение устройства	Адрес, Н		Адресный блок	Выполняемая функция
	Начала	Конец		
BV10	EE60	EE67	Блок сигнатурного анализа	Включение программы сигнатурного анализа
BV11	EE68	EE6F	КОП	Сброс прерываний КОП
BV12	EE70	EE77	Кодовые переключатели внешней калибровки	Внешняя калибровка по напряжению
BV13	EE78	EE7F	То же	Внешняя калибровка по сопротивлению

1) Формирователь начальной установки ФНУ (микросхема ДА1, резисторы RI3-RI4, RI9, RI8, диоды VD9-VD11, конденсатор CI8) служит для установки МК в исходное состояние при включении вольтметра.

Блок сигнатурного анализа БСА (микросхемы DD8.2, DD14.3, DD24.1, резисторы RI5-RI7) предназначен для выбора одной из программ сигнатурного анализа блоков вольтметра и формирования окна сигнатурного анализа. Перемычки (2-2') - (6-6') используются для организации проверки блоков вольтметра сигнатурным анализатором.

ОЗУ (микросхемы DD17, DD22) предназначено для хра-

нения информации, получаемой в процессе работы вольтметра. Общий объем памяти ОЗУ составляет 1 кбайт.

Выбор адреса памяти ОЗУ осуществляет дешифратор адреса кристалла ДАК (микросхема DD30) сигналом ВОВ и блок системного контроллера сигналами "Чтение ЗУ" и "Запись ЗУ".

В ПЗУ хранятся программы работы вольтметра, тестовой проверки и сигнатурного анализа. Общий объем памяти ПЗУ 16 кбайт реализован на микросхемах DD31-DD34, DD36, DD37, DD39, DD42 с организацией памяти 2048x8. На адресные входы БИС ПЗУ АО-А10 с шины адреса через буфер адреса (микросхемы DD26, DD28, DD29) подаются младшие биты адреса. Старшие биты адреса А11-А15 поступают на входы дешифратора адреса кристалла, выходные сигналы которого через ключи на транзисторах VT1-VT8 осуществляют выбор конкретной БИС ПЗУ путем подключения к ней напряжения питания.

Буфер данных БД2, построенный на микросхемах DD27.2 - DD43, предназначен для согласования с ПЗУ со связанными с ним блоками вольтметра.

В блок соединительный цифровой входят также:

схема передачи данных из цифровой части вольтметра в аналоговую (микросхемы DD18.4, DD35.2, DD38.1, DD38.3 резисторы R63, R64 и импульсный трансформатор T5);

схема синхронизации передачи информации из цифровой части вольтметра в аналоговую (микросхемы DD18.3, DD35.3, DD38.2, DD38.4, резисторы R66, R67, R65 и импульсные трансформаторы T6, T7);

схема управления реверсивным счетчиком (микросхемы DA2, DD40.1, DD40.2, DD41, резисторы R59-R62), предназначен-

ная для преобразования импульсного напряжения в потенциальные сигналы "+счет", "-счет", что достигается применением R - S триггеров (микросхема DD39).

Передача информации из цифровой части вольтметра в аналоговую выполняется следующим образом: сформированный в МК для передачи байт информации восемь раз засылается по адресу "Выбор аналоговой части" (ВАЧ) по шине данных ПД7. После каждой засылки программно осуществляется сдвиг содержимого аккумулятора МП. Таким образом через шину данных ПД7 последовательно передается байт информации, а затем аналогично передаются и остальные байты.

## 7.5. Устройство сопряжения с КОП

### 7.5.1. Схема электрическая структурная

Устройство сопряжения с КОП (УСКОП) предназначено для обмена данными с внешним устройством через канал общего пользования. В вольтметре реализовано УСКОП с бит - последовательным, байт-параллельным обменом информацией с КОП, выполняющее восемь интерфейсных функций в соответствии с ГОСТ 26.003-80;

- СИП - синхронизация передачи источника;
- СПП - синхронизация приема;
- И5 - источник;
- П4 - приемник;
- ЗІ - запрос на обслуживание;
- ДМІ - дистанционное/местное управление;
- СБІ - очистить устройство;
- ЗПІ - запуск устройства.

