

ОКП 42 2194 0004 06



МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА Р5083

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

3.455.028 ТО

Часть 1

Техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО) предназначено для изучения моста переменного тока Р5083 (в дальнейшем - мост) и содержит сведения об устройстве и принципе действия, технические характеристики, правила эксплуатации, технического обслуживания и простейшего ремонта, а также схемы электрические принципиальные и расположения элементов.

I. НАЗНАЧЕНИЕ

I.1. Мост является автономным средством измерений общепромышленного назначения и предназначен для автоматического измерения емкости C , индуктивности L , активного сопротивления R , тангенса угла потерь $\operatorname{tg} \delta$ (добротности Q_R) и тангенса угла фазового сдвига $\operatorname{tg} \varphi$ (добротности Q_C и Q_L) объектов измерений, а также процентных отклонений параметров объектов измерений от заданного значения.

I.2. Мост может быть использован для:

- научных исследований;
- метрологической аттестации средств измерений;
- контроля качества электро- и радиотехнических изделий;
- измерения неэлектрических величин с применением измерительных преобразователей неэлектрических величин в одну из измеряемых мостом величин.

I.3. Мост предназначен для эксплуатации:

Р5083 - в условиях умеренного климата в закрытых сухих отапливаемых помещениях при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

Р5083-04.1 - в условиях как сухого, так и влажного тропического климата в закрытых помещениях с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом при температуре от 1 до 40 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Основные параметры и размеры

2.1.1. Мост, в зависимости от эквивалентной схемы замещения и характера реактивной составляющей комплексного сопротивления объекта измерений, измеряет величины, указанные в табл. I.

Таблица I

Главные		Дополнительные	
	основные		производные
C	C_p	R_p	$\operatorname{tg} \delta_c (Q_R)$
	C_s	R_s	
L	L_p	R_p	$\operatorname{tg} \delta_L (Q_R)$
	L_s	R_s	
R	R_p	C_p	$\operatorname{tg} \varphi_c (Q_C)$
		L_p	$\operatorname{tg} \varphi_L (Q_L)$
	R_s	C_s	$\operatorname{tg} \varphi_c (Q_C)$
		L_s	$\operatorname{tg} \varphi_L (Q_L)$

Примечания:

1. C_p , L_p и R_p (C_s , L_s и R_s) — измеряемые величины C, L и R, представленные по параллельной (последовательной) схеме замещения.

2. $\operatorname{tg} \delta_c$ и $\operatorname{tg} \delta_L$ — тангенс угла потерь объекта измерений емкостного и индуктивного характера соответственно.

3. $\operatorname{tg} \varphi_c$ и $\operatorname{tg} \varphi_L$ — тангенс угла фазового сдвига объекта измерений с реактивной составляющей емкостного и индуктивного характера соответственно.

4. Q_c , Q_L и Q_R — добротность объекта измерений с дополнительной измеряемой величиной C, L и R соответственно.

2.1.2. Значения измеряемых мостом величин, в зависимости от частоты и напряжения на объекте измерений, соответствуют указанным в

табл. 2.

2.1.3. Диапазоны измеряемых мостом процентных отклонений (ПО):

I - $\pm(0,001-0,999) \%$;

II - $\pm(1,00-9,99) \%$;

III - $\pm(10,0-99,9) \%$,

при десятикратном снижении напряжения на объекте измерений:

I - $\pm(0,01-0,999) \%$;

II - $\pm(1,00-9,99) \%$;

III - $\pm(10,0-99,9) \%$.

2.1.4. Классы точности моста по главным измеряемым величинам указаны в табл. 3.

2.1.5. Результаты измерений представляются на отсчетном устройстве в виде шестизначного числа главных и пятизначного числа дополнительных измеряемых величин с указанием наименования единиц измерений (основное отсчетное устройство). Мост имеет так же отсчетное устройство для контроля ввода частоты, времени цикла автоматического запуска, числа измерений и представления результатов измерений при измерениях ПО (вспомогательное отсчетное устройство).

2.1.6. Номинальная цена единицы наименьшего разряда отсчетного устройства на младших диапазонах измерений (дискретность):

по С - $1 \cdot 10^{-16}$ F;

по L - $1 \cdot 10^{-10}$ H;

по R - $1 \cdot 10^{-5} \Omega$;

по $\text{tg } \delta$ - $1 \cdot 10^{-5}$;

по $\text{tg } \varphi$ - $\pm 1 \cdot 10^{-5}$,

при десятикратном снижении напряжения на объекте измерений:

по С - $1 \cdot 10^{-15}$ F;

по L - $1 \cdot 10^{-9}$ H;

по R - $1 \cdot 10^{-4} \Omega$;

по $\text{tg } \delta$ - $5 \cdot 10^{-4}$;

по $\text{tg } \varphi$ - $\pm 5 \cdot 10^{-4}$.

Таблица 2

Измеряемая величина, размерность	Напряжение на объекте измерений	Диапазон измерений при f_H , kHz				
		0,100-0,899	0,900-0,999	1,00-9,99	10,0-19,9	20,0-100
C, F	$U_{Zc}(f_H)$	-	$1 \cdot 10^{-14} - 10$	$1 \cdot 10^{-15} - 1$	$1 \cdot 10^{-16} - 0,1$	$1 \cdot 10^{-15} - 0,01$
	$U_{Z \min}$	$1 \cdot 10^{-13} - 1$	$1 \cdot 10^{-13} - 1$	$1 \cdot 10^{-14} - 0,1$	$1 \cdot 10^{-15} - 0,01$	-
L, H	$U_{ZL}(f_H)$	-	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-10} - 1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^4$
	$U_{Z \min}$	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^4$	-
R, Ω	$U_{Zc}(f_H), U_{ZL}(f_H)$	-	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^9$
	$U_{Z \min}$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^9$	-
$tg \delta(Q_R)$	$U_{Zc}(f_H), U_{ZL}(f_H)$	-	$1 \cdot 10^{-5} - 65535$	$1 \cdot 10^{-5} - 65535$	$1 \cdot 10^{-5} - 65535$	$5 \cdot 10^{-4} - 65535$
	$U_{Z \min}$	$5 \cdot 10^{-4} - 65535$	$5 \cdot 10^{-4} - 65535$	$5 \cdot 10^{-4} - 65535$	$5 \cdot 10^{-4} - 65535$	-
$tg \varphi(Q_C, Q_L)$	$U_{Zc}(f_H), U_{ZL}(f_H)$		$\pm(1 \cdot 10^{-5} - 65535)$	$\pm(1 \cdot 10^{-5} - 65535)$	$\pm(1 \cdot 10^{-5} - 65535)$	$\pm(5 \cdot 10^{-4} - 65535)$
	$U_{Z \min}$	$\pm(5 \cdot 10^{-4} - 65535)$	$\pm(5 \cdot 10^{-4} - 65535)$	$\pm(5 \cdot 10^{-4} - 65535)$	$\pm(5 \cdot 10^{-4} - 65535)$	$\pm(5 \cdot 10^{-4} - 65535)$

Таблица 3

Измеряемая величина	$f_{\text{он}}, f_{\text{н}}, \text{kHz}$	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)								
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	k	q	l	A	
C_p, F ; C_s, F ; $\text{tg } \delta_c$ (Q_R)	0,999	1	000,01-999,99	10^{-12}	0,2/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,2	0,01	0,5	—	I	$\frac{X_K}{X}$	
			100,000-999,99		0,1/0,01			0,1						
	0,999	2	1,00000-9,9999	10^{-9}	0,05/0,005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,01	0,05	0,005	I	0,1	I,5		
			10,0000-99,999			$1 \cdot 10^{-3}$	0,005							
			100,000-999,99			$5 \cdot 10^{-4}$								
		0,999	5	1,00000-9,9999	10^{-6}	0,1/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,1	0,01	0,1	0,2		I
				10,0000-99,999			$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,2	0,02				
				100,000-999,99			$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,5	0,2				
				1,00000-9,9999			—	—	1,5	0,15				
0,999	8	1,00000-9,9999	10^{-3}	1,5/0,15	—	—	1,5	0,15	0,1	0,1	0,5	$\frac{X}{X_H}$		
		10,000-9999			2,5/0,1	—	—	2,5					0,1	I

Изменяемая величина	$f_{OH}, f_H,$ кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)															
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	k	q	β	A								
$C_p, F;$ $C_s, F;$ $tg \delta_c$ (Q_R)	1,00	1	00,001-09,999	10^{-12}	0,05/0,01	$2 \cdot 10^{-4}$	0,02	0,05	0,01	0,02	0,5	1,5	$\frac{X_R}{X}$								
			10,0000-99,999		0,05/0,005				0,005												
	9,99	2	100,000-999,99	10^{-9}	0,02/0,002	$2 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,02	0,002	0,05	0,2	2									
			1,00000-9,9999						$3 \cdot 10^{-4}$					0,0002	0,02	0,1	0,5				
			10,0000-99,999																		
	9,99	3	100,000-999,99	10^{-9}	0,02/0,002	$3 \cdot 10^{-4}$	0,0002	0,02	0,002	0,05	0,2	2									
			1,00000-9,9999						10^{-6}					0,05/0,005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,05	0,005	0,05	2	1,5
			10,0000-99,999																		
			100,000-999,99																		
	9,99	4	10,0000-99,999	10^{-6}	0,1/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,1	0,01	0,2	1	1									
100,000-999,99			0,5/0,05						-				-	0,5	0,05	0,02	-	0,5			
1,0000-999,9																			10^{-3}	1/0,1	-
9,99	5	100,000-999,99	10^{-3}	1/0,1	-	-	1	0,1	-	-	-										
		1,00000-9,9999										0,05/0,005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,05	0,005	0,05	2	1,5		
9,99	6	10,0000-99,999	10^{-6}	0,1/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,1	0,01	0,2	1	1										
		100,000-999,99						0,5/0,05				-	-	0,5	0,05	0,02	-	0,5			
9,99	7	100,000-999,99	10^{-6}	0,5/0,05	-	-	0,5		0,05	0,02	-								0,5		
		1,0000-999,9						10^{-3}	1/0,1			-	-	1	0,1	-	-				
9,99	8	1,0000-999,9	10^{-3}	1/0,1	-	-	1			0,1	0,1							-	-		
		10,000-999,9						0,5/0,05	-	-		0,5	0,05	0,02	-	0,5					
9,99	9	1,0000-999,9	10^{-3}	1/0,1	-	-	1				0,1						0,1	-	-		
		10,000-999,9						0,5/0,05	-	-	0,5	0,05	0,02	-	0,5						

Продолжение табл. 3

Изменяемая величина	$f_{0H}, f_{H},$ кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	l	A
$C_p, F ;$ $C_s, F ;$ $tg \delta_c$ (Q_R)	10,0	1	0,0001-0,9999	10^{-12}	0,5/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,5	0,01	1,2	-	0,5	$\frac{X_K}{X}$
			1,00000-9,9999		0,2/0,02			0,2	0,02		2		
	100	2	10,0000-99,999	10^{-9}	0,1/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,1	0,01	0,2	4,5	I	
		3	100,000-999,99			$5 \cdot 10^{-4}$	0,005		2,3				
	4	1,00000-9,9999	10^{-9}	0,2/0,02	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	-	-	-	-	-		
	5	10,0000-99,999			$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,2	0,02	-	-			
	6	100,000-999,99	10^{-6}	0,5/0,05	$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,5	0,05	-	-	0,5		
	7	1,00000-9,9999			-	-	1,5	0,15	-	-			
	8	10,0000-99,999	10^{-3}	1,5/0,15	-	-	2,5	0,2	-	-	$\frac{X}{X_H}$		
	9	100,00-999,9			-	-	2,5	0,2	-	-			
9	1,000-99,9	10^{-3}	5/1	-	-	5	1	-	-				

Изменяемая величина	$f_{0H}, f_{H},$ кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	k	A
$L_S, H;$	1,00	1	00,001-09,999	10^{-6}	0,5/0,01	-	-	0,5	0,01	0,01	-	0,5	$\frac{X_R}{X}$
$L_P, H;$	1,00-	2	10,0000-99,999		0,5/0,05	-	-		0,05	-	-		
$tg \delta_L$ (Q_R)	9,99	3	100,000-999,99		0,2/0,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,2	0,02	0,075	0,1		
		4	1,00000-9,9999	10^{-3}		$1 \cdot 10^{-3}$	0,01						$\frac{X}{X_H}$
		5	10,0000-99,999		0,02/0,002	$5 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,02	0,002	0,01	1	2	
		6	100,000-999,99							0,03			
		7	1,00000-9,9999	10^0	0,05/0,005	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,05	0,005	0,075		1,5	$\frac{X}{X_H}$
		8	10,0000-99,999		0,1/0,01	$2 \cdot 10^{-3}$		0,1	0,01	0,04	-	1	
		9	100,000-999,99		0,25/0,025	$5 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,25	0,025	0,01	-	0,5	
			1,0000-999,9	10^3	1/0,1	-	-	1	0,1		-		

Измеряемая величина	$f_{0\Omega}$, f_H , кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	e	g	h	l
$L_S, H;$	10,0	1	0,0001-0,9999	10^{-6}	1,5/0,01	-	-	1,5	0,01	0,2	-	0,5	$\frac{X_{II}}{X}$
$L_p, H;$	10,0-	2	1,00000-9,9999		1/0,1	-	-	1	0,1	-	-		
$tg \delta_L$	100	3	10,0000-99,999		0,5/0,05	-	-	0,5	0,05	0,1	-		
(Q_R)		4	100,000-999,99	10^{-3}		$1 \cdot 10^{-2}$	0,05			0,02	-		$\frac{X}{X_{II}}$
		5	1,00000-9,9999		0,2/0,02	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,2	0,02	-	-		
		6	10,0000-99,999							-	-		
		7	100,000-999,99	10^0		$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,5	0,05	-	-		
		8	1,00000-9,9999		0,5/0,05	$1 \cdot 10^{-2}$				-	-		
		9	10,0000-99,999							-	-		
			100,00-999,9	10^3	1/0,1	-	-	1	0,1	-	-		
			1,000-99,9		5/1	-	-	5	1	-	-		

Измѣ- ряемая вели- чина	$f_{0H},$ $f_H,$ kHz	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		по- мер	отсчет	множи- тель		a	b	c	d	h	q	β	A
$R_S, \Omega;$	1,00	1	000,01-099,99	10^{-3}	0,5/0,01	-	-	0,5	0,01	I	-	0,5	$\frac{X_H}{X}$
$R_p, \Omega;$	0,100-	2	100,000-999,99		0,2/0,02	-	-	0,2	0,02		-		
$tg \psi_c$ (Q_c);	0,999	3	1,00000-9,9999	10^0	0,1/0,01	-	-	0,1	0,01	2,5	2	I	
$tg \psi_L$ (Q_L)		4	10,0000-99,999		0,05/0,005	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,05	0,005	1,5	I	2	
		5	100,000-999,99	0,02/0,002	$5 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,02	0,002					
		6	1,00000-9,9999			10^3	I	I	I	I	I	I	
		7	10,0000-99,99										
		8	100,000-999,99	0,05/0,005		0,0005	0,05	0,005	0,4		I,5		
		9	1,00000-9,9999	10^6	0,2/0,02	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,2	0,02	0,1	0,5		
			10,000-9999		0,5/0,1	-	-	0,5	0,1				

Изменяемая величина	$f_{OH}, f_H,$ кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	l	A
$R_s, \Omega;$	1,00	1	000,01-099,99	10^{-3}	0,5/0,01	-	-	0,5	0,01	$5 \cdot 10^{-3}$	-	0,5	$\frac{X_K}{X}$
$R_p, \Omega;$	1,00-	2	100,000-999,99		0,2/0,02	-	-	0,2	0,02		-		
$tg \varphi_c$	100	3	1,00000-9,9999	10^0	0,1/0,01	-	-	0,1	0,01	0,01	-	1	
$(Q_c);$		4	10,0000-99,999		0,05/0,005	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,05	0,005	0,03	1		
$tg \varphi_L$		5	100,000-999,99	10^3	0,02/0,002		$5 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,02	0,002	$5 \cdot 10^{-3}$	0,1	2
(Q_L)		6	1,00000-9,9999					0,0002					
		7	10,0000-99,999	10^3	0,05/0,005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,0005	0,05	0,005	$1,2 \cdot 10^{-2}$	-	1,5	$\frac{X}{X_H}$
		8	100,000-999,99										
		9	1,00000-9,9999	10^6	0,2/0,02	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,2	0,02	$5 \cdot 10^{-3}$	-	0,5	$\frac{X}{X_H}$
			10,000-9999		0,5/0,1		-	-	0,5		0,1	$3 \cdot 10^{-3}$	

Примечания: 1. Начальные значения измеряемых величин приведены без учета начальных параметров моста и кабеля для подсоединения объекта измерений.

2. $X_K (X_H)$ - конечное (начальное) значение установленного диапазона измерений
 3. " - " - параметр не гарантируется.

2.1.7. Мост имеет основные нормальные фиксированные частоты (f_{0H}) синусоидального напряжения и (или) тока, подаваемого на объект измерений, равные 0,999, 1 и 10 кГц и дополнительные нормальные фиксированные частоты (f_H), дискретно устанавливаемые в диапазоне частот от 0,1 до 100 кГц (3000 частот).

Допускаемое отклонение частоты (δ_f) от установленного значения f_{0H} и f_H не превышает $\pm 0,05\%$.

