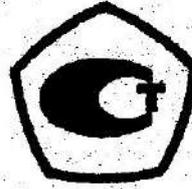




ОКП 42 2198 0011 09



**МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
АВТОМАТИЧЕСКИЙ
С ЦИФРОВЫМ ОТСЧЕТОМ
Р5079**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

I. НАЗНАЧЕНИЕ

I.1. Мост переменного тока автоматический с цифровым отсчетом Р5079 (далее - мост) предназначен для измерения емкости (С) и тангенса угла потерь ($\operatorname{tg}\delta$) конденсаторов и других объектов измерения, а также для измерения проводимости (G) и остаточной емкости высокоомных резисторов.

I.2. Мост используется:

для контроля параметров электро- и радиотехнических изделий;
для научных исследований;

для измерения неэлектрических величин электрическими методами с применением емкостных датчиков.

I.3. Мост предназначен для эксплуатации в условиях умеренного климата в закрытых сухих отапливаемых помещениях при температуре воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности до 80 % при 25 °С.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Характеристики

2.1.1. Диапазоны измерений моста:

по С - от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ Ф;

по $\operatorname{tg}\delta$ - от $5 \cdot 10^{-5}$ до 1 (при $1 \cdot 10^{-11}$ Ф \leq С \leq $1 \cdot 10^{-4}$ Ф);

по G - от $5 \cdot 10^{-12}$ до $4 \cdot 10^{-8}$ См (при $1 \cdot 10^{-15}$ Ф \leq С \leq $1 \cdot 10^{-11}$ Ф)
и от $5 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ См (при $1 \cdot 10^{-15}$ Ф \leq С \leq $4 \cdot 10^{-12}$ Ф).

2.1.2. Предел допускаемой относительной основной погрешности по С и абсолютной основной погрешности по $\operatorname{tg}\delta$ и G при $\operatorname{tg}\delta \leq 0,1$ равен значениям, указанным в табл. I.

При $\operatorname{tg}\delta > 0,1$ предел допускаемой относительной основной погрешности по C увеличивается на значение $0,2 \operatorname{tg}\delta$ - для поддиапазонов 1,0000-9,9999 мкФ, 10,000-99,999 мкФ; $0,1 \operatorname{tg}\delta$ - для поддиапазона 10,000-99,999 пФ и $0,05 \operatorname{tg}\delta$ - для остальных поддиапазонов измерений, в процентах.

2.1.3. Значения напряжения на зажимах моста "Сх" ("U", "U'", "I", "I'"), служащих для подключения объекта измерения (напряжение на объекте измерения), в зависимости от поддиапазона измерений, соответствуют данным, указанным в табл.1.

2.1.4. Частота измерения (1000 ± 2) Гц.

2.1.5. Мост обеспечивает измерение $C, \operatorname{tg}\delta, G$ при десятикратном снижении напряжения на объекте измерения в диапазоне измерений:

по C - от $1 \cdot 10^{-14}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ Ф;

по $\operatorname{tg}\delta$ - от $1 \cdot 10^{-4}$ до 1 (при $1 \cdot 10^{-11}$ Ф $\leq C \leq 1 \cdot 10^{-4}$ Ф);

по G - от $1 \cdot 10^{-11}$ до $4 \cdot 10^{-8}$ См (при $1 \cdot 10^{-14}$ Ф $\leq C \leq 1 \cdot 10^{-11}$ Ф)

и от $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ См (при $1 \cdot 10^{-14}$ Ф $\leq C \leq 4 \cdot 10^{-12}$ Ф).

Значения напряжения на объекте измерения, в зависимости от поддиапазона измерений, указаны в табл.2.

2.1.6. Предел допускаемой относительной основной погрешности по C и абсолютной основной погрешности по $\operatorname{tg}\delta$ и G при десятикратном снижении напряжения на объекте измерения по п.2.1.5 и при $\operatorname{tg}\delta \leq 0,1$ равен значениям, указанным в табл.2.

При $\operatorname{tg}\delta > 0,1$ предел допускаемой относительной основной погрешности по C увеличивается на значение $0,2 \operatorname{tg}\delta$ - для поддиапазонов 1,000-9,999 мкФ, 10,00-99,99 мкФ; $0,1 \operatorname{tg}\delta$ - для поддиапазона 10,00-99,99 пФ и $0,05 \operatorname{tg}\delta$ - для остальных поддиапазонов измерений, в процентах.

2.1.7. Мост обеспечивает возможность его калибровки по внешней образцовой мере через 2 ч после его включения.

Предел допускаемой относительной основной погрешности по C после калибровки моста на каждом из поддиапазонов измерений равен

Таблица I

Измеряемый параметр	Поддиапазон измерений С	Предел допускаемой основной погрешности			Напряжение на объекте измерения, $U_{эфф}$, В, не более			
		по С, %		по G, См и $tg\delta$				
		без калибровки по внешней образцовой мере	с калибровкой по внешней образцовой мере					
С, G	00,001-09,999 пФ	$\pm(0,05 + \frac{500}{A})$	$\pm(0,02 + \frac{500}{A})$	$\pm(0,02G + 5 \cdot 10^{-11})$	45			
	10,000-99,999 пФ			$\pm(0,01tg\delta + 2 \cdot 10^{-4})$				
с. $tg\delta$	100,00-999,99 пФ	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	$\pm(0,005tg\delta + 2 \cdot 10^{-4})$	20			
	1,0000-9,9999 нФ				2			
	10,000-99,999 нФ				2			
	100,00-999,99 нФ				0,2			
	1,0000-9,9999 мкФ				$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	$\pm(0,01tg\delta + 2 \cdot 10^{-3})$	0,2
	10,000-99,999 мкФ				$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm(0,02tg\delta + 2 \cdot 10^{-3})$	0,02

Примечания: 1. $tg\delta$ - измеренное значение $tg\delta$; G - измеренное значение G, См.

2. A - значение цифрового отсчета по С (без учета запятой).

3. Начальное значение диапазона измерений С и значения предела допускаемой основной погрешности по С и $tg\delta$ указаны без учета начальных параметров кабеля для подключения объекта измерения, а также погрешности аттестации внешней образцовой меры.

Таблица 2

Измеряемый параметр	Поддиапазон измерений С	Предел допускаемой основной погрешности		Напряжение на объекте измерения, $U_{эфф}$, В, не более
		по С, %	по Б, См и $tg\delta$	
С, Б	00,01-09,99 пФ	$\pm(0,2 + \frac{500}{A})$	$\pm(0,046 + 1 \cdot 10^{-10})$	4,5
	10,00-99,99 пФ		$\pm(0,02 tg\delta + 1 \cdot 10^{-3})$	
С, $tg\delta$	100,0-999,9 пФ	$\pm 0,2$	$\pm(0,01 tg\delta + 1 \cdot 10^{-3})$	2
	1,000-9,999 нФ			0,2
	10,00-99,99 нФ			0,2
	100,0-999,9 нФ		0,02	
	1,000-9,999 мкФ		$\pm(0,02 tg\delta + 4 \cdot 10^{-3})$	0,02
	10,00-99,99 мкФ		$\pm(0,04 tg\delta + 4 \cdot 10^{-3})$	0,002

Примечания: 1. $tg\delta$ - измеренное значение $tg\delta$; Б - измеренное значение Б, См.

2. А - значение цифрового отсчета по С (без учета запятой).

3. Начальное значение диапазона измерений С и значения предела допускаемой основной погрешности по С и $tg\delta$ указаны без учета начальных параметров кабеля для подключения объекта измерения.

значениям, указанным в табл. I, в течение 6 ч непрерывной работы.

2.1.8. Мост обеспечивает получение результатов измерений не позднее 1 с с момента запуска.

2.1.9. Выбор поддиапазона измерений автоматический.

2.1.10. Результаты измерений по C , $\operatorname{tg} \delta$ и G , а также плавающая запятая и размерность цифрового отсчета по C представляются на индикаторном табло.

2.1.11. Электрические сигналы, соответствующие результатам измерений, подаются в виде параллельно-последовательного двоично-десятичного кода 1-2-4-8 на разъем ЦИФРОПЕЧАТЬ, расположенный на задней стенке моста.

Уровень сигналов равен:

от 0 до 0,4 В - для логического нуля;

от 2,4 до 5,25 В - для логической единицы.

Полярность сигналов положительная.

2.1.12. Управление работой моста осуществляется при помощи сенсорных переключателей, объединенных в группы ЗАПУСК, СТАРТ и РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИИ.

Мост имеет три режима измерений:

поиск (" C_I ");

повторные измерения (" $C_I \dots C_n$ ");

слежение (" $C \operatorname{var}$ ")

и три вида запуска:

ручной (РУЧ);

автоматический (АВТ) с регулировкой времени индикации в интервале от 0,5 до 15 с;

внешний (ВНЕШН), осуществляемый одиночным импульсом или серией импульсов от внешнего источника сигналов, уровень и полярность которых соответствует на нагрузке 10 кОм указанным в п.2.1.11, а длительность равна не менее 20 мкс.

2.1.13. Мост обеспечивает возможность дистанционного управления режимами измерений и видами запуска, осуществляемого внешними сигналами, уровень и полярность которых соответствуют указанным в п. 2.1.11, а длительность - в п. 2.1.12.

2.1.14. Предел допускаемой дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной

$20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до любой в пределах рабочего диапазона (от 10 до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$), равен половине значений, указанных в табл. 1 и 2, на каждые $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменения температуры.

2.1.15. Предел допускаемой дополнительной погрешности, вызванной влиянием внешнего однородного магнитного поля, синусоидально изменяющегося во времени с частотой (50 ± 1) Гц при индукции магнитного поля 0,1 мТл, равен половине значений, указанных в табл. 1 и 2.

2.1.16. Время установления рабочего режима моста не превышает 1 мин.

2.1.17. Продолжительность непрерывной работы моста не менее 8 ч с последующим перерывом 1 ч.

