

42 2174 0006 05



МОСТ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ЦЕ5002

Техническое описание и инструкция

по эксплуатации

3.455.036Т0

I. НАЗНАЧЕНИЕ

I.1. Мост переменного тока ЦЕ5002 (в дальнейшем - мост) предназначен для автоматических измерений емкости (С) и тангенса угла потерь ($\operatorname{tg} \delta$) конденсаторов, а также для измерений проводимости (G) и остаточной емкости высокоомных резисторов с выдачей результатов измерений в цифровом виде.

Область применения моста - электро-, радиотехническая, приборостроительная и электронная промышленность.

Мост может быть использован как автономное средство измерений общепромышленного назначения при:

контроле электро- и радиотехнических изделий;

научных исследованиях;

измерении неэлектрических величин с применением измерительных преобразователей.

I.2. Мосты предназначены для эксплуатации:

ЦЕ5002 - в условиях умеренного климата в закрытых сухих отапливаемых помещениях при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С;

ЦЕ5002-04.1 - в условиях сухого и влажного тропического климата в закрытых помещениях с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом при температуре окружающего воздуха от 1 до 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С (ГОСТ 15150-69).

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Мост обеспечивает измерения в диапазонах:

C - от $1 \cdot 10^{-15}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ F;

$\operatorname{tg} \delta$ - от $2 \cdot 10^{-5}$ до 1 (при $2 \cdot 10^{-11}$ F $\leq C \leq 2 \cdot 10^{-2}$ F);

G - от $5 \cdot 10^{-12}$ до $4 \cdot 10^{-8}$ S (при $1 \cdot 10^{-15}$ F $\leq C \leq 2 \cdot 10^{-11}$ F) и от $5 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ S (при $1 \cdot 10^{-15}$ F $\leq C \leq 4 \cdot 10^{-12}$ F),

где основная измеряемая величина C - главная измеряемая величина, а основная измеряемая величина G и производная измеряемая величина

$\operatorname{tg} \delta$ - дополнительные измеряемые величины.

При десятикратном снижении напряжения на зажимах для подключения объекта измерений (далее - входное устройство) мост обеспечивает измерения в диапазонах:

C - от $1 \cdot 10^{-14}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ F;

$\operatorname{tg} \delta$ - от $1 \cdot 10^{-4}$ до 1 (при $2 \cdot 10^{-11}$ F $\leq C \leq 2 \cdot 10^{-2}$ F);

G - от $1 \cdot 10^{-11}$ до $4 \cdot 10^{-8}$ S (при $1 \cdot 10^{-14}$ F $\leq C \leq 2 \cdot 10^{-11}$ F) и от $1 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ S (при $1 \cdot 10^{-14}$ F $\leq C \leq 4 \cdot 10^{-12}$ F).

2.2. Классы точности моста по ГОСТ 25242-82 соответствуют указанным в табл. 1, 2 и 4.

2.3. Номинальная цена единицы наименьшего разряда отсчетного устройства (дискретность) по главной измеряемой величине C не более $1 \cdot 10^{-15}$ F и $1 \cdot 10^{-14}$ F - при десятикратном снижении напряжения на входном устройстве.

2.4. Мост обеспечивает на входном устройстве значения напряжений переменного тока нормальной фиксированной частоты (1000 ± 5) Hz (она же рабочая фиксированная частота), указанные в табл. 1, 2 и 4.

2.5. Мост обеспечивает возможность калибровки при измерениях C от $1 \cdot 10^{-15}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ F и $\operatorname{tg} \delta$ по внешней образцовой мере. Калибровка осуществляется не менее чем через 2 h после включения моста.

Таблица I

Изме- ряемая вели- чина	Диапазон измерений С	Класс точности	Предел допускаемого значения основной погрешности		Напряжение на входном устройстве, V, не более
			по С, %	по G, S и tg δ	
С, G	00,001-19,999 pF	0,04/0,005	$\pm[0,04 + 0,005 \cdot (\frac{C_K}{C} - 1)]$	$\pm(0,02 G + 5 \cdot 10^{-11})$	40,00
	20,000-199,999 pF			$\pm(0,01 \text{tg} \delta + 2 \cdot 10^{-4})$	
С, tg δ	200,000-1999,99 pF	0,02/0,002	$\pm[0,02 + 0,002 \cdot (\frac{C_K}{C} - 1)]$	$\pm(0,002 \cdot \text{tg} \delta + 1 \cdot 10^{-4})$	20,00
	2,00000-19,9999 nF				2,00
	20,0000-199,999 nF	0,025/0,002	$\pm[0,025 + 0,002 \cdot (\frac{C_K}{C} - 1)]$	$\pm(0,005 \cdot \text{tg} \delta + 2 \cdot 10^{-4})$	2,00
	200,000-1999,99 nF				0,20
	2,0000-19,9999 μF	0,05/0,005	$\pm[0,05 + 0,005 \cdot (\frac{C}{C_H} - 1)]$	$\pm(0,005 \cdot \text{tg} \delta + 5 \cdot 10^{-4})$	0,20
	20,000-199,999 μF	0,1/0,02	$\pm[0,1 + 0,02 \cdot (\frac{C}{C_H} - 1)]$	$\pm(0,01 \cdot \text{tg} \delta + 2 \cdot 10^{-3})$	0,02
	200,0-1999,9 μF	0,5/0,1	$\pm[0,5 + 0,1 \cdot (\frac{C}{C_H} - 1)] + A$	-	0,002
2000 -19999 μF	1/0,2	$\pm[1 + 0,2 \cdot (\frac{C}{C_H} - 1)] + A$	-	0,002	

Примечания:

1. C_K (C_H) - конечное (начальное) значение установленного диапазона измерений; для диапазона измерений С от 00,001 до 19,999 pF $C_K = 199,999$ pF.

2. С, G и tg δ - значения измеряемых величин.

3. $A = 100 \omega^2 L_{вх} C$, %, где $L_{вх} = 40 \cdot 10^{-9}$ H - индуктивность входного устройства моста.

Таблица 2

Измеряемая величина	Диапазон измерений C	Класс точности	Предел допускаемого значения основной погрешности		Напряжение на входном устройстве, V, не более
			по C, %	по G, S и tg δ	
C, G	00,01-19,99 pF	0,2/0,04	$\pm[0,2 + 0,04 (\frac{C_k}{C} - 1)]$	$\pm(0,04 \cdot G + 1 \cdot 10^{-10})$	4,000
	20,00-199,99 pF			$\pm(0,02 \cdot \text{tg} \delta + 2 \cdot 10^{-3})$	
	200,0-1999,9 pF	0,15/0,005	$\pm[0,15 + 0,005 (\frac{C_k}{C} - 1)]$		2,000
	2,000-19,999 nF			$\pm(0,01 \cdot \text{tg} \delta + 1 \cdot 10^{-3})$	0,200
	20,00-199,99 nF				0,200
C, tg δ	200,0-1999,9 nF	0,2	$\pm 0,2$	$\pm(0,02 \cdot \text{tg} \delta + 4 \cdot 10^{-3})$	0,020
	2,000-19,999 μF				0,020
	20,00-199,99 μF			$\pm(0,04 \cdot \text{tg} \delta + 4 \cdot 10^{-3})$	0,002
	200,0-1999,9 μF	0,5/0,1	$\pm[0,5 + 0,1 (\frac{C}{C_H} - 1)] + A$	-	0,002
	2000-19999 μF	1/0,2	$\pm[1 + 0,2 (\frac{C}{C_H} - 1)] + A$	-	0,002

Примечания:

1. C_k (C_H) - конечное (начальное) значение установленного диапазона измерений; для диапазона измерений C от 00,01 до 19,99 pF $C_k = 199,99$ pF.

2. C, G и tg δ - значения измеряемых величин.

3. $A = 100 \omega^2 L_{вх} C$, %, где $L_{вх} = 40 \cdot 10^{-9}$ - индуктивность входного устройства моста.

2.6. Пределы допускаемых значений относительной основной погрешности моста при измерениях главной измеряемой величины C и абсолютной основной погрешности моста при измерениях дополнительных измеряемых величин $t_g \delta$ и G на каждом из диапазонов измерений при $t_g \delta \leq 0,1$ и при значениях напряжений на входном устройстве, указанных в табл. 1, а также при десятикратном снижении этих напряжений (табл. 2) соответствуют значениям пределов, указанным в табл. 1 и 2.

При $t_g \delta > 0,1$ пределы допускаемых значений основной погрешности моста равны пределам допускаемых значений основной погрешности моста, увеличенным на значения в соответствии с табл. 3.

Таблица 3

Значение, на которое увеличивается предел основной погрешности	Диапазон измерений	
	при напряжении на входном устройстве в соответствии с табл. 1	при напряжении на входном устройстве в соответствии с табл. 2
$0,2 t_g \delta$	2,0000-19,9999 μF	2,000-19,999 μF
	20,000-199,999 μF	20,00-199,99 μF
	200,0 -1999,9 μF	200,0-1999,9 μF
	2000 -19999 μF	2000 -19999 μF
$0,1 t_g \delta$	20,000-199,999 pF	20,00-199,99 pF
$0,05 t_g \delta$	Для остальных диапазонов измерений	

2.7. Пределы допускаемых значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста после калибровки на каждом из диапазонов измерений равны пределам, указанным в табл. 4, в течение 2 ч после калибровки моста.

2.8. Пределы допускаемых значений дополнительной погрешности моста, вызванной изменением температуры окружающего воздуха в пределах рабочих условий применения на каждые 10 °C, в зависимости от диапазона измерений, равны половине пределов допускаемой основной погрешности, указанных в табл. 1 и 2, для классов точности больше

0,05; пределам допускаемой основной погрешности, указанным в табл. I и 2, для классов точности меньше 0,05.

2.9. Пределы допускаемых значений дополнительной погрешности моста на каждом из диапазонов измерений, вызванной влиянием внешнего однородного магнитного поля, которое синусоидально изменяется во времени с частотой сети электропитания (50 ± 1) Hz и индукция которого не превышает $0,1 \text{ мТ}$, равны половине пределов допускаемых значений основной погрешности моста, указанных в табл. I и 2.

2.10. Время одного измерения моста при изменении:

главной или дополнительной измеряемых величин в пределах одного диапазона измерений – не более $0,7 \text{ с}$; допускается время одного измерения моста при числовых отметках во всех разрядах отсчетного устройства по главной и дополнительным измеряемым величинам, близким к наибольшим, – до $1,5 \text{ с}$;

главной измеряемой величины на единицу младшего разряда – не более $0,02 \text{ с}$.

При этом время, затрачиваемое на автоматический выбор диапазона измерений, – не более $0,3 \text{ с}$.

2.11. Мост имеет режимы измерений в соответствии с ГОСТ 25242-82:

разовые измерения ("C_I");

периодические измерения ("C_I...C_n");

слежение ("C_{var}").

2.12. Мост имеет виды запуска в соответствии с ГОСТ 25242-82:

ручной (РУЧ);

автоматический (АВТ) с длительностью регулируемого цикла запуска – не менее $0,5-15 \text{ с}$.