### Схема структурная устройства сопряжения с КОП

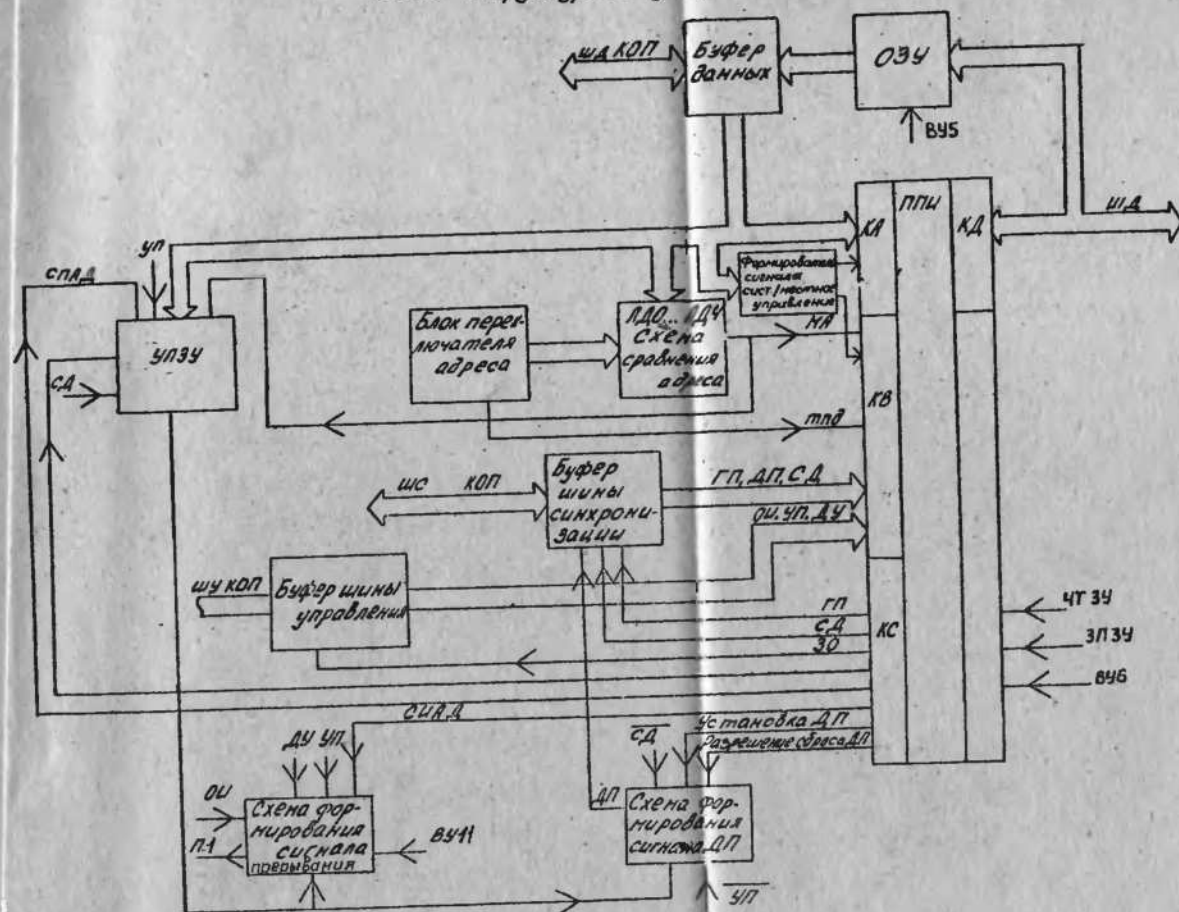


Рис. 14

сигналом ЗПЗУ по адресу ВУ5.

Канал В ППИ предназначен для передачи сигналов ПП, ДП,

Структурная схема устройства сопряжения с КОП приведена на рис.14 и включает в себя: параллельно программируемый интерфейс (ППИ), ОЗУ, <sup>данных</sup>буфера, буфер шины управления (БШУ), управляемое постоянно запоминающее устройство (УПЗУ), схема формирования сигнала ДП, схема формирования сигнала запроса прерывания МПК (ПЗ), схема сравнения адреса и блока переключателей адреса.