2.1.18. Питание моста осуществляется от сети переменного тока (питающей сети) напряжением 115, 220, 240 В с предельными отклонениями от плюс 10 до минус 15 %, частотой 50 ± 1 и $(60 \pm 1,2)$ Гц; при этом основная погрешность соответствует требованиям пп. 2.1.2, 2.1.6, 2.1.7.

Коэффициент несинусоидальности напряжения не более 5 %.

2.1.19. Мощность, потребляемая мостом от питающей сети, не превышает 60 В·А.

2.1.20. Изоляция между цепью питания и корпусом моста выдерживает в течение 1 мин испытательное напряжение переменного тока частоты 50 Гц с действующим значением 2 кВ.

2.1.21. Сопротивление изоляции между цепью питания и корпусом моста не менее 40 МОм.

2.1.22. Габаритные размеры моста не превышают 490x130x410 мм.

2.1.23. Масса моста не превышает 15 кг.

2.2. Нормальные условия влияющих величин:

температура окружающего воздуха, °C 20 ± 2 ;

относительная влажность, % 65 ± 15 ;

атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) 96 ± 10 (725 ± 25);

напряжение питающей сети, В $115^{+11,5}_{-17,25}$; 220^{+22}_{-33} ; 240^{+24}_{-36} ;

частота питающей сети, Гц 50 ± 1 ; $60 \pm 1,2$;

коэффициент несинусоидальности

напряжения питающей сети, %, не более 5 ;

внешние магнитные поля, кроме магнитного поля Земли, отсутствуют; корпусные зажимы моста должны быть заземлены.

3. КОМПЛЕКТНОСТЬ

3.1. В комплект поставки входят:

мост P5079	1 шт.;
кабель соединительный	4 шт.;
зажим	9 шт.;
наконечник плоский	9 шт.;
вилка 2PM24KPN19Ш1Б1	2 шт.;
блок переходной	1 шт.;
предохранитель ПМ1	1 шт.;
чехол для упаковки принадлежностей	1 шт.;
техническое описание и инструкция по эксплуатации	1 экз.;
паспорт	1 экз.

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА МОСТА

4.1. Устройство моста

4.1.1. Мост состоит из измерительной цепи, системы автоматического уравнивания, блока индикации, устройства ввода информации, блока питания, органов управления и разъемных соединений для связи с внешними устройствами.

Схема электрическая структурная моста приведена на рис. 1.

4.1.2. Расположение основных блоков и узлов моста приведено на рис. 2.

На передней панели моста, кроме элементов, указанных на рис. 2, расположены:

тумблер СЕТЬ;

коаксиальные разъемы для подключения объекта измерения, обозначенные "U", "U'", "I" и "I'";

зажимы для заземления корпуса моста, обозначенные знаком " \perp ";

потенциометр для регулировки цикла запуска, обозначенный ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ;

потенциометр для калибровки моста по внешней образцовой мере и индикатор, регистрирующий включение схемы калибровки, обозначенные КАЛИБР.

На задней стенке моста, кроме элементов, указанных на рис. 2, расположены:

разъем для подсоединения шнура питания, обозначенный СЕТЬ;

разъем для вывода информации о результатах измерений на цифропечать, обозначенный ЦИФРОПЕЧАТЬ;

разъем для подачи сигналов дистанционного управления, обозначенный УПРАВЛЕНИЕ ВНЕШН;

разъем для подачи сигналов внешнего запуска, обозначенный ЗАПУСК;

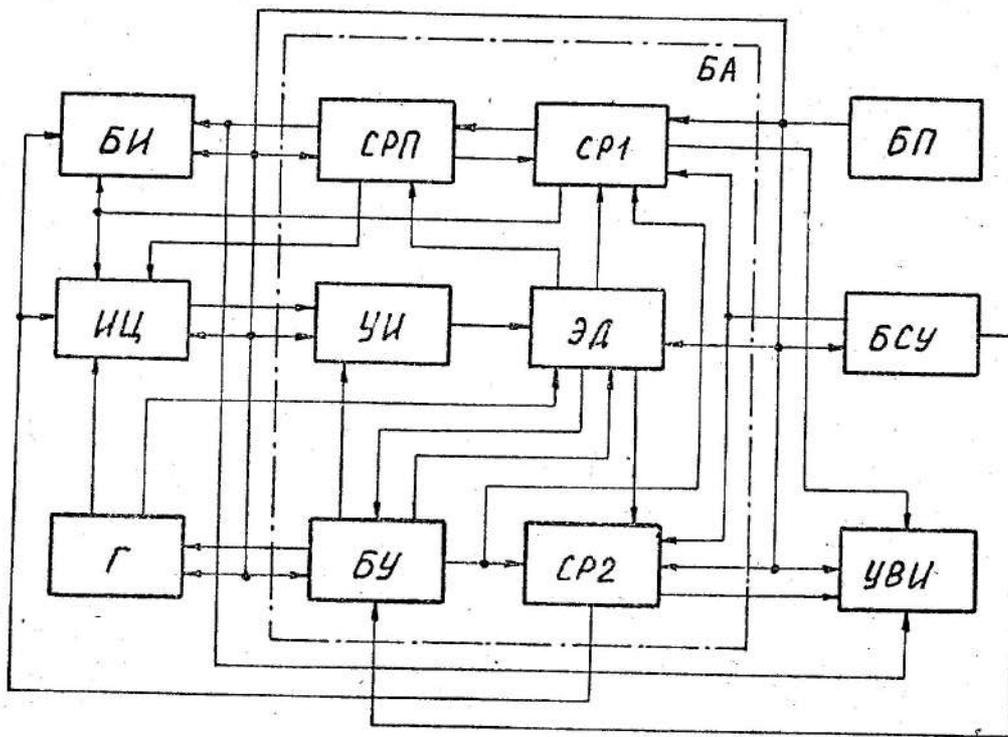


Рис. 1. Мост P5079. Схема электрическая структурная

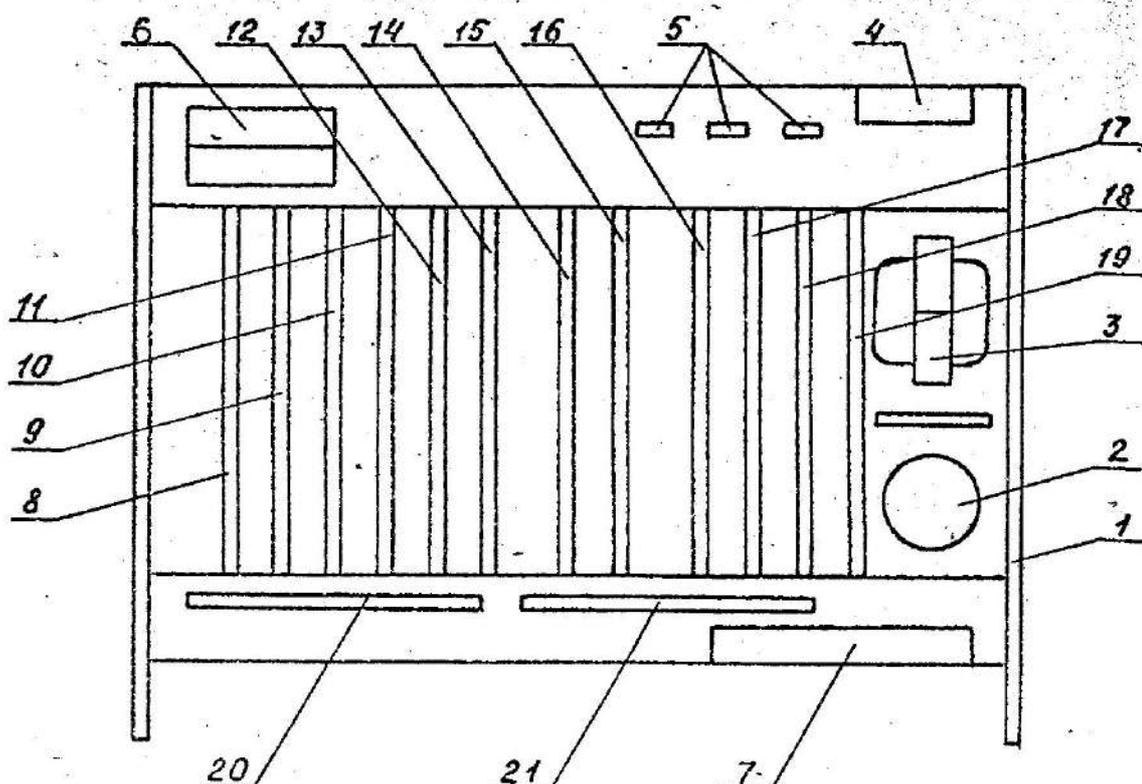


Рис.2 Мост P5079.Расположение блоков и узлов.