Внешний запуск осуществляется одиночным электрическим сигналом или серией электрических сигналов от внешнего источника, уровень напряжения которых:

для логического "0" – от 0 до $0,5 \text{ В}$;

для логической "1" - от 2,4 до 5,25 V

при длительности электрических сигналов не менее 20 μ s и положительной полярности на электрической нагрузке не менее 10 к Ω .

2.13. Мост обеспечивает возможность дистанционного управления режимами измерений и видами запуска, осуществляемого внешними сигналами, соответствующими требованиям, указанным в п. 2.12.

2.14. Мост обеспечивает вывод информации о результатах измерений на внешнее регистрирующее устройство в виде двоично-десятичного последовательно-параллельного кода с весами двоичных разрядов 8-4-2-1 сигналами, соответствующими требованиям п. 2.12.

2.15. Мост обеспечивает цифровую индикацию результатов измерений C , $\tan \delta$ и G , а также индикацию плавающей запятой и размерность цифрового отсчета C . Число разрядов отсчетного устройства главной измеряемой величины - 6, дополнительной измеряемой величины - 5.

2.16. Время установления рабочего режима моста в нормальных и рабочих условиях применения - не более 30 min.

2.17. Мост в нормальных и рабочих условиях применения допускает непрерывный режим работы. Продолжительность непрерывной работы моста не более 8,5 h с последующим перерывом не менее 1 h.

2.18. Изоляция между корпусом моста и изолированными от корпуса по постоянному току электрическими цепями в нормальных условиях применения выдерживает в течение 1 min действие испытательного напряжения переменного тока частотой (50 ± 1) Hz значением 850V.

2.19. Сопротивление изоляции между корпусом моста и изолированными по постоянному току электрическими цепями моста не менее 20 M Ω в нормальных условиях применения.

2.20. Допускаемые значения радиопомех, создаваемых при работе моста, не превышают значений, установленных "Общесоюзными нормами допускаемых промышленных радиопомех. Нормы 8-72".

2.21. Мощность, потребляемая мостом от сети электропитания, не превышает 45 V·A.

Таблица 4

Изменяемая величина	Диапазон измерений С	Класс точности	Предел допускаемого значения основной погрешности моста после калибровки по внешней образцовой мере		Напряжение на входном устройстве, V, не более
			по С, %	по G, S и tg δ	
С, G	00,01-19,999 pF	0,02/0,002	$\pm [0,02 + 0,002 (\frac{C_K}{C} - 1)]$	$\pm (0,02 G + 5 \cdot 10^{-11})$	40,00
	20,000-199,999 pF			$\pm (0,005 \cdot \text{tg } \delta + 2 \cdot 10^{-4})$	
	200,000-1999,99 pF	0,01/0,001	$\pm [0,01 + 0,001 (\frac{C_K}{C} - 1)]$		20,00
	2,00000-19,9999 nF			$\pm (0,0005 \cdot \text{tg } \delta + 5 \cdot 10^{-5})$	2,00
	20,0000-199,999 nF				2,00
С, tg δ	200,000-1999,99 nF	0,015/0,001	$\pm [0,015 + 0,001 (\frac{C_K}{C} - 1)]$	$\pm (0,001 \cdot \text{tg } \delta + 1 \cdot 10^{-4})$	0,20
	2,0000-19,9999 μF	0,025/0,002	$\pm [0,025 + 0,002 (\frac{C}{C_H} - 1)]$	$\pm (0,002 \cdot \text{tg } \delta + 2 \cdot 10^{-4})$	0,20
	20,000-199,999 μF	0,05/0,01	$\pm [0,05 + 0,01 (\frac{C}{C_H} - 1)]$	$\pm (0,005 \cdot \text{tg } \delta + 5 \cdot 10^{-4})$	0,02
	200,0-1999,9 μF	0,5/0,1	$\pm [0,5 + 0,1 (\frac{C}{C_H} - 1)] + A$	-	0,002
	2000-19999 μF	1/0,2	$\pm [1 + 0,2 (\frac{C}{C_H} - 1)] + A$	-	0,002

Примечания:

1. C_K (C_H) - конечное (начальное) значение установленного диапазона измерений; для диапазона измерений С от 00,001 до 19,999 pF $C_K = 199,999$ pF.

2. С, G и tg δ - значения измеряемых величин.

3. $A = 100 \omega^2 L_{вх} C$, %, где $L_{вх} = 40 \cdot 10^{-9}$ H - индуктивность входного устройства моста.

2.22. Габаритные размеры моста не превышают 490x130x410 мм.

2.23. Масса моста не превышает 12,5 кг .

2.24. Значения (области значений) влияющих величин, характеризующих климатические воздействия и электропитание моста в нормальных условиях применения, и допускаемые отклонения от них:

температура окружающего воздуха, °С 20 ± 2 ;

относительная влажность окружающего воздуха, % 30-80;

атмосферное давление, кПа (мм Hg) 84-106,7(630-800);

напряжение питающей сети переменного тока, V 110 ± 11 или
 220 ± 22 ;

частота питающей сети, Hz 50 ± 1 ;

форма кривой переменного напряжения питающей сети - синусоидальная, коэффициент несинусоидальности кривой напряжения не превышает 5 %;

внешние магнитные поля, кроме магнитного поля Земли, - отсутствуют;

корпусной зажим моста - заземлен.

3. СОСТАВ МОСТА

3.1. Состав моста указан в табл. 5.

Таблица 5

Обозначение	Наименование и условное обозначение	Кол.
3.455.036	Мост переменного тока ЦЕ5002	1 шт.
5.500.552	Кабель К1	1 шт.
5.500.560	Кабель К2	1 шт.
5.574.01Н	Зажим	9 шт.
6.367.586	Блок переходной	1 шт.
8.570.059	Наконечник	9 шт.
	Вилка ОНЦ-РГ-09-19/24-В12	2 шт.
	Вставка плавкая ВП1-1-1,0 А	1 шт.

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА МОСТА

4.1. Устройство моста

4.1.1. Мост состоит из измерительной цепи, системы автоматического уравнивания, блока индикации, устройства вывода 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 расположены:

коаксиальные соединители входного устройства, обозначенные "U", "U'", "I" и "I'";

зажимы для заземления корпуса моста, обозначенные " $\underline{\underline{1}}$ ";

ручка потенциометра для регулировки цикла запуска, обозначенная ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ;

ручки потенциометров для калибровки моста при измерениях C и $\text{tg}\delta$ по внешней образцовой мере и светоизлучающие диоды-индикаторы, регистрирующие включение схемы калибровки, обозначенные КАЛИБР C и КАЛИБР $\text{tg}\delta$ соответственно.

На задней стенке моста расположены:

тумблер СЕТЬ;

соединитель для ввода информации о результатах измерений на цифропечать, обозначенный ЦПУ;

соединитель для подачи сигналов дистанционного управления, обозначенный УПР ВНЕШН;

тумблеры для включения схем калибровки моста по внешним образцовым мерам, обозначенные КАЛИБР C и КАЛИБР $\text{tg}\delta$;

тумблер для десятикратного снижения напряжения на входном устройстве, обозначенный " U_{2x} ";

переключатель напряжения питающей сети, обозначенный "110 V" и "220 V".

4.1.3. Мостовая измерительная цепь (МИЦ) представляет собой двойной трансформаторный мост (см. рис. 3) и состоит из источника питания G , в качестве которого используется генератор синусоидального напряжения, расположенный на плате УГ, трансформаторов напряжения ТН1 и ТН2, устройства коммутации, содержащего компаратор токов КТ и элементы коммутации его обмоток, повторителей напряжения ПН1 и ПН2, суммирующего трансформатора TVI, входящего в состав ПН1, устройства компенсации влияния подводящих проводников и остаточных параметров ветви измеряемого импеданса УК, модулятора по C МС, модулятора по $\operatorname{tg} \delta$ (G) М $\operatorname{tg} \delta$, делителей модуляционных напряжений ДМС и ДМ $\operatorname{tg} \delta$, образцовых мер емкости C_{01} и C_{02} и активного сопротивления R_{01} , R_{02} и R_{03} , модуляционных мер емкости C_m и активного сопротивления R_m , измеряемого импеданса, содержащего составляющие S_x и R_x , и избирательного усилителя сигнала неравновесия УИ.

Обмотки $W_{1.1}$ (ТН1) и $W_{1.1}^2$ (КТ) предназначены для выбора диапазона измерений; обмотки $W_{2.1} - W_{2.5}$ входят в состав декад уравнивания МИЦ по C , обмотки $W_{6.1} - W_{6.5}$ - в состав декад уравнивания МИЦ по $\operatorname{tg} \delta$ (G); обмотки $W_{1.1}^1$ и $W_{1.1}^2$ входят в состав УК; обмотка $W_{2.1}^1$ используется для снижения погрешности моста от дискретности. Ее включение, осуществляемое при помощи переключателя КА1, сопровождается индизированием единицы в дополнительном старшем разряде отсчетного устройства результатов измерений C .

Повторители напряжения ПН1 и ПН2 используются как буферные устройства для устранения эффекта шунтирования выходного сопротивления декад ТН1 низким входным сопротивлением трансформаторов TVI (ПН1 и ТН2). Для обеспечения высокой точности передачи измерительных сигналов повторители ПН1 и ПН2 выполнены двухканальными, а трансформаторы TVI (ПН1 и ТН2) - двухступенчатыми.

Для обеспечения тесной индуктивной связи между обмотками транс-

форматоров МИЦ, намотка последних выполнена жгутами, а в качестве магнитопровода применены кольцевые ферритовые сердечники с высокой магнитной проницаемостью.

Высокая точность измерений больших емкостей достигается за счет использования эффективной компенсации влияния соединительных проводников, осуществляемой при помощи УК.

Уравновешивание МИЦ осуществляется по результатам модуляционных воздействий, формируемых модулятором МС, ДМІ и конденсатором C_M , входящими в контур уравновешивания по C , а также аналогичными устройствами $M \operatorname{tg} \delta$, ДМІ и R_M , входящими в контур уравновешивания по $\operatorname{tg} \delta$ и G .

Сигнал неравновесия МИЦ (в виде тока) снимается с выходной обмотки W_0^2 КТ и подается на вход УИ.

4.1.4. Система автоматического уравновешивания моста (см. рис. I) состоит из УИ, экстремум-детектора ЭД, блока управления БУ и реверсивных счетчиков СРП, СРІ и СР2, служащих для выбора диапазонов измерений и подекадно-слеящего уравновешивания внутри выбранного диапазона.

4.1.5. Блок индикации (БИ) служит для представления в цифровом виде результатов измерений измеряемых величин. Он состоит из двух индикаторных табло, выполненных на цифровых индикаторах типа АЛС33ЗБ и расположенных на платах И1 и И2. На индикаторах платы И1 представляются результаты измерений C , а на индикаторах платы И2 — результаты измерений $\operatorname{tg} \delta$ и G .