Обращение МПК и УСКОП осуществляется двумя способами: по прерыванию и периодическому опросу.

### 7.5.2. Схема электрическая принципиальная

Основным узлом УСКОП является параллельно программируемый интерфейс, выполненный на микросхеме 580BB55 (**DD19**), с помощью которой осуществляется связь с МПК.

В момент включения источников питания вольтметра в РУС ППИ засылается управляющее слово 92H, по которому регистры каналов А и В программируются только на вывод информации, а регистры канала С - на прием информации с канала данных интерфейса.

Ввод/вывод информации в/из ППИ осуществляется сигналами BV6, ЗПЗУ, 4ТЗУ. Обмен данными между шиной данных КОП и ПП МПК - осуществляется через буфер данных микросхемы **DD1**,

**DD2** - приемник; **DD13**, **DD14** - передатчик), или через канал А ППИ (при приеме данных из КОП), или через ОЗУ, выполненном на микросхеме **DD8** (при передаче данных в КОП).

Запись данных в ОЗУ, в качестве которого используется восьмиразрядный регистр (микросхема 533 IP23), производится сигналом ЗПЗУ по адресу BV5.

Канал В ППИ предназначен для передачи сигналов ПП, ДП,



СД с шины синхронизации КОП через буфер (микросхема DD2), сигналов ОИ, УП, ДУ с шины управления КОП через буфер (микросхема DD3.1), а также сигналов МА ("Мой адрес") *млд* ("Только передача") и сигнала дистанционное/местное на ШД МК.

Канал С ШИИ используется для выдачи управляющих сигналов П, СД, ЗО МК в КОП через буфер (микросхема DD12), а также сигналов управления работой схемы формирователя сигнала ДП ("Устан ДП", "Разреш сбр ДП"), сигналов СИАД, "СПАД" и "Разреш дешифр".

Схема сравнения адреса (микросхема DD4, диоды VD1-VD5, транзистор VT1, резисторы R39, R40) предназначена для создания сигнала МА при совпадении кодов, установленных на блоке переключателей адреса вольтметра с кодом на ДД, выставленным интерфейсом системы КОП во время адресации устройств системы на прием или передачу. При равенстве этих кодов на коллекторе транзистора VT1 возникает сигнал логической "1", поступающий в канал В ШИИ и на адресный вход управляемого ПЗУ (УПЗУ).

УПЗУ (микросхема DD7) предназначено для предварительного анализа ситуации, имеющейся в КОП и в вольтметре, чтобы избежать необоснованных прерываний основной программы работы вольтметра. Каждой ситуации в КОП и состоянию интерфейса вольтметра соответствуют несовпадающие комбинации сигналов на адресных входах УПЗУ. На вход выбора кристалла УПЗУ подается сигнал СД, разрешающий работу УПЗУ только в тот момент времени, когда информация на шине данных достоверна и поступает сигнал "Разреш дешифр" с канала С ШИИ. Выходной сигнал УПЗУ управляет схемой формирования сигнала ДП и

схемой формирования сигнала запроса прерывания.

Схема формирования сигнала ДП построена на основе триггера DD20.1 и включает в себя два формирователя коротких импульсов (микросхемы DD9.4, DD9.5, DD17.2, резистор R48, конденсатор СЗ и микросхемы DD17.1, DD17.3, DD16.2, резистор R49, конденсатор С4).

Триггер DD20.1 устанавливается в состояние логической "1" при воздействии сигнала "Установка ДП" по S - входу через формирователь коротких импульсов. Этот же триггер может устанавливаться в состояние логической "1" или логического "0" по С-входу в зависимости от сигнала "Разреш сбр ДП" после окончания сигнала СД. Это позволяет быстро, минуя программу, установить низкое состояние линии ДП, если вольтметр адресован на прием. С выхода триггера DD20.1 сигнал поступает на микросхему DD17.4, а с нее, при условии отсутствия сигнала УП или при его запрете сигналом СД (микросхема DD18.1), поступает на буфер шины синхронизации (микросхема DD12). Такая логическая схема обеспечивает быструю реакцию вольтметра на сигнал УП, т.е. установление низкого уровня на линии ДП в ответ на активно низкий уровень в линии УП. Запрет сигнала УП сигналом СД необходим для того, чтобы вольтметр мог установить высокий уровень линии ДП, несмотря на активное состояние линии УП, т.е. для того, чтобы могла закончиться передача команды.