1. Корпус моста
2. Образцовая мера емкости C_{01}
3. Трансформатор силовой
4. Переключатель напряжения питающей сети
5. Элементы сетевого фильтра ΦI
6. Компаратор токов KI
7. Блок сенсорного управления БСУ
8. Панель управления коммутацией обмоток компаратора токов УКТ
9. Панель избирательного усилителя УИ
10. Панель экстремум-детектора ЭД
11. Панель блока управления и генератора УГ
12. Панель вывода информации УВИ
13. Панель реверсивных счетчиков основного параметра $CP1$
14. Панель трансформатора напряжения основного параметра TN
15. Панель повторителя напряжения ПН1
16. Панель реверсивных счетчиков вспомогательного параметра $CP2$
17. Панель трансформатора напряжения вспомогательного параметра TNB
18. Панель повторителя напряжения ПН2
19. Панель стабилизаторов напряжения УС-79
20. Панель блока индикации результатов измерения основного параметра И1
21. Панель блока индикации результатов измерения вспомогательного параметра И2

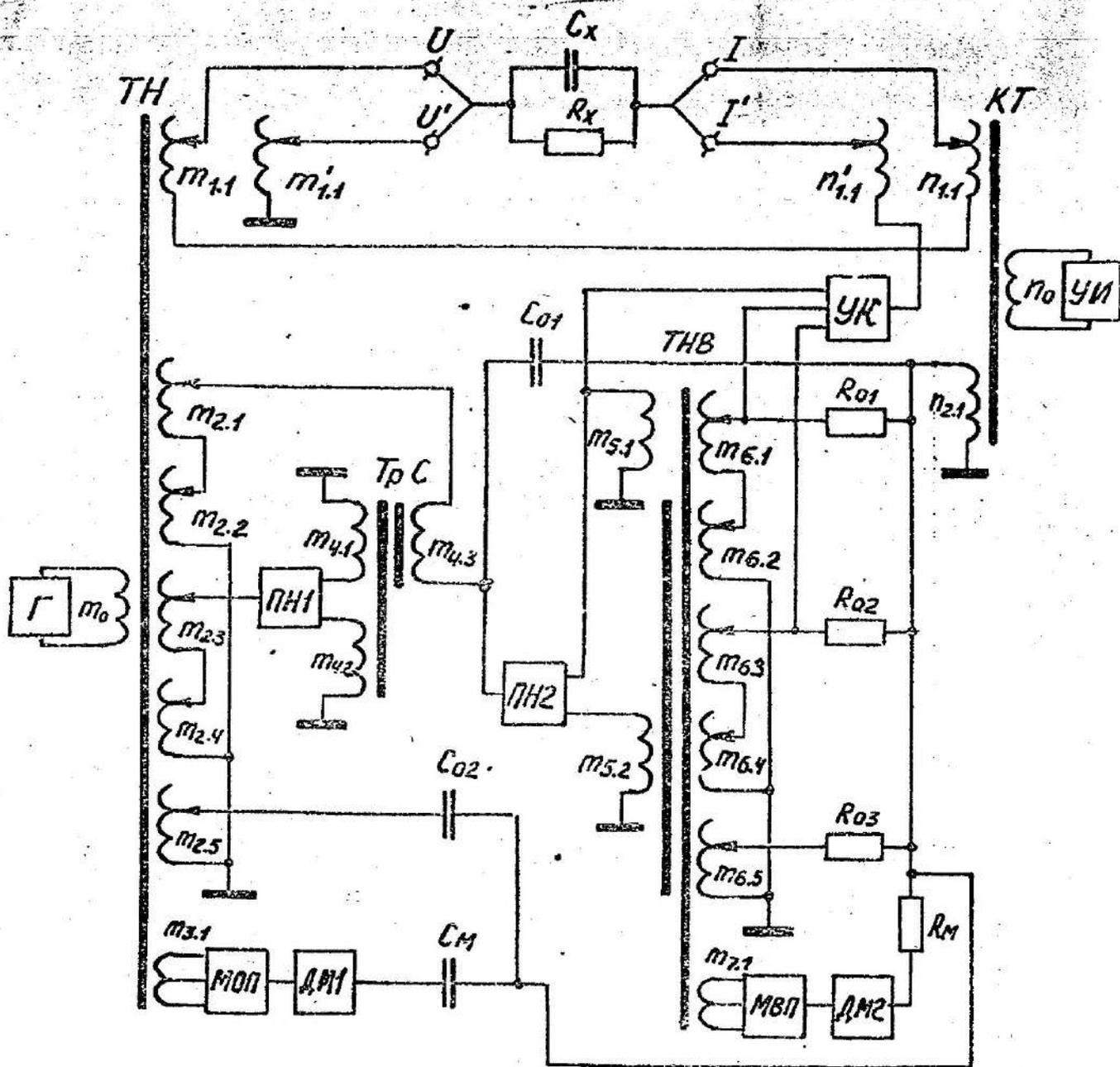


Рис.3. Измерительная цепь моста P5079:

- Г - генератор синусоидального напряжения;
 TH - трансформатор напряжения плечевой;
 TPC - трансформатор напряжения суммирующий;
 THB - трансформатор напряжения вспомогательный;
 KT - компаратор токов;
 ПН1, ПН2 - прецизионные повторители напряжения;
 УК - блок компенсации;
 МОП, МВП - модуляторы основного (емкости) и вспомогательного (тангенса угла потерь) параметров соответственно;
 ДМ1, ДМ2 - делители модуляционного напряжения модуляторов основного и вспомогательного параметров соответственно;
 Cx, Rx - составляющие измеряемого импеданса;
 Co1, Co2 - образцовые меры емкости;
 Ro1-Ro3 - образцовые меры сопротивления;
 Cm, Rm - образцовые меры каналов модуляции по емкости и тангенсу угла соответственно

тумблер для включения схемы калибровки моста по внешней образцовой мере, обозначенной КАЛИБР;

тумблер для десятикратного снижения напряжения на объекте измерения, обозначенный НАПРЯЖЕНИЕ НА ОБЪЕКТЕ ИЗМЕРЕНИЯ;

переключатель напряжения питающей сети, обозначенный "115 V", "220 V" и "240 V".

4.1.3. Измерительная цепь (ИЦ), представляющая собой трансформаторный мост, приведена на рис. 3. Роль плечевых элементов в ней выполняют обмотки $m_{1.1}$, $m_{2.1} - m_{2.5}$ трансформатора ТН и обмотки $n_{1.1}$ и $n_{2.1}$ компаратора токов КТ.

Уравновешивание измерительной цепи по основному параметру (емкости) осуществляется путем регулировки числа витков декадных обмоток $m_{1.1} - m_{2.5}$ трансформатора ТН, а по вспомогательному параметру ($\text{tg} \delta$ и G) - путем регулировки числа витков $m_{6.1} - m_{6.5}$ вспомогательного трансформатора ТНВ.

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

Измерительное напряжение, вырабатываемое включенными последовательно первой, второй и третьей, четвертой декадами трансформатора ТН (обмотки $m_{2.1} - m_{2.2}$ и $m_{2.3} - m_{2.4}$ соответственно) и просуммированное трансформатором ТНС, подается (обмотка $m_{4.3}$) на высокоточную образцовую меру C_{01} .

Повторители напряжения ПН1 и ПН2 используются как буферные устройства, служащие для устранения эффекта шунтирования декадных обмоток низким входным сопротивлением трансформаторов ТНС и ТНВ. Для обеспечения высокой точности передачи измерительных сигналов повторители ПН1 и ПН2 выполнены двухканальными, а трансформаторы ТНС и ТНВ - двухступенчатыми.

Выбор поддиапазонов измерений осуществляется путем регулировки числа витков плечевых обмоток $m_{1.1}$ трансформатора ТН и $n_{1.1}$

формирователя сигналов цифрового отсчета по основному и вспомогательному параметрам, формирователя сигналов символов и запятых схемы опроса, преобразователей.

4.1.7. Блок питания предназначен для создания стабилизированных питающих напряжений 27 В, минус 27 В и 5 В, а также нестабилизированного напряжения 5 В (ИЦ). Он состоит из силового трансформатора, сетевого фильтра, выпрямителей и стабилизаторов напряжений, расположенных на панели УС-79.

4.1.8. К органам управления относятся тумблер СЕТЬ, сенсорные переключатели, тумблер и потенциометр КАЛИБР, тумблер НАПРЯЖЕНИЕ НА ОБЪЕКТЕ ИЗМЕРЕНИЯ.

4.2. Работа моста

4.2.1. Уравновешивание измерительной цепи моста осуществляется в два этапа: вначале производится выбор поддиапазона измерений, затем — уравновешивание непосредственно по десятичным разрядам. При выборе поддиапазона измерений в течение каждого такта уравновешивания ветвь мостовой цепи, содержащая образцовую меру емкости C_0 (см. рис. 3), разрывается.

Уравновешивание измерительной цепи (ИЦ) основано на сравнении в компараторе токов (КТ) двух магнитных потоков: потока, создаваемого ветвью образцовой меры (C_0), и потока, создаваемого ветвью объекта измерения (Z_0). В начале каждого такта модулятор основного параметра (МОП) формирует модуляционное воздействие. По результатам модуляционных воздействий анализируется знак приращения выходного напряжения ИЦ. При соотношении токов I_x / I_0 приращение амплитуды выходного сигнала ИЦ будет отрицательным. Выходной сигнал ИЦ, усиленный избирательным усилителем (УИ) (см. рис. 4), протектированный амплитудным детектором, входящим в УИ, поступает на экстремум-детектор ИД. В ЭД формируется импульс управления, по-

ступающий на реверсивный счетчик поддиапазонов (СРП). В результате ИЦ переводится на поддиапазон, соответствующий большему значению модуля измеряемой величины.

При соотношении токов $|I_x| > |I_0|$ модуляционные приращения выходного напряжения ИЦ становятся положительными и выбор поддиапазона измерений прекращается.

После выбора поддиапазона измерений начинается подекадное уравновешивание моста по основному и вспомогательному параметрам одновременно. В начале каждого такта модулятор одного из параметров (при наборе на старшей декаде основного параметра ≥ 3 - МОП, а при наборе < 3 - МВП) формирует модуляционное воздействие и при помощи ЭД анализируется знак приращения выходного напряжения ИЦ. Результат анализа запоминается. Затем, без выключения модулятора по одному из параметров, включается модулятор второго параметра и снова анализируется знак приращения выходного сигнала ИЦ.

При отрицательных приращениях по обоим параметрам (или по одному из параметров) на реверсивные счетчики СР1 и СР2 (или на один из реверсивных счетчиков) с ЭД поступают счетные импульсы. Направлением счета и модуляции управляют триггеры реверса по основному и вспомогательному параметрам, входящие в состав ЭД.

О достижении равновесия по обоим параметрам свидетельствует наличие положительных модуляционных приращений выходного сигнала УИ. В этом случае в ЭД формируется импульс, поступающий на блок управления (БУ), который переводит счетчик алгоритма из состояния "0000", соответствующего уравновешиванию моста на старшем разряде, в состояние "1000", соответствующее уравновешиванию моста на более младшем разряде. Так происходит до тех пор, пока не будет достигнуто состояние полного равновесия.