4.1.6. Устройство вывода информации (УВИ) предназначено для преобразования информации о результатах измерений в виде параллельного двоично-десятичного кода в последовательно-параллельный двоично-десятичный код с весами двоичных разрядов 8-4-2-1 и выдачу его на цифropечатающее устройство (ЦПУ). Оно состоит из формирователя сигналов цифрового отсчета по C , $\operatorname{tg} \delta$, G , формирователя сигналов символов и запятой, схемы опроса, преобразователей уровней напряжения.

4.1.7. Блок питания (БП) предназначен для создания стабилизированных питающих напряжений $24V$, минус $24V$ и $5V$, а также нестабилизированного напряжения $5V$ (ЦИ). Он состоит из силового трансформатора и расположенных на задней панели моста сетевого фильтра, выпрямителей и стабилизаторов напряжения.

4.1.8. К органам управления относятся: тумблер СЕТЬ, сенсорные переключатели, тумблеры и ручки потенциометров КАЛИБР С, КАЛИБР $\tan \delta$, тумблер " U_{zx} ".

4.2. Работа моста

4.2.1. Уравновешивание МИЦ осуществляется в два этапа: вначале производится выбор диапазона измерений, затем - уравновешивание непосредственно по десятичным разрядам. При выборе диапазона измерений в течение каждого такта уравновешивания ветвь мостовой цепи, содержащая образцовую меру емкости C_{01} (см. рис. 3), разрывается.

Уравновешивание МИЦ основано на достижении равенства в магнитопроводе компаратора токов (КТ) двух магнитных потоков: потока, создаваемого ветвью образцовой меры (C_{01}), и потока, создаваемого ветвью объекта измерений (Z_x). В начале каждого такта модулятор МС формирует модуляционное воздействие, по результатам которого анализируется знак приращения выходного напряжения МИЦ. При соотношении токов $|I_x| < |I_0|$ приращение амплитуды выходного сигнала МИЦ будет отрицательным. Выходной сигнал МИЦ, усиленный при помощи УИ (см. рис. 1) и протектированный амплитудным детектором, расположенным на плате УИ, поступает на ЭД. В ЭД формируются счетные импульсы, поступающие на реверсивный счетчик диапазонов (СРП). В результате, МИЦ переводится на диапазон, соответствующий большему значению модуля измеряемой величины.

При соотношении токов $|I_x| > |I_0|$ модуляционные приращения выходного напряжения МИЦ становятся положительными, и выбор диапазона измерений прекращается.

После выбора диапазона измерений начинается подекадно-следящее уравнивание моста по C и $\operatorname{tg} \delta$ или G . В начале каждого такта модулятор одного из параметров (при наборе на страшей декаде C , больше или равном трём - MC , а при наборе, меньшем трех - $M \operatorname{tg} \delta$) формирует модуляционное воздействие и при помощи ЭД анализирует знак приращения выходного напряжения МИЦ. Результат анализа запоминается. Затем без выключения модулятора по одной из измеряемых величин включается модулятор второй измеряемой величины и снова анализируется знак приращения выходного сигнала МИЦ.

При отрицательных приращениях по обеим измеряемым величинам (или по одной из измеряемых величин) на реверсивные счетчики $CP1$ и $CP2$ (или на один из реверсивных счетчиков) с ЭД поступают счетные импульсы. Направлением счета и модуляции управляют триггеры реверса по C (TRC) и $\operatorname{tg} \delta$ или G ($TR \operatorname{tg} \delta$), входящие в состав ЭД.

О достижении равновесия по обеим измеряемым величинам 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 уравниванию моста на старшем разряде, в состояние "0001", соответствующее уравниванию моста на более младшем разряде. Так происходит до тех пор, пока не будет достигнуто состояние полного равновесия.

Так как по одной из измеряемых величин чувствительность на диапазоне может изменяться в 10 раз, то возможны такие случаи, когда чувствительность системы уравнивания недостаточна для приведения МИЦ в равновесие. Поэтому алгоритм уравнивания предусматривает такую связь попарно уравниваемых декад, которая обеспечивает полное уравнивание моста при любом сочетании измеряемых величин. Схема алгоритма уравнивания приведена на рис. 4.

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ МОСТА

5.1. Трансформатор напряжения ТНІ (рис. 9, 10) предназначен для выбора диапазона измерений и уравнивания МИЦ по С. На ТНІ размещены:

трансформатор напряжения TVI;

пять уравнивающих декад AI-A5;

устройство компенсации A6-A8;

модулятор MC, выполненный на элементах VTII-VTI6, R2I-R24 и обмотках WI4 и WI5.

Каждая из уравнивающих декад состоит из транзисторных ключей VTI-VTIO, резисторов базовых цепей RI-R20 и дешифратора DDI. На входы дешифраторов подаются сигналы, снимаемые с соответствующих реверсивных счетчиков платы CPI. При наличии информации на входах дешифратора (уровень логической единицы) на выходе дешифратора, соответствующем коду входного сигнала, устанавливается нулевой потенциал, и связанный с этим выходом транзисторный ключ открывается. В результате напряжение с декадной обмотки (см. рис. 3), пропорциональное коду выходного сигнала соответствующего реверсивного счетчика CPI, через открытый транзисторный ключ поступает на выход декады. Первая и вторая, а также третья и четвертая декады включены последовательно. Напряжение третьей-четвертой декад подается на вход прецизионного повторителя напряжения, расположенного на ПНІ (рис. 13, 14), нагрузкой которого являются первичные обмотки суммирующего трансформатора TVI (ПНІ).

Напряжение пятой декады подается на образцовый конденсатор C_{02} (рис. 3), расположенный на УКГ (рис. 17, 18).

Устройство компенсации УК служит для компенсации постоянной составляющей тока, втекающего в декадные обмотки ТНІ из цепей управления транзисторными ключами и создающего постоянное подмагничивание сер -

дечника (ток компенсации создается резистором $R1$ устройства А6), а также для устранения шунтирования декадных обмоток низким выходным сопротивлением этих же цепей управления по переменному току (ток компенсации создается резистором $R2$ устройства А6).

На обмотку W_0 трансформатора TVI подается синусоидальное напряжение с генератора G (рис. 3), конструктивно расположенного на УГ (рис. 21, 22). Обмотки $W1$, $W2$, $W4$, $W6$ – $W8$ и $W18$ используются для выбора диапазона измерений. Обмотки $W3$ и $W5$ входят в состав устройства компенсации влияния соединительных проводников. Обмотка $W16$ используется для уравнивания измерительной цепи по проводимости.

Модулятор MC управляется сигналами, которые формируются в ЭД.

Модуляционный сигнал подается на резистивный делитель, расположенный на ПН1.

5.2. Трансформатор напряжения TH2 (рис. 11, 12) предназначен для уравнивания измерительной цепи по t_{δ} или G. На TH2 расположены:

трансформатор напряжения TVI;

пять уравнивающих декад А1–А5;

устройства компенсации А6–А8;

модулятор t_{δ} или G ($M t_{\delta}$) выполнен на элементах VTII–VTI6, R21–R24 и обмотках W14 и W15.

На обмотки $W1$, $W2$ подается напряжение с выхода повторителя, расположенного на ПН2. Работа устройств А1–А5, А6–А8 и модулятора подобна работе аналогичных устройств ПН1.

5.3. Повторитель напряжения ПН1 (рис. 13, 14) предназначен для устранения эффекта шунтирования обмоток третьей–четвертой декад ПН1 низким входным сопротивлением суммирующего трансформатора TVI.

На ПН1 расположены:

повторитель напряжения, выполненный на транзисторах VT1–VT3, VT6, VT7 и VT9;

делитель напряжения модуляции по С (ДМС) выполнен на микросхеме DD1 и транзисторах VT4, VT5, VT8, VT10, VT11;

суммирующий трансформатор TVI;

трансформатор низкоомных пределов TV2;

устройство коммутации пределов, выполненное на интегральной микросхеме (ИМС) DD 2, транзисторах VT12, VT13 и реле КА1-КА6.

Для обеспечения высокой точности передачи измерительных сигналов повторитель выполнен двухканальным. Его основной (грубый) канал собран на транзисторах VT1-VT3, а вспомогательный (точный) - на транзисторах VT6, VT7 и VT9.

При помощи точного канала выделяется ошибка передачи напряжения основным каналом, а на трансформаторе TVI происходит суммирование выходного напряжения основного канала с напряжением ошибки.

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

На вторичную обмотку трансформатора TVI поступает с TH1 напряжение первой-второй декад. Суммарное напряжение первой-второй и третьей-четвертой декад со вторичной обмотки трансформатора TVI подается в ветвь образцовой меры C_{01} (см. рис. 3).

На резистивный делитель R18, R22, R26, R29 поступает напряжение MC с TH1. При помощи одного из транзисторных ключей, открывающегося в зависимости от состояния счетчика БУ, выходные сигналы которого подаются на входы ИМС DD I делителя, выходное напряжение делителя подается на УКТ.

При помощи устройства коммутации пределов, которое управляется счетчиком пределов СРП, напряжения, снимаемые с основных и компенсационных обмоток трансформатора TVI (TH1), подаются соответственно на коаксиальные разъемные соединители "U" и "U'" входного устройства, расположенные на лицевой панели моста.

5.4. Повторитель напряжения ПН2 (рис. 15, 16) предназначен для устранения эффекта шунтирования выходного сопротивления трансформатора TVI (TH1) низким входным сопротивлением трансформатора TVI (TH2).

На ПН2 расположены:

повторитель напряжения, выполненный на транзисторах VT8-VT17; делитель напряжения модуляции по $tq\delta$ или G ($DMtg\delta$), выполненный на резисторах R69-R78, транзисторах VT19-VT23 и ИМС DD2;

формирователь тока компенсации влияния соединительных проводников и остаточных параметров ветви измеряемого импеданса МИЦ, входящий в устройство компенсации (УК, рис. 3), выполненный на ИМС DA1, DA2, транзисторах VT3-VT7, ИМС DD1;

ключ вспомогательный (KB), выполненный на транзисторах VT1, VT2.

Реализация и принцип действия повторителя подобны аналогичному повторителю, расположенному на ПН1. На входе повторителя ПН2 имеются транзисторные ключи VT8-VT11, предназначенные для перевода измерительной цепи в режим измерений G . Нагрузкой повторителя является трансформатор TV1 (ТН2) (для грубого канала - обмотка W1, для точного - обмотка W2).

Работа $DMtg\delta$ аналогична работе ДМС, расположенному на ПН1.

Реактивная составляющая тока компенсации создается при помощи меры емкости C1, а активная - при помощи мер активного сопротивления R24-R32 и потенциометров RP3-RP6.

KB используется для увеличения емкости конденсатора C1 путем параллельного подсоединения к нему конденсатора C2, т.е. увеличения шага модуляции, что необходимо для правильного выбора диапазона измерений в пределах $200 \leq C < 20000$, где C - измеряемая емкость, μF .

Дешифратор DD1 предназначен для управления транзисторными ключами VT5-VT7, при помощи которых регулируется значение тока компенсации в зависимости от диапазона измерений.

Ток компенсации подается в обмотку W4' КТ.