Схема формирования сигнала запроса прерывания построена на основе триггера ЗПр (микросхема DD20.2). Триггер ЗПр устанавливается в состояние логического "0" при появлении уровня логического "0" на выходе УПЗУ, при поступлении сигнала ОИ, при поступлении сигнала УП и СД в момент нахож-

дения вольтметра в состоянии СИАД. Выходной сигнал схемы формирования сигнала запроса прерывания (ПЗ) осуществляет обращение МК к ППИ и переход на подпрограмму обслуживания устройства сопряжения с КОП в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис.15. Сброс сигнала запроса прерывания осуществляется при поступлении сигнала БУП с дешифратора выбора устройств МК на **S**- вход триггера ЗПр через микросхемы **DD6.3, DD6.5, DD15.1**.

Вся работа устройства сопряжения с КОП осуществляется под управлением программы, выполнение которой начинается по прерыванию ПП. В исходном состоянии, после включения питания вольтметра, программа устанавливает триггер **ДП** в состояние логической "1", на линии **ДП** при этом поддерживается пассивный высокий уровень. Триггер ЗПр устанавливается в состояние логической "1" (т.е. прерывание не требуется), разряды канала С ППИ устанавливаются программой так, что на всех линиях КОП поддерживается пассивный уровень. В таком состоянии вольтметр не участвует в работе КОП и не мешает другим приборам системы обмениваться данными.

Если контроллер системы помещает на ЛД байт данных или команду, то на линии УП устанавливается низкий уровень при передаче команды или высокий уровень при передаче байта данных, затем устанавливает низкий уровень на линии **СД**. При этом разрешается работа УПЗУ. В зависимости от состояния интерфейсных функций вольтметра (СПАД или СИАД) и от передаваемой контроллером системы информации УПЗУ вырабатывает или не вырабатывает сигнал логического "0" на своем выходе.

УПЗУ закодирован таким образом, что на его выходе появится уровень логического "0" в следующих случаях:





на линиях ЛД помещена универсальная команда;

на линиях ЛД помещен адрес на прием или на передачу и код адреса совпадает с кодом на адресном переключателе;

независимо от кода на ЛД, когда вольтметр находится в состоянии СПАД.

Уровень логического "0" на выходе УПКУ сбрасывает триггер ДП в состояние логического "0" (при этом на линии шины синхронизации ДП появится активный низкий уровень) и устанавливает триггер ЗПр в состояние логического "0", что вызовет прерывание МК.

По периодическому опросу ШИИ устройства сопряжения с КОП осуществляется анализ сигналов ТПД (только передача), сигналов дистанционное/местное управление и клавиши ВМ (возврат на местное) блока передней панели.

При установке переключателя, расположенного на задней панели прибора, в положение ТПД, вольтметр переходит в состояние СПАД без участия контроллера системы. Это позволяет использовать вольтметр в простейших системах, где от него необходима только интерфейсная функция "источник".

При нажатии клавиши ВМ управление вольтметром передается органам передней панели, если перед этим вольтметр находится в состоянии дистанционного управления (СДСТ) и не было интерфейсной команды ЗМ (запирание местное).

При поступлении же команды ЗМ программный опрос клавиши "ВМ" блокируется и перевод вольтметра с режима "дистанционное управление" на "местное" возможен только при получении вольтметром интерфейсной ЦМ (перевод на местное), либо снятием контроллером системы сигнала ДУ, причем, в последнем

случае разрешается снова обработка клавиши ВМ.

В вольтметре программно-аппаратно реализована интерфейсная функция 30 (запрос на обслуживание). Сигнал 30 (логическая "1" на выводе 10 микросхемы DD19) и соответствующий БСТ (байт состояния), выдаваемый в КОП при идентификации последовательного опроса, формируется в следующих случаях:

если в вольтметре возникла ситуация, при которой невозможна дальнейшая эксплуатация прибора в системе (авария);

если в вольтметр поступили неправильные программные данные от контроллера системы:

если возникла перегрузка в измерительном канале X;

если недопустимо учитываемое смещение нуля;

если возникла перегрузка в измерительном канале Y;

если существует недогрузка в канале Y;

если запрограммирован режим измерения с фиксацией готовности прибора на выдачу данных измерения (Q1).