Так как по одному из параметров чувствительность на поддиапазоне может изменяться в 10 раз, то возможны такие случаи, когда чув-

ствительность системы уравнивания недостаточна для приведения ИЦ в равновесие. Поэтому алгоритм уравнивания должен предусматривать такую связь попарно уравниваемых декад, которая обеспечивает полное уравнивание моста при любом сочетании измеряемых параметров. Схема такого алгоритма уравнивания приведена на рис. 4.

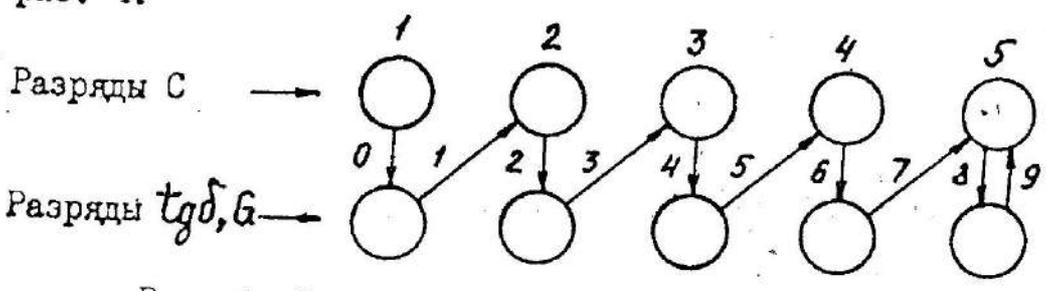


Рис. 4. Схема алгоритма уравнивания моста

Результаты измерений представляются на цифровом табло блока индикации БИ.

Для получения значения проводимости в сименсах соответствующие показания прибора (с учетом запятой) необходимо умножить на 10^{-7} .

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ МОСТА

5.1. Панель ТН (рис. 10, 11) предназначена для выбора поддиапазонов измерений и уравнивания измерительной цепи по основному параметру С. На панели ТН размещены:

- трансформатор напряжения Тр1;
- пять уравнивающих декад ДУ1-ДУ5;
- устройства компенсации УК1-УК3;

модулятор основного параметра (МОП), см. рис. 3, выполненный на элементах Т13-Т18, R24-R27, W14 и W15.

Каждая из уравнивающих декад состоит из транзисторных ключей Т1-Т20, резисторов базовых цепей R1-R20 и дешифратора У1. На входы дешифраторов подаются сигналы в уровнях логики, снимаемые с соответствующих реверсивных счетчиков панели СР1. При наличии информации на входах дешифратора (уровень логической единицы) на выходе дешифратора, соответствующем сумме кода входного сигнала, уста-

наливается нулевой потенциал, и связанный с этим выходом транзисторный ключ, открывается. В результате напряжение с декадной обмотки см. рис. 3, пропорциональное сумме кода выходного сигнала соответствующего реверсивного счетчика панели СРІ, через открытый транзисторный ключ поступает на выход декады. Первая и вторая, а также третья и четвертая декады включены последовательно. Напряжение первой-второй декад подается на вторичную обмотку суммирующего трансформатора $Tr1$, расположенного на панели ПНІ (рис. 14, 15), а напряжение третьей-четвертой декад подается на вход прецизионного повторителя, нагрузкой которого является $Tr1$. Напряжение пятой декады подается на образцовый конденсатор C_{02} , см. рис. 3, расположенный на панели УКТ (рис. 18, 19).

Устройство компенсации УК служит для компенсации постоянной составляющей тока, втекающего в декадные обмотки ТН из цепей управления транзисторными ключами, и создающего постоянное подмагничивание сердечника (ток компенсации создается резистором $R21$), а также для устранения шунтирования декадных обмоток низким выходным сопротивлением этих же цепей управления по переменному току (ток компенсации создается резистором $R22$).

На обмотку W_0 трансформатора подается синусоидальное напряжение с генератора Г, см. рис. 3, конструктивно расположенного на панели УГ (рис. 22, 23). Обмотки $W1$, $W2$, $W4$, $W6$ - $W8$ используются для выбора поддиапазонов измерений. Обмотки $W3$ и $W5$ входят в состав устройства компенсации влияния подсоединительных проводников. Обмотка $W16$ используется для уравнивания измерительной цепи по проводимости.

Модулятор МОП предназначен для формирования модуляционных воздействий по основному параметру. Управляется модулятор сигналами, формируемыми в ЭД.

Модуляционный сигнал подается на резистивный делитель, располо-

женный на панели ПН1.

5.2. Панель ТНВ (рис. 12,13) предназначена для уравнивания измерительной цепи по вспомогательному параметру $tg\delta$ (или проводимости - G). На панели размещены:

трансформатор напряжения Тр1;

пять уравнивающих декад ДУ1-ДУ5;

устройства компенсации УК1, УК2;

модулятор вспомогательного параметра МВ1, см. рис. 3, выполненный на элементах Т13-Т18, R23-R26, W8 и W9.

На обмотки W1, W2 подается напряжение с выхода повторителя ПН2.

Работа устройств ДУ1-ДУ5, УК1, УК2 и модулятора подобна работе аналогичных устройств панели ТН. Пятая декада выполнена неполной.

5.3. Панель ПН1 (рис. 14,15) предназначена для устранения эффекта шунтирования обмоток третьей-четвертой декад панели ТН низким входным сопротивлением суммирующего трансформатора Тр1.

На панели ПН1 расположены:

повторитель напряжения, выполненный на транзисторах Т1-Т3 и Т6-Т8;

делитель напряжения МОП, выполненный на микросхеме У1 и транзисторах Т4, Т5, Т9-Т11;

суммирующий трансформатор Тр1;

трансформатор седьмого предела Тр2;

устройство коммутации пределов, выполненное на микросхеме У2, и реле Р1-Р5.

Для обеспечения высокой точности передачи измерительных сигналов повторитель выполнен двухканальным. Его основной (грубый) канал собран на транзисторах Т1-Т3, а вспомогательный (точный) - на транзисторах Т6-Т8.

При помощи точного канала выделяется ошибка передачи напряже-

ния основным каналом, а на трансформаторе TrI происходит суммирование выходного напряжения основного канала с напряжением ошибки.

Выход основного канала нагружен на обмотку $W1$, а вспомогательного - на $W2$ трансформатора TrI , представляющего для повторителя двухступенчатую нагрузку.

На вторичную обмотку трансформатора TrI поступает с панели TH напряжение первой-второй декад. Суммарное напряжение первой-второй и третьей-четвертой декад со вторичной обмотки трансформатора TrI подается в ветвь образцовой меры C_{01} , см. рис. 3.

На резистивный делитель $R19$, $R24$, $R27$, $R31$ поступает напряжение MOI с панели TH .

С резистивного делителя через один из транзисторных ключей, открывающихся в зависимости от состояния счетчика BY , выходные сигналы которого подаются на входы микросхемы UI делителя, напряжение подается на панель $УКТ$.

При помощи устройства коммутации пределов, которое управляется счетчиком пределов $СП$, напряжения, снимаемые с основных и компенсационных обмоток трансформатора TrI , (панель TH) подаются соответственно на коаксиальные разъемы " U " и " U' ", расположенные на лицевой панели моста.

5.4. Панель $PH2$ (рис. 16, 17) предназначена для устранения эффекта шунтирования обмоток первой-второй декад трансформатора TrI (панель TH) низким входным сопротивлением трансформатора напряжения TrI панели THB .

На панели $HP2$ расположены:

повторитель напряжения, выполненный на транзисторах $T6$, $T12$ и $T13-T16$;

делитель напряжения MVI , выполненный на микросхеме UI и транзисторах $T7-T11$;

формирователи токов компенсации влияния подсоединительных про-

водников, образующие устройство компенсации (УК), см. рис. 3, выполненные на транзисторах Т17-Т24 и микросхеме У2.

Реализация и принцип действия повторителя подобны аналогичному повторителю, расположенному на панели ПН1. На входе повторителя ПН2 имеются транзисторные ключи Т1-Т5, предназначенные для перевода измерительной цепи в режим измерения по проводимости (G). Нагрузкой повторителя является трансформатор Тр1 (панель ТНВ): грубый канал нагрузки на обмотку $W1$, а точный - на обмотку $W2$.

Делитель напряжения МВП работает также, как и аналогичный делитель МОР, расположенный на панели ПН1. Напряжение с выхода МВП подается на панель УКТ.

Реактивная составляющая тока компенсации формируется генератором тока, выполненным на транзисторах Т18, Т19, образцовых конденсаторах С10-С14 и потенциометре R59. Активная составляющая тока компенсации формируется генератором тока, выполненным на транзисторах Т17, Т20, Т21 и образцовых резисторах R49, R52, R54-R57, R60, R64 и R65. Дешифратор У2 предназначен для управления транзисторными ключами Т22-Т24, при помощи которых осуществляется регулировка величины тока компенсации в зависимости от поддиапазона измерения.

Ток компенсации подается на обмотку $W4'$ компаратора токов КТ.

5.5. Панель УКТ (рис. 18, 19) предназначена для коммутации обмоток компаратора токов КТ.

На панели расположены:

устройство коммутации пределов, выполненное на микросхеме У1 и реле Р1-Р5;

образцовые меры R3, R4 и С1 (R_m , R_{01} и C_m соответственно, см. рис. 3);

образцовые меры R8, R9, R10 и С7 (R_{03} , R_{02} и C_{02} соответственно, см. рис. 3);

схема компенсации остаточных параметров ветви образцовой меры,

выполненная на элементах Т1, С2 и Р6;

схема подгонки образцовой меры (элементы Р7 и С5);

схема обнаружения переполнения и короткого замыкания на электродах объекта измерения, выполненная на микросхемах У2-У6.

При помощи устройства коммутации пределов, которое управляется счетчиком пределов СРП, основные и компенсационные обмотки компаратора токов КТ подключаются соответственно к коаксиальным разъемам "I" и "I", расположенным на лицевой панели моста.