2.1.8. Мост обеспечивает напряжение на объекте измерений (U_z) и ток через объект измерений (I_z) при f_{0H} , в зависимости от характера реактивной составляющей объекта измерений, не превышающие значений, указанных в табл.4.

Таблица 4

Номер диапазона измерений	Напряжение на объекте (ток через объект) измерений при реактивной составляющей			
	С		L	
	U_z, V	I_z, A	U_z, V	I_z, A
1	30	-	-	$100 \cdot 10^{-3}$
2	30	-	-	$30 \cdot 10^{-3}$
3	3	-	0,02	-
4	3	-	0,2	-
5	0,3	-	0,2	-
6	0,3	-	2	-
7	0,03	-	2	-
8	-	$20 \cdot 10^{-3}$	20	-
9	-	$66 \cdot 10^{-3}$	20	-

2.1.9. Мост обеспечивает напряжение на объекте измерений и ток через объект измерений, в зависимости от f_H и характера реактивной составляющей объекта измерений, не превышающие значений, определяемых по формулам:

$$U_{Z_C}(f_H) = U_{Z_C} \cdot \frac{f_{OH}}{f_H} \quad (1)$$

$$U_{Z_L}(f_H) = U_{Z_L} \quad (2)$$

$$I_{Z_C}(f_H) = I_{Z_C} \quad (3)$$

$$I_{Z_L}(f_H) = I_{Z_L} \cdot \frac{f_{OH}}{f_H} \quad (4)$$

$$U_{Z_{min}} = \frac{U_Z}{10}, \quad (5)$$

где $U_{Z_C}(I_{Z_C})$ — напряжение на объекте (ток через объект) измерений при f_{OH} с реактивной составляющей объекта измерений емкостного характера, $V(A)$;

$U_{Z_L}(I_{Z_L})$ — напряжение на объекте (ток через объект) измерений при f_{OH} с реактивной составляющей объекта измерений индуктивного характера, $V(A)$;

$U_{Z_C}(f_H)[I_{Z_C}(f_H)]$ — напряжение на объекте (ток через объект) измерений при f_H с реактивной составляющей объекта измерений емкостного характера, $V(A)$;

$U_{Z_L}(f_H)[I_{Z_L}(f_H)]$ — напряжение на объекте (ток через объект) измерений при f_H с реактивной составляющей объекта измерений индуктивного характера, $V(A)$.

2.1.10. Мост обеспечивает автоматический выбор диапазона измерений, измеряемых величин и характера реактивности эквивалентной схемы замещения объекта измерений.

2.1.11. Мост имеет следующие режимы работы:

"Калибровка", обеспечивающий калибровку моста по внешней образцовой мере при измерении величин, указанных в п. 2.1.1, обозначенный КАЛИБР. Классы точности моста в режиме "Калибровка" соответствуют указанным в табл. 5;

"Измерение процентных отклонений" (ПО), обозначенный "%";

"Усреднение результатов измерений" с устанавливаемым при помощи клавиатуры числом измерений от 02 до 99, обозначенный УРИ;

"Синхронизация" от сети электропитания, обозначенный СИНХР;

"Учет начальных параметров", обозначенный УНП;

"Десятикратного снижения напряжений" на объекте измерений, обозначенный " U_{\min} "

2.1.12. Мост имеет следующие режимы измерений:

"Разовые измерения", обозначенный " Z_1 ";

"Слежение" (непрерывные измерения), обозначенный " $Z_{\text{изг}}$ ".

2.1.13. Мост имеет следующие виды запуска:

"Ручной", осуществляемый оператором, обозначенный РУЧ;

"Автоматический" (циклический) с устанавливаемым при помощи клавиатуры циклом запуска в интервале от 0,0 до 99 S, обозначенный АВТ. Отклонение времени цикла запуска от установленного не более 10 %.

2.1.14. Мост имеет следующие режимы управления работой:

"Ручной" (местный), с использованием органов управления, расположенных на лицевой панели моста;

"Внешний" (дистанционный), обеспечивающий работу в системе интерфейса с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией.

2.1.15. Время одного измерения моста при изменении главной или дополнительной измеряемой величины в пределах диапазона измерений на частотах от 1 кГц и выше - не более 0,7 s, на частотах от 0,1 до 1 кГц - не более 7 s.

Время измерения при изменении главной измеряемой величины на единицу младшего разряда на частотах от 1 кГц и выше - не более 70 ms.

Время выбора диапазона измерений моста на частотах от 1 кГц и выше - не более 0,7 s, на частотах от 0,1 до 1 кГц - не более 4 s.

Таблица 5

Измеряемая величина	$f_{0H}, f_{H},$ kHz	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		Номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	e	A
C_p, F ; C_s, F ; $tg \delta_c$ (Q_R)	0,999 0,100- 0,999	1	000,01-099,999 100,000-999,99	10^{-12}	0,05/0,01	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,05	0,01	0,5	-	1	$\frac{X_R}{X}$
2	1,00000-9,9999	10^{-9}	0,02/0,002	$5 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,02	0,002	1	0,1	1,5	$\frac{X}{X_H}$		
3	10,0000-99,999			$1 \cdot 10^{-3}$	0,002								
4	100,000-999,99			$5 \cdot 10^{-4}$	0,005								
5	1,00000-9,9999	10^{-6}	0,05/0,005	$1 \cdot 10^{-3}$	0,005	0,05	0,005	0,5	0,2	1	$\frac{X}{X_H}$		
6	10,0000-99,999			$2 \cdot 10^{-3}$	0,01								
7	100,000-999,99			$5 \cdot 10^{-3}$	0,02								
8	1,00000-9,9999	10^{-3}	0,5/0,05	-	-	0,5	0,05	-	-	-	-		

Измеряемая величина	f_{0H}, f_{H}, kHz	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)								
		номер	отсчет	множитель		а	b	c	d	h	q	k	A	
C_p, F	1,00	1	00,001-99,999	10^{-12}	0,02/0,01	$2 \cdot 10^{-4}$	0,01	0,02	0,01	0,02	-	1,5	$\frac{X_K}{X}$	
C_S, F	1,00-		10,0000-99,999		0,01/0,001			0,01	0,001	0,5				
$t_{\theta} \delta_c$	9,99	2	100,000-999,99	10^{-9}	0,005/0,0005	$1 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,005	0,0005	0,05	2	2	$\frac{X_K}{X}$	
(Q_R)	3	1,00000-9,9999	0,02				0,2							
	4	10,0000-99,999	$2 \cdot 10^{-4}$				0,0001			0,1				0,5
	5	100,000-999,99								0,1				0,5
6	1,00000-9,9999	10^{-6}	0,01/0,001				$5 \cdot 10^{-4}$			0,002				0,01
7	10,0000-99,999		0,02/0,002	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,02	0,002	0,2	1	1				
8	100,000-999,99		0,1/0,01	-	-	0,1	0,01	0,02	-	0,5				

Продолжение табл. 5

Изме- ряемая вели- чина	$f_{0H},$ $f_{H},$ кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)								
		но- мер	отсчет	множи- тель		a	b	c	d	$h,$	q	β	A	
$L_S, H;$	0,999	1	000,01-099,99	10^{-6}	0,5/0,01	-	-	0,5	0,01	0,4	-	0,5	$\frac{X_R}{X}$	
$L_P, H;$	0,100-	2	100,000-999,99		0,2/0,02	-	-	0,2	0,02		-			
$tg \delta_L$ (Q_R)	0,999	3	1,00000-9,9999	10^{-3}	0,1/0,01	$5 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,1	0,01	0,2	0,4	1	$\frac{X}{X_H}$	
		4	10,0000-99,999				0,01							
		5	100,000-999,99		0,05/0,005	$1 \cdot 10^{-3}$	0,005	0,05	0,005		1			1
		6	1,00000-9,9999											
		7	10,0000-99,999	10^0	0,1/0,01	$2 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,1	0,01	0,1	0,5			
		8	100,000-999,99		0,2/0,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,2	0,02				0,1	0,5

Продолжение табл. 5

Измеряемая величина	$f_{0H},$ $f_H,$ кГц	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	k	A
$L_S, H;$	1,00	1	00,001-09,999	10^{-6}	0,1/0,01	-	-	0,1	0,01	0,01	-	0,5	$\frac{X_R}{X}$
$L_p, H;$	1,00-	2	10,0000-99,999			-	-				-		
$tq \delta_L$ (Q_R)	9,99	3	100,000-999,99			0,1/0,01	$5 \cdot 10^{-3}$				0,01		
		4	1,00000-9,9999	10^{-3}	0,01/0,001	$1 \cdot 10^{-3}$	0,005	0,01	0,001	0,1	2	$\frac{X}{X_H}$	
		5	10,0000-99,999		0,005/0,0005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,005	0,0005	0,01	1		
		6	100,000-999,99		0,005/0,0005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,001	0,005	0,0005	0,01	1		
		7	1,00000-9,9999	10^0	0,01/0,001	$1 \cdot 10^{-3}$	0,005	0,01	0,001	0,075	1,5		
		8	10,0000-99,999		0,02/0,002	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	0,002	0,04	-	1		

Продолжение табл. 5

Изменяемая величина	$f_{OH}, f_{H},$ kHz	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)							
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	β	A
$L_S, H;$	10,0	1	0,0001-0,9999	10^{-6}	0,5/0,01	-	-	0,5	0,01	0,2	-	0,5	$\frac{X_K}{X}$
$L_p, H;$	10,0-	2	1,00000-9,9999		0,5/0,01	-	-	0,2	0,02	0,1	-		
$t_{\theta} \delta_L$	100	3	10,0000-99,999		0,2/0,02	-	-				0,01		
(Q_R)		4	100,000-999,99			$1 \cdot 10^{-2}$	0,01	0,02	-	-			
		5	1,00000-9,9999	10^{-3}	0,1/0,01	$2 \cdot 10^{-3}$	0,005	0,1	0,01	-	-	0,5	$\frac{X}{X_H}$
		6	10,0000-99,999		0,2/0,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,2	0,02	-	-		
		7	100,000-999,99							-	-		
		8	1,00000-9,9999	10^0									

Продолжение табл. 5

Измеряемая величина	$f_{\text{он}}, f_{\text{н}}, \text{kHz}$	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)														
		номер	отсчет	множитель		a	b	c	d	h	q	k	A							
R_c, Ω	1,00	1	000,01-099,99	10^{-3}	0,1/0,01	-	-	0,1	0,01	1	-	0,5	$\frac{X_R}{X}$							
R_D, Ω	0,100-	2	100,000-999,99		0,05/0,005	-	-	0,05	0,005		-									
$\text{tg } \varphi_c$	0,999	3	1,00000-9,9999	10^0	0,02/0,002	$1 \cdot 10^{-3}$	0,001	0,02	0,002	2,5	2	1	$\frac{X}{X_H}$							
(Q_c)		4	10,0000-99,999		0,01/0,001									$5 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,01	0,001	1,5	1	2
$\text{tg } \varphi_L$		5	100,000-99,99		0,005/0,0005															
(Q_L)		6	1,00000-9,9999	10^3	0,01/0,001	0,0002	0,01	0,001	0,4	1,5										
		7	10,0000-99,999								1									
		8	100,000-999,99																	

Изменяемая величина	$f_{\text{он}}, f_{\text{н}}, \text{kHz}$	Диапазон измерений			Класс точности	Значение коэффициентов, входящих в формулы (6)-(13)										
		номер	отсчет	множитель		а	b	c	d	h	q	k	A			
R_S, Ω	I,00	1	000,01-099,99	10^{-3}	0,1/0,01	-	-	0,1	0,01	$5 \cdot 10^{-3}$	-	0,5				
R_p, Ω	I,00-	2	100,000-999,99		0,05/0,005	-	-	0,05	0,005		-			$\frac{X_K}{X}$		
$\text{tg } \varphi_c$	100	3	1,00000-9,9999	10^0	0,02/0,002	$1 \cdot 10^{-3}$	0,001	0,02	0,002	0,01	I	I				
(a_c)		4	10,0000-99,999		0,01/0,001			0,005	0,01	0,001			0,03			
$\text{tg } \varphi_L$		5	100,000-999,99		0,005/0,0005	$5 \cdot 10^{-4}$	0,0005	0,005	0,0005	$5 \cdot 10^{-3}$	0,1	2	$\frac{X}{X_H}$			
(a_L)		6	1,00000-9,9999		0,00005											
		7	10,0000-99,999													
		8	100,000-999,99	10^3	0,01/0,001		0,0002	0,01	0,001		-	1,5				

Примечания: 1. Начальные значения измеряемых величин приведены без учета начальных параметров моста и кабеля для подсоединения объекта измерений.

2. $X_K (X_H)$ - конечное (начальное) значение установленного диапазона измерений
 X - значение измеряемой величины.

3. "—" - параметр не гарантируется.

2.1.16. Время установления рабочего режима моста в нормальных и рабочих условиях применения не более 1 с с момента его включения.

2.1.17. Мост допускает продолжительность непрерывной работы в течение 9 ч. Время до повторного включения не менее 1 ч.

2.1.18. Электропитание моста осуществляется от сети переменного тока частотой (50 ± 1) Hz и напряжением (220 ± 22) V или (110 ± 11) V.

2.1.19. Мощность, потребляемая мостом от сети электропитания, не более 100 В·А.

2.1.20. Габаритные размеры моста не более 440x158x405 mm.

2.1.21. Масса моста не более 16 кг.

2.2. Характеристики

2.2.1. Пределы допускаемых значений относительной основной погрешности моста δ_C , δ_L , δ_{R_C} и δ_{R_L} при измерениях главных измеряемых величин C , L , R_C и R_L равны значениям, определяемым по формуле

$$\delta = \pm [c + d \cdot (A - 1)] \cdot K \cdot M_I, \quad (6)$$

где δ - предел допускаемого значения относительной основной погрешности моста δ_C , δ_L , δ_{R_C} или δ_{R_L} , %;

c - мультипликативная составляющая погрешности главной измеряемой величины согласно табл. 3 и табл. 5;

d - аддитивная составляющая погрешности главной измеряемой величины согласно табл. 3 и табл. 5;

K - коэффициент, зависящий от значения напряжения на объекте измерений, равный единице в диапазоне частот 0,900-19,9 кГц при $U_Z(f)$ и равный пяти в диапазонах частот 0,1-0,899; 0,900-19,9 (при $U_{Z_{min}}$) и 20,0-100 кГц;

A - коэффициент, зависящий от значений измеряемых величин.

Определяется согласно табл. 3 и табл. 5;

M_I - коэффициент, учитывающий значения f_{OH} и f_H и нарушение

квадратуры между током и напряжением в цепи измеряемой величины, определяемый по формуле

$$M_I = [I + k \cdot D \cdot (I + D)] \cdot F_I, \quad (7)$$

где k - коэффициент, зависящий от диапазона измерений и измеряемой величины согласно табл. 3 и табл. 5;

D - значение $\operatorname{tg} \delta(Q_R)$ или $\operatorname{tg} \varphi(Q_C$ и $Q_L)$;

F_I - коэффициент, учитывающий f_{OH} и f_H и определяемый по формулам:

$$F_I = I + H \cdot \left(\frac{f_{OH}}{f_H} - I \right) \quad (8)$$

для частот $f_H < 1 \text{ кГц}$

$$F_I = I + H \cdot \left(\frac{f_H}{f_{OH}} - I \right)^2 \quad (9)$$

для частот $f_H \geq 1 \text{ кГц}$,

где H - коэффициент, зависящий от диапазона измерений и измеряемой величины согласно табл. 3 и табл. 5.

2.2.2. Пределы допускаемых значений абсолютной основной погрешности моста $\Delta \operatorname{tg} \delta(\Delta Q_R)$ и $\Delta \operatorname{tg} \varphi(\Delta Q_C$ и $\Delta Q_L)$ при измерениях дополнительных измеряемых величин $\operatorname{tg} \delta_c(Q_R)$, $\operatorname{tg} \delta_L(Q_R)$ и $\operatorname{tg} \varphi(Q_C$ и $Q_L)$ равны значениям, определяемым по формуле

$$\Delta D = \pm (\alpha + \beta \cdot D) \cdot K \cdot M_2, \quad (10)$$

где ΔD - предел допускаемого значения абсолютной основной погрешности моста $\Delta \operatorname{tg} \delta(\Delta Q_R)$ и $\Delta \operatorname{tg} \varphi(\Delta Q_C$ и $\Delta Q_L)$.

α - мультипликативная составляющая погрешности дополнительной измеряемой величины согласно табл. 3 и табл. 5;

β - аддитивная составляющая погрешности дополнительной измеряемой величины согласно табл. 3 и табл. 5;

M_2 - коэффициент, учитывающий значения f_{0H} и f_H и нарушение квадратуры между током и напряжением в цепи измеряемой величины, определяемый по формуле

$$M_2 = [1 + R \cdot D \cdot (1 + D)] \cdot F_2, \quad (11)$$

где F_2 - коэффициент, учитывающий f_{0H} и f_H и определяемый по формулам:

$$F_2 = 1 + Q \cdot \left(\frac{f_{0H}}{f_H} - 1 \right) \quad (12)$$

для частот $f_H < 1$ кГц

$$F_2 = 1 + Q \cdot \left(\frac{f_H}{f_{0H}} - 1 \right)^2 \quad (13)$$

для частот $f_H \geq 1$ кГц

где Q - коэффициент, зависящий от диапазона измерений и измеряемой величины, согласно табл. 3 и табл. 5.