Структура БСТ приведена в табл.2.20.

При одновременном появлении причин, вызывающих 30, более высокий приоритет имеет причина - аварийная ситуация, остальные в перечисленном выше порядке.

7.6. Блок передней панели. Схема электрическая принципиальная

Блок передней панели предназначен для ручного управления режимом работы вольтметра и отображения на цифровом индикаторном табло результатов измерения. На рис.16 приведена структурная схема блока передней панели, которая состоит из:

Схема электрическая структурная блока передней панели

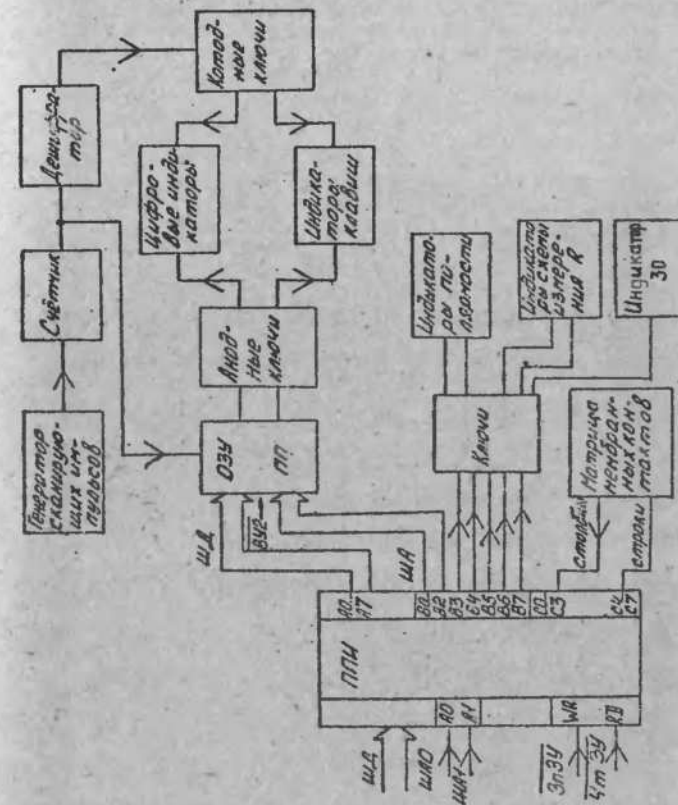


Рис. 16

параллельно-программируемого интерфейса (ПИ);  
оперативного запоминающего устройства передней панели (ОЗУ ПП);

цифровых индикаторов;  
индикаторов клавиш;  
индикаторов полярности;  
индикаторов схемы измерения R;  
индикатора режима 30;  
матрицы мембранных контактов;  
анодных и катодных ключей;  
генератора сканирующих импульсов, счетчика;  
дешифратора;  
ключей.

Схема блока передней панели выполнена по принципу динамической индикации и работает следующим образом:

Импульсы с генератора сканирующих импульсов (микросхемы DD7.1, DD7.2, резистор R33, конденсатор C6) поступает на счетчик (микросхема DD8), выходные сигналы которого управляют входами адресов считывания ОЗУ.

Одновременно, сигналы со счетчика поступают на дешифратор (микросхема DD9), который управляет катодными ключами (микросхемы DA3, DA7 - DA9) цифровых индикаторов.

В качестве ОЗУ передней панели применяется многоцелевой регистр 564PII (микросхемы DD2, DD5) с организацией памяти 8x4 бит. На адресные входы W1 - W3 регистра поступает код индикатора, а на D - входы - восьмибитовый код значения индицируемой величины, причем на регистр DD2 поступает младших четыре бита, а на регистр DD5 - старших четыре бита кода. Запись данных осуществляется сигналом EV2.

Вывод информации о ОЗУ на каждый цифровой индикатор осуществляется только с каналов А или с каналов В обоих регистров через анодные ключи.