Резисторы R4, R8 и R10 используются для создания образцовых токов, при помощи которых осуществляется уравнивание активной составляющей объекта измерения. Потенциометром R9 устраняется нестыковка между первой и второй и третьей-четвертой декадами вспомогательного параметра.

Схема обнаружения переполнения и короткого замыкания на объекте измерения предназначена для сигнализации о выходе значения какого-либо параметра измеряемой величины за пределы измерений моста, а также о наличии короткого замыкания на электродах объекта измерения. На вход схемы переполнения приходят импульсы с панелями СР1 и СР2. Схема формирует сигналы, поступающие на входы блокировки дешифраторов блока индикации (панели И1 и И2).

При выходе каких-либо из параметров объекта измерения за пределы измерений моста, индикаторное отсчетное табло, соответствующее этому параметру, переводится в режим "миганий", а при коротком замыкании электродов объекта измерения индикаторное табло гасится. Здесь же формируется сигнал гашения пятих разрядов цифровых индикаторов при десятикратном снижении напряжения на объекте измерения.

5.6. Компаратор токов (КТ), представляющий собой трансформатор тока (Тр.З, рис.36), является элементом измерительной цепи, предназначенным для сравнения магнитных потоков, формируемых ветвями образцовой меры и измеряемого объекта. С выходной обмотки W_0 КТ выходной

сигнал измерительной цепи подается на УИ.

5.7. Панель УИ (рис. 8, 9) предназначена для усиления, детектирования и выделения огибающей выходного сигнала ИЦ (сигнала неравновесия), снимаемого с выходной обмотки (Пс) компаратора токов, см. рис. 3.

Для спрямления линий уравнивания мостовой цепи выходная обмотка ИТ (По) поставлена в режим короткого замыкания, что обеспечивается низким входным сопротивлением первого каскада УИ, реализованного на операционном усилителе (микросхема У1) и выполняющего функцию преобразователя "ток-напряжение".

Дальнейшее усиление сигнала неравновесия осуществляется при помощи усилительно-избирательного тракта, выполненного на транзисторах Т2-Т7, Т10-Т15, и резистивного широкополосного усилителя, выполненного на транзисторах Т17, Т18.

Каскады на транзисторах Т5-Т7 и Т13-Т15 являются электронными имитаторами резонансных LC-контуров. Аналогичную структуру имеют каскады на транзисторах Т2-Т4 и Т10-Т12, выполняющие функции режекторных фильтров, настроенных на частоту второй и третьей гармоники рабочей частоты соответственно.

Выходной сигнал с широкополосного усилителя поступает на амплитудный детектор (выпрямитель Д7), а затем на гребенчатый фильтр, выполненный на элементах R59, C23, C24, Q1, Q2 и Т19-Т21.

В процессе уравнивания измерительной цепи коэффициент усиления УИ ступенчато увеличивается по мере перехода на более младшие разряды при помощи транзисторных ключей Т1, Т8, Т9 и Т16.

Это необходимо для поддержания на выходе усилителя сигнала одинаковой амплитуды на всех разрядах.

Общий коэффициент усиления УИ составляет 10000, а коэффициент преобразования "ток-напряжение" - $5 \cdot 10^4$ мкВ/мкА. Избирательность УИ по второй гармонике рабочей частоты не менее 30 дБ.

Выходной сигнал УИ подается на панель ЭД.

5.8. Панель ЭД (рис. 20, 21) предназначена для анализа приращений измерительного сигнала, поступающего с УИ, и формирования сигналов, необходимых для работы системы автоматического уравновешивания моста, а также для формирования модуляционных воздействий.

На панели ЭД расположены:

узел анализа огибающей сигнала неравновесия, собранный на транзисторах Т2, Т3, Т5-Т8 и микросхемах У5.4, У7.2, У9.3, У10, У12.3, У12.4, У13.1, У13.3, У13.4 и У14;

пороговое устройство, выполненное на элементах Д1, Т1, Т4;

узел формирования тактовых сигналов и модуляционных воздействий, собранный на элементах У1-У4, У5.3, У6, У7.1, У8, У9.1, У9.2, У9.4, У10, У11, У12.1, У12.2, У13.2 и У15-У17.

Узел анализа огибающей формирует сигналы, поступающие при отрицательной полярности модуляционных приращений на реверсивные счетчики (панели СР1 и СР2), а при положительной - на триггеры реверса У15 и У16.

Модулированный сигнал неравновесия измерительной цепи поступает с усилителя УИ на запоминающую емкость С3 устройства анализа огибающей. Напряжение, возникающее на емкости С3, при отпирании ключа Т2 (он управляется транзисторами Т3 и Т5 и отпирается на 0,5 мс перед началом и окончанием каждого из модуляционных воздействий) дифференцируется цепочкой С4, R10 и усиливается усилителем У10.

При наличии в огибающей сигнала УИ отрицательных модуляционных приращений на коллекторах транзисторов Т6 или Т8 (при нулевых потенциалах на эмиттерах этих транзисторов) возникают отрицательные импульсы. При наличии импульса на коллекторе транзистора Т6 опрокидывается D-триггер У7.2 и тактовые импульсы "i" проходят через микросхемы У5.4 и У12.3 на шину "Распределитель С". При наличии импульса на коллекторе транзистора Т8 опрокидывается R-S-триггер

(УЗ.3 и У14.1) и импульсы "i" проходят через микросхему У14.3 на шину "Распределитель t_{gd} ". Синхронизация импульсов, возникающих на указанных транзисторах, с модуляционными воздействиями осуществляется подключением эмиттеров транзисторов Т6 и Т8 к выходам микросхем У11.1 и УЗ.3 соответственно.

При отсутствии в огибающей выходного сигнала УИ отрицательных приращений импульсы на коллекторах транзисторов Т6 или Т8 отсутствуют и триггеры У7.2 или У9.3 и У14.1 находятся в исходном состоянии. Это снимает блокировку с входов J и K триггеров У15, У16, и импульсы последовательности "j" изменяют их состояния. Изменение состояния триггера реверса свидетельствует о равновесии измерительной цепи по соответствующему параметру на данном разряде. В этом случае на шине "Алгоритм" появляется импульс, переводящий счетчик ВV в состояние, соответствующее уравниванию на более младшем разряде.

Для устранения автоколебаний системы уравнивания моста на границах поддиапазонов измерений D-триггер У7.2 и R-S-триггер УЗ.3, У14.1 принудительно опрокидываются импульсами, поступающими на ЭД по шинам "Выход СР(П)" и "Выход СР (t_{gd})" с панелей УВИ и СР2 соответственно.

При значительном неравновесии измерительной цепи амплитуда напряжения на входе порогового устройства превышает опорное напряжение, создаваемое стабилитроном Д1, что приводит к отпиранию транзисторов Т1 и Т4. С коллектора Т4 по шине "Поиск" сигнал подается на триггер "Поиск" панели УГ.

Для формирования модуляционных воздействий используются тактовые сигналы "p" и "q", длительность которых составляет 12 и 6 мс соответственно, и сигналы триггеров реверса У15 и У16. Сигналы "p" и "q" формируются по тактовым сигналам (Сигнал Т"), поступающим на панели УГ, делителями на три (микросхемы У1 и У2). Расширение

длительности тактовых сигналов "р" и "g" в два раза осуществляется подачей сигнала логической единицы на установочный вход "S" D-триггера У7.1.

В зависимости от чувствительности измерительной цепи осуществляется изменение длительности и полярности модуляционных воздействий по основному и вспомогательному параметрам. Информация о чувствительности поступает на шину "Сигнал \geq 3" из панели СР1. При логическом нуле на этой шине модуляционные воздействия по емкости и тангенсу угла потерь синфазны с сигналами "g" и "р" соответственно, а при логической единице - синфазны с сигналами "р" и "g".

Из тактового сигнала "g" при помощи микросхемы У8 и RC-цепочек формируются импульсы последовательности "j" и "k", сдвинутые относительно импульсов последовательности "i" и друг от друга на 30-80 мкс.

5.9. Панель УГ (рис. 22, 23) определяет порядок работы (алгоритм) системы автоматического уравнивания моста.

На панели расположены:

схема, определяющая порядок работы моста при выборе поддиапазона измерений (микросхемы У3.2, У5.2, У8.2, У9.1 и У11);

формирователь сигналов ВУ, выполненный на элементах У1.4, У3.3, У3.4, У4.4, У5.3, У6.2, У8.1, У8.3, У9.2, У13.1, У14.1, У14.2 и У15;

триггер "Стоп", выполненный на элементах У3.4, У5.4 и У13.2;

триггер "Поиск", выполненный на элементах У7 и Т13;

формирователь сигналов управления чувствительностью усилителя, выполненный на элементах У10, У12 и Д4-Д7;

задающий генератор, выполненный на элементах У2, Т1 и Т3-Т12;

формирователь тактовой частоты, выполненный на элементах У5.1 и Т2.

Счетчик У11 имеет пять состояний:

"000" - соответствует выбору предела при слепом поиске;

"100" - задержка;

"010" - выбор предела при помощи модуляции;

"110" - задержка;

"001" - уравнивание на декадах.

Задержка равная одному периоду последовательности "К", необходима для установления переходных процессов в тракте "измерительная цепь - избирательный усилитель".

В этом состоянии происходит периодический разрыв цепи образцовой меры моста синфазно с сигналом "Р", необходимый для образования приращений амплитуды выходного напряжения измерительной цепи, используемых при выборе поддиапазонов измерений.

После выбора необходимого поддиапазона измерений импульс, поступающий с ЭД по шине "Алгоритм", переводит счетчик У11 в состояние "110", а затем импульс "К" переводит счетчик в состояние "001", соответствующее уравниванию по декадам. При этом с триггера У13.1 (по входу 01) и со счетчика У15 (по входу 14) снимается блокировка и на вход 05 счетчика БУ (У15) поступают импульсы "Алгоритм", переводящие его последовательно из состояния "0000" в состояние "1001". В этом состоянии счетчика на вход 09 микросхемы У3.3 подается нулевой потенциал с выхода 08 микросхемы У6.2, блокирующий поступление импульсов "Алгоритм" на вход 05 счетчика БУ.