5.5.УКТ(рис. I7, I8) предназначено для коммутации обмоток КТ в процессе выбора диапазона измерений и формирования тока для компенсации влияния на точность измерений неидеальности элементов МИЦ.

На УКТ расположены:

устройство коммутации диапазонов измерений, выполненное на ИМС D D I, реле КА1-КА9 и транзисторах VT3- VT5;

устройство компенсации остаточных параметров ветви образцовой меры емкости C_{01} (рис. 3), выполненное на транзисторе VT2 и конденсаторе C2;

устройство компенсации влияния неидеальности элементов МИЦ, выполненное на ИМС D AI.1, D AI.2, потенциометрах RP1-RP5, реле КА1-КА8 и мере емкости C7.

При помощи устройства коммутации диапазонов измерений, которое управляется счетчиком СРП, основные и компенсационные обмотки КТ подключаются соответственно к коаксиальным разъёмным соединителям входного устройства, обозначенным "I" и "I'".

При помощи потенциометра RP6 в процессе настройки моста устраняется "нестыковка" между первой-второй и третьей-четвертой декадами ТН1, вызванная неидеальностью формирования и суммирования декадных напряжений.

5.6. КТ (рис. 20) является элементом МИЦ, предназначенным для сравнения магнитных потоков, формируемых ветвями образцовой меры и измеряемого импеданса. Результат сравнения этих потоков воспринимается выходной обмоткой W_0 КТ, при помощи которой создается ток, соответствующий состоянию неравновесия МИЦ.

5.7. УИ (рис. 7, 8) предназначен для усиления сигнала неравновесия МИЦ, снимаемого с выходной обмотки W_0 КТ, а также детектирования и выделения огибающей сигнала неравновесия, возникающей в результате модуляции.

Для линеаризации линий уравнивания МИЦ выходная обмотка КТ работает в режиме короткого замыкания, что обеспечивается низким входным сопротивлением первого каскада УИ, реализованного на операционном усилителе (ИМС D AI) и выполняющего функцию преобразователя "ток-напряжение".

Дальнейшее усиление сигнала неравновесия осуществляется при помощи усилительно-избирательного тракта, выполненного на транзисторах VT2- VT7, VT10- VT15, и резистивного широкополосного усилителя, выполненного на транзисторах VT17, VT18.

Каскады на транзисторах VT5- VT7 и VT13- VT15 являются электронными имитаторами резонансных LC-контуров. Аналогичную структуру имеют каскады на транзисторах VT2- VT4 и VT10- VT12, выполняющие функции режекторных фильтров, настроенных на частоту второй и третьей гармоник рабочей частоты соответственно.

Выходной сигнал с широкополосного усилителя поступает на амплитудный детектор (выпрямитель VD 7), а затем - на гребенчатый фильтр, выполненный на транзисторах VT19- VT23.

В процессе уравнивания измерительной цепи коэффициент усиления УИ ступенчато увеличивается по мере перехода на более младшие разряды при помощи транзисторных ключей VT1, VT8, VT9 и VT16.

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

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

Выходной сигнал УИ подается на ЭД.

Б.8. ЭД (рис. 19, 20) предназначен для анализа приращений измерительного сигнала, поступающего с УИ, и формирования сигналов, необходимых для работы системы автоматического уравнивания моста, а также для формирования модуляционных воздействий.

На ЭД расположены:

пороговое устройство, выполненное на элементах R1, R2, RP1, VT1, VT4;

узел анализа огибающей сигнала неравновесия, собранный на транзисторах VT2, VT3, VT5- VT8 и ИМС D A1; D D 2.4; D D 5.2; D D 6.4; D D 11.3, 4; D D 12.1, 3, 4; D D 13;

узел формирования тактовых сигналов и модуляционных воздействий, собранный на ИМС DD1; DD2; DD3; DD4; DD5.1; DD6.1,2,3; DD7-DD10; DD11.1,2; DD12.2; DD14.

Узел анализа огибающей формирует сигналы, поступающие при отрицательной полярности модуляционных приращений на реверсивные счетчики (CP1 и CP2), а при положительной - на триггеры реверса DD15.

Модулированный сигнал неравновесия МИЦ поступает с усилителя УИ на запоминающую емкость C3 устройства анализа огибающей. Напряжение, возникающее на емкости C3, при отпирании ключа VT2 (он управляется транзисторами VT3 и VT5 и отпирается на 0,5ms перед началом и окончанием каждого из модуляционных воздействий) дифференцируется дифференцирующей цепочкой C4, R10 и усиливается усилителем DA1.

При наличии в огибающей сигнала УИ отрицательных модуляционных приращений на коллекторах транзисторов VT6 или VT8 (при нулевых потенциалах на эмиттерах этих транзисторов) возникают отрицательные импульсы. При наличии импульса на коллекторе транзистора VT6 опрокидывается D-триггер DD5.2, и тактовые импульсы "i" проходят через ИМС DD6.4 и DD11.3 на шину "Распределитель С". При наличии импульса на коллекторе транзистора VT8 опрокидывается R-S-триггер DD2.4, DD13.1, и импульсы "i" проходят через микросхему DD13.3 на шину "Распределитель t_{ϕ} ". Синхронизация импульсов, возникающих на указанных транзисторах, с модуляционными воздействиями осуществляется под соединением эмиттеров транзисторов VT6 и VT8 к выходам ИМС DD9.1 и DD1.3 соответственно.

При отсутствии в огибающей выходного сигнала УИ отрицательных приращений импульсы на коллекторах транзисторов VT6 или VT8 отсутствуют, и триггеры DD5.2 или DD2.4, DD13.1 находятся в исходном состоянии. Это снимает блокировку с входов J и K триггеров DD15, и импульсы последовательности "j" изменяют их состояние. Изменение состояния триггера реверса свидетельствует о равновесии измерительной цепи по соответствующему параметру в данном разряде. В этом случае на шине

"Алгоритм" появляется импульс, переводящий счетчик БУ в состояние, соответствующее уравниванию на более младшем разряде.

Для устранения автоколебаний системы уравнивания моста на границах диапазонов измерений D-триггер DD 5.2 и R-S-триггер, выполненный на ИМС DD 7.4 и DD 13.1, принудительно опрокидываются импульсами, поступающими на ЭД по шинам "Выход CP(П)" и "Выход CP($t_{\gamma\delta}$)" с плат УВИ и CP2 соответственно.

При значительном неравновесии измерительной цепи амплитуда напряжения на входе порогового устройства превышает опорное напряжение, создаваемое делителем R1, R2, RPI, что приводит к отпиранию транзисторов VT1 и VT4. С коллектора VT4 по шине "Поиск" сигнал подается на триггер "Поиск" УГ.

Для формирования модуляционных воздействий используются тактовые сигналы "р" и "q", длительность которых составляет 12 и 6 мс соответственно, и сигналы триггеров реверса DD 15. Сигналы "р" и "q" формируются из тактовых импульсов ("ТИ"), поступающих из УГ, при помощи делителей на три (ИМС DD 2 и DD 3). Расширение длительности тактовых сигналов "р" и "q" в два раза осуществляется подачей сигнала логической единицы на установочный вход "S" D-триггера DD 5.1.

В зависимости от чувствительности измерительной цепи осуществляется изменение длительности и полярности модуляционных воздействий по главной и дополнительной измеряемым величинам. Информация о чувствительности поступает на шину "СН" из СР1. При логическом нуле на этой шине модуляционные воздействия по емкости и тангенсу угла потерь синфазны с сигналами "q" и "р" соответственно, а при логической единице - синфазны с сигналами "р" и "q".

Из тактового сигнала "q" при помощи ИМС DD 9 и RC-цепочек формируются импульсы последовательностей "j" и "к", сдвинутые от импульсов последовательности "i" и друг от друга на 30-80 мс.

5.9. УГ (рис. 21, 22) определяет порядок работы (алгоритм) системы автоматического уравнивания моста.

На УГ расположены:

элементы схемы, определяющей порядок работы моста при выборе диапазона измерений (ИМС DD I.1,2.3; DD 2.2; DD 3.1; DD 4.1,2; DD 7.2.3; DD 8.1 и DD 9);

формирователь сигналов ВУ, выполненный на ИМС DD I.4; DD 2.3; DD 3.2; DD 4.3; DD 5.4; DD 7.4; DD 8.2; DD I2.1; DD I3.1,2; DD I4;

триггер "Стоп", выполненный на ИМС DD 2.4; DD 4.4 и DD I2.2;

триггер "Поиск", выполненный на ИМС DD 6 и транзисторе VT1;

формирователь сигналов управления чувствительностью усилителя, выполненный на ИМС DD I0; DD II и VD 4- VD 7;

генератор синусоидального напряжения, выполненный на элементах DA1 и VT3- VT12;

формирователь тактовой частоты, выполненный на элементах DD 2.1 и VT2.

Счетчик DD 9 имеет пять состояний:

"000" - соответствует выбору предела при слепом поиске;

"001" - задержка;

"010" - выбор предела при помощи модуляции;

"011" - задержка;

"100" - уравнивание на декадах.

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

В этом состоянии происходит периодический разрыв цепи образцово-вой меры моста синфазно с сигналом "р", необходимый для образования приращений амплитуды выходного напряжения МИЦ, используемых при выборе диапазона измерений.

После выбора необходимого диапазона измерений импульс, поступающий с ЭД по шине "Алгоритм", переводит счетчик DD 9 в состояние "011", а затем импульс "К" переводит счетчик в состояние "100", со-

ответствующее уравниванию по декадам. При этом с триггера DD12.1 (по входу O1) и со счетчика DD14 (по входу I4) снимается блокировка, и на вход счетчика DD14:05 поступают импульсы "Алгоритм", переводящие его последовательно из состояния "0000" в состояние "1001". В этом состоянии счетчика на вход ИМС DD4:09 подается нулевой потенциал с выхода ИМС DD3:08, блокирующий поступление импульсов "Алгоритм" на вход 05 счетчика БУ.

Одновременно с этим снимается принудительная установка в ноль триггера "Стоп" DD12.2 (УГ) по входам I2, I3, и первый же импульс "Алгоритм" устанавливает его в состояние логическая "1", свидетельствующее об окончании уравнивания МИЦ. По сигналу, снимаемому с триггера "Стоп", генератор выключается.

При десятикратном снижении напряжения на входном устройстве (при включении тумблера " U_{zx} ") на вход ИМС DD10:02 подается сигнал логическая "1". На выходе ИМС DD10 образуется код, отличающийся от кода БУ на два. В этом случае счетчик БУ блокируется в состоянии "0110", соответствующем уравниванию на четвертых разрядах обеих измеряемых величин. Сигналы БУ подаются на распределители, расположенные на CP1 и CP2.

При значительном неравновесии измерительной цепи срабатывает устройство "слепого поиска", состоящее из порогового устройства, расположенного на 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 " \dot{t} " опрокидывает его в состояние логическая "1".