Разделение адресов считывания каналов А и В регистров (канал А - четыре младших, канал В - четыре старших бита) за счет подачи на вход адреса считывания RA3 сигнала логического "0", а вход RB3 - сигнала логической "1" позволило проводить вывод информации сразу на два цифровых индикатора в каждом такте счёта сканирующих импульсов.

Связь блока передней панели с МК осуществляется с помощью параллельно-программируемого интерфейса (микросхема

DD1), канал А которого предназначен для записи данных индикации поступающих с шины данных МК. Три младших разряда канала В интерфейса используются для записи кода адреса ОЗУ передней панели, а остальные разряды этого канала - для индикации полярности измеряемой величины "+" или "-" и четырехпроводного способа измерения сопротивления и режима 30.

Вся клавиатура блока передней панели имеет матричную организацию 4x4, управляется через канал С параллельно-программного интерфейса. Выходы CO-C3 канала С интерфейса используются для чтения кода нажатой клавиши мембранного переключателя со столбцов матрицы, а выходы C4-C7 включения или всех строк матрицы (при ускоренном опросе блока передней панели) или поочередно каждой строчки. Опрос блока передней панели микропроцессорным контроллером осуществляется периодически при поступлении сигналов ЧТЗУ и W1.



Индикация включенной клавиши осуществляется динамически, так же, как и всех цифровых индикаторов вольтметра.

#### 7.7. Стабилизатор аналоговый. Схема электрическая принципиальная

Стабилизатор аналоговый предназначен для обеспечения элементов аналоговой части вольтметра напряжением питания  $20V$ , минус  $12V$ ,  $\pm 15V$ ,  $\pm 6V$ .

Напряжение со вторичных обмоток силового трансформатора выпрямляется диодами  $VD3 - VD14$  и подается на микросхемы  $DA1 - DA3$ , имеющие фиксированное выходное напряжение и встроенную схему защиты от перегрузки по входу.

На диодах  $VD1$ ,  $VD2$ , конденсаторах  $C1$ ,  $C2$  и резисторе  $R1$  выполнен удвоитель напряжения.

#### 7.8. Стабилизатор цифровой. Схема электрическая принципиальная

Стабилизатор цифровой предназначен для обеспечения элементов цифровой части вольтметра напряжением питания  $\pm 5V$  и  $20V$ .

Напряжение со вторичной обмотки силового трансформатора выпрямляется диодами  $D1 - D4$ , фильтруется конденсатором  $C1$  и подается на вход импульсного стабилизатора. На микросхеме  $DA2$  построена схема управления транзистора  $VT5$ ,  $VT6$ . Схема на транзисторах  $VT2$ ,  $VT3$  обеспечивает напряжение питания микросхемы  $DA2$ .

На транзисторах  $VT1$ ,  $VT4$  построена схема защиты стабилизатора от короткого замыкания на выходе.

Напряжение минус  $5V$  снимается с дополнительной обмот-

ки дросселя  $L1$ , выпрямляется диодом  $VD8$  и фильтруется конденсатором  $C10$ . Стабилизатор напряжения  $12V$  выполнен на микросхеме  $DA1$ .

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АЧ – амплитудно-частотная характеристика;
- ИА – буфер адреса;
- БД – буфер данных;
- Бпр – блок прерываний;
- БСА – блок сигнатурного анализа;
- БСТ – байт состояния;
- БШУ – буфер шины управления;
- ГП – готов к приему;
- ГСИ – генератор счетных импульсов;
- ДАК – дешифратор адреса кристалла;
- ДУ – дистанционное управление;
- ДП – данные приняты;
- ЗО – запрос на обслуживание;
- ЗПЗУ – запись ЗУ;
- ЗПМ – записание местного;
- ЗУ – запоминающее устройство;
- ИОН – источник опорного напряжения;
- КОП – канал общего пользования;
- ЛД – линия данных;
- МА – мой адрес;
- ТПД – только передача;
- МПК – микропроцессорный контроллер;
- ОИ – очистить интерфейс;
- ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;
- ПНМ – перевод на местное;
- ППИ – параллельно-программируемый интерфейс;