Одновременно с этим снимается принудительная установка в ноль триггера "Стоп" (элемент У13.2) по входам 12, 13 и первый же импульс "Алгоритм" устанавливает его в состояние единицы, свидетельствующее об окончании уравнивания измерительной цепи. По сигналу триггера "Стоп" задающий генератор выключается.

При десятикратном снижении напряжения на объекте измерения (при включении тумблера НАПРЯЖЕНИЕ НА ОБЪЕКТЕ ИЗМЕРЕНИЯ) на вход 07 микросхемы У10 подается потенциал логической единицы. На выходе микросхемы У10 образуется сумма входных кодов, отличающихся от кода БУ на два. В этом случае счетчик БУ блокируется в состоянии "0110",

соответствующем уравновешиванию на четвертых разрядах обоих параметров. Сигналы БУ подаются на распределители, расположенные на панелях СР1 и СР2.

При значительном неравновесии измерительной цепи срабатывает устройство "слепого поиска", состоящее из порогового устройства, расположенного на панели ЭД и триггера "Поиск". По шине "Поиск" с порогового устройства поступает нулевой потенциал, снимающий блокировку по установочному входу R триггера "Поиск", и первый же тактовый импульс "i" опрокидывает его в состояние логической единицы.

При этом счетчик У11 по входу R принудительно сбрасывается в состояние "000" и импульсы тактовой последовательности "i" поступают на вход обратного счета счетчика БУ. Счетчик БУ изменяет свои состояния в направлении, соответствующем уравновешиванию измерительной цепи по более старшим разрядам. С изменением состояний счетчика уменьшается коэффициент усиления избирательного усилителя, т.е. уменьшается напряжение на его выходе, а значит и на входе устройства "слепого поиска". Из состояния счетчика "0100", соответствующего уравновешиванию измерительной цепи по третьему разряду, первым же импульсом "i" счетчик переводится в состояние "0000", соответствующее уравновешиванию измерительной цепи по первому разряду. Однако, если при этом напряжение на входе устройства "слепого поиска" превышает опорное напряжение, то происходит выбор поддиапазона измерений. В этом случае с микросхемы У4.3 импульсы последовательности "i" поступают на вход СР1, расположенный на панели УВИ. Включение требуемого поддиапазона измерений вызывает уменьшение напряжения неравновесия измерительной цепи и отключение устройства "слепого поиска". Начинается подекадное уравновешивание моста.

Задающий генератор собран на микросхеме У2. В качестве колебательного контура использован мост Вина (R1, R2, R3, C1, C2). Потенциометром R2 устанавливается частота генератора. В цепь автомати-

Числой регулировки усиления (МУ) исходя элементов Т1, Д1, Д2, R1-R6, R9, P10 и С4. Потенциометром R9 устанавливается амплитуда напряжения генератора. На транзисторах Т6-Т11 выполнен двухтактный усилитель мощности. Транзисторы Т3, Т5 и резистор R16 служат для снижения напряжения генератора в десять раз. С помощью транзисторов Т4 и Т12 генератор после уравновешивания измерительной цепи выключается.

Генератор формирует синусоидальное напряжение с действующим значением $(5 \pm 0,5)$ В и частотой (1000 ± 5) Гц. Коэффициент гармоник $\leq 0,5$ %. Это напряжение подается на первичную обмотку плечевого трансформатора измерительной цепи, расположенного на панели ТН.

Формирователь тактовой частоты из синусоидального напряжения задающего генератора формирует прямоугольные импульсы, используемые в панели ЭЦ.

5.10. Панель СР1 (рис. 24, 25) предназначена для управления коммутацией транзисторных ключей уравновешивающих декад панели ТН, записи и хранения информации о состоянии измерительной цепи по основному параметру и выдаче ее на блок индикации И1 и панель УВИ.

На панели размещены:

двоично-десятичные реверсивные счетчики СР1-1 - СР1-5, служащие для уравновешивания по разрядам и выполненные на микросхемах У1 и У2;

распределитель счетных импульсов, выполненный на микросхемах У1.4, У3.1, У4.1, У5.1, У6;

схема устранения неустойчивости, выполненная на микросхемах У3.4; У4.2; У4.3, У5.4, У8.2, У15.1, У16.1-У16.3.

Схема устранения нуля на старшей декаде, включающая схему устранения неустойчивости (за исключением элементов У4.3, У5.4) и элементы У5.3, У11.2, У15.2;

преобразователь двоично-десятичного кода в параллельно-послед-

Дователен, выполнен на микросхемах У9, У10, У13 и У14.

СРІ работает следующим образом. На распределитель (по шине "Распределитель С") с панели ЭД поступают счетные импульсы. С распределителя эти импульсы, в зависимости от состояния счетчика ВУ, поступают на один из счетчиков СРІ-1 - СРІ-5 (в исходном состоянии на счетчик СРІ-1). Счетчик производит запись информации в прямом счете, если сигнал на шине реверса ШР (С) соответствует логической единице, или в обратном, если сигнал на шине ШР (С) соответствует логическому нулю. При достижении равновесия на данной декаде счетчик ВУ переходит в следующее состояние и счетные импульсы с распределителя поступают на счетчик более младшего разряда и т.д. до состояния полного равновесия измерительной цепи и соответствующего заполнения всех счетчиков.

Записанная информация хранится в счетчиках до очередного запуска моста. При запуске моста в режиме измерения "С" все счетчики устанавливаются в нулевое состояние по установочному входу R.

Для устранения неустойчивости отсчета по основному параметру, возникающей из-за нестыковки на границах поддиапазонов, предусмотрена такая работа системы уравнивания моста, при которой запрещается смена поддиапазонов, если значение измеряемой величины лежит в зоне нестыковки. С этой целью при работе счетчика младшей декады в обратном счете устанавливаются состояния от "10000" до "09989", после чего срабатывает схема устранения "0" на старшем разряде и формируется сигнал, устанавливающий в третьем разряде цифру "8", в результате чего на индикаторном табло устанавливается отсчет "99889". При таком отсчете мост переводится на более младший поддиапазон измерения и осуществляется доуравнивание измерительной цепи и соответствующее заполнение счетчиков по основному и вспомогательному измеряемым параметрам.

Благодаря этому, неустойчивость отсчета, связанная с циклическим переходом из одного поддиапазона на другой, устраняется.

Схема устранения нуля на старшей декаде формирует импульс, поступающий на счетчик СР1-1 во всех случаях, кроме описанного выше.

Преобразователь двоично-десятичного кода в параллельно-последовательный работает следующим образом. На информационные входы коммутаторов поступает информация с реверсивных счетчиков, на входы управления - сигналы, сформированные схемой опроса (СТО), расположенной на панели УВИ. При наличии потенциала логического нуля на разрешающих входах коммутаторов на их выходы поступает информация только с того информационного входа, который соответствует сумме кода счетчика СТО. Информация с выходов коммутаторов подается на панель УВИ.

5.11. Панель СР2 (рис. 26, 27) предназначена для управления коммутацией транзисторных ключей уравновешивающих декад панели ТИВ, записи и хранения информации о состоянии измерительной цепи по вспомогательному параметру и выдаче ее на блок индикации И2 и панель УВИ.

На панели размещены:

двоично-десятичные реверсивные счетчики СР2-1 - СР2-4, выполненные на микросхемах У1.1, У2;

счетчик пятого разряда, выполненный на микросхемах У3.2, У4.2, У6.1, У6.2, У6.4, У7.2 и У8;

размещатель счетных импульсов выполненный на микросхемах У9.1, У9.2, У11.1, У9, У13 и У14;

преобразователь двоично-десятичного кода в параллельно-последовательный, выполненный на микросхемах У4.4, У5, У10, У11 и У13.

Принцип и порядок работы узлов панели СР2 такой же, как и аналогичных узлов панели СР1, описанной в п. 5.10.

5.12. Панель УВИ (рис. 28, 29) предназначена для формирования сигналов поддиапазонов, запятых и символов, а также для работы моста с цифropечатающим устройством ЦПУ.

На панели расположены:

счетчик пределов СРП, выполненный на микросхемах У1.1,2; У2.1,2; У3.1-У3.3 и У5;

формирователь сигналов запятой и символов, выполнен на микро-
схемах У6, У7, У8.2-У8.4, У9 и У11;

схема опроса коммутаторов СТО, выполненная на элементах У1.3,4;
У4; У8.1; У10 и Т3-Т6;

преобразователи уровней напряжений К1-К6,

Счетчик СР1 формирует сигналы поддиапазонов используемые для
коммутации реле пределов, расположенных на панелях ПИ и УКТ.

Формирователь сигналов запятой и символов формирует по сигналам
СР1 потенциалы, используемые в блоке индикации ИИ для высвечивания
запятой в 1, 2 и 3 разрядах, а также символов "Р", "П", "Д".

Схема опроса коммутаторов работает следующим образом. После
окончания процесса уравнивания по отрицательному перепаду по-
тенциала на шине "Триггер "Стоп" формируется импульс "конец изме-
рения" (КИ), который преобразуется ключем К6 в импульс "КИ-ЦП", по-
ступающий через разъем ЦИФРОПЕЧАТЬ на ЦПУ. ЦПУ вырабатывает синхро-
импульсы С(П), поступающие на вход счетчика опроса СТО при наличии
разрешающего потенциала на входе 02 элемента У8.1. Сигналы, сформирова-
нные схемой опроса, в виде двоичного кода подаются на входы управ-
ления коммутаторов, расположенных на панелях СР1 и СР2.

Вначале производится опрос коммутаторов основного параметра,
затем коммутаторов вспомогательного параметра. Сигнал разрешения
на опрос коммутаторов основного параметра формируется импульсом КИ
и подается на входы L коммутаторов панели СР1. Сигнал разрешения
на опрос коммутаторов вспомогательного параметра формируется по си-
гналу "С-СТО" и подается на входы L коммутаторов панели СР2. С вы-
ходов коммутаторов информация поступает на схемы совпадения И-НЕ,
а оттуда — на преобразователи К2-К5. Через преобразователь К1 прохо-
дит информация о запятой.