2.2.3. Погрешность измеряемых мостом ПО ΔC %, ΔL %, ΔR_C % и ΔR_L % не должна превышать значений, определяемых по формуле

$$\Delta \% = \pm (\delta + 0,002 \cdot Y_K) \%, \quad (14)$$

где Δ % - погрешность измерений ПО ΔC %, ΔL %, ΔR_C % или ΔR_L %;
 δ - предел допускаемого значения относительной основной погрешности моста δ_C , δ_L , δ_{R_C} или δ_{R_L} %;

Y_K - конечное значение установленного диапазона измерений ПО.

2.2.4. Пределы допускаемых значений относительной основной погрешности моста при измерениях главных измеряемых величин и абсолютной основной погрешности моста при измерениях дополнительных измеряемых величин в режиме "Калибровка" равны значениям, указанным в табл. 5 в течение 2 Г. после калибровки моста.

2.2.5. Пределы допускаемых значений дополнительной погрешности

моста при измерениях главных и дополнительных измеряемых величин, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной (20 ± 1) °C до любой в пределах диапазона рабочих температур (от 10 до 35 °C) на каждые 10 °C, равны пределам допускаемых значений основной погрешности измерений, указанным в пп. 2.2.1 и 2.2.2 для классов точности 0,02/0,002 и 0,05/0,005 и половине пределов - для остальных классов точности.

2.2.6. Пределы допускаемых значений дополнительной погрешности моста при измерениях главных и дополнительных измеряемых величин, вызванной влиянием внешнего однородного магнитного поля, синусоидально изменяющегося во времени с частотой (50 ± 1) Hz, индукция которого не превышает 0,1 мТ, равны пределам допускаемых значений основной погрешности измерений, указанным в пп. 2.2.1 и 2.2.2.

2.2.7. Изоляция между цепью электропитания и корпусом моста в нормальных условиях применения выдерживает в течение 1 min действие испытательного напряжения переменного тока частотой (50 ± 1) Hz и действующим значением 650 V.

2.2.8. Электрическое сопротивление изоляции между цепью питания и корпусом моста в нормальных условиях применения не менее 40 MΩ.

2.2.9. Мост сохраняет свои характеристики на основных диапазонах измерений в пределах норм, установленных в пп. 2.1.1-2.1.19 и 2.2.1-2.2.6, после замены в нем сменных элементов, указанных в табл. 6.

Таблица 6

Обозначение сменных элементов	Наименование сменных элементов
5.500.424	Кабель K1
5.500.425	Кабель K2

2.3. Нормальные условия применения моста:

температура окружающего воздуха, °С	20 ± I;
относительная влажность окружающего воздуха, %	30 - 80;
атмосферное давление, кПа (ммНг)	64 - 106,7 (630-800);
частота сети электропитания, Hz	50 ± I;
напряжение питающей сети переменного тока, V	220 ± 22 или 110 ± II;

форма кривой переменного напряжения питающей сети	синусоидальная, коэффициент несинусоидальности кривой напряжения не превышает 5 %;
внешнее магнитное поле (кроме поля Земли)	практически отсутствует.

3. СОСТАВ МОСТА

3.1. Состав моста соответствует указанному в табл. 7.

Таблица 7

Обозначение	Наименование и условное обозначение	Кол.
3.455.028	Мост переменного тока P5083	I шт.
5.500.424	Кабель K1	I шт.
5.500.425	Кабель K2	I шт.
6.367.627	Блок переходной	I шт.
5.574.01H	Зажим	9 шт.
8.570.059	Наконечник плоский	9 шт.
8.810.014-50	Чехол для упаковки принадлежностей	I шт.
	Вилка РПМ7-24Ш- ^{КП} -В	I шт.
	Вставка плавкая ВПИ-1-1,0 А	I шт.
	Вставка плавкая ВПИ-1-2,0 А	I шт.

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА МОСТА

4.1. Устройство моста

4.1.1. Мост состоит из мостовой измерительной цепи (МИЦ), системы автоматического уравнивания (САУ), отсчетного устройства (УО), органов управления, устройства ввода-вывода (УВВ) и блока питания (БП).

Схема электрическая структурная моста приведена на рис. 1 (ТО1), схема электрическая принципиальная - на рис. 29 (ТО1).

4.1.2. Расположение основных блоков и узлов моста приведено на рис. 1-3.

На лицевой панели моста, рис. 2, расположены: основное (1), вспомогательное (2) отсчетное устройство и клавиатура (3).

На задней стенке моста кроме элементов, указанных на рис. 1 и рис. 3, расположены:

выпрямители напряжений источников 5V и 5V (ЦИ);

стабилизаторы источников 5V, 15V, 24V и регулирующие транзисторы источников минус 15V и минус 24V.

4.1.3. МИЦ служат для уравнивания магнитных потоков, создаваемых в компараторе токов (КТ) токами в цепях образцовой меры и объекта измерений.

К МИЦ относятся функциональные блоки, конструктивно выполненные на печатных узлах: генератор (Г), трансформатор пределов (ТП), делители напряжения (ДН1 и ДН2), интегратор (И) и операционные устройства (ОУ).

В состав Г входят: программируемый счетчик (ПСТ), фазовый детектор (ФД), генератор управляемый напряжением (ГУН) и аппроксиматор синусоидального напряжения (АС).

К генератору относятся также конструктивно расположенные на

экстремум-детекторе фильтр (Ф) и усилитель мощности (УМ).

В состав ТП входят: трансформатор пределов (ТПР), коммутатор пределов (КП) и повторитель напряжения (ПН).

В состав ДН1 входят: декадный трансформатор (ТД), декадный регистр (РД4), вторые и четвертые декады активного (G) и реактивного (B) параметров, а также генераторы тока компенсации (ГТК).

В состав ДН2 входят: декадные регистры (РД3 и РДБ) и нечетные (1, 3, 5) декады параметров G и B.

В состав И входят: коммутатор пределов (КП), формирователь образцового тока параметра G (ФТГ_G) и формирователь образцового тока параметра B (точный канал) (ФТВ_B).

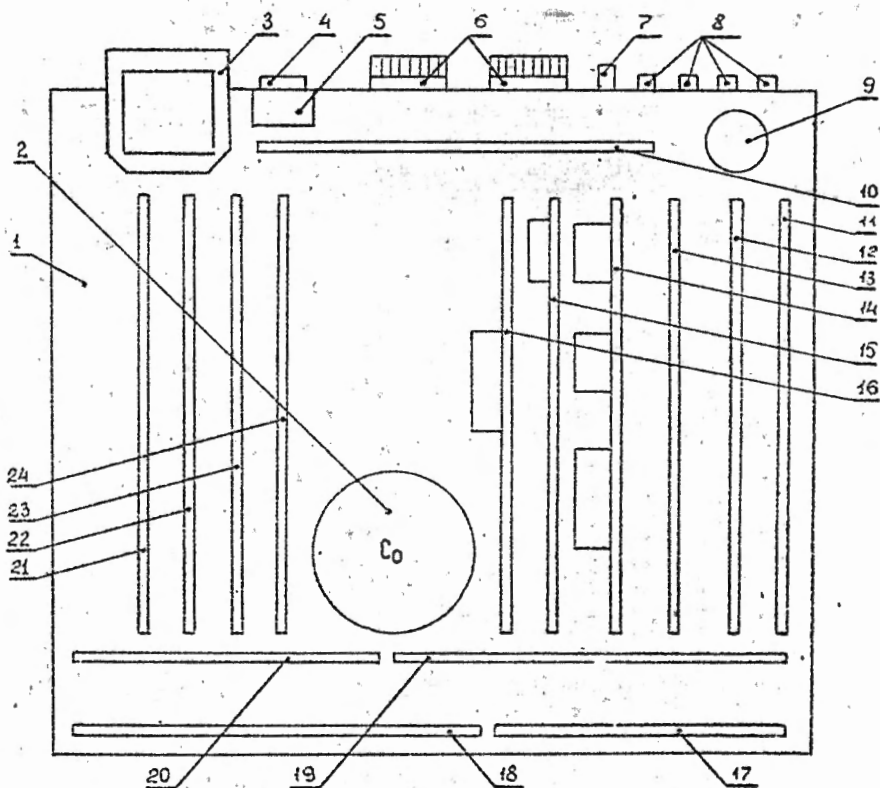
В состав ОУ входят: формирователь образцового тока параметра B (грубый канал) (ФТВ_B), сумматор образцовых токов параметра B (Σ), дифференциальный усилитель (ДУ) и формирователь тока компенсации паразитных емкостей входных цепей (ФТК).

МИЦ построена на основе использования элементов с тесной индуктивной связью между плечами отношений (трансформаторов) и операционных усилителей. Конфигурации МИЦ, в зависимости от характера объекта измерений, приведены на рис. 4-7.

МИЦ для измерения емкости C_x и проводимости G_x (рис. 4) содержит: ТПР с регулируемыми обмотками m_1 и m'_1 , трансформатор напряжения (ТД) с регулируемыми обмотками m_2 и m_3 , КТ с обмотками n_1 , n_2 и n'_2 , образцовые меры емкости C_0 и сопротивления R_0 , формирователь тока компенсации АЗ и объект измерений C_x и G_x .

Выбор диапазона измерений осуществляется регулировкой числа витков плечевых обмоток m_1 , m'_1 ТПР и n_1 , n_2 КТ.

Уравновешивание МИЦ по декадам осуществляется регулировкой числа витков m_2 и m_3 ТД.



1. Корпус. 2. Образцовая мера емкости C_0 . 3. Трансформатор силовой. 4. Переключатель напряжения сети. 5. Фильтр сетевой. 6. Радиаторы источников 5V и 5V (ЦИ). 7. Зажим заземления. 8. Соединители для подключения кабеля. 9. Компаратор токов КТ. 10. УС-83. 11. И. 12. ОУ. 13. УИ. 14. ТП. 15. ДН2. 16. ДН1. 17. УУ. 18. ТИ. 19. ГМ-А. 20. ГМ-Ц. 21. ЦПМ. 22. ФП. 23. Г. 24. ЭД.

Рис. 1

МОСТ P5083.
Лицевая панель

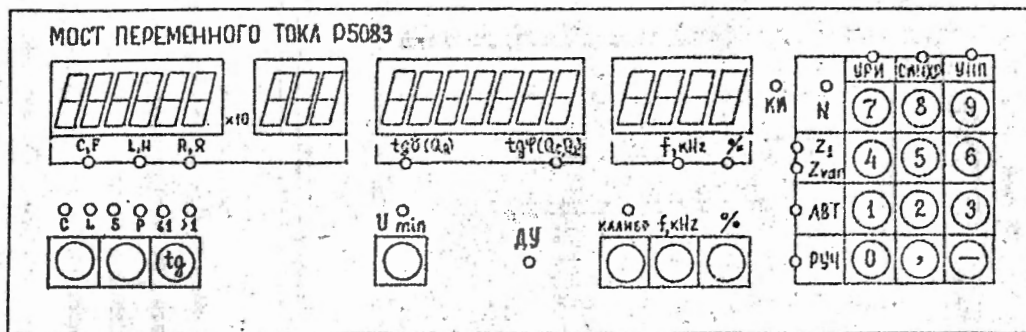


Рис. 2

МОСТ Р5083

Расположение элементов на задней стенке

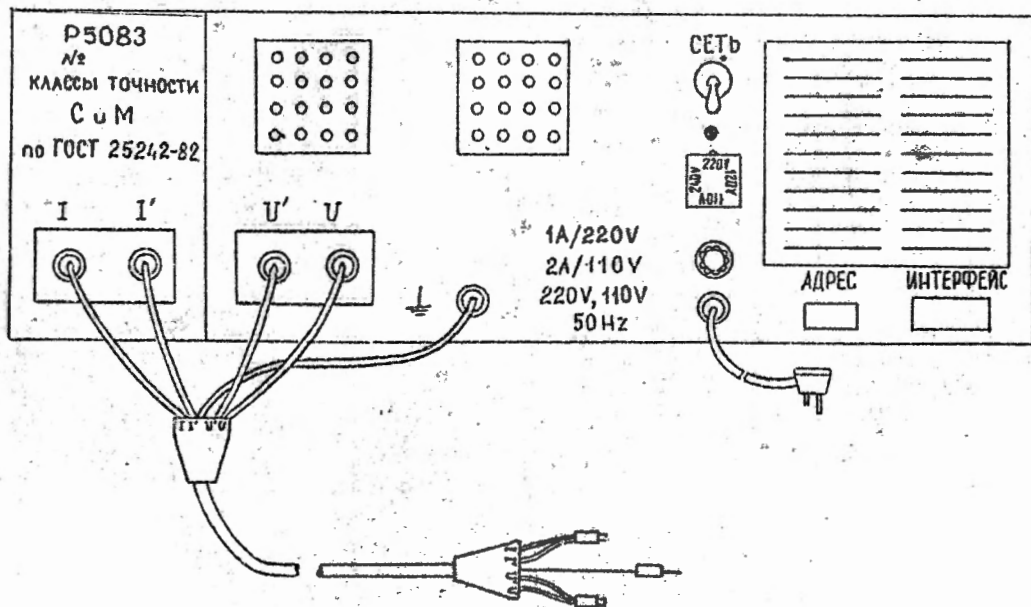


Рис. 3

Конфигурация МИЦ при измерении C_x и G_x

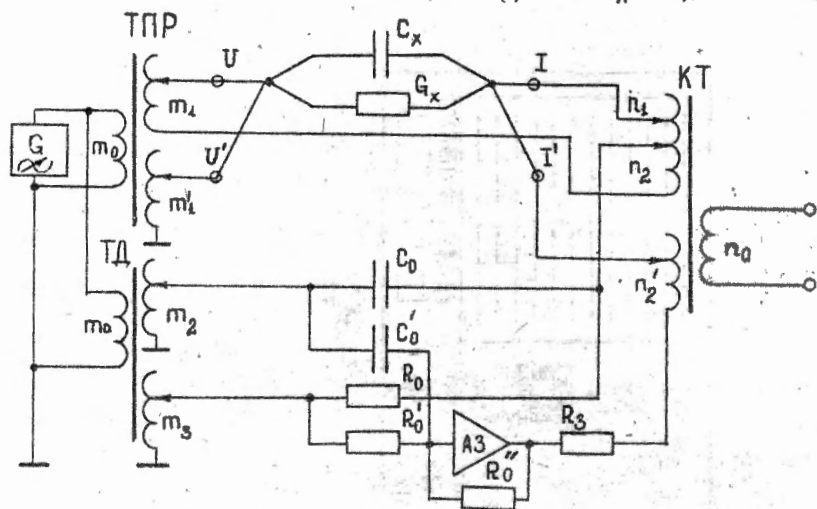


Рис.4

Конфигурация МИЦ при измерении L_x и G_x

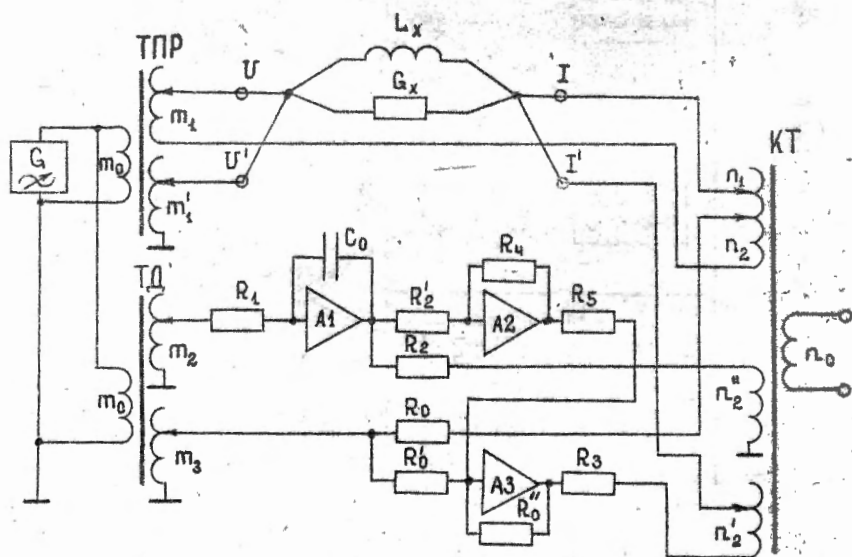


Рис.5

Конфигурация МИЦ при измерении C_x и R_x

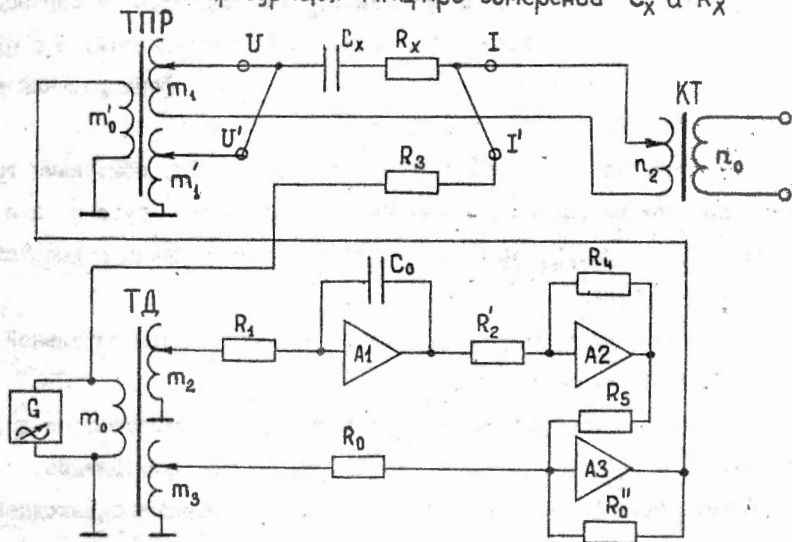


Рис. 6

Конфигурация МИЦ при измерении L_x и R_x

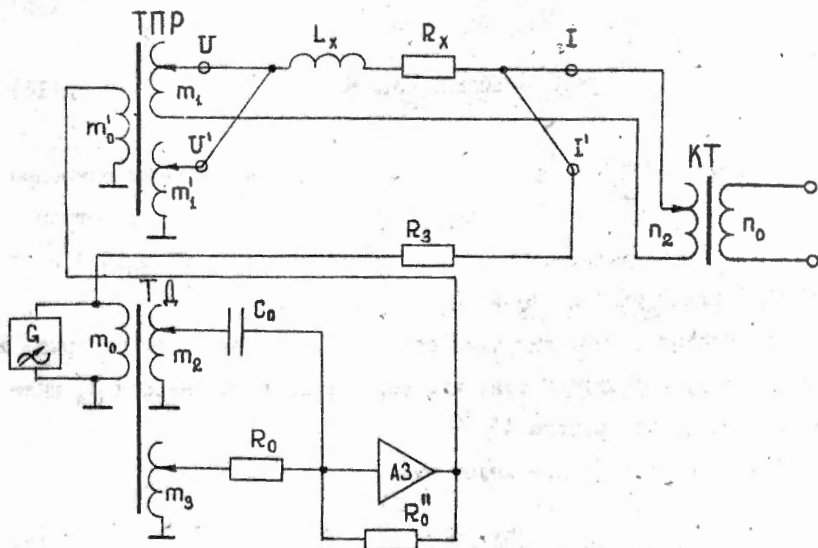


Рис. 7

Напряжение, снимаемое с обмотки m_2 ТД, подается на образцовую меру емкости C_0 для формирования реактивной составляющей, а с m_3 — на образцовую меру активного сопротивления R_0 для формирования активной составляющей уравновешивающего тока.

Для обеспечения тесной индуктивной связи между обмотками трансформаторов измерительной цепи их намотка выполнена жгутами, а в качестве магнитопроводов применены ферритовые сердечники с высокой магнитной проницаемостью.

В качестве коммутирующих элементов в декадах измерительной цепи используются транзисторные ключи.

Высокая точность измерений малых импедансов достигается за счет использования эффективной компенсации подводящих проводников.

Сигнал неравновесия измерительной цепи снимается с выходной (указательной) обмотки n_0 КТ и подается на вход избирательного усилителя (УИ).

Уравнения равновесия имеют вид:

$$C_x = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot C_0, \quad (15)$$

$$G_x = \frac{m_3}{m_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{I}{R_0}. \quad (16)$$

Величины R , $\operatorname{tg} \delta'$ и минус $\operatorname{tg} \varphi$ вычисляются при помощи микропроцессора по формулам, приведенным в приложении I. На отсчетном устройстве представляются значения измеряемых величин C_p (C_s) и $\operatorname{tg} \delta'_c$ (Q_R) или R_p (R_s) и $\operatorname{tg} \varphi_c$ (Q_c).

МИЦ для измерения индуктивности L_x и проводимости G_x (рис. 5) отличается от предыдущей тем, что образцовая мера емкости C_0 включается в цепь интегратора АІ.

Уравнения равновесия имеют вид:

$$\frac{I}{L_x} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{n_2''}{n_1} \cdot \frac{I}{R_1 \cdot R_2 \cdot C_0}, \quad (17)$$

$$G_x = \frac{m_3}{m_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{I}{R_0} \quad (18)$$

Величины R , L , $\operatorname{tg} \delta$ и $\operatorname{tg} \varphi$ вычисляются при помощи микропроцессора по формулам, приведенным в приложении I. На отсчетном устройстве представляются значения измеряемых величин $L_p(L_s)$ и $\operatorname{tg} \delta_L(Q_s)$ или $R_p(R_s)$ и $\operatorname{tg} \varphi_L(Q_L)$.

ММЦ для измерения емкости C_x и сопротивления R_x (рис. 6) отличается от предыдущей тем, что ток компенсации формируется из напряжения генератора и подается через резистор R_3 в цепь объекта измерения, а первичная обмотка ТПР запитывается напряжением с усилителя АЗ.

Уравнения равновесия имеют вид:

$$\frac{I}{C_x} = \frac{m_2}{m_0} \cdot \frac{m_1}{m'_0} \cdot \frac{R''_0 \cdot R_3 \cdot R_4}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_5} \cdot \frac{I}{C_0}; \quad (19)$$

$$R_x = \frac{m_3}{m_0} \cdot \frac{m_1}{m'_0} \cdot \frac{R''_0 \cdot R_3}{R'_0} \quad (20)$$

Величины C , $\operatorname{tg} \delta$ и минус $\operatorname{tg} \varphi$ вычисляются при помощи микропроцессора по формулам, приведенным в приложении I. На отсчетном устройстве представляются значения измеряемых величин $C_s(C_p)$ и $\operatorname{tg} \delta_c(Q_R)$ или $R_c(R_p)$ и $\operatorname{tg} \varphi_c(Q_c)$.

ММЦ для измерения индуктивности L_x и сопротивления R_x (рис. 7) отличается от предыдущей тем, что образцовая емкость C_0 включена непосредственно на вход усилителя АЗ, а не через интегратор.

Уравнения равновесия имеют вид:

$$L_x = \frac{m_2}{m_0} \cdot \frac{m_1}{m'_0} \cdot C_0 \cdot R''_0 \cdot R_3; \quad (21)$$

$$R_x = \frac{m_3}{m_0} \cdot \frac{m_1}{m'_0} \cdot \frac{R''_0}{R'_0} \cdot R_3 \quad (22)$$

Величины $\operatorname{tg} \delta$ и $\operatorname{tg} \varphi$ вычисляются при помощи микропроцессора по формулам, приведенным в приложении I. На отсчетном устройстве

представляются значения измеряемых величин L_S (L_P) и $\text{tg } \delta_L$ или R_S (R_P) и $\text{tg } \varphi_L$.

4.1.4. САУ анализирует сигнал неравновесия МИЦ, формирует по этому сигналу команды управления и управляет процессом уравнивания и выводом информации на отсчетное устройство.

К САУ относятся функциональные блоки, конструктивно выполненные на печатных узлах: усилитель избирательный (УИ), экстремум-детектор (ЭД), центральный процессор (ЦПМ) и формирователь признаков (ФП).

В состав УИ входят: входной каскад (ВК) и избирательные каскады (ИК).

В состав ЭД входят: фильтр (Ф), усилитель мощности (УМ), формирователь тактовых импульсов (ФТИ), амплитудный детектор (АД), интегратор анализатора (ИА), анализатор приращений (АП) и пороговое устройство (ПУ).

В состав ЦПМ входят: центральный процессор (ЦП), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и программируемое запоминающее устройство (ПЗУ).

В состав ФП входят: формирователь адресных признаков (ФАП), регистр кода частоты (РЧ), регистр кода пределов (РП), регистр кода усиления (РУ), регистр кода состояния МИЦ (РМЦ), регистр кода состояния декад (РД).

4.1.5. Отсчетное устройство (УО) служит для представления результатов измерений и контроля вводимой из клавиатуры (КЛ) в ОЗУ информации в цифровом виде.

Конструктивно УО выполнено на двух печатных узлах, входящих в состав блока управления и индикации (БУИ):

ТИ - для представления результатов измерений по главной и дополнительной измеряемым величинам, а также для контроля ввода информации в режимах измерений КАЛИБР и "%" (основное табло);

УУ - для представления результатов измерений в режиме "%", контроля ввода частоты, времени автоматического запуска и числа из-

мерений (вспомогательное табло).

4.1.6. К органам управления относится клавиатура (КП), конструктивно расположенная на ТИ и УУ, и тублер СЕТЬ, расположенный на задней стенке моста.

4.1.7. Устройство ввода-вывода (УВВ) обеспечивает обмен информацией при работе моста в системе. К УВВ относится соединитель ИНТЕРФЕЙС, переключатель АДРЕС и интегральная микросхема параллельный интерфейс, конструктивно расположенная на ЦПМ.

4.1.8. Блок питания (БП) (рис. 16 ТО1) предназначен для создания стабилизированных напряжений $24V$, $15V$, $5V$, минус $15V$ и минус $24V$, а также выпрямленного напряжения $5V$ (ЦП), питающих узлы и элементы моста.

4.2. Работа моста

4.2.1. Уравновешивание МИЦ основано на приведении к нулю разности магнитных потоков, создаваемых в КТ токами цепей образцовых мер C_0 , R_0 (I_0) и объекта измерений Z_X (I_X), и осуществляется в два этапа:

выбор диапазона измерений;

уравновешивание по декадам, выбор конфигурации МИЦ и характера измеряемого параметра.

4.2.2. Выбор диапазона измерений осуществляется следующим образом.

При ручном запуске моста разрывается цепь объекта измерений, а в цепи образцовых мер формируется модуляционное воздействие:

при состоянии МИЦ "С" - по параметру В;

при состоянии МИЦ "L" - по параметру G.

Сигнал МИЦ, выделенный КТ и усиленный УИ, поступает на анализатор приращений (ЭД), где анализируется знак приращения. При соотношении токов $|I_X| < |I_0|$ приращения выходного сигнала МИЦ будут от-

рицательными, включится "триггер тройки" (ТТ), т.е. напряжение на объекте измерений увеличится в 3 раза. После включения ТТ также разрывается цепь объекта измерений, и формируется модуляционное воздействие. При отрицательном знаке приращения счетчик диапазонов изменяет свое состояние на единицу, т.е. МИЦ переводится на следующий диапазон, соответствующий большему значению напряжения на объекте измерений.

При соотношении токов $|I_x| \gg |I_0|$ модуляционные приращения становятся положительными, выбор диапазона измерений прекращается и МИЦ переводится на уравнивание по декадам.

При резком изменении значения одного из параметров объекта измерений в режиме слежения МИЦ при помощи порогового устройства по большому сигналу на выходе УИ ("перегрузка") переходит с уравнивания на пятой декаде к уравниванию на четвертой, затем на третьей декаде и, если сигнал на выходе УИ не уменьшился, — в режим выбора диапазона измерений в сторону уменьшения напряжения на объекте измерений и, после того как напряжение на выходе УИ станет нормальным ("перегрузка" снимется), мост переходит на выбор диапазона модуляцией, описанный выше, после чего переходит на уравнивание по декадам.

4.2.3. Уравнивание по декадам осуществляется по обоим параметрам одновременно.

В начале каждого такта формируется модуляционное воздействие по одному, а затем и по другому параметру. Функции модулятора выполняются декадными обмотками, управление которыми осуществляется изменением на единицу состояния декадных регистров. При знаке модуляционного воздействия, совпадающем со знаком на шине реверса (ШР), приращения сигнала неравновесия будут отрицательными и состояние декадного регистра изменяется на единицу (шаг) в сторону ШР.

При отсутствии приращений происходит реверс на ШР и состояние

декадного регистра изменяется на единицу (шаг) в сторону, противоположную ШР.

Если при модуляционном воздействии, противоположном направлению ШР, отрицательные приращения сигнала неравновесия отсутствуют, модулятор устанавливается в состояние "0", а это значит, что декада находится в состоянии равновесия.

После уравнивания на старшей декаде происходит уравнивание на более младшей декаде. На последней декаде модуляционные воздействия осуществляются двойным шагом, т.е. состояние декадного регистра изменяется на "2".

МИЦ будет уравновешена, когда на последней декаде по обоим параметрам будут отсутствовать отрицательные приращения сигнала неравновесия.

Выбор конфигурации МИЦ и характера измеряемого параметра осуществляется в процессе уравнивания на первой декаде по знаку реактивной составляющей сигнала неравновесия.

Алгоритм уравнивания МИЦ приведен на рис. 8.

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ МОСТА

5.1. ДНІ (рис. 2, 3 ТОІ) предназначен для уравнивания МИЦ по вторым и четвертым декадам параметров В и G.

На ДНІ расположены:

трансформатор напряжения TVI;

четыре уравнивающие декады (A1-A4, вторые и четвертые) параметров В и G;

устройство отключения вторых декад параметров В и G;

устройства коммутации напряжений с весовыми коэффициентами "-I" и "IO" вторых декад;

устройства компенсации;

буферный регистр.

Трансформатор TVI выполнен на двух тороидальных сердечниках. Его первичные обмотки W1 и W2 намотаны на одном сердечнике, а все вторичные обмотки - на двух сердечниках. Обмотки W5, W9 и W6, W10 составляют вторые декады соответственно параметров В и G. Обмотки W7 и W8 составляют четвертые декады соответственно параметров В и G. Обмотки W3 и W4 составляют первые и третьи декады параметров В и G.

Каждая уравнивающая декада состоит из транзисторных ключей VT2, VT4-VT20, работой которых через генераторы токов VT1, VT3-VT19 управляет дешифратор DD 2, и регистра памяти DD1.

Информация на регистры вторых декад поступает через преобразователи уровней напряжения, расположенные на ФП, с магистрали данных моста, а на регистры четвертых декад - с буферного регистра памяти DD5.

С обмоток W9, W10 и последних секций обмоток W5, W6 снимаются напряжения, соответствующие весу соответственно "-I" и "IO" вторых декад параметров В и G. При включении этих весов соответст -

вующая декада отключается при помощи устройств отключения, выполненных на ИМС DD3 и DD4. Коммутация напряжений с весами "-I" и "IO" осуществляется при помощи ключей VT21-VT28 и ИМС DD3.

Устройство компенсации служит для компенсации постоянной составляющей тока, втекающего в декадные обмотки TV1 из цепей управления транзисторными ключами и создающего постоянное подмагничивание сердечника. Токи компенсации создаются резисторами R2 и R4 для второй и четвертой декад параметра B соответственно резисторами R6 и R11 для второй и четвертой декад параметра G соответственно.

На обмотки W1, W2 поступает синусоидальное напряжение с выходного каскада задающего генератора, расположенного на ЭД. С обмоток W3 и W4 напряжение подается на ДН2. С ДН2 поступают напряжения первых и третьих декад параметров B и G. Первые и вторые, третьи и четвертые декады параметров B и G включены последовательно согласно.

При наличии информации на входах дешифратора на его выходе, соответствующем коду входного сигнала, устанавливается потенциал, соответствующий уровню логической "единицы", открывается связанный с этим выходом дешифратора источник тока, вызывающий отпирание транзисторного ключа. Напряжение с декадной обмотки, пропорциональное коду входного сигнала дешифратора, через открытый транзисторный ключ поступает на выход декады.

Напряжение четных декад в 10 раз меньше напряжения нечетных декад при одинаковых весовых коэффициентах.

Напряжения I-II, III-IV и У декад параметра B подается на ТП, где происходит их суммирование, а напряжения I-II и III-IV и У декад параметра G - на меры сопротивления, расположенные на И и ОУ.

5.2. ДН2 (рис. 17, 18 ТО1) предназначен для уравнивания МИЦ по первым, третьим и пятым декадам параметров B и G.

На ДН2 расположены:
трансформатор TV1;

шесть уравнивающих декад (А1-А6, нечетные) параметров В и G; устройства отключения первых и третьих декад параметров В и G; устройства коммутации напряжений с весовыми коэффициентами "I" и "IO";

устройства компенсации;

буферные регистры.

Трансформатор TVI выполнен на одном тороидальном сердечнике и имеет одну первичную и две вторичные обмотки.

На первичную обмотку трансформатора подается напряжение с отвода первичной обмотки трансформатора TVI ДН1. Вторичные обмотки W2 и W3 трансформатора TVI используются в качестве источников напряжений пятых декад соответственно параметров В и G.

Устройство и работа уравнивающих декад ДН2 аналогична устройству и работе уравнивающих декад ДН1.

Устройства отклонения первых и третьих декад параметров В и G собраны на ИМС DD3- DD6.

Устройства коммутации напряжений с весовыми коэффициентами "I" и "IO" собраны на транзисторах V T22-V T29 (параметр В) и V T30-V T37 (параметр G).

Устройства компенсации постоянной составляющей тока, втекающего в декадные обмотки трансформатора TVI, собраны на транзисторах V T21. Ток компенсации создается резисторами R2.

Буферные каскады DD7 и DD8 служат для записи информации в регистры памяти третьих и пятых декад параметров В и G.

На первые и третьи декады напряжение поступает с обмоток W3 и W4 трансформатора TVI ДН1.

Напряжения с выходов первых и третьих декад подается на ДН1. Напряжение с пятой декады параметра В подается на ТП, а с пятой декады параметра G - на И.

5.3. ТП (рис. 4, 5 ТО1) предназначен для суммирования и подачи

в цепь образцовой меры реактивного параметра напряжений I-II, III-IV и У декад параметра В, а также для коммутации обмоток трансформатора пределов.

На ТП расположены:

повторитель напряжения, выполненный на транзисторах VT8-VT14;

суммирующий трансформатор TV3;

устройство коммутации пределов KAI-KAII, ИМС DDI;

трансформатор пределов TV1;

трансформатор низкоомных пределов TV2.

Повторитель напряжения используется в качестве буферного устройства для устранения шунтирования обмоток III-IV декад параметра В низким входным сопротивлением суммирующего трансформатора TV3.

На вход повторителя подается напряжение III-IV декад с ДН1.

Для обеспечения высокой точности передачи измерительных напряжений повторитель выполнен двухканальным. Его основной (грубый) канал собран на транзисторах VT8-VT11, а вспомогательный (точный) - на транзисторах VT12-VT14.

При помощи точного канала выделяется ошибка передачи напряжения грубым каналом, а на трансформаторе TV3 суммируется выходное напряжение основного канала с напряжением ошибки. Выход грубого канала нагружен на обмотку W1, а точного - на W2 трансформатора TV3, представляющего для повторителя двухступенчатую нагрузку. Напряжение У декады подается в обмотку W2.

На вторичной обмотке W3 трансформатора TV3 выделяется напряжение III-У декад с коэффициентом трансформации $n = 0,01$, суммирующееся с напряжением I-II декад, поступающим на начало обмотки W3. Суммарное напряжение I-У декад с конца вторичной обмотки W3 трансформатора TV3 подается в цепь образцовой меры реактивного параметра C_0 .

При помощи устройства коммутации пределов напряжения, снимаемые с трансформаторов пределов TV1 и TV2, подаются на соединители "U" и

"U'", расположенные на задней стенке моста.

5.4. ОУ (рис. 6, 7 ТОИ) предназначены для формирования образцового реактивного напряжения, синфазного с реактивной составляющей напряжения объекта измерений, при измерениях индуктивности по параллельной и емкости по последовательной схемам замещения (" L_p-C_S ") (усилитель А2, рис. 5 и 6), а также для создания напряжения, компенсирующего влияние проводников, служащих для подсоединения к мосту объекта измерений (усилитель А1, рис. 4-6).

На ОУ расположены:

интегратор на базе ИМС ДА1;

операционное устройство на транзисторах VT4, VT6, VT8-VT10, VT13-VT18.

Устройство на базе ИМС ДА1 представляет собой грубый канал (точный канал расположен на И) двухступенчатого прецизионного интегратора, подключаемого к МИЦ в указанных выше режимах. При других конфигурациях МИЦ вход интегратора заземляется и он в работе моста участия не принимает.

В состав интегратора входят резистор R6 и образцовые меры емкости C6-C8, коммутируемые при помощи реле КА1-КА6 в зависимости от частотного диапазона.

При измерениях " L_p-C_S " на вход интегратора поступает напряжение I-У декад параметра В с ТП. Выходное напряжение грубого канала интегратора подается на И.

Напряжение I-II, III-У декад параметра G через резисторы R1 и R2, а выходное напряжение И через резистор R5 поступают на вход операционного усилителя, собранного на транзисторах VT4, VT6, VT8-VT10, VT13-VT18.

С выхода операционного усилителя напряжения (шины ГДУ и ТДУ) подаются на первичные обмотки W1 и W2 трансформатора TV2, расположенного на ТП (при конфигурации МИЦ для измерения объектов по

последовательной схеме замещения).

При измерениях " $C_p - L_s$ " напряжение I-У декад параметра В поступает через повторитель напряжения (на транзисторах VT11 и VT12) и конденсаторы C6-C8 на вход операционного усилителя.

С выхода операционного усилителя напряжение (шина ГДУ) подается на резистор R5 ТП.

Схема операционного усилителя позволяет, в зависимости от предела измерений, изменять коэффициент передачи в 10 раз (при помощи реле КА10).

На элементах VT11, VT12, C25-C27, КА4, КА2 выполнен формирователь тока компенсации.

На базу транзистора VT11 поступает напряжение I-У декад параметра В с ТП. Ток компенсации через реле КА9 подается на повторитель на транзисторе VT29 ДН1.

5.5. И (рис. 19, 20 ТО1) предназначен для формирования образцового реактивного напряжения, синфазного с реактивной составляющей напряжения объекта измерений, при измерениях индуктивности по параллельной и емкости по последовательной схемам замещения, а также для коммутации обмоток КТ.

На И расположены:

интегратор на базе ИМС DA1;

масштабный усилитель на ИМС DA2;

повторители напряжений на транзисторах VT1 и VT2, VT4;

устройство коммутации диапазонов КА7-КА12, ИМС DD2.

Устройство на базе ИМС DA1 представляет собой точный канал (грубый канал расположен на ОУ) двухступенчатого прецизионного интегратора, подключаемого к МЦД в указанных выше режимах.

При других конфигурациях измерительной цепи вход интегратора заземляется, и он в работе моста участия не принимает.

Образцовые меры емкости первого и третьего частотных диапазонов

(С6 и С7 соответственно) расположены непосредственно на И, а образцовая мера емкости второго частотного диапазона C_0 — на шасси моста.

В состав интегратора входят резистор RI и конденсаторы CII—C13, коммутируемые при помощи реле KAI—KA6 в зависимости от частотного диапазона.

На вход интегратора поступает напряжение с ОУ (напряжение I—У декад параметра В) через резистор RI, а также через образцовые конденсаторы С6, С7 и C_0 (напряжение грубого канала).

Для согласования выходного напряжения интегратора с напряжением в цепи объекта измерений используется масштабный усилитель с коэффициентом усиления 10, реализованный на ИМС DA2—С выхода масштабного усилителя напряжение подается на ОУ. Через резисторы R31 (точный канал) и R38, R39, R41, R42, RP7 (грубый канал) сигнал интегратора подается на обмотку W8 TAI.

Напряжение III—IV и У декад параметра G подается через образцовые меры сопротивления соответственно R2 и R3 на ОУ, где происходит суммирование напряжений I—II и III—У декад параметра G.

В других режимах напряжение с ОУ через образцовые конденсаторы С6, С7 и C_0 подается на повторитель, собранный на транзисторе VT4, с выхода которого через конденсаторы CII—C13 подается на обмотку W9 TAI.

При помощи устройства коммутации пределов первичные обмотки TAI коммутируются на соединители "I" и "I'", расположенные на задней стенке моста.

С указательной обмотки W_0 TAI сигнал поступает на вход УИ.

5.6. УИ (рис. 8, 9 ТО1) предназначен для усиления выходного сигнала МИЦ (сигнал неравновесия), снимаемого с выходной обмотки КТ.

КТ работает в режиме короткого замыкания, что обеспечивается низким входным сопротивлением первого каскада УИ, реализованного на операционном усилителе DA2 и выполняющего функцию преобразователя

"ток - напряжение" с коэффициентом преобразования $20 \cdot 10^4 \mu V/\mu A$.

Дальнейшее усиление сигнала неравновесия осуществляется при помощи усилительно-избирательного тракта, выполненного на операционных усилителях DA4, DA5, DA9, DA11, DA13, DA16 и DA18.

Перестройка избирательных звеньев по частотным диапазонам осуществляется при помощи ключей DA8, DA15, а перестройка по частоте в пределах одного частотного диапазона - при помощи ЦАП (цифро-аналоговых преобразователей) DA7, DA10, DA14 и DA17. По мере перехода на более младшие декады коэффициент усиления усилительно-избирательного тракта ступенчато увеличивается при помощи ключей DA3, DA6, DA12 и DA19, что необходимо для поддержания на выходе усилителя одинаковой амплитуды сигнала неравновесия на всех декадах.

Сигнал с усилительно-избирательного тракта поступает на широкополосный усилитель, собранный на операционном усилителе DA20, где усиливается в 2,5 раза, после чего общий коэффициент усиления составляет 50000.

Выходной сигнал УИ подается на ЭД.

5.7. ЭД (рис. 21, 22 ТО1) предназначен для анализа сигнала неравновесия МИЦ, получения на основе этого анализа сигналов об изменении амплитуды сигнала неравновесия, используемых для изменения состояния МИЦ.

На ЭД расположены:

амплитудный детектор выходного сигнала УИ, выполненный на элементах DA1, DA3;

интегратор, собранный на операционном усилителе DA9;

анализатор приращений, реализованный на операционном усилителе

DA16;

триггеры знака приращения, выполненные на ИМС DD2;

формирователь временных интервалов на ИМС DD1-DD5;

перестраиваемый фильтр генератора;

усилитель мощности генератора, выполненный на транзисторах VT2, VT3 и ИМС ДА15.

Выходной сигнал УИ поступает на вход амплитудного детектора. Протектированный сигнал подается на интегратор. С выхода интегратора сигнал поступает на анализатор приращений, на выходе которого формируются, а при помощи транзисторного ключа VT1 выделяются импульсы, соответствующие отрицательным приращениям сигнала неравновесия.

Триггер знака приращения фиксирует эти импульсы. Формирователь временных интервалов (тактовых импульсов) формирует сигналы управления периодом интегрирования протектированного сигнала и возврата триггеров знака приращения в исходное состояние.

Из Г ступенчатое напряжение поступает на перестраиваемый фильтр, где фильтруются высшие гармоники и выделяется синусоидальное напряжение первой гармонической составляющей.

Синусоидальное напряжение подается на усилитель мощности. Напряжение, усиленное по амплитуде и мощности, подается на первичные обмотки трансформаторов TV1 ТП и TV1 ДН1.

Б.8. Г (рис. 23, 24 ТО1) предназначен для формирования квазисинусоидального напряжения рабочей частоты в диапазоне от 0,1 до 100 кГц с амплитудой напряжения (0,3 - 0,5)В.

На Г расположены:

ГУН, собранный на транзисторах VT4, VT6, VT7, и ИМС DD12, DD13;

однополярный ЦАП, ИМС DA3, DD2-DD4, DD7, DD8, DD10, DD11;

управляемый инвертор на ИМС DA4, DA5;

система фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ) на ИМС DA1, DA2, DD1, DD2, DD5, DD9.

В основу построения генератора положен принцип аппроксимации синусоидального сигнала кусочно-ступенчатым сигналом с заданной степенью точности.

Формирование кусочно-ступенчатого сигнала с равномерным распо-

ложением узлов аппроксимации во времени осуществляется нелинейным ЦАП, состоящим из реверсивного счетчика (ИМС DD3, DD4), ключей (ИМС DDII) и резистивной матрицы (R17, R19, R20, R22-R27, R29, R30). Суммирование напряжений осуществляется на ИМС DA3.

Номинальные значения сопротивлений резистивной матрицы выбраны из ряда близкими к расчетным, чем обеспечивается минимальная ошибка аппроксимации одного полупериода синусоиды.

Формирование второго полупериода осуществляется управляемым инвертором. При помощи ИМС DA4 происходит переключение коэффициента передачи усилителя на ИМС DA5 с "+I" на "-I" и наоборот, в результате чего на выходе ИМС DA5 формируется кусочно-ступенчатое синусоидальное напряжение.

Кварцевая стабилизация и перестройка рабочей частоты осуществляется ФАПЧ. Перестройка частоты осуществляется изменением коэффициентов деления таймера (ИМС DDI):

делителя опорной частоты (КН1) с коэффициентом деления N_1 ;

делителей рабочей частоты (КН0 и КН2) с коэффициентами деления N_0 и N_2 .

Сигнал опорной частоты 2 МГц (стабилизированный кварцем) делится делителем КН1 до частоты 41-75 Нз, которая сравнивается на цифровом фазовом детекторе (ИМС DD9, DD2, DA1) с рабочей частотой, подделенной делителем КН2. Сигнал рассогласования с ИМС DA1, проинтегрированный интегратором на ИМС DA2, поступает (через эмиттерный повторитель на транзисторе VT3) на ГУН, управляя его частотой и осуществляя подстройку рабочей частоты.

При таком методе формирования частоты максимальная относительная ошибка установки частоты не превышает $3 \cdot 10^{-5}$ при дискретности регулировки частоты - единица третьей декады.

Делитель КН0 сужает диапазон регулировки частоты ГУН.

Коэффициенты деления вычисляются и загружаются в ИМС DDI микро-

процессором.

Кроме синхронизации рабочей частоты от кварцевого генератора предусмотрена возможность синхронизации от частоты питающей сети в диапазоне частот от 0,100 до 0,999 кГц. Схема переключения синхронизации выполнена на ИМС DD5. При синхронизации от сети дискретность регулировки рабочей частоты становится равной 50 Hz.

5.9. ФП (рис. 25, 26 ТО1) предназначен для формирования из информации на шинах МА адресных признаков чтения информации с МИЦ на шины МД и с шин МД на ТИ, а также аппаратных задержек работы микропроцессорного контроллера (МПК).

На ФП расположены:

формирователь задержки МПК в абсолютном времени, выполненный на ИМС DAI, DD7, DDII.1;

формирователь задержки МПК в тактах работы моста, выполненный на ИМС DD8, DDII.2, DDI2;

формирователь принудительного сброса ЦП при сбоях ОЗУ (ИМС DDIO);

формирователь сигналов для измерения частоты напряжения питающей сети (ИМС DD29);

формирователь адресных признаков записи (ИМС DD24-DD27);

регистры памяти для записи информации в МИЦ (ИМС DD16-DD23);

шинный формирователь (ИМС DD4, DDI3, DD14);

буферный регистр для чтения информации с МИЦ на шины МД (DD28);

преобразователи уровней напряжения на шинах МД в уровни напряжения записи информации в МИЦ (транзисторы VT2-VTI4, ИМС DD30, DD31).

Формирователь задержки МПК в абсолютном времени работает следующим образом: импульсы частотой 1000 Hz с генератора на ИМС DAI поступают на счетчик-делитель DD7, коэффициент деления которому задается по шинам МДО-МДЗ. С выхода делителя импульсы поступают на

формирователь DDII.1, а с него через буферный каскад DD15.2 на шину "Запр. ОЖ".

Формирователь задержки МК в тактах работы моста работает аналогично, с той разницей, что коэффициент деления задается по шинам МД4-МД7, а на счетный вход поступают тактовые импульсы.

Формирователи сброса ЦП и сигналов для измерения частоты сети выполнены на счетчиках DD10 и DD29 соответственно.

Адресные признаки записи формируются из информации на шинах МА0-МА2 и МА11-МА15.

В регистры памяти записывается информация с шин МД через шинный формирователь DD4 и согласующие элементы DD13, DD14.

Преобразователи уровней преобразуют: напряжения на шинах МД относительно общей шины (корпуса) в уровни относительно шины "-5V (Д)", являющейся общей для регистров памяти МИЦ (транзисторы VT6-VT13); признаки записи информации в регистры МИЦ относительно общей шины в уровни относительно "-5V (Д)" (транзисторы VT2-VT5).

5.10. ТИ (рис. 10, II ТО1) предназначено для представления результатов измерения в цифровом виде.

На ТИ расположены:

цифровые индикаторы для представления главной измеряемой величины;

цифровые индикаторы показателя степени множителя размерности главной измеряемой величины;

цифровые индикаторы для представления дополнительной измеряемой величины;

светодиодные индикаторы: измеряемого параметра, схемы замещения, напряжения на объекте;

дешифраторы-регистры (DDI);

распределитель, ИМС DD4;

шинные формирователи, ИМС DD2, DD3;

клавиатура, кнопки SBI-SB4.

Дешифраторы-регистры осуществляют преобразование двоично-десятичного кода результатов измерения в семисегментный код, а также хранение записанной информации до получения следующих результатов измерения.

Распределитель устанавливает порядок и очередность записи информации в дешифраторы.

Шинные формирователи согласуют нагрузку с шинами МД.

5.11. УУ (рис. 12, 13 ТО1) предназначено для управления работой моста.

На УУ расположены:

клавиатура, кнопки SBI-SBI5, ИМС DD6, DD10;

устройство индикации рабочих состояний моста (ИМС DD2-DD5, светодиодные индикаторы YDI-YDI2);

отсчетное устройство для представления частоты измерения и процентных отклонений (AI-A3, ИМС DD7, индикатор HG2).

При помощи клавиатуры осуществляется управление работой прибора.

5.12. УС-83 (рис. 14, 15 ТО1) предназначен для создания напряжений постоянного тока, служащих для питания элементов моста: минус 15V, минус 24V, 5V (Д), 12V (ЦП) и минус 12V (ЦП).

5.13. ЦПМ (рис. 27, 28 ТО1) предназначен для приема и обработки информации, поступающей по шинам МД с МИЦ или от внешних устройств и формирования по результатам обработки данных команд управления по программе, записанной в ПЗУ, а также для хранения в ОЗУ промежуточных и конечных результатов операций, выполняемых процессором.

На ЦПМ расположены:

микропроцессор (ИМС DD8);

формирователи адресных и информационных линий (ИМС DD13, DD17, DD21);

регистр состояний (ИМС DD15);

устройство интерфейса (ИМС DD2, DD3, DD5, DD6, DDII, DDI2, DDI4, DDI8, DDI9);

ПЗУ (ЯП1- DDI, ЯП2- DDI);

ОЗУ (ЯП4 - DDI).

6. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При работе с мостом и его ремонте обслуживающий персонал должен соблюдать требования по технической эксплуатации и технике безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80.

7. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ

7.1. Мост должен устанавливаться в сухих отапливаемых закрытых помещениях с рабочими условиями применения.

На рабочее место, где устанавливается мост, должно быть подведено сетевое питание и защитное заземление.

7.2. Перед установкой на рабочее место мост нужно распаковать и проверить визуально на отсутствие механических повреждений.

7.3. При необходимости включения моста в систему интерфейса паять соединитель (РПМ7-24Ш), подключаемый к соединителю моста ИНТЕРФЕЙС в соответствии со схемой, приведенной на рис. 29 ТО1.

8. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

8.1. Выдержать мост в течение 24 ч в условиях, указанных в п. 1.3, в случае транспортирования его в условиях повышенной влажности или низких температур, и убедиться в отсутствии механических повреждений.

8.2. Установить переключатель напряжения сети на задней стенке

моста в положение, соответствующее напряжению сети электропитания.

8.3. Соединить зажим защитного заземления моста, обозначенный " \perp ", с шиной заземления рабочего места гибким проводом сечением не менее $0,5 \text{ mm}^2$.

8.4. Подключить к соединителям моста "I", "I'", "U'" и "U" кабель KI (K2), служащий для подключения объекта измерений, с учетом маркировки. При измерении параметров объектов измерений с малыми импедансами рекомендуется пользоваться кабелем KI.

8.5. При работе моста в системе интерфейса установить выключателем АДРЕС присвоенный мосту код и подключить к соединителю ИНТЕРФЕЙС магистральный соединитель.

8.6. Вставить вилку сетевого шнура моста в розетку сети питания, предварительно установив тумблер СЕТЬ в положение ВЫКЛ.

9. ПОРЯДОК РАБОТЫ

9.1. Включить тумблер СЕТЬ. На вспомогательном отсчетном устройстве индицируются последовательно буквы "P" и "O", свидетельствующие о прохождении тестов ПЗУ и ОЗУ соответственно. Затем в мосте устанавливается режим измерения " Z_1 ", главная измеряемая величина "C, F", "L, H" или "R, Ω ", вид запуска РУЧ, величина тангенса " $\text{tg} < I$ ", схема замещения "p", конфигурация МИЦ "C" или "L", рабочая частота 1 кГц. Клавиатура подготовлена к изменению режима работы моста, т.е. разрешается работа с клавишами, имеющими функциональное назначение. Об установке указанных начальных режимов моста свидетельствует включение соответствующих индикаторов.

На основном табло представляется информация о значении главной и дополнительной измеряемых величин, а на вспомогательном табло - значение рабочей частоты 1,00 кГц.

9.2. Подключить объект измерений к зажимам кабеля. Нажать кла-

вишу РУЧ. Выбор характера реактивности эквивалентной схемы замещения объекта измерений происходит автоматически, о чем свидетельствует включение одного из индикаторов главной измеряемой величины "С, F", "L, H" или "R, Q" и дополнительной измеряемой величины " $\operatorname{tg} \delta (Q_R)$ " или " $\operatorname{tg} \varphi (Q_C, Q_L)$ ". На отсчетном устройстве представляется информация о значении главной (шестизначное число - измеряемая величина, знак "-" показатель степени и двухзначное число - показатель степени измеряемой величины) и дополнительной (знак "-" и шестизначное число) измеряемых величин с погрешностью, указанной в табл. 3. Об окончании измерения свидетельствует включение индикатора "КИ".

П р и м е ч а н и я :

1. Шестизначное число на отсчетном устройстве для главной измеряемой величины индицируется при числовых отметках 1 и 2 в первом разряде и " $\operatorname{tg} < I$ ".

2. В зависимости от диапазона измерений, погрешности измерений и значений измеряемых величин, на отсчетном устройстве для главной и дополнительной измеряемых величин индицируются значения от шести - значного до трехзначного чисел.

9.3. Установка схемы замещения объекта измерений при представлении результатов измерений на отсчетном устройстве осуществляется нажатием клавиши "s - p". Об установленной схеме замещения свидетельствует включение соответствующего индикатора "S" или "p".

П р и м е ч а н и е . При очередном измерении схема замещения объекта измерений может измениться.

9.4. Выбор главных и дополнительных измеряемых величин при представлении результатов измерений на отсчетном устройстве после измерения осуществляется нажатием клавиши " $\operatorname{tg} < I - > I$ ". При этом на отсчетном устройстве представляются результаты измерений в соответствии с п. 4.1.3. О значении тангенса, представленном на отсчет -

ном устройстве, свидетельствует включение соответствующего индикатора.

П р и м е ч а н и е . При очередном измерении главные и дополнительные измеряемые величины могут измениться.

9.5. При измерениях объектов реактивного характера с малыми тангенсами угла фазового сдвига с целью использования максимальной разрешающей способности моста наряду с автоматическим может быть осуществлен ручной выбор конфигурации МИЦ нажатием клавиши "С - L". При этом включается индикатор в соответствии с выбранной конфигурацией МИЦ.

Разрешающая способность при измерениях С (для значений $C < 10 \cdot 10^{-12}$ F и $\operatorname{tg} \delta < 0,1$) и L (для значений $L < 100 \cdot 10^{-6}$ H и $\operatorname{tg} \delta < 0,1$) будет наибольшей при реактивной составляющей, соответствующей конфигурации МИЦ.

Разрешающая способность при измерениях R (для значений $R < 1 \Omega$ и $\operatorname{tg} \varphi < 0,1$) будет наибольшей при конфигурации МИЦ, соответствующей "L".

9.6. При необходимости изменения частоты напряжения, подаваемого на объект измерений, необходимо:

нажать клавишу "f". При этом включится индикатор "N", что свидетельствует о готовности клавиатуры к вводу числового значения частоты;

вести трехзначное число - значение частоты в кГц. По окончании ввода частоты индикатор "N" выключается.

Примеры.

1. Ввести частоту 0,125 кГц.

Последовательность нажатия клавиш:

"f"; "0"; "1"; "2"; "5".

2. Ввести частоту 5,00 кГц.

Последовательность нажатия клавиш:

"f"; "5"; ",,"; "0"; "0".

Ввод частоты контролируется по вспомогательному табло.

Если при вводе частоты допущена ошибка, нажать клавишу "f" и повторить ввод частоты.

Примечания:

1. При случайном нажатии клавиши "f" или при необходимости оставить прежнюю частоту после нажатия клавиши "f" - нажать клавишу "-".

2. При вводе частоты, соответствующей диапазону частот от 0,1 до 0,899 кГц, устанавливается режим пониженного напряжения на объекте измерений "U_{min}".

9.7. Перевод моста из режима "Z₁" в "Z_{var}" осуществляется нажатием клавиши "4". Обратный перевод осуществляется повторным нажатием клавиши "4". О режиме измерений моста свидетельствует включение соответствующего индикатора.

В режиме "Z_{var}" мост автоматически отслеживает значения измеряемых величин объекта измерений.

Режим "Z_{var}" может быть использован при непрерывных измерениях медленно изменяющихся во времени параметров объектов измерений.

Режим "Z₁" используется при однократном измерении параметров объектов измерений. В этом режиме возможны два вида запуска моста: РУЧ и АВТ.

При одновременном включении вида запуска АВТ и режима "Z_{var}" мост идентифицирует схему замещения объекта измерений по двум частотам и автоматически выдает результат измерения по двухэлементной схеме замещения объекта измерений, наиболее близкой к реальной; в мосте устанавливается режим "Z_{var}" и вид запуска РУЧ.

9.8. Виды запуска моста РУЧ и АВТ используются для запуска моста в режиме "Z₁".

Перевод моста в режим РУЧ осуществляется нажатием клавиши "0". Этой же клавишей осуществляется ручной запуск моста.

для перевода моста в режим АВТ необходимо:
нажать клавишу "I". При этом включатся индикаторы АВТ и "N";
вести значение времени цикла автоматического запуска от 0,0
до 99 с.

Ввод значения времени цикла автоматического запуска контролируется по вспомогательному табло.

Примеры.

1. Ввести значение времени цикла автоматического запуска 0,5 с.

Последовательность нажатия клавиш:

"0"; ", "; "5".

2. Ввести значение времени цикла автоматического запуска 6 с.

Последовательность нажатия клавиш:

"6"; ", "; "0":или "0"; "6".

После ввода значения времени цикла автоматического запуска мост запускается с заданным интервалом времени, а на вспомогательном табло представляется значение рабочей частоты.

При необходимости изменения времени цикла запуска нажать клавишу "I" и ввести новое значение времени цикла запуска.

Если при вводе значения времени цикла автоматического запуска допущена ошибка, нажать клавишу "I" и ввести нужное время цикла запуска моста.

Для контроля времени автоматического запуска нажать клавишу "I". На вспомогательном табло представляется ранее введенное значение времени автоматического запуска. Выйти из этого состояния можно, нажав клавишу "-".

Примечание. Установленное значение времени автоматического запуска моста хранится в ОЗУ до выключения напряжения питающей сети или до ввода нового значения.

9.9. При большом уровне сетевых и промышленных помех могут появиться вариации значений измеряемых величин. В целях получения достоверного значения измеряемых величин в мосте имеется режим УРИ, при котором на отсчетном устройстве представляется среднее значение измеряемых величин за несколько измерений (от 2 до 99).

Для перевода моста в режим УРИ необходимо:

нажать клавишу "7". При этом включаются индикаторы УРИ и "N";
вести выбранное число измерений.

Ввод числа измерений контролируется по вспомогательному табло.

Примеры.

1. Ввести число измерений 5.

Последовательность нажатия клавиш:

"0"; "5".

2. Ввести число измерений 25.

Последовательность нажатия клавиш:

"2", "5".

Для вывода моста из режима УРИ, нажать клавишу "7".

Для ввода нового числа измерений необходимо вывести мост из режима УРИ, затем установить режим УРИ и ввести новое число измерений.

При необходимости оставить прежнее значение числа измерений - нажать клавишу "-".

Примечание. Установленное число измерений хранится в ОЗУ до выключения напряжения питающей сети или до ввода нового числа измерений.

9.10. Для уменьшения влияния сети электропитания на точность измерений в диапазоне частот от 0,100 до 0,999 кГц в мосте имеется синхронизация рабочей частоты частотой сети электропитания, режим "Синхронизация".

Для перевода моста в режим "Синхронизация" нажать клавишу "8".

при этом включается индикатор СИНХР.

Значение рабочей частоты устанавливается кратным 50, например, при переводе моста в режим СИНХР при рабочей частоте 0,125 кГц устанавливается рабочая частота 0,150 кГц и представляется на вспомогательном табло.

Для вывода моста из режима "Синхронизация" нажать клавишу "2".

9.11. При измерениях параметров объектов измерений, соизмеримых с начальными параметрами моста или имеющих собственные начальные параметры, в мосте предусмотрен режим УНП, облегчающий работу оператора при определении значений измеряемых величин.

Перевод моста в режим УНП осуществляется нажатием клавиши "9", при этом включается индикатор УНП.

Для работы моста в режиме УНП необходимо:

измерить начальное сопротивление или проводимость объекта измерений в режиме " Z_1 ";

установить нажатием клавиши "s - p": "s" - при учете начального сопротивления или "p" - при учете начальной проводимости;

перевести мост в режим УНП. При этом в ОЗУ моста запоминаются начальные параметры объекта измерений;

измерить параметры объекта измерений. При этом из общего результата измерения вычитаются начальные параметры и на отсчетном устройстве представляются результаты измерений без учета начальных параметров моста и (или) объекта измерений.

При изменении объекта измерений необходимо учесть начальные параметры этого объекта.

Для вывода моста из режима УНП нажать клавишу "9".

П р и м е ч а н и е . При изменении рабочей частоты мост выходит из режима УНП.

9.12. Для повышения точности измерений (см. п.2.2.4) в мосте предусмотрен режим КАЛИБР. Сущность режима заключается в том, что в

качестве образцовой меры измерительной цепи служит введенное в ОЗУ значение меры, поверенной с высокой точностью и соответствующей диапазону, на котором проводятся измерения.

Для работы моста в режиме КАЛИБР необходимо:

вести требуемую рабочую частоту;

нажать клавишу КАЛИБР. При этом включаются индикаторы КАЛИБР и "N", на основном табло индицируются нули или ранее введенное значение параметров образцовой меры;

нажать клавишу 1, 2 или 3, соответствующую главной измеряемой величине C, L или R. При этом основное табло гасится;

вести в ОЗУ значение основного и производного параметров образцовой меры. Ввод информации контролировать по основному табло. По окончании ввода индикатор "N" выключается;

подключить к мосту образцовую меру, параметры которой введены в ОЗУ, и нажать клавишу РУЧ. Мост подготовлен к измерениям в режиме КАЛИБР.

Для вывода моста из режима КАЛИБР нажать одноименную клавишу.

Если при вводе в ОЗУ значений параметров образцовой меры допущена ошибка, необходимо вывести мост из режима КАЛИБР, затем установить режим КАЛИБР и ввести значения параметров образцовой меры. При необходимости ввода новых значений параметров образцовой меры поступают так же.

Если при включении режима КАЛИБР окажется, что в ОЗУ уже введена нужная информация - нажать клавишу "-", затем РУЧ.

Примечания:

1. При изменении рабочей частоты мост выходит из режима КАЛИБР.
2. Введенное значение параметров образцовой меры хранится в ОЗУ до выключения напряжения питающей сети или до ввода нового значения.
3. Появление символов --, G.L. на вспомогательном табло свидетельствует о том, что для данной конфигурации МИЦ калибровка не про-

водилась.

9.13. Для определения относительных отклонений от заданного значения главной измеряемой величины в мосте предусмотрен режим ПО.

Для работы моста в режиме ПО необходимо:

нажать клавишу "%". При этом включаются индикаторы "%" и "N".

На основном табло индицируются нули или ранее введенное значение; установить требуемую схему замещения объекта измерений нажатием клавиши "s - p";

нажать клавишу 1, 2 или 3, соответствующую главной измеряемой величине C, L или R. При этом основное табло гасится;

ввести в ОЗУ значение главной измеряемой величины, по отношению к которой измеряются процентные отклонения. Ввод информации контролировать по основному табло. По окончании ввода индикатор "N" выключается;

подключить объект измерений и провести измерение.

На основном табло представляется информация о значении главной и дополнительной измеряемых величин объекта измерений, а на вспомогательном табло - отклонение главной измеряемой величины объекта измерений от заданного значения, в процентах.

Для вывода моста из режима ПО нажать клавишу "%". При этом индикатор "%" выключается и включается индикатор "f". На основном табло остается прежняя информация, а на вспомогательном - значение рабочей частоты.

Если при вводе в ОЗУ информации допущена ошибка, необходимо вывести мост из режима ПО, установить режим ПО и повторить ввод в ОЗУ нужной информации.

Для измерения отклонения частоты напряжения питающей сети от нормальной 50 Hz необходимо:

ввести частоту, соответствующую диапазону частот от 0,100 до 0,999 kHz, согласно п. 9.3;

нажать последовательно клавиши "8", "%" и "f".

На вспомогательном табло представляется информация об отклонении частоты напряжения питающей сети от нормальной, основное табло гасится, включен индикатор "N".

Для выхода из этого режима нажать клавишу "%".

Примечания:

1. Введенная в ОЗУ моста информация хранится до выключения напряжения питающей сети или до ввода нового значения.

2. При необходимости повышения точности процентных измерений установить режим КАЛИБР по п. 9.12, а затем "%".

3. При отклонении параметра объекта измерений от заданного значения более, чем на 99,9 %, на вспомогательном табло индицируются символы "P, PP".

9.14. Режим пониженного напряжения на объекте измерений " U_{min} " устанавливается нажатием клавиши " U_{min} ". При этом включается индикатор " U_{min} ", напряжение на объекте измерений снижается в 10 раз, последний разряд основного табло для главной измеряемой величины гасится.

Погрешность измерений в режиме " U_{min} " определяется по формулам (6) и (10) при $K = 5$.

Для вывода моста из режима " U_{min} " нажать одноименную клавишу.

Примечания:

1. В диапазоне частот от 0,1 до 0,899 кГц режим " U_{min} " устанавливается при вводе частоты.

2. В диапазоне частот 20,0-100 кГц режим " U_{min} " не устанавливается.

9.15. Работа моста в системе интерфейса

9.15.1. Мост работает в системе интерфейса с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией.

Мост обеспечивает выполнение интерфейсных функций: "Источник"

(И), "Приемник" (П), "Синхронизация передачи" (СИ) и "Синхронизация приема" (СП).

Обмен информацией осуществляется в коде КОИ-7. Используемые при программировании обозначения (разделители) "[ПС]" - "перевод строки" и "_" - "пробел" передаются в том же коде.

Для кодирования используются буквы латинского алфавита.

Обмен информацией осуществляется по шинам при помощи сигналов, уровни которых:

высокий - 2,4-5,25V ;

низкий - 0-0,4V .

При выполнении интерфейсной функции П мосту передается массив директив управления, перечень которых приведен в табл. 8.

При выполнении интерфейсной функции И информация от моста вы дается в виде формата сообщения, приведенного в табл. 9.

Директива V[ПС] предшествует вводу массива уставок при выборе режимов работы моста.

Формат массива уставок имеет вид:

I	2		3		4		5		6		7	[ПС]				
8	9		10	11	12	13	14		15		16	[ПС]				
17	18		19	20								[ПС]				
21	22		23	24	25	26	27	28	29		30	31	32		33	[ПС]

1, 2 - установка режимов работы моста [SU]

3 - характер реактивности (C или L)

4 - вид схемы замещения (p или s)

5 - режим измерений (I- Z_1 или V- Z_{var})

6 - производная измеряемой величины (D - $tq\delta$, Q - $tq\varphi$)

7 - % или _

8, 9 - частота [F R]

- 10-14 - код частоты (0,XXX или ___ XXX с запятой после лю-
бого числа);
- 15 - синхронизация сетью (S - есть, A - нет);
- 16 - напряжение на объекте (H - высокое, L - низкое);
- 17, 18 - режим усреднения [AV];
- 19, 20 - код усреднения;
- 21, 22 - режим % [P R];
- 23-29 - код эталонной меры;
- 30 - знак показателя степени (минус или ___);
- 31, 32 - разряды показателя степени;
- 33 - размерность (0 - Ом, H - Генри, L - Фарад);

При ошибке в массиве уставок уставки не осуществляются и при программировании подтверждения установки режима работы или вывода результата измерений формируется сообщение INPUT ERROR.

Таблица 8

Код директивы	Назначение директив
1. U [ПС] Массив уставок [ПС]	Установка режима работы моста
2. S [ПС]	Запуск моста
3. W [ПС]	Подтверждение установки режима работы, заданного директивой "U". Используется только после директивы "U"
4. O [ПС]	Вывод результата измерений
5. N [ПС]	Вывод результатов выполнения программы вместе с номером моста в системе. Используется перед директивами "W" или "O"

Вид сообщения	Формат сообщения																													
1. Результат измерений (по директиве "0")	<table border="1" data-bbox="356 167 964 241"> <tr> <td>I</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td> </tr> <tr> <td>I7</td><td>I8</td><td>I9</td><td>20</td><td>[ПС]</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>[ПС]</td> </tr> </table> <p data-bbox="356 256 964 330">I-7 - разряды главной измеряемой величины и запятая;</p> <p data-bbox="356 345 964 419">8 - размерность (0 - Ом, L - Фарад, H - Генри);</p> <p data-bbox="356 434 964 538">9-II - знак (минус или <u> </u>) и разряды показателя степени главной измеряемой величины;</p> <p data-bbox="356 553 964 672">I2-I9 - знак (минус или <u> </u>), разряды и запятая дополнительной измеряемой величины;</p> <p data-bbox="356 687 964 761">20 - наименование дополнительной измеряемой величины (0 - $\text{tg } \varphi$, D - $\text{tg } \delta$);</p> <p data-bbox="356 776 964 850">2I-26 - знак (минус или <u> </u>), разряды и запятая процентных отклонений;</p> <p data-bbox="356 865 964 894">27 - размерность (%)</p>	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	I7	I8	I9	20	[ПС]	21	22	23	24	25	26	27	[ПС]
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16															
I7	I8	I9	20	[ПС]	21	22	23	24	25	26	27	[ПС]																		
2. Номер моста (по директиве "N")	<table border="1" data-bbox="356 909 498 939"> <tr> <td>I</td><td>2</td><td>[ПС]</td> </tr> </table> <p data-bbox="356 954 964 983">I, 2 - номер моста в двоичном коде</p>	I	2	[ПС]																										
I	2	[ПС]																												
3. Ошибка в программе	PROGRAM <u> </u> ERROR [ПС]																													
4. Ошибка в приеме программы или в формате директивы	INPUT <u> </u> ERROR [ПС]																													

9.15.2. Пример формирования массива

Установить: характер реактивной составляющей - C; эквивалентная схема замещения - p (параллельная), режим измерений - "Z₁";

производная измеряемой величины - $D (tg \delta)$; знак производной - плюс; частота измерений - 1,25 kHz; синхронизация сетью - нет; напряжение на объекте - высокое; режим усреднения - нет; режим измерения % - есть; эталонная мера $1000 \cdot 10^{-12}$ Ф.

SU ___ C ___ P ___ I ___ D ___ [ПС]

FR ___ I, 25 ___ A ___ H [ПС]

AV ___ [ПС]

PR ___ I, 0 0 0 0 0 ___ - 0 9 ___ L [ПС]

По директиве S [ПС] мост определяет параметры объекта измерения в установленном режиме измерений, после чего переходит на выполнение следующей директивы. Если директива S [ПС] является последней в данной программе, мост в режиме "Z₁" осуществляет периодический опрос интерфейса, а в режиме "Z_{bar}" непрерывно определяет параметры объекта измерений.

Директива W [ПС] подтверждает функционирование моста в системе и установление требуемого режима измерений, задаваемого директивой U [ПС]. Директива W [ПС] должна располагаться после директивы U [ПС]. При правильном расположении директивы W [ПС] в мосте блокируется автоматический выбор схемы замещения объекта измерений, в противном случае передается сообщение "PROGRAM ERROR".

По директиве O [ПС] сообщается результат измерений. При этом сообщение имеет формат, указанный в табл. 8. В режиме "Z_{bar}" сообщается результат измерения, предшествующий запросу.

Директива N используется совместно с директивами W [ПС], O [ПС]. Сообщение моста при наличии директивы N начинается с выдачи адреса моста в системе и имеет вид: # XX#, где XX - адрес моста. Использование в программе директивы N без других директив вывода не допускается.

10. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

10.1. Заключение о техническом состоянии моста проводится на основании результатов периодической поверки, которую следует проводить в соответствии с ГОСТ 8,513-84.

II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

II.1. Методы и средства поверки - по ГОСТ 8,294-85 и ГОСТ 25242-82.

II.2. Операции поверки

II.2.1. Объем и рекомендуемая последовательность проведения поверки указаны в табл.10.

Таблица 10

Наименование операции	Номер пункта		Проведение операции при поверке	
	технических данных	методов поверки	первичной	периодической
1. Контроль измеряемых величин, отсчетного устройства, определение значений относительной и абсолютной основных погрешностей при измерениях главных и дополнительных измеряемых величин	2.1.2, 2.1.5, 2.2.1, 2.2.2	II.5.1	Да	Да
2. Контроль режимов работы	2.1.11	II.5.2	Да	Да
3. Контроль режимов измерений, видов запуска	2.1.12 2.1.13	II.5.3	Да	Да

Наименование операции	Номер пункта		Проведение операции при поверке	
	технических данных	методов поверки	первичной	периодической
4. Контроль режимов управления работой	2.1.14	II.5.4	Да	Да
5. Испытание электрической прочности изоляции	2.2.7	II.5.5	Да	Нет *
6. Определение сопротивления изоляции	2.2.8	II.5.6	Да	Нет *

* Испытания проводят после ремонта моста, связанного с заменой элементов в цепи электропитания

II.3. Средства поверки

II.3.1. При определении значений допускаемой погрешности моста должны применяться образцовые средства поверки в соответствии с ГОСТ 8.294-85, а также другие, вновь разработанные или находящиеся в эксплуатации средства поверки, прошедшие соответствующую метрологическую аттестацию.

II.3.2. Для определения действительного значения величин, в зависимости от схемы аттестации образцовых средств поверки или схемы подключения составных образцовых средств поверки, следует воспользоваться формулами, приведенными в приложении I.

II.3.3. При отсутствии стандартных средств поверки (мер индуктивности более 1 Н , мер емкости более $1 \cdot 10^{-4} \text{ Ф}$, мер сопротивления более $10 \cdot 10^6 \text{ }\Omega$) в качестве образцовых мер индуктивности, емкости и сопротивления могут быть использованы составные меры в соответствии с ГОСТ 8.294-85.

Сведения о составных мерах приведены в приложении 2.

II.3.4. Образцовые средства поверки аттестовать, в зависимости

Таблица II

Класс точности	Соотношение погрешностей образцовая мера/ мост
0,001-0,025	1/2
0,04-0,05	1/2,5
0,1-1	1/3

II.4. Условия поверки и подготовка к ней

II.4.1. При проведении поверки должны соблюдаться условия, приведенные в п.2.3.

II.4.2. Перед поверкой мост необходимо выдержать в условиях, приведенных в п.2.3, в течение 24 ч.

II.4.3. Перед опробованием мост необходимо выдержать во включенном состоянии 1 ч.

II.5. Проведение поверки

II.5.1. Контроль измеряемых мостом величин, диапазонов измеряемых величин (п.2.1.2), отчетного устройства (п.2.1.5), определение значений относительной основной погрешности моста при измерениях главных измеряемых величин (п.2.2.1) и абсолютной основной погрешности моста при измерениях дополнительных измеряемых величин (п.2.2.2) проводить методом комплектной поверки при $f_{OH} = 1$ кГц следующим образом:

при измерении измеряемых величин C_p и $tg \delta_c$ (при $tg \delta < 1$) на одном из основных диапазонов измерений для всех числовых отметок в старшем разряде отчетного устройства для главной измеряемой величины и для двух значений C , близких к $0,1 X_K$ и $0,5 X_K$ или $0,9 X_K$, на остальных диапазонах;

при измерении остальных измеряемых величин на всех диапазонах

измерений для одного значения главной измеряемой величины, близкого к $0,1 X_K$;

при измерении измеряемых величин C_p и $tg \delta_c$ на одном из основных диапазонов измерений и любом одном значении C для всех числовых от- меток в первом разряде отсчетного устройства для дополнительной из- меряемой величины;

при измерении остальных измеряемых величин на всех диапазонах измерений для одного значения дополнительных измеряемых величин, близкого к единице.

Дополнительно относительную и абсолютную основную погрешность моста определять при частотах $f_{OH} = 0,999$ кГц и $f_{OH} = 10,0$ кГц, а также $f_H = 0,1$ кГц и $f_H = 100$ кГц на всех диапазонах измерений для двух значений главных измеряемых величин, близких к $0,1 X_K$ и $0,5 X_K$ или $0,9 X_K$ и одного значения дополнительных измеряемых величин, близкого к единице на каждом диапазоне измерений.

Контроль отсчетного устройства моста проводить:

при измерении измеряемых величин C_p и $tg \delta_c$, R_p и $tg \varphi_c$ при $f_{OH} = 1$ кГц на любом диапазоне измерений, проверяя все цифровые значения (от 0 до 9) во всех разрядах отсчетного устройства для представления результатов измерений;

при установке частоты от 1,00 до 9,99 кГц, проверяя все число- вые значения (от 0 до 9) во всех разрядах отсчетного устройства для представления значений частоты.

Необходимые числовые отметки должны обеспечиваться изменением значений соответствующих мер измеряемых величин, подсоединяемых к зажимам "U", "U'", "I'" и "I" кабеля К1.

При определении значений относительной основной погрешности моста при измерениях главных измеряемых величин числовые отметки по дополнительным измеряемым величинам могут быть произвольными.

При определении значений абсолютной основной погрешности моста при измерениях дополнительных измеряемых величин числовые отметки по

главным измеряемым величинам могут быть произвольными.

II.5.2. Контроль режима (п.2.1.11) моста "Калибровка" и определение значений относительной основной погрешности моста при измерениях главных измеряемых величин и абсолютной основной погрешности моста при измерениях дополнительных измеряемых величин в режиме "Калибровка" проводить на одном из основных диапазонов измерений при $f_{OH} = 1$ кГц для двух значений одной из главных измеряемых величин, близких к $0,1 X_K$ и $0,5 X_K$ или $0,9 X_K$, и для одного значения дополнительной измеряемой величины, близкого к единице, через 2 Г после калибровки моста.

Контроль режима моста "Усреднение результатов измерений" проводить на одном из основных диапазонов измерений при $f_{OH} = 1$ кГц для одного значения одной из главных измеряемых величин, близкого к $0,5 X_K$ или $0,9 X_K$, при двух значениях числа измерений, см. п.9.9.

Контроль режима моста "Синхронизация" проводить в диапазоне частот 0,100-0,999 кГц, контролируя частотомером 5137 частоту на зажимах "U", "U'" кабеля К1, см. п.9.10.

Контроль режима моста "Учет начальных параметров" проводить на младших диапазонах измерений при $f_{OH} = 1$ кГц для одного значения главных измеряемых величин, используя меры (магазины мер) P597/1, P567 и P4830/1, в режиме "Z₁", см. п.9.11.

II.5.3. Контроль режима моста "Слежение" (п.2.1.12) проводить на любом диапазоне измерений при $f_{OH} = 1$ кГц и измерении одной из главных измеряемых величин, используя магазины P5025, P567 или P4830/2, см. п.9.7.

Контроль режима моста "Разовые измерения" и вида запуска "Ручной" проводить при любой частоте и любом объекте измерений, см. п.9.8.

Контроль вида запуска моста "Автоматический" (п.2.1.13) проводить при значении цикла запуска, близком к наибольшему, при любой частоте и любом объекте измерений. Длительность цикла запуска, соот-

ветствующую включенному состоянию индикатора "КИ", контролировать секундомером СОП пр. 2а-3. Работу моста при виде запуска АВТ см. п.9.8.

II.5.4. Контроль работы моста в системе интерфейса с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией и выполнения интерфейсных функций И, П, СИ и СП (п.2.1.14) проводить при помощи приборов, схема соединения которых приведена на рис.10, в следующей последовательности:

установить на переключателе моста АДРЕС код "0000";

включить электропитание электрической печатающей машинки CONSUL-256 (в дальнейшем - ЭПМ);

включить электропитание контроллера интерфейса 45310. На ЭПМ отпечатывается: 45310 КОНТРОЛЛЕР ИНТЕРФЕЙСА *;

нажать на ЭПМ последовательно клавиши "ВР" и "П". Отпечатывается ПРОГРАММИРОВАНИЕ;

на клавиатуре ЭПМ набрать текст:

```
ДСТГ [ ] ПРМ [ ] [ ] ПРД [ ] НР1U [ ] SU [ ] С [ ] Р [ ] ВР [ ] I [ ]  
[ ] НР1D [ ] [ ] FR [ ] [ ] ВР [ ] I,25 [ ] НР1A [ ] Н [ ] AV [ ] ВР [ ] 02 [ ]  
[ ] НР1S [ ] O [ ] [ ] ВР [ ] ИСТ [ ] [ ] ПРН [ ] ПЕЧ [ ] КОН [ ]
```

На ЭПМ, кроме текста, отпечатывается знак к. Это значит, что ЭПМ готова к работе;

нажать на ЭПМ клавишу "У". Отпечатывается УПРАВЛЕНИЕ;

подключить к кабелю К1 меру емкости или сопротивления;

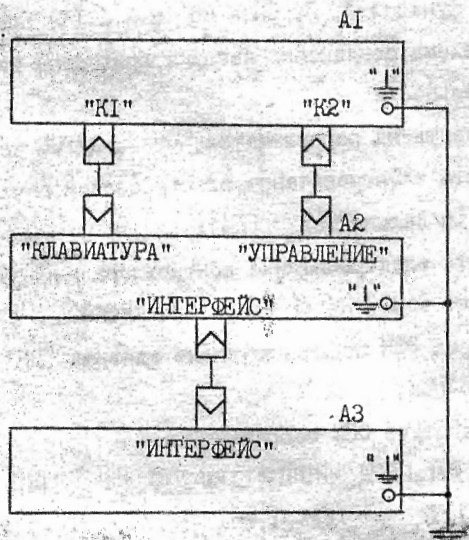
нажать на ЭПМ клавишу " [] ". В мосте включатся индикаторы: "Z₁", РУЧ, "УРИ", "С", "Р", " \leq I", "I,25 кГц" и "ДУ". На отсчетном устройстве моста индицируется, а на ЭПМ отпечатывается результат измерения.

Работу моста в системе интерфейса см. п.9.15.

II.5.5. Испытание электрической прочности изоляции моста (п.2.2.7) проводить по ГОСТ 22261-82 на пробойной установке, обеспе-

чивающей мощность на стороне высокого напряжения не менее 0,25. V.A.

Испытательное напряжение приложить к соединенным вместе штырям вилки кабеля соединительного и зажиму "⏏" моста при включенном тумблере СЕТЬ.



A1 - ЭПМ

A2 - Контроллер интерфейса ФБ310

A3 - Мост

Рис.10

II.5.6. Определение электрического сопротивления изоляции моста (п.2.2.8) проводить по ГОСТ 22261-82 мегаомметром, например M4100/3, при напряжении 500V. Отсчет значения сопротивления изоляции моста проводить через I_{min} после приложения напряжения. Вход мегаомметра подсоединить к соединенным вместе штырям вилки кабеля соединительного и зажиму "⏏" моста при включенном тумблере СЕТЬ.

II.6. Обработка результатов измерений

II.6.1. Абсолютную основную погрешность моста Δ_H определять по формуле

$$\Delta_H = A_M - A_D, \quad (24)$$

где A_M - показание отсчетного устройства моста при измерении соответствующей величины;

A_D - действительное значение образцовой меры.

Относительную основную погрешность моста δ_{z_H} , в процентах, определять по формуле

$$\delta_{z_H} = \frac{A_M - A_D}{A_{НОМ}} \cdot 100, \quad (25)$$

где $A_{НОМ}$ - номинальное значение образцовой меры.

II.6.2. Абсолютную погрешность моста в рабочих условиях применения Δ_p определять по формуле

$$\Delta_p = \Delta_H (1 + B |t_p - 20|), \quad (26)$$

где $B = 0,1 \text{ I}/^\circ\text{C}$ - для классов точности от 0,001 до 0,05;

$B = 0,05 \text{ I}/^\circ\text{C}$ - для остальных классов точности;

t_p - температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$.

Относительную погрешность моста в рабочих условиях применения δ_{z_p} , в процентах, определять по формуле

$$\delta_{z_p} = \delta_{z_H} (1 + B |t_p - 20|) \quad (27)$$

II.7. Оформление результатов поверки

II.7.1. Положительные результаты поверки следует оформлять свидетельством о поверке и (или) клеймением поверяемого моста или записью в паспорте результатов и даты поверки (при этом запись должна быть удостоверена клеймом).

11.7.2. При отрицательных результатах поверки мост признается непригодным для эксплуатации. При этом аннулируется свидетельство (при поверке после ремонта) или гасится клеймо, или вносится соответствующая запись в паспорт.

Потребителю выдается извещение о непригодности и изъятии из обращения и эксплуатации поверяемого моста, не подлежащего ремонту, или о проведении повторной поверки после ремонта.

12. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

12.1. Возможные неисправности моста, которые можно устранить без его разборки, и способы их устранения приведены в табл.12.

12.2. Возможные неисправности моста, устранение которых требует его разборки, способы устранения и другие сведения приведены в руководстве по текущему ремонту З.455.028РД, которое высылается по требованию потребителя.

Таблица 12

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способы устранения
I. После включения тумблера СЕТЬ отсчетное устройство и индикаторы режимов работы моста не светятся	<p>Перегорела вставка плавкая</p> <p>Неисправен шнур питания</p>	<p>Проверить вставку плавкую и в случае неисправности заменить ее</p> <p>Проверить вилку сетевого шнура. При обрыве шнура</p>

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способы устранения
<p>2. При включении тумблера СЕТЬ на отсчетном устройстве отсчет не меняется при смене объекта измерений и запуске моста</p>	<p>Неисправен кабель для подключения объекта измерений</p>	<p>восстановить электрический контакт</p> <p>Проверить исправность кабеля соединительного с помощью омметра.</p> <p>При наличии неисправности кабель заменить или устранить неисправность</p>

13. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

13.1. Мост до введения в эксплуатацию следует хранить на складах в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С.

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

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

13.2. Мост в упаковке изготовителя транспортировать в закрытых транспортных средствах любого вида. Мост при транспортировании само-

летом должен быть размещен в отапливаемом герметизированном отсеке.

Пределные климатические условия транспортирования:

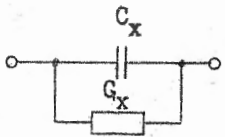
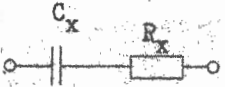
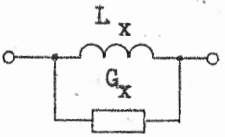
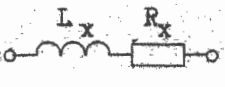
для Р5083 температура окружающего воздуха минус 50 °С (нижнее значение), 50 °С (верхнее значение) и относительная влажность 98 % при температуре 35 °С;

для Р5083-04.1 температура окружающего воздуха минус 50 °С (нижнее значение), 50 °С (верхнее значение) и относительная влажность 100 % при температуре 35 °С.

При транспортировании через районы с холодным климатом в зимнее время нижнее значение температуры минус 60 °С.

Значения механических воздействий на мост при транспортировании должны соответствовать группе I ГОСТ 22261-82.

Тремы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки моста, не должны иметь следов цемента, угля, химикатов и т.п.

Схема подключения измеряемых величин	Формула пересчета измеряемых величин	
	главных	дополнительных
	$C_p = C_x$ $C_s = C_p (I + \operatorname{tg}^2 \delta)$	$\operatorname{tg} \delta_c = Q_R = \frac{G_x}{\omega \cdot C_x}$
	$R_p = \frac{I}{G_x}$ $R_s = \frac{R_p}{I + \operatorname{tg}^2 \varphi}$	$\operatorname{tg} \varphi_c = Q_C = \frac{\omega \cdot C_x}{G_x}$
	$C_s = C_x$ $C_p = \frac{C_s}{I + \operatorname{tg}^2 \delta}$	$\operatorname{tg} \delta_c = Q_R = \omega \cdot C_x \cdot R_x$
	$R_s = R_x$ $R_p = R_s (I + \operatorname{tg}^2 \varphi)$	$\operatorname{tg} \varphi_c = Q_C = \frac{I}{\omega \cdot C_x \cdot R_x}$
	$L_p = L_x$ $L_s = \frac{L_p}{I + \operatorname{tg}^2 \delta}$	$\operatorname{tg} \delta_L = Q_R = \omega \cdot L_x \cdot G_x$
	$R_p = \frac{I}{G_x}$ $R_s = \frac{R_p}{I + \operatorname{tg}^2 \varphi}$	$\operatorname{tg} \varphi_L = Q_L = \frac{I}{\omega \cdot L_x \cdot G_x}$
	$L_s = L_x$ $L_p = L_s (I + \operatorname{tg}^2 \delta)$	$\operatorname{tg} \delta_L = Q_R = \frac{R_x}{\omega \cdot L_x}$
	$R_s = R_x$ $R_p = R_s (I + \operatorname{tg}^2 \varphi)$	$\operatorname{tg} \varphi_L = Q_L = \frac{\omega \cdot L_x}{R_x}$

СОСТАВНЫЕ МЕРЫ

1.1. В качестве составной меры индуктивности при поверке моста может быть использована T-образная цепь, составленная из мер активного сопротивления и емкости, рис. 1.

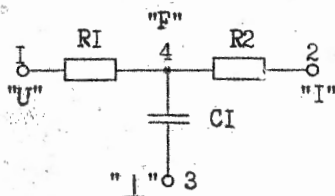


Рис. 1.

В качестве мер активного сопротивления могут быть использованы резисторы типа МРХ, С5-61, Р2-67 и т.п. с номинальным значением от $1 \cdot 10^3$ до $10 \cdot 10^6 \text{ Ом}$. Резисторы выбирают из соотношения $R_1 \geq R_2$.

В качестве мер емкости могут быть использованы конденсаторы типа ССГ, МПГО и т.п. с номинальным значением $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ и $10 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$.

Эквивалентные индуктивность и тангенс угла потерь составной меры индуктивности определять по формулам:

$$L_S = R_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \quad (1)$$

$$L_p = L_S (1 + \text{tg}^2 \delta) \quad (2)$$

$$\text{tg} \delta = \frac{R_1 + R_2}{2\pi f \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot C_1} \quad (3)$$

где L_S (L_p) - эквивалентная индуктивность составной меры, пред

ставленная по последовательной (параллельной) схеме замещения, Н;

R_1 и R_2 - сопротивление мер сопротивления $R1$ и $R2, \Omega$;

C_1 - емкость меры емкости $C1, F$;

f - частота напряжения, приложенного к мере, Hz .

Составные меры индуктивности рекомендуется применять в диапазоне от $0,1$ до $1 \cdot 10^7$ Н. Диапазон частот от 100 до $1 \cdot 10^5$ Hz .

1.2. В качестве составной меры активного сопротивления при проверке моста может быть использована Т-образная цепь, составленная из мер активного сопротивления, рис. 2.

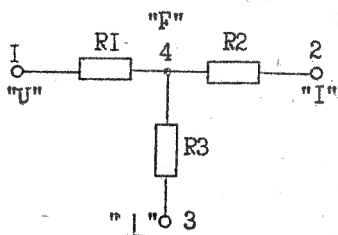


Рис. 2

В качестве мер активного сопротивления могут быть использованы резисторы типа МРХ, С5-61, Р2-67 и т.п. с номинальным значением от $1 \cdot 10^3$ до $10 \cdot 10^6 \Omega$. Резисторы выбирают из соотношения $R1 \geq R2 \geq 3 \cdot R3$.

Эквивалентное сопротивление составной меры активного сопротивления определять по формуле

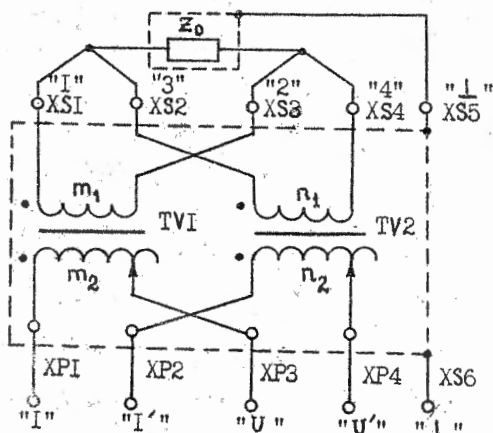
$$R_S = R_p = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}, \quad (4)$$

где $R_S (R_p)$ - эквивалентное сопротивление составной меры, представленное по последовательной (параллельной) схеме замещения, Ω ;

R_1, R_2 и R_3 - сопротивление мер сопротивления R_1, R_2 и R_3, Ω .

Составные меры активного сопротивления рекомендуется применять в диапазоне от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^{10} \Omega$. Диапазон частот от 100 до $1 \cdot 10^5$ Hz.

1.3. В качестве составной меры емкости может быть использована мера, состоящая из измерительного трансформатора импеданса (в дальнейшем - ИИИ) и образцовой меры емкости. Схема электрическая принципиальная составной меры приведена на рис.3.



Z_0 - Образцовая мера C, L или R

TV1, TV2 - Трансформатор. Сердечник М10000НМА К40х25х11,

$m_1 = n_1 = 100$ витков, $m_2 = n_2 = 1-40$ витков

XS1-XS6 - Гнездо 5.574.116

XP1-XP4 - Контакт

Рис.3

Эквивалентное комплексное сопротивление (Z_3) на зажимах "U", "U'", "I'" и "I" меры определять по формуле

$$Z_3 = \frac{m_2 n_2}{m_1 n_1} \cdot Z_0, \quad (5)$$

где $m_1(n_1)$ - число витков первичной обмотки трансформатора TV1 (TV2);

$m_2(n_2)$ - число витков вторичной обмотки трансформатора TV1 (TV2);

Z_0 - значение сопротивления образцовой меры, В, Н или Ω .

Погрешность δ_z , %, преобразования комплексного сопротивления образцовой меры в эквивалентное сопротивление определять по формуле

$$\delta_z = \pm \left(\delta_{z_0} + \frac{2 Z_0}{\pi f L_3} \right), \quad (6)$$

где δ_{z_0} - погрешность аттестации образцовой меры Z_0 , %;

f - частота напряжения, приложенного к мере, НЗ;

L_3 - эквивалентная индуктивность первичных обмоток трансформаторов, Н, определяемая по формуле

$$L_3 = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}, \quad (7)$$

где L_1 - индуктивность первичной обмотки трансформатора TV1, Н;

L_2 - индуктивность первичной обмотки трансформатора TV2, Н.

ИТИ рекомендуется применять при измерениях:

C - в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до 10 F, L - в диапазоне от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ H, R - в диапазоне от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-2} \Omega$. Диапазон частот от 100 до $1 \cdot 10^5$ НЗ.

1.4. Составные меры индуктивности, активного сопротивления и ИГИ должны поверяться не реже одного раза в два года.

Погрешность δ_{Σ} , %, аттестации эквивалентной индуктивности или эквивалентного активного сопротивления определять по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}, \quad (8)$$

где δ_i — погрешность аттестации i -того элемента составной меры, %.

Составные меры индуктивности и активного сопротивления должны быть аттестованы поэлементно с погрешностью, обеспечивающей значение δ_{Σ} , не превышающее значений, указанных в табл. II.

При поверке ИГИ определять число витков первичных и вторичных обмоток трансформаторов TV1 и TV2, а также эквивалентную индуктивность первичных обмоток трансформаторов.

1.5. Для определения погрешности измерений моста при его поверке по составным мерам индуктивности и активного сопротивления в формулах (1) и (4) необходимо учитывать сопротивления входных цепей моста Z_1 и Z_2 соответственно, значения которых, в зависимости от диапазона измерений и f_H , приведены в таблице.

П р и м е ч а н и е . Метрологические приспособления, выполненные на основе составных мер, могут изготавливаться и поставяться предприятием-изготовителем на договорной основе.

Диапазон измерений при f_H , кГц				Сопротивление входных цепей, Ω	
L, H			R, Ω	Z_1	Z_2
0,100-0,999	1,00-9,99	10,0-100	0,100-100		
-	$(3,000-999,9) \cdot 10^3$	$300,0 \cdot 10^0-99,9 \cdot 10^3$	$(30,00-9999) \cdot 10^6$	6,0	6,0
-	$(1,0000-2,9999) \cdot 10^3$	$100,00 \cdot 10^0-299,99 \cdot 10^3$	$(10,000-29,999) \cdot 10^6$	6,0	6,0
$(3,0000-9999) \cdot 10^3$	$(300,00-999,99) \cdot 10^0$	$(30,000-99,999) \cdot 10^0$	$(3,0000-9,9999) \cdot 10^6$	4,5	6,0
$(1,00000-2,99999) \cdot 10^3$	$(100,000-299,999) \cdot 10^0$	$(10,0000-29,9999) \cdot 10^0$	$(1,00000-2,99999) \cdot 10^6$	3,5	6,0
$(300,00-999,99) \cdot 10^0$	$(30,000-99,999) \cdot 10^0$	$(3,0000-9,9999) \cdot 10^0$	$(300,00-999,99) \cdot 10^3$	3,5	1,75
$(100,000-299,999) \cdot 10^0$	$(10,0000-29,9999) \cdot 10^0$	$(1,00000-2,99999) \cdot 10^0$	$(100,000-299,999) \cdot 10^3$	1,5	1,5
$(30,000-99,999) \cdot 10^0$	$(3,0000-9,9999) \cdot 10^0$	$(300,00-999,99) \cdot 10^{-3}$	-	0,25	1,4
$(10,0000-29,9999) \cdot 10^0$	$(1,00000-2,99999) \cdot 10^0$	$(100,000-299,999) \cdot 10^{-3}$	-	0,25	0,8
$(3,0000-9,9999) \cdot 10^0$	$(300,00-999,99) \cdot 10^{-3}$	-	-	1,5	0,8
$(1,00000-2,99999) \cdot 10^0$	$(100,000-299,999) \cdot 10^{-3}$	-	-	0,6	0,8

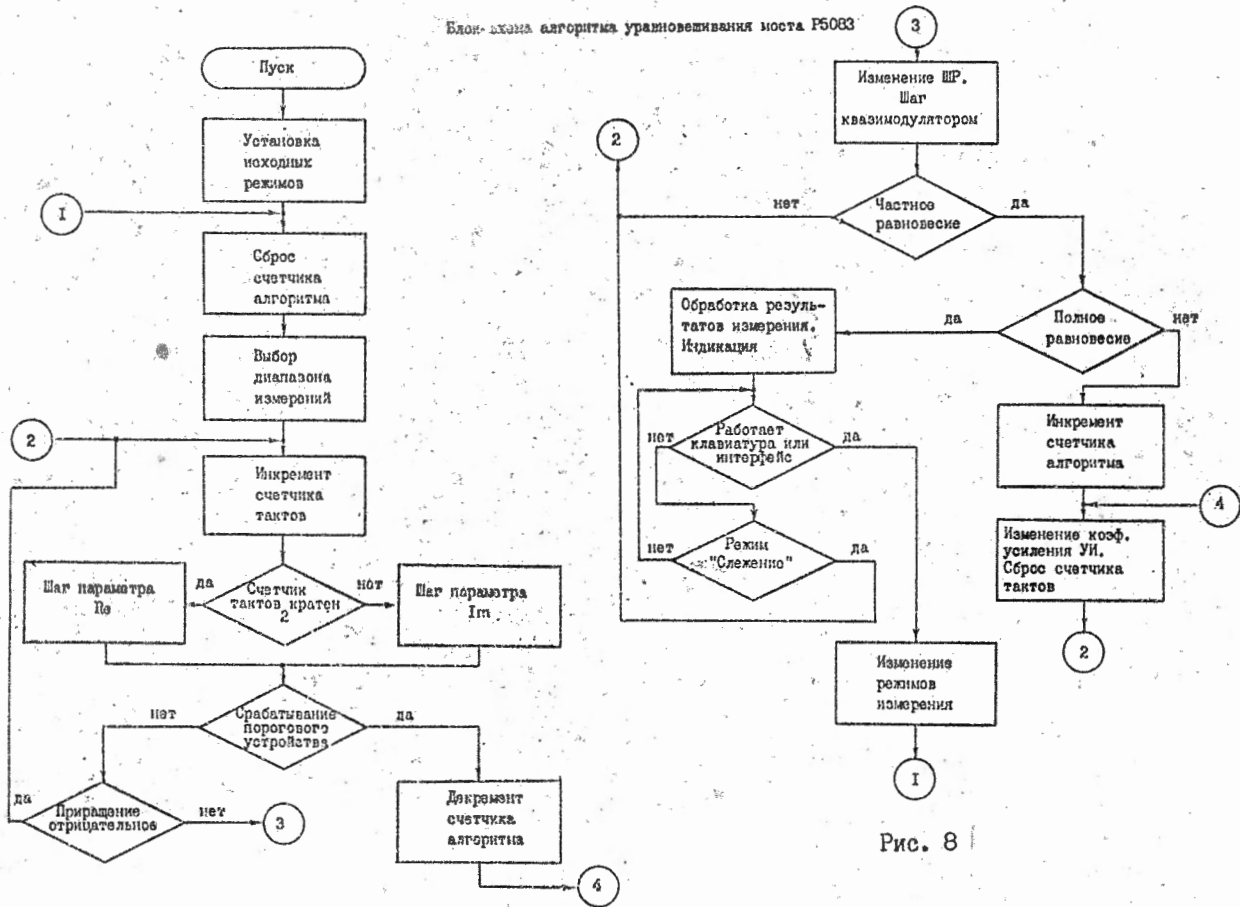


Рис. 8