При этом счетчик DD9 по входу R принудительно сбрасывается в состояние "000", и импульсы тактовой последовательности " \dot{t} " поступают на вход обратного счета счетчика БУ. Счетчик БУ изменяет свои состояния в направлении, соответствующем уравниванию МИЦ по более старшим разрядам. С изменением состояний счетчика уменьшается коэффициент усиления избирательного усилителя, т.е. уменьшается напряже-

ние на его выходе, а значит и на входе устройства "слепого поиска". Из состояния счетчика "0010", соответствующего уравниванию измерительной цепи по третьему разряду, первым же импульсом "1" счетчик переводится в состояние "0000", соответствующее уравниванию измерительной цепи по первому разряду. Однако, если при этом напряжение на входе устройства "слепого поиска" превышает опорное напряжение, то происходит выбор диапазона измерений. В этом случае с микросхемы DD 5.3 импульсы последовательности "1" поступают на вход СРП, расположенный на УВИ. Включение требуемого диапазона измерений вызывает уменьшение напряжения неравновесия измерительной цепи и отсоединение устройства "слепого поиска". Начинается подекадное уравнивание моста.

Задающий генератор собран на микросхеме DA1. В качестве колебательного контура использован мост Вина ($R_3, R_4, R_{P1}, C_2, C_3$). Потенциометром R_{P1} устанавливается частота генератора. В цепи автоматической регулировки усиления (APY) входят элементы VD 1, VD 2, R_{P2}, R_5, R_6 и R_9 . Потенциометром R_{P2} устанавливается амплитуда напряжения генератора. На транзисторах VT6-VT11 выполнен двухтактный усилитель мощности. Транзисторы VT3, VT4 и резистор R_{I5} служат для снижения напряжения генератора в десять раз. С помощью транзисторов VT5 и VT12 генератор после уравнивания измерительной цепи выключается.

Генератор формирует синусоидальное напряжение с действующим значением $(10 \pm 0,5)V$ и частотой $(1000 \pm 5) Hz$. Коэффициент искажения формы кривой не более 0,5%. Это напряжение подается на первичную обмотку плечевого трансформатора МИЦ, расположенного на ТН1.

Формирователь тактовой частоты из синусоидального напряжения задающего генератора формирует прямоугольные импульсы (ТИ), используемые в ЭД.

5.10. Счетчик реверсивный СРП (рис. 23, 24) предназначен для управления коммутацией транзисторных ключей уравнивающих декад ТН1, записи и хранения информации о состоянии МИЦ по главной измеряемой

величине и выдачи ее на МІ и УВИ

На СРІ расположены:

двоично-десятичные реверсивные счетчики АІ-А5, служащие для уравнивания по разрядам и выполненные на ИМС D D I и D D 2;

распределитель счетных импульсов, выполненный на ИМС D D 3.2, D D 4.1, D D 5, D D 6.1 и D D 7.1 ;

элементы схемы устранения неустойчивости, выполненной на ИМС D D 4.2, D D 6.2,4; D D I 6.1 и D D I 7.2;

элементы схемы устранения нуля на старшей декаде, включающей элементы схемы устранения неустойчивости (за исключением элементов D D 4.2 и D D 6.4) ИМС D D I.4, D D 3.4, D D 6.3, D D I 4.2, D D I 5.2, 3; D D I 6.2, D D I 7.1,3; D D I 8.2,3;

преобразователь двоично-десятичного кода в параллельно-последовательный, выполненный на ИМС D D 8, D D I 0, D D I I и D D I 3.

СРІ работает следующим образом. На распределитель (по шине РПД(С)) с ЭД поступают счетные импульсы. С распределителя эти импульсы, в зависимости от состояния счетчика БУ, поступают на один из счетчиков АІ-А5 (в исходном состоянии - на счетчик А5). Счетчик производит запись информации в прямом счете, если сигнал на шине реверса ШР(С) соответствует логической "1", или в обратном, если сигнал на шине ШР(С) соответствует логическому "0". При достижении равновесия на данной декаде счетчик БУ 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 счетчиков.

Записанная информация хранится в счетчиках до очередного запуска моста. При запуске моста в режиме измерений "С₁" все счетчики устанавливаются в нулевое состояние по установочному входу R.

Для устранения неустойчивости отсчета по основному параметру, возникающей из-за нестыковки на границах диапазонов, предусмотрена такая работа системы уравнивания моста, при которой запрещается

смена диапазонов, если значение измеряемой величины лежит в зоне нестыковки. С этой целью при работе счетчика младшей декады в обратном счете устанавливаются состояния от "20000" до "19899", после чего срабатывает схема устранения "0" на старшем разряде, и формируется сигнал, устанавливающий в третьем разряде цифру "8", в результате чего на отсчетном устройстве устанавливается отсчет 198899. При таком отсчете мост переводится на более младший диапазон измерений, и осуществляется окончательное уравнивание измерительной цепи и соответствующее заполнение счетчиков по C и по $\text{tg } \delta$ или G .

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

Схема устранения нуля на старшей декаде формирует импульс, поступающий на счетчик А5 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 (СГО), расположенной на УВИ. При наличии потенциала логического нуля на разрешающих входах коммутаторов на их выходы поступает информация только с того информационного входа, который соответствует коду счетчика СГО. Информация с выходов коммутаторов подается на УВИ.

5. II. Счетчик реверсивный СР2 (рис. 25, 26) предназначен для управления коммутацией транзисторных ключей уравнивающих декад ТН2, записи и хранения информации о состоянии измерительной цепи по $\text{tg } \delta$ или G и выдачи ее на блок индикации И2 и УВИ.

На СР2 размещены:

двоично-десятичные реверсивные счетчики А1-А5, выполненные на ИМС D D 1, D D 2;

распределитель счетных импульсов, выполненный на ИМС D D 3.4, D D 11.1 и D D 13;

преобразователь двоично-десятичного кода в параллельно-последовательный, выполненный на микросхемах DD4, DD8, DD10, DD12 и DD11.2;

элементы схемы индикации переполнения и короткого замыкания, выполненной на ИМС DD3, DD5-DD7, DD9.

Принцип и порядок работы узлов CP2 такой же, как и аналогичных узлов CP1, описанный в п. 5.10.

Схема индикации переполнения и короткого замыкания объекта измерений предназначена для сигнализации о выходе значения какого-либо параметра измеряемой величины за пределы измерений моста, а также о наличии короткого замыкания на зажимах объекта измерений. С CP1 и CP2 импульсы переноса поступают на вход схемы переполнения, где формируются сигналы гашения, поступающие на И1 и И2.

При выходе какого-либо из параметров объекта измерений за пределы измерений разряды отсчетного устройства этого параметра "мигают", а при коротком замыкании на зажимах объекта измерений - гасятся.

Это же устройство формирует сигналы гашения последних разрядов отсчетного устройства при десятикратном снижении напряжения на объекте измерений.

5.12. Устройство вывода информации УВИ(рис.27,28) предназначено для формирования сигналов диапазонов, запятых и символов, а также для работы моста с цифropечатающим устройством - ЦПУ.

На УВИ расположены:

счетчик пределов СРП, выполненный на ИМС DD8;

формирователь сигналов запятых и символов, выполненный на ИМС DD4.1, DD9, DD11, DD12 и DD14.1,2;

элементы схемы опроса коммутаторов СТ0, выполненной на элементах DD1.4, DD2.3,4,5; DD10.3, DD13 и VT3-VT6;

формирователь сигнала "I" дополнительного разряда на ИМС DD5;

преобразователи уровней напряжений А1-А6.

Счетчик СРП формирует сигналы диапазонов, используемые для коммутации реле, расположенных на ПНИ и УКТ.

Формирователь сигналов запятых и символов формирует по сигналам СРП потенциалы, используемые в ИИ для индикации запятых в первом, втором и третьем разрядах, а также символов "р", "л", "μ".

Схема опроса коммутаторов работает следующим образом. После окончания процесса уравнивания по отрицательному перепаду потенциала на шине ТРС формируется импульс КИ ("конец измерения"), который преобразуется ключом А6 в импульс "КИ-ЦП", поступающий через соединитель "ЦПУ" на ЦПУ. ЦПУ вырабатывает синхроимпульсы "С(п)", поступающие на вход счетчика опроса СТО при наличии разрешающего потенциала на входе ИМС D D I.4:04. Сигналы, сформированные схемой опроса, в виде двоичного кода подаются на входы управления коммутаторов, расположенных на СР1 и СР2.

Вначале производится опрос коммутаторов по С, затем - коммутаторов $tq\delta$ или G. Сигнал разрешения на опрос коммутаторов по С формируется импульсом КИ и подается на входы L коммутаторов СР1. Сигнал разрешения на опрос коммутаторов по $tq\delta$ или G формируется по сигналу "С-СТО" и подается на входы L коммутаторов СР2. С выходов коммутаторов информация поступает на схемы совпадения И-НЕ, а оттуда - на преобразователи А2-А5. Через преобразователь А1 проходит информация о запятой.

Преобразователи А1-А6 представляют собой транзисторные ключи и служат для преобразования сигналов в уровни ТТЛ относительно корпуса прибора.

С преобразователей А1-А6 сигналы подаются на соединитель "ЦПУ".

5.13. Блок индикации ИИ (рис.29,30) предназначен для представления результатов измерений по С.

ИИ состоит из цифровых индикаторов А1-А8 и дешифраторов D D I и D D 2.

5.14. Блок индикации И2(рис.31,32)предназначен для представле - ния результатов измерений по $\operatorname{tg} \delta$ или G .

На И2, кроме цифровых индикаторов А1-А6 и дешифратора D D 7, расположены:

формирователь сигналов режимов измерений, выполненный на элемен - тах D D 2.1,2; D D 3.1,2 и D D 4.1;

формирователь сигналов видов запуска, выполненный на элементах D D 1.2; D D 2.3,4; D D 3.3; D D 4.2,3,4; D D 5.2,4; D D 6;

формирователь сигналов автоматического запуска моста, выполнен - ный на элементах D D 1.1,3; D D 5.1,3; VT2, VT3, VT5 и CI.

На входы формирователей режимов измерений и видов запуска посту - пают сигналы из блока сенсорного управления. Выходные сигналы форми - рователей используются для коммутации необходимого режима измерений и вида запуска, а также для регистрации включения режима измерений или вида запуска (включается соответствующий индикатор блока сенсор - ного управления).

Формирователь сигналов автоматического запуска моста представляет собой ждущий мультивибратор. Времязадающими являются элементы CI, RI2 и потенциометр ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ, расположенный на лицевой панели моста.