Преобразователи К1-К6 представляют собой транзисторные ключи
и служат для преобразования сигналов в уровни ТТЛ относительно кор-

пуска прибора.

С преобразователей И1-И6 сигналы подаются на разъем ЦИФРОПЕЧАТЬ.

5.13. Панель И1 (рис. 30, 31) предназначена для представления результатов измерений по основному параметру.

Панель состоит из цифровых индикаторов Э1-Э3 и дешифраторов У1, У2.

5.14. Панель И2 (рис. 32, 33) предназначена для представления результатов измерений по вспомогательному параметру.

На панели, кроме цифровых индикаторов Э1, Э2 и дешифраторов У1, расположены:

формирователь сигналов режимов измерения, выполненный на элементах У3.1, У3.2, У4.1, У4.2 и У5.1;

формирователь сигналов вида запуска, выполненный на элементах У2, У3.3, У3.4, У4.3; У5.2-У5.4, У6.2, У6.3, У7.2, У7.3 и Т2;

формирователь сигналов автоматического запуска моста, выполненный на элементах У7.1, У6.4, У8, Т1 и С2.

На входы формирователей режимов измерения и видов запуска поступают сигналы от блока сенсорного управления. Выходные сигналы формирователей используются для коммутации необходимого режима измерения и вида запуска, а также для регистрации включения режима измерения или вида запуска (загорается соответствующий светодиод блока сенсорного управления).

Формирователь сигналов автоматического запуска моста представляет собой ждущий мультивибратор. Его элементы - времязадающая цепочка С2, К16 и потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ, расположены на лицевой панели моста.

Формирователь работает следующим образом. При включении вида запуска АВТ с выхода I0 микросхемы У7.1 панели И2 снимается блокировка, конденсатор С2 разряжается до нулевого напряжения через вы-

ход 08 микросхемы У7.1 и диод Д1. С приходом отрицательного импульса напряжения, снимаемого с резистора R20, на вход II микросхемы У7.1 на ее выходе 08 устанавливается уровень логической единицы и конденсатор С2 заряжается через К16 и потенциометр R9 (рис.36). В начальный момент на базу Т1 повторителя напряжения, а значит и на его выход, передается потенциал с выхода 08 микросхемы У7.1. На выходе 03 микросхемы У6.4 устанавливается напряжение логического нуля, блокирующее микросхему У7.1 по входу 09. По мере заряда конденсатора С2 напряжение на входе повторителя, а значит и на его выходе, уменьшается до минимального значения уровня логической единицы, после чего на выходе 03 микросхемы У6.4 устанавливается напряжение логической единицы, снимающее блокировку с микросхемы У7.1 и конденсатор С2 разряжается, а с приходом отрицательного импульса на вход II микросхемы У7.1 процесс повторяется. С выхода 03 микросхемы У6.4 импульсы поступают на входы 08, 09 микросхемы У8, а с выхода 05 микросхемы У8 - на запуск моста. Потенциометром ВРЕМЯ ИНДУКАЦИИ регулируется интервал времени между двумя запусками моста в пределах от 0,5 до 15.с.

5.15. Блок сенсорного управления (БСУ), состоящий из семи сенсорных переключателей (ПС), см. рис.6,7, предназначен для управления работой моста.

ПС содержит контакт Е1, пусковое устройство, выполненное на транзисторе Т1, и светодиод Д1, посредством которого индицируется включение. Сигналы, созданные при помощи ПС, подаются на схемы формирования сигналов режимов работы и вида запуска, расположенные на панели И2.

5.16. Блок питания (БП) предназначен для создания напряжений постоянного тока, служащих для питания электронных устройств моста и электромагнитных реле.

В БП расположены (см. рис.36):

разъем Ш1, обозначенный СЕТЬ;

✓

предохранитель ПИ1;
сетевой фильтр Ф1, состоящий из трансформатора Tr1 и конденсаторов C1, C2;
тумблер СЕТЬ;
силовой трансформатор Tr2;
переключатель сетевого напряжения Ш9, Ш10;
узел стабилизаторов (панель УС-79).

На панели УС-79 (рис. 34, 35) расположены стабилизаторы напряжений постоянного тока 5 В (2 А); 27 В (0,5 А) и минус 27 В (0,5 А).

Регулирующие транзисторы Т1-Т3 стабилизатора 5 В и конденсаторы С3 и С4 фильтра этого стабилизатора расположены на внутренней стороне задней стенки моста.

Регулирующие транзисторы Т4 и Т5 стабилизаторов 27 В и минус 27 В и конденсаторы С5 и С6 фильтров этих стабилизаторов также расположены на задней стенке моста.

6. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При работе с мостом и его ремонте обслуживающий персонал должен соблюдать общие требования по технической эксплуатации и технике безопасности при эксплуатации электроизмерительных приборов, установленные Правилами Госэнергонадзора.

6.2. Перед началом работы моста соедините один из зажимов, обозначенный " \perp ", с шиной заземления рабочего места проводом, сечение которого составляет не менее 0,5 мм².

6.3. Перед заменой предохранителя сети электропитания выключите тумблер СЕТЬ и выньте вилку кабеля из розетки.

7. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ, ПОРЯДОК РАБОТЫ

7.1. Мост обслуживается одним оператором.

7.2. В случае транспортирования моста в условиях повышенной влажности или низких температур выдержите его в течение 24 ч в условиях п. 2.2 и убедитесь в отсутствии механических повреждений.

7.3. Вставьте вилку сетевого кабеля моста в розетку сети, предварительно убедившись, что мост выключен.

7.4. Подключите к мосту объект измерений, используя для этого прилагаемый к мосту соединительный кабель. Если известно, что модуль комплексного сопротивления измеряемого конденсатора меньше 1000 Ом, пользуйтесь кабелем, оканчивающимся четырьмя отдельно экранированными выводами.

7.5. Включите тумблер СЕТЬ.

7.6. Установите необходимый режим измерений (п.2.1.12) прикосновением к контактам сенсорного переключателя. В режимах измерения С1 и С1-Сн при запуске РУЧ прикоснитесь к контактам С1 СТАРТ.

Отсчет результатов измерений производите по окончании вариаций цифр во всех десятичных разрядах.

7.7. Смену объекта измерений производите после окончания процесса уравнивания при установке режима "С1" или "С1 -Сн" и ручном запуске прибора (для исключения запуска моста при отсоединенном объекте измерений).

7.8. Для повышения точности измерения моста в нем предусмотрена возможность калибровки по внешней образцовой мере. С этой целью внешнюю образцовую меру, поверенную органами Госстандарта с погрешностью не хуже 0,01 %, подключают к зажимам "С_х" моста и производят измерения. Затем мост переводят в режим "С_{калиб}", включают тумблер КАЛИБР, расположенный на задней стенке и, вращая ось потенциометра КАЛИБР, выведенную на лицевую панель, добиваются появления на индикаторном табло отсчета, соответствующего паспортному значению емкост-

ти внешней образцовой меры.

Откалиброванный таким образом мост обеспечивает измерение емкости до 1 мкФ с точностью 0,01 %, от 1 до 10 мкФ - с точностью 0,02 %, от 10 до 100 мкФ - с точностью 0,05 %.

7.9. Перед подключением к мосту ЦПУ ознакомьтесь с его инструкцией по эксплуатации.

Взамен буквенных символов "μ", "ρ", "π", и "F" при регистрации результата измерения в шестом и седьмом разрядах печатаются цифры "1", "2", "3" и "4" соответственно.

Соединение моста P5079 с ЦПУ Ф5033К выполните в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Цепь	Контакт разъема моста (ЦИФРОПЕЧАТЬ)	Контакт разъема ЦПУ(Ш1)
А-ЦП	1	2
В-ЦП	2	3
С-ЦП	3	4
Д-ЦП	4	5
Точка - ЦП	6	6,26
Сигнал Р(Ш)	8	9,10
Р(2П)	9	19,20
Р(3П)	10	29,30
Имп. С(П)	12	31
КИ	14	1,11,21
Корпус	16	32

8. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

8.1. Мосты, находящиеся в эксплуатации, должны периодически проверяться. Проверка производится не реже одного раза в год в соответствии с требованиями ГОСТ 8.002-71 по методике ОПД.479.047 ("Мосты переменного тока. Методы и средства поверки"), которая высылается по требованию потребителя, и разделом 9.

9. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

9.1. Операции и средства поверки

9.1.1. При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 4.

Таблица 4

Наименование операций	Номер пункта технического описания	Средство поверки и его нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операций при:	
			ремонте	эксплуатации и хранении
1. Внешний осмотр	9.3.1	Пробойная высоковольтная установка с испытательным напряжением 2 кВ, частотой 50 Гц, мощностью на стороне высокого напряжения не менее 0,25 кВ·А Мегаомметр с рабочим напряжением не менее 500 В	+	+
2. Проверка электрической прочности изоляции			-	-
3. Определение сопротивления изоляции			-	-

Наименование операции	Номер пункта технического описания	Средство поверки и его нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операций при:	
			ремонте	эксплуатации и хранении
4. Проверка диапазона измерений и определение предела допускаемой основной погрешности	9.3.2	Комплект образцовых мер емкости P597; Магазин емкости P583, P5025; Магазины сопротивления P4830/I-3; Аттестованные конденсаторы ССГ, МПГО, КСО и др. Аттестованные резисторы С2-13, МРХ, С5-27 и др. Погрешность аттестации указанных образцовых средств поверки по всем измеряемым параметрам не должна превышать 0,5 предела допускаемой погрешности при его значении 0,05 % и 0,33 - для значений, больших 0,05 %	+	+
5. Определение максимального времени от начала измерения до получения результатов измерения	9.3.3	Осциллограф С1-19Б	+	

Наименование операции	Номер пункта технического описания	Средство поверки и его нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операций при:	
			ремонте	эксплуатации и хранении
6. Проверка наличия выходных электрических сигналов	9.3.4	ЦПУ Ф5033	+	-

9.2. Условия поверки и подготовка к ней

9.2.1. При проведении поверки должны соблюдаться условия, указанные в п. 2.2.