Формирователь работает следующим образом. При включении вида запуска АВТ с вывода ИМС DDI:10 снимается блокировка. С приходом отрицательного импульса напряжения на вход ИМС DDI:09 на ее выходе 08 устанавливается уровень логической "1", и конденсатор CI заряжается через RI2 и потенциометр RP2 (рис. 33). В начальный момент на базу VT3 повторителя напряжения, а значит и на его выход, передается по - тенциал с выхода ИМС DDI:08. На выходе ИМС DD5:08 устанавливается уровень логического "0", блокирующий ИМС DDI по входу II. По мере заряда конденсатора CI напряжение на входе повторителя, а значит и на его выходе, уменьшается до наименьшего значения уровня логической

"I", после чего на выходе ИМС DD5:08 устанавливается напряжение логической "1", снимающее блокировку с ИМС DDI, конденсатор CI разряжается по цепи CI(+) - DDI:08 - VD I - CI(-), а с приходом отрицательного импульса на вход ИМС DDI:09 процесс повторяется. С выхода ИМС DD5:08 импульсы поступают на входы ИМС DD5:I2, I3, а с выхода ИМС DD5:II через дифференцирующую цепочку C2, RI6, ИМС DD4.4 и DD6.2 - на запуск моста. Потенциометром ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ регулируется время цикла запуска моста в пределах 0,5-15 с.

5.15. Блок сенсорного управления (БСУ), состоящий из семи сенсорных переключателей (ПС) (рис. 5, 6), предназначен для управления работой моста.

ПС содержит контакт EI, пусковое устройство, выполненное на транзисторе VT1, и индикатор VD I, посредством которого индицируется включение. Сигналы, создаваемые при помощи ПС, подаются на схемы формирования сигналов режимов работы и видов запуска, расположенные на И2.

5.16. Блок питания (БП) (рис. 33) предназначен для преобразования напряжений переменного тока в напряжения постоянного тока, служащие для питания электронных устройств моста и электромагнитных реле.

В БП входят:

предохранитель FUI;

сетевой фильтр ZL I, состоящий из трансформатора TVI и конденсаторов CI и C2;

тумблер СЕТЬ;

силовой трансформатор TV2;

переключатель сетевого напряжения XPI, XS9;

стабилизаторы DAI-D A3.

6. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При работе с мостом и его ремонте обслуживающий персонал должен соблюдать общие требования по технической эксплуатации электроизмерительных приборов, установленный ГОСТ I2.3.019-80.

6.2. Перед началом работы моста соединить один из зажимов, обозначенный " \perp ", с шиной заземления рабочего места проводом, сечение которого составляет не менее $0,5 \text{ мм}^2$.

6.3. Перед заменой предохранителя сети электропитания выключить тумблер СЕТЬ и отсоединить мост от питающей сети.

7. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ, ПОРЯДОК РАБОТЫ

7.1. Мост обслуживается одним оператором.

7.2. В случае транспортирования моста в условиях, отличных от нормальных условий применения, выдержать его в течение 8 ч после воздействия повышенной (пониженной) температуры, 24 ч - после воздействия повышенной влажности, 4 ч - после транспортирования в нормальных условиях применения (п. 2.24) и убедиться в отсутствии механических повреждений.

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

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

7.5. Включить тумблер СЕТЬ.

7.6. Установить необходимый режим измерений (п. 2.7) прикосновением к контактам сенсорного переключателя. В режимах измерений " C_1 " и

"С₁-С_н" при запуске РУЧ прикоснуться к контактам СП СТАРТ.

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

7.7. Смену объекта измерений производить после окончания процесса уравнивания при установке режима "С₁" или "С₁-С_н" 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 подсоединить к зажимам "С_х" моста и произвести измерение. Затем мост перевести в режим "С_{var}", включить тумблер КАЛИБР С и (или) КАЛИБР $\operatorname{tg} \delta$, расположенные на задней стенке, и, вращая оси потенциалметров КАЛИБР С и (или) КАЛИБР $\operatorname{tg} \delta$, выведенных на лицевую панель, добиться появления на отсчетном устройстве отсчета, соответствующего паспортному значению емкости и (или) тангенсу угла потерь внешней образцовой меры.

Откалиброванный таким образом мост обеспечивает измерения емкости и тангенса угла потерь с точностью, указанной в табл. 4.

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

Вместо буквенных символов "μ", "ρ", "η", "F", при регистрации результата измерений в шестом и седьмом разрядах печатаются цифры "5", "6", "7" и "8" соответственно.

Подсоединение моста к ЦПУ осуществляется при помощи кабеля, выполненного в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

Цепь	Контакт соединителя		
	моста (ЦПУ) 2PM24KПН19Ш1В1	ЦПУ Ф5033К (Ш1) 2PM30KПН32Ш1В1	ЦПУ Ф5235К (ПК) 2PM30KПН32Ш1В1
А - ЦП	1	2	2
В - ЦП	2	3	3
С - ЦП	3	4	4
Д - ЦП	4	5	5
Точка - ЦП	6	6, 26	30
Сигнал Р (1П)	8	9, 10	24
Сигнал Р (2П)	9	19, 20	25
Сигнал Р (3П)	10	29, 30	26
Имп. С (П)	12	31	31
КИ	14	1, 11, 21	29
Корпус	16	32	32

Переключателями ЦПУ РАЗРЯДНОСТЬ установить набор "1812160000".

П р и м е ч а н и е . Набору на отсчетном устройстве моста, например, I98765 nF 0,21438 соответствует распечатка на ЦПУ 0I98,7658 78 0,21438, где I98,765 - отсчет по емкости; 78 - размер - ность; 0,21438 - отсчет по $\text{tg} \delta$. Первый и последний знаки в отсчете по емкости являются контрольными метками и при съеме информации во внимание не принимаются.

8. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

8.1. Заключение о техническом состоянии моста проводится на основании результатов поверки. Мост, находящийся в эксплуатации, должен периодически поверяться в соответствии с ГОСТ 8.513-84.

9. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

9.1. Методы и средства поверки - по ГОСТ 8.294-85 и ГОСТ 25242-82.

9.2. Операции поверки

9.2.1. Объем и рекомендуемая последовательность проведения поверки указаны в табл.6.

Таблица 6

Наименование операции	Номер пункта		Проведение операции при	
	технических данных	методов поверки	первичной поверке	периодической поверке
1. Проверка диапазонов измерений, определение значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста при измерениях главной и дополнительных измеряемых величин	2.1, 2.6	9.5.1, 9.5.2	Да	Да
2. Проверка калибровки и определение значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста после калибровки	2.5, 2.7	9.5.3	Да	Да
3. Проверка режимов измерений, видов запуска, дистанционного управления режимами измерений и видами запуска	2.11, 2.12, 2.13	9.5.4	Да	Да

Наименование операции	Номер пункта		Проведение операции при	
	технических данных	методов поверки	первичной поверке	периодической поверке
4. Проверка вывода информации о результатах измерений и отсчетного устройства	2.14, 2.15	9.5.5	Да	Да
5. Испытание электрической прочности изоляции	2.18	9.5.6	Да	Нет ж
6. Определение сопротивления изоляции	2.19	9.5.7	Да	Нет ж

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

9.3. Средства поверки

9.3.1. 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.

9.3.2. В качестве мер тангенса угла потерь могут использоваться составные меры тангенса угла потерь в соответствии с ГОСТ 8.294-85.

В качестве мер проводимости могут быть использованы Т-образные составные меры проводимости (сопротивления) в соответствии с ГОСТ 8.294-85.

В качестве мер емкости может быть использован измерительный трансформатор импеданса.

Сведения о составных мерах и измерительном трансформаторе импеданса приведены в приложении.

9.3.3. Образцовые средства поверки аттестовать, в зависимости от класса точности моста, в соответствии с табл.7.

Таблица 7

Класс точности	Соотношение погрешностей образцовая мера/ мост
0,01-0,025	1/2
0,04-0,05	1/2,5
0,1-1	1/3

9.4. Условия поверки и подготовка к ней

9.4.1. При проведении поверки должны соблюдаться условия, приведенные в п.2.24.

9.4.2. Перед поверкой мост необходимо выдержать в условиях, приведенных в п.2.24 в течение 24 ч, если мост находился в условиях с относительной влажностью, превышающей 80 % или с температурой, отличной от нормальной.

9.5. Проведение поверки

9.5.1. Проверку диапазонов измерений (п.2.1) проводить в процессе определения значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста при измерениях главной и дополнительной измеряемых величин.

9.5.2. Определение значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста (п.2.6) проводить не менее, чем для двух значений C и $\operatorname{tg} \delta$ (или G), близких к начальному и среднему или конечному значениям измеряемых величин на каждом диапазоне измерений.

Определение значений относительной основной погрешности на диапазонах 200-19999 μF проводить не менее, чем для двух значений C .

Необходимые цифровые отсчеты обеспечиваются изменением значений соответствующих мер измеряемых величин, подсоединяемых к входному

устройству моста.

Определение значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста при десятикратном снижении напряжения на входном устройстве проводить для двух значений C и $\operatorname{tg} \delta$ (или \mathcal{E}) на одном из диапазонов измерений.

9.5.3. Проверку калибровки по внешней образцовой мере (п.2.5) и определение значений относительной и абсолютной основных погрешностей моста (п.2.7) проводить следующим образом.

Включить мост, установить режим измерений " $C_{\text{нач}}$ ", включить тумблеры КАЛИБР C и (или) КАЛИБР $\operatorname{tg} \delta$ - на передней панели моста включатся соответствующие индикаторы.

Подключить к входному устройству моста образцовую меру C и (или) $\operatorname{tg} \delta$.

Через $Z_{\text{н}}$ после включения моста вращением ручек потенциометров КАЛИБР C и (или) КАЛИБР $\operatorname{tg} \delta$ установить на отсчетном устройстве набор, соответствующий действительному значению образцовой меры C и (или) $\operatorname{tg} \delta$.

Через $Z_{\text{н}}$ по этой же образцовой мере определить основную погрешность моста при измерении C и (или) $\operatorname{tg} \delta$.

9.5.4. Проверку режимов измерений (п.2.II), видов запуска (п.2.I2) проводить, устанавливая каждый из режимов измерений и видов запуска соответствующими переключателями.

Проверку дистанционного управления режимами измерений и видами запуска проводить, подавая от генератора импульсов, например Г5-54, сигналы на соответствующие контакты соединителя УПР ВНЕШН (см. рис.33).

Уровень, полярность и длительность сигналов должна соответствовать указанной в п.2.I2.

9.5.5. Проверку вывода информации о результатах измерений (п.2.I4) и отсчетного устройства (п.2.I5) проводить для всех цифро -

вых и буквенных символов, а также для всех положений запятой при помощи устройства цифровой регистрации, например ФБ235К, подсоединенного к мосту через соединитель ЦПУ, изменяя набор на подключенных к входному устройству моста магазинах емкости и сопротивления.

Цифровые значения (от 0 до 9) во всех разрядах обеспечиваются изменением набора на магазине емкости и сопротивления.

Результат измерения на отсчетном устройстве моста сличается с распечаткой на ЦПУ.

П р и м е ч а н и я :

1. Допускается проверку вывода информации о результатах измерений и отсчетного устройства проводить при цифровых значениях I-2-4-8 в каждом разряде.

2. Для вывода информации на ЦПУ при сличении показаний отсчетного устройства моста с распечаткой на ЦПУ перевести мост из режима "C var" в режим "C_I".

9.5.6. Испытание электрической прочности изоляции моста (п.2.18) проводить по ГОСТ 22261-82 на пробойной установке, обеспечивающей 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.

9.5.7. Определение электрического сопротивления изоляции моста (п.2.19) проводить по ГОСТ 22261-82 мегаомметром, например, М4100/3, при напряжении 500 V. 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.

9.6. Обработка результатов измерений

9.6.1. Абсолютную основную погрешность моста Δ_n определять по

формуле

$$\Delta_H = A_M - A_D \quad (1)$$

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

A_D - действительное значение образцовой меры.

Относительную основную погрешность моста $\delta_{сн}$, в процентах, определять по формуле

$$\delta_{сн} = \frac{A_M - A_D}{A_{ном}} \cdot 100, \quad (2)$$

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

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

$$\Delta_p = \Delta_H \cdot (1 + V |t_p - 20|), \quad (3)$$

где $V = 0,1 \text{ I/}^\circ\text{C}$ - для классов точности от 0,01 до 0,05;

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

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

Относительную погрешность моста в рабочих условиях применения $\delta_{ср}$, в процентах, определять по формуле

$$\delta_{ср} = \delta_{сн} \cdot (1 + V |t_p - 20|) \quad (4)$$

9.7. Оформление результатов поверки

9.7.1. 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).

9.7.2. 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.

10. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

10.1. Перечень возможных неисправностей и способы их устранения приведены в табл. 8.

Таблица 8

Возможные неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
<p>1. При включении моста в сеть не включаются индикаторы отсчетного устройства</p>	<p>Неисправен предохранитель FU I, находящийся на задней стенке моста</p>	<p>Заменить предохранитель</p>
<p>2. На отсчетном устройстве индицируются запятое, символы "F" и "0" на старшем разряде по $\text{tg } \delta$. Остальные индикаторы не включаются</p>	<p>Неисправен источник "5 V"</p>	<p>Исправить источник</p>
<p>3. Мост не уравнивается. Происходит произвольный выбор диапазонов измерений и произвольный набор на отсчетном устройстве</p>	<p>Не работает задающий генератор рабочей частоты (УГ)</p> <p>Задающий генератор работает. Отсутствует напряжение после резистора RII</p>	<p>Проверить наличие питающих напряжений 24 V и минус 24 V на микросхеме DA1.</p> <p>Проверить исправность микросхемы DA1.</p> <p>Проверить исправность транзисторов VT5, VT12, ИМС DD I2,2</p>

Продолжение табл. 8

Возможные неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
<p>4. Диапазон измерений выбирается правильно, мост не уравнивается</p>	<p>Задающий генератор работает. На входе усилителя мощности напряжение есть. Отсутствует напряжение на выходе усилителя мощности (УГ:2I)</p>	<p>Проверить исправность транзисторов VT8- VTII</p>
	<p>Неисправны делители главной или дополнительные измеряемых величин в СР1 или СР2 соответственно</p>	<p>Проверить исправность элементов распределителей СР1 (см. п. 5.10) и СР2 (см. п. 5.11)</p>
	<p>Не работает один из модуляторов напряжения в TH1 или TH2</p>	<p>Проверить исправность транзисторов VTII- VTI6 TH1 и VTII- VTI6 TH2</p>
	<p>Отсутствует напряжение рабочей частоты TH2</p>	<p>Проверить наличие питающих напряжений на TH2. Проверить исправность транзисторов VT1- VT4 ПН2. Проверить наличие сигнала ло-</p>

Возможные неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения
5. Диапазон измерений выбирается правильно, мост не уравнивается в некоторых точках	Отсутствует напряжение рабочей частоты ТН1 или ТН2 в этих точках	гического "0" CP(C)I с CPI Проверить исправность одного из транзисторов VT1-VT10, ИМС DD I той декады, на которой наблюдаются сбои

II. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

II.1. Мосты до введения в эксплуатацию следует хранить на складах в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха 5-40 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

Хранить мосты без упаковки следует при температуре окружающего воздуха 10-35 °С и относительной влажности 80 % при температуре 25 °С.

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

II.2. Мосты транспортируют транспортом любого вида в закрытых транспортных средствах.

Мосты при транспортировании самолетом должны быть помещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Пределные климатические условия транспортирования для:

ЦЕ5002 - температура окружающего воздуха минус 50 °С (нижнее значение), плюс 50 °С (верхнее значение) и относительная влажность 98 % при температуре 35 °С;

ЦЕ5002-04.1 - температура окружающего воздуха минус 50 °С (нижнее значение), плюс 60 °С (верхнее значение) и относительная влажность 100 % (верхнее значение) при температуре 35 °С и при более низких температурах с конденсацией влаги.

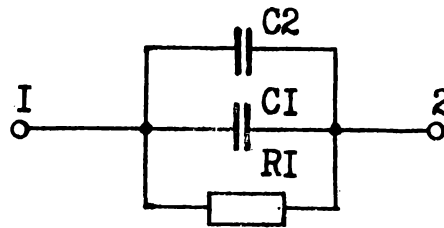
Значения механических воздействий на мосты при транспортировании должны соответствовать ГОСТ 22261-82.

Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки мостов, практически не должны иметь следов цемента, угля, химикатов и т.п.

СОСТАВНЫЕ МЕРЫ

I. Определение абсолютной основной погрешности при измерении дополнительной измеряемой величины $\operatorname{tg} \delta$ (при измерении C и $\operatorname{tg} \delta$) проводится на составных мерах тангенса угла потерь.

В качестве составных мер тангенса угла потерь по ГОСТ 8.294-85 используются цепи из параллельно соединенных мер емкости и резисторов, рис. I, аттестованных по емкости, тангенсу угла потерь и сопротивлению.



$C1$ - образцовая мера емкости

$C2$ - емкость монтажа

$R1$ - образцовая мера активного сопротивления
(резистор типа C2-29B-0, I25)

Рис. I

Тангенс угла потерь составной меры ($\operatorname{tg} \delta_{\Sigma}$) при параллельном включении по двухзажимной схеме вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} \delta_{\Sigma} = \operatorname{tg} \delta_c + \frac{I}{2\pi f (C_1 + C_2) R_1}, \quad (I)$$

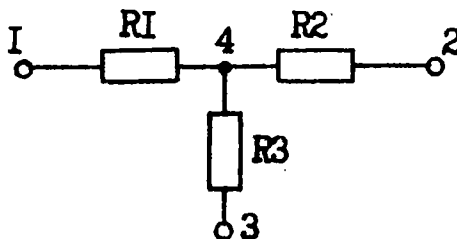
где $\operatorname{tg} \delta_c$ - тангенс угла потерь меры емкости $C1$;

C_1 - действительное значение емкости меры $C1$, F;

C_2 - действительное значение емкости монтажа $C2$, F;

R_1 - действительное значение сопротивления резистора $R1$, Ω .

2. При измерениях емкости от $1 \cdot 10^{-3}$ до $19,999 \text{ pF}$ в качестве составной меры активного сопротивления (проводимости) используется T-образная цепь, составленная из мер активного сопротивления или прецизионных резисторов, схема электрическая принципиальная которой приведена на рис.2.



R_1, R_2, R_3 - резисторы С2-29В-0,125

Рис.2

Эквивалентное сопротивление (проводимость) составной меры в омах (сименсах) вычисляется по формуле

$$R_{\text{экв}} = \frac{I}{G_{\text{экв}}} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} \quad (2)$$

где R_1, R_2 и R_3 - действительные значения сопротивлений резисторов R_1, R_2 и R_3 соответственно, Ω .

Зажимы "1" и "2" составной меры подключать к зажимам "U" и "I" входного устройства моста соответственно. Зажим "3" - к зажиму заземления моста.

3. Измерительный трансформатор импеданса (в дальнейшем - ИГИ) предназначен для поверки моста по емкости с использованием внешних образцовых мер емкости.

ИГИ содержит два индуктивных делителя напряжения, вторичные обмотки которых коммутируются переключателями для изменения коэффициентов трансформации и осуществляют масштабирование емкости внешнего образцового конденсатора C_0 в эквивалентную емкость C_3 .

Значение $C_{\text{э}}$ определяется по формуле

$$C_{\text{э}} = \frac{W_0}{W_1 \cdot W_2} \cdot C_0 \quad (3)$$

Структурная схема ИГИ и способ ее подключения к поверяемому мосту и внешнему образцовому конденсатору (C_0) показана на рис.3.

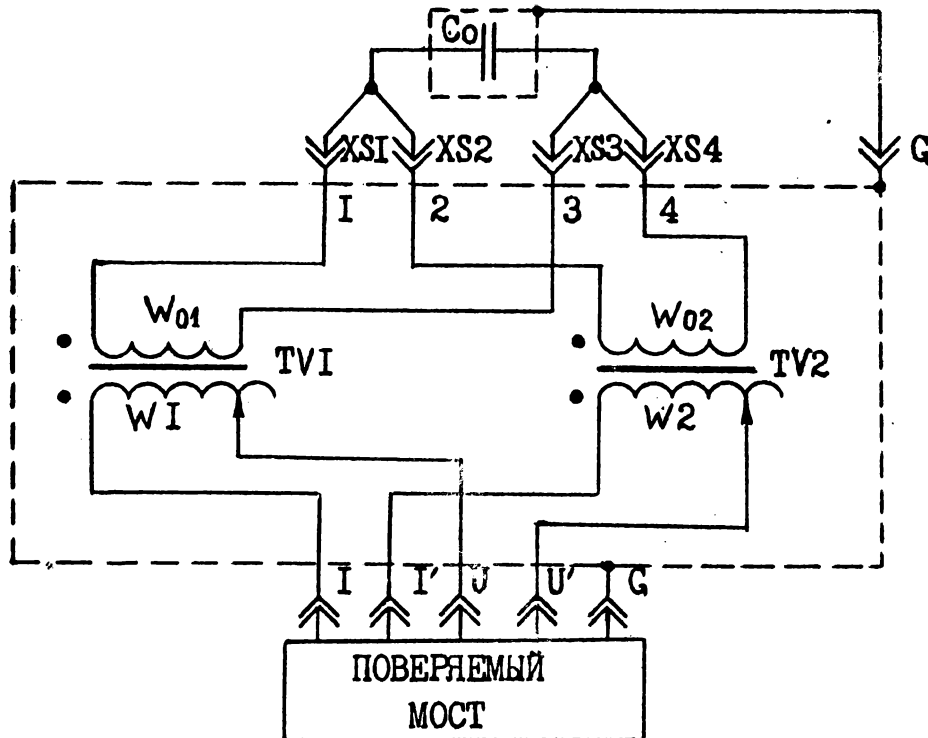


Рис.3

Погрешность преобразования емкости внешнего образцового конденсатора C_0 в эквивалентную емкость $C_{\text{э}}$ определяется по формуле

$$\delta_{C_{\text{э}}} = \pm \left(\delta_{C_0} + \frac{2}{\omega^2 \cdot L \cdot C_0} \right) \quad (4)$$

где $\omega = 2\pi f$, а $f = 1000$ Hz для $C_0 = 1 \cdot 10^{-4}$ F;

L - индуктивность первичной обмотки W_0 индуктивного делителя в H, аттестованная на частоте 1 кГц ;

δ_{C_0} - погрешность аттестации емкости образцового конденсатора.

Значение L определяется по формуле

$$L = \frac{L_{01} \cdot L_{02}}{L_{01} + L_{02}}, \quad (5)$$

где L_{01} , L_{02} - индуктивность обмоток W_{01} и W_{02} соответственно.

4. Составные меры тангенса угла потерь, активного сопротивления (проводимости) и ИГИ должны поверяться не реже одного раза в два года.

Погрешность δ_g , %, аттестации тангенса угла потерь или эквивалентного сопротивления (проводимости) определять по формуле

$$\delta_g = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}, \quad (6)$$

где δ_i - погрешность аттестации i -того элемента составной меры, %;
 n - число элементов составной меры.

Составные меры тангенса угла потерь и активного сопротивления (проводимости) должны быть аттестованы поэлементно с погрешностью, обеспечивающей значение δ_g , не превышающее значений, указанных в табл.7.

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

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

Мост ЦЕ5002. Схема электрическая структурная

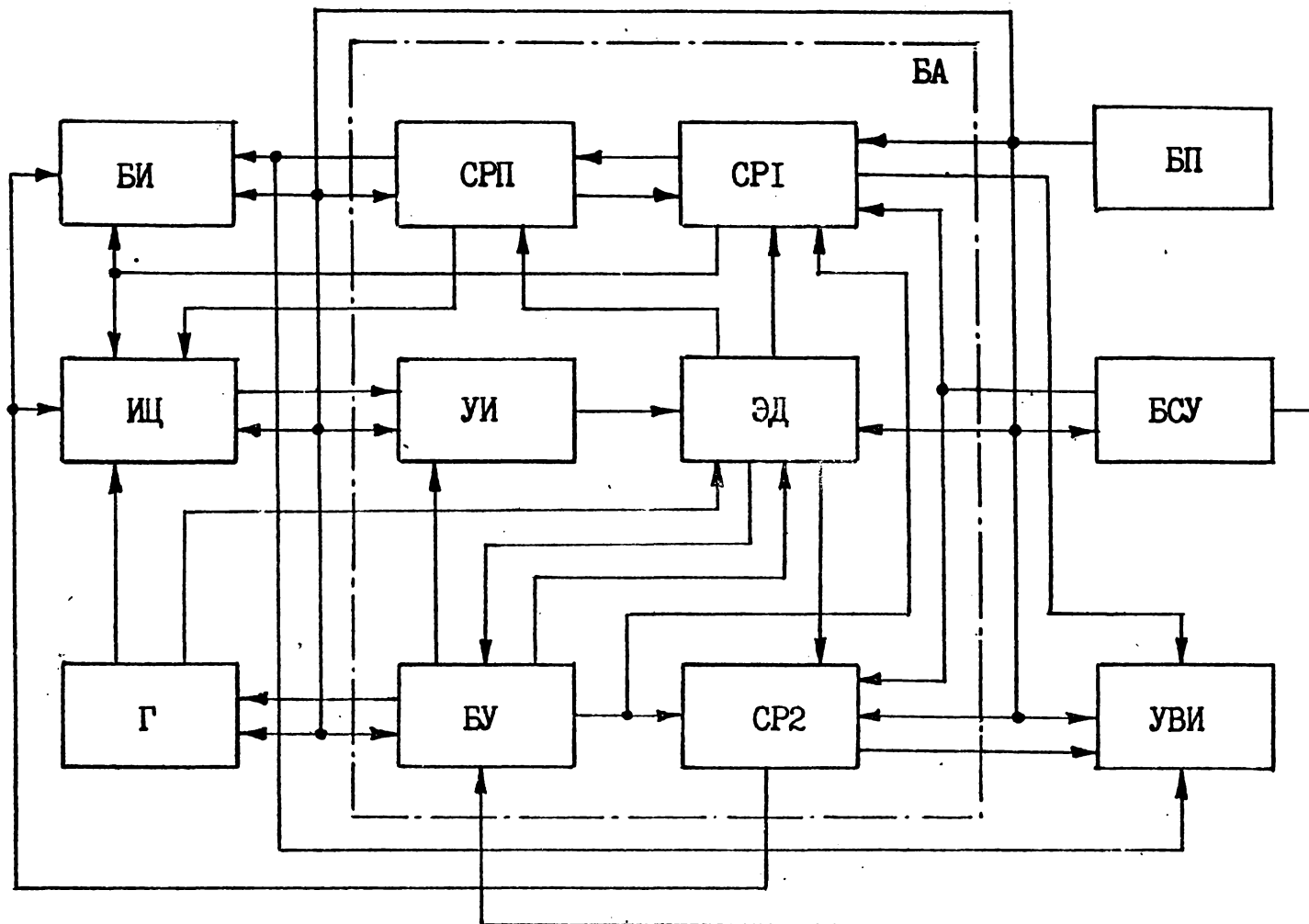
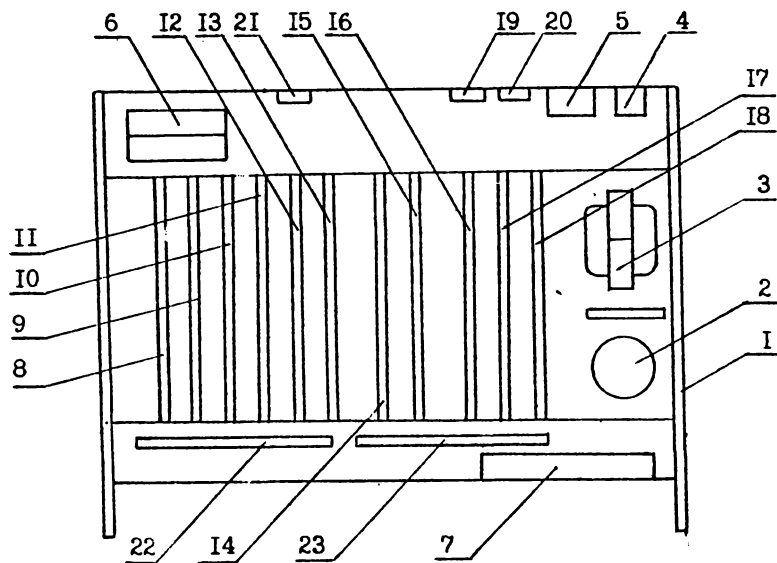


Рис. I

БА - блок автоматики
БИ - блок индикации
СРП - реверсивный счетчик диапазонов
СР1 - счетчик реверсивный (главная измеряемая величина)
БП - блок питания
ИЦ - измерительная цепь
УИ - усилитель избирательный
ЭД - экстремум-детектор
БСУ - блок сенсорного управления
Г - генератор
БУ - блок управления
СР2 - счетчик реверсивный (дополнительная измеряемая величина)
УВИ - устройство вывода информации

Продолжение рис. I

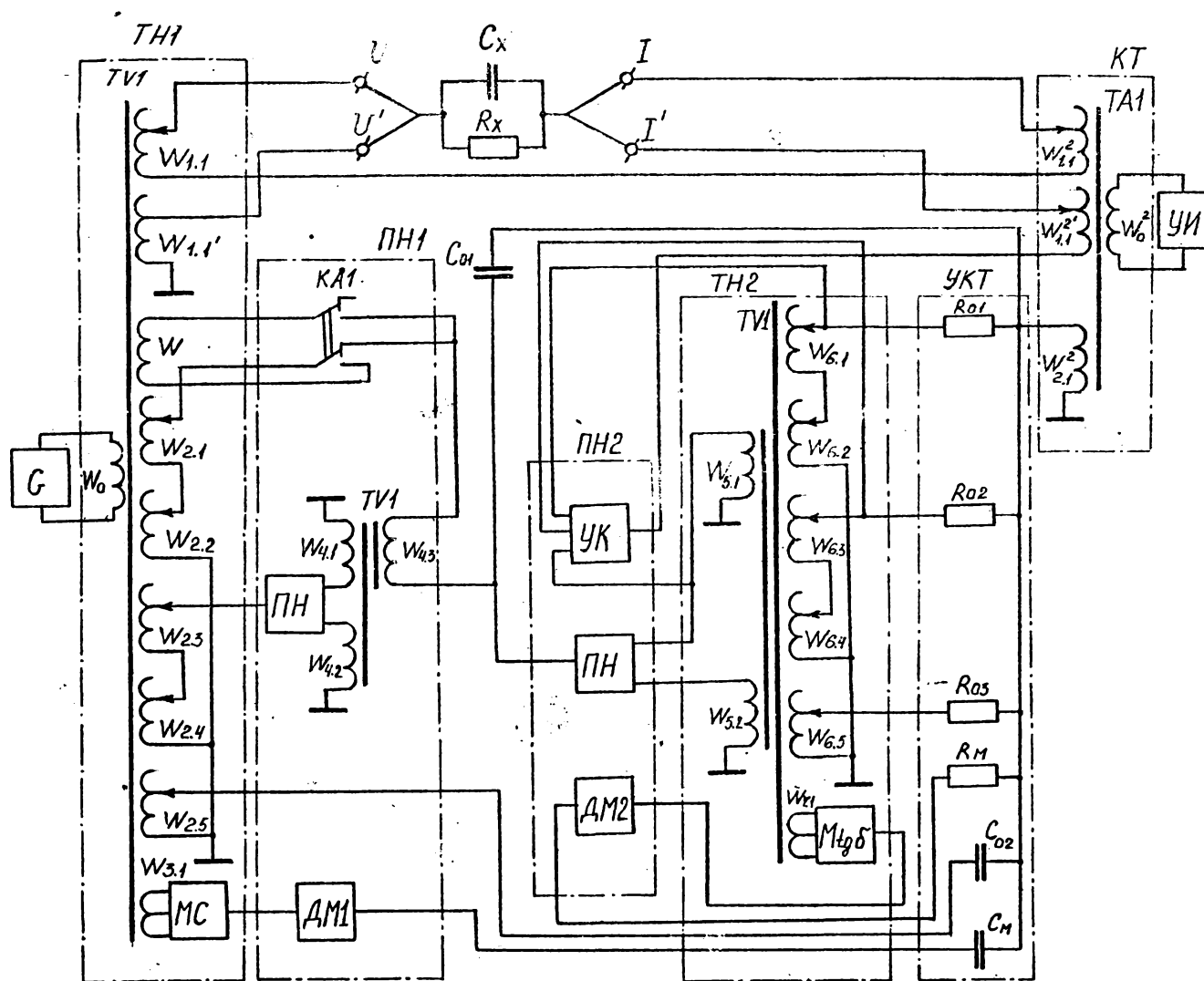
Мост ЦЕ5002. Расположение блоков и узлов



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 КТ
7. Блок сенсорного управления БСУ
8. Устройство коммутации обмоток компаратора токов УКТ
9. Усилитель избирательный УИ
10. Экстремум-детектор ЭД
11. Блок управления и генератора УГ
12. Устройство вывода информации УВИ
13. Счетчик реверсивный СР1
14. Трансформатор напряжения главной измеряемой величины ТН1