9.2.2. Перед началом поверки образцовые средства поверки должны быть выдержаны при нормальной температуре окружающего воздуха в течение промежутка времени, равного 6 ч либо 24 ч, если прибор предварительно находился в помещении с относительной влажностью, превышающей 80 % или с пониженной температурой.

9.2.3. Образцовые средства поверки, с целью воспроизведения параллельной схемы замещения измеряемых параметров, должны быть соединены параллельно и аттестованы комплектно на частоте (1000 ± 1) Гц.

Соединение образцовых средств поверки производится экранированными проводниками минимальной длины и сечения не менее $0,75 \text{ мм}^2$.

Допускается поэлементная аттестация образцовых средств поверки при условии наличия доступа к отдельным образцовым мерам, составляющим это образцовое средство поверки.

Аттестация образцовых средств поверки производится органами Госстандарта.

Для аттестации образцовых мер емкости и тангенса угла потерь может быть использована установка УМЕ-10 или другие устройства с

аналогичными характеристиками.

При поэлементной поверке для аттестации образцовых мер сопротивления может быть использован мост-потенциометр постоянного тока Р304 или другие устройства с аналогичными характеристиками, для аттестации мер по постоянной времени (τ_0) или остаточной емкости (C_0) и индуктивности (L_0) - комплектное устройство У592, установка ИШВ-Г и др.

Для исключения необходимости введения поправок от влияния остаточных параметров (tgd_0 , C_0 и L_0) рекомендуется производить комплектную аттестацию образцовых средств поверки.

9.3. Проведение поверки

9.3.1. При внешнем осмотре моста устанавливаются следующие требования:

соответствие комплектности паспорту;

отсутствие механических повреждений, неисправностей органов управления и соединительных элементов, влияющих на метрологические и эксплуатационные характеристики;

отсутствие исправлений маркировки;

отсутствие дефектов покрытия, приводящих к коррозии.

9.3.2. Проверка диапазонов измерений производится в процессе определения основной погрешности.

Определение основной погрешности производится методом комплектной поверки не менее, чем для двух значений C , tgd и G на всех поддиапазонах измерений для такого ряда цифровых отсчетов по C и tgd (или G), при котором обеспечивается поверка всех возможных цифровых значений (от 0 до 9) во всех разрядах этих цифровых отсчетов.

Необходимые цифровые отсчеты обеспечиваются подключением к зажимам C_x моста соответствующих образцовых средств поверки (образцо-

вык мер), а также изменением набора на них.

Определение основной погрешности при десятикратном снижении напряжения на объекте измерения производится для одного значения C и $\operatorname{tg}\delta$ (или G) на одном из поддиапазонов измерений.

При отсутствии образцовых мер тангенса угла потерь допускается использовать образцовые меры сопротивления, подключая их параллельно образцовым мерам емкости.

При этом эквивалентные значения тангенса угла потерь $\operatorname{tg}\delta_{\text{экв}}$ и емкости $C_{\text{экв}}$ определяются по формулам (1) и (2) соответственно:

$$\operatorname{tg}\delta_{\text{экв}} = \frac{1}{\omega CR} + \operatorname{tg}\delta_0; \quad (1)$$

$$C_{\text{экв}} = C \left(1 - \frac{\tau_0}{CR} \right), \quad (2)$$

где $\operatorname{tg}\delta_0$ — значение тангенса угла потерь образцовой меры емкости;

ω — значение круговой частоты измерений, равное 6283;

C — действительное значение емкости образцовой меры емкости, Φ ;

R — действительное значение сопротивления образцовой меры сопротивления, Ом;

τ_0 — постоянная времени, в с; равная $\tau_0 = \left(\frac{L_0}{R} - C_0 R \right)$;

L_0 — остаточная индуктивность образцовой меры сопротивления, Гн;

C_0 — остаточная емкость образцовой меры сопротивления, Φ .

При отсутствии образцовых мер проводимости со значением остаточной емкости $C \leq 9,9999$ пФ допускается использовать составленную из образцовых мер сопротивления Т-образную резистивную цепочку, приведенную на рис. 5.

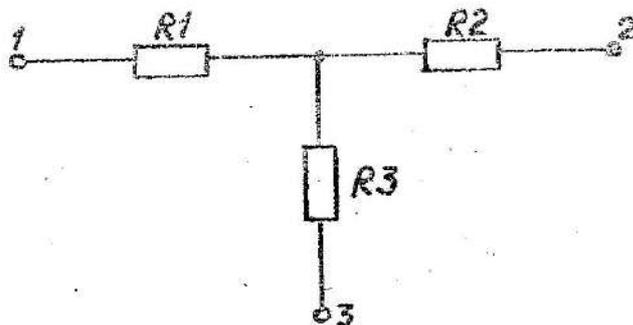


Рис. 5. Т-образная резистивная цепочка

Т-образная резистивная цепочка подключается к зажимам C_X моста выводами 1 и 2, вывод 3 подключается к корпусу моста.

Эквивалентное значение проводимости между выводами 1 и 2 Т-образной цепочки $G_{эkv}$ определяют по формуле (3)

$$G_{эkv} = \frac{R_3}{R_1 R_2 \left(1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2} \right)} \quad (3)$$

где $R_1 - R_3$ — действительные значения сопротивлений образцовых мер сопротивления, Ом.

В качестве образцовых мер сопротивления могут быть использованы резисторы типа С2-13, С2-29, С5-27 и др.

Рекомендуется номинальные значения сопротивлений резисторов R_1 и R_2 подбирать равными.

Погрешность аттестации образцовых мер сопротивления не должна превышать 0,5 предела допускаемой основной погрешности при значениях, равных или меньших 0,05 % и 0,33 предела — для остальных значений.

На одном или двух из поддиапазонов необходимо проверить основную погрешность для всех цифровых отсчетов на табло, устанавливая на нем значения: по емкости равные (без учета запятой) IIIII, I2222-19999, 20000-90000, при этом значение $tg\delta$ может быть произвольным; по тангенсу угла потерь равные IIII2, I2222-19999, 20000-90000, при этом значение по С может быть произвольным.

Значения отсчетов на табло моста устанавливаются путем изменения набора емкости на внешнем магазине емкости и сопротивления (тангенса угла потерь) на внешнем магазине сопротивления (мере $\operatorname{tg} \delta$).

Допускается вариация последних знаков, соответствующих значениям основной погрешности, не превышающая 1-3 единиц дискретности младшего разряда.

9.3.3. Определение максимального времени от начала измерения до получения результатов измерений производится при помощи осциллографа на одном из поддиапазонов измерений для одного значения емкости и тангенса угла потерь, близкого к средним значениям. Для этого осциллограф включается между зажимом, обозначенным "U" ("Сх") и корпусом моста. О скорости уравнивания судят по длительности пребывания на экране осциллографа измерительного сигнала с частотой 1000 Гц.

9.3.4. Проверка наличия выходных электрических сигналов производится путем сличения цифрового отсчета моста с зарегистрированным при помощи устройства регистрации результатом измерений, например ЦПУ Ф5033 К.

10. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

10.1. Возможные неисправности и методы их устранения приведены в табл. 5.

Таблица 5

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
1. При включении моста в сеть не светятся индикаторы цифрового табло	Неисправен предохранитель ПМ1, находящийся на задней стенке моста	Заменить предохранитель

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
<p>2. На цифровом табло светятся заляпые, символ "F" и "0" на старшем разряде по таб. Остальные индикаторы не светятся</p>	Неисправен источник 5 В	Исправить источник
<p>3. Мост не уравнивается. Происходит произвольный выбор поддиапазонов измерений и произвольный набор на цифровом табло</p>	<p>Не работает задающий генератор рабочей частоты (панель УГ)</p>	<p>Проверить наличие питающих напряжений 27 В и минус 27 В на микросхеме У2. Проверить исправность микросхемы У2, транзистора Т1</p>
	<p>Задающий генератор работает.</p>	<p>Проверить исправность транзисторов Т4, Т12 и микросхемы У13.2</p>
	<p>Отсутствует напряжение после резистора R12</p>	
	<p>Задающий генератор работает.</p>	<p>Проверить исправность транзисторов Т8-Т11.</p>
	<p>На выходе усилителя мощности напряжение есть.</p>	
	<p>Отсутствует напряжение на выходе усилителя мощности (контакт 21 панели УГ)</p>	

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
<p>4. Поддиапазон измерений выбирается правильно, мост полностью не уравновешивается</p>	<p>Неисправны распределитель основного или вспомогательного параметров в панелях СР1 и СР2 соответственно</p> <p>Не работает один из модуляторов напряжения в ТН или ТНВ</p> <p>Отсутствует напряжение рабочей частоты ТНВ</p>	<p>Проверить исправность элементов У6, У1.4, У4.1, У3.1, У5.1, У7.1 панели СР1 и У9, У3.1, У4.1, У7.1 панели СР2</p> <p>Проверить исправность транзисторов Т13-Т18 панели ТН и Т13-Т18 панели ТНВ.</p> <p>Проверить наличие питающих напряжений на панели ТНВ.</p> <p>Проверить исправность транзисторов Т1-Т4 панели ПН2.</p> <p>Проверить наличие сигнала "0"СР(С)1 с панели СР1</p>
<p>5. Поддиапазон измерений выбирается правильно, мост не уравновешивается в некоторых точках</p>	<p>Отсутствует напряжение рабочей частоты панели ТН или ТНВ в этих точках</p> <p>Не работает один из реверсивных счетчиков панелей СР1 или СР2</p>	<p>Проверить исправность одного из транзисторов Т1-Т10 и КМСУ1 той декады, на которой наблюдаются сбои</p> <p>Проверить исправность реверсивных счетчиков панели СР1 или СР2 той декады, на которой "сбивается" мост</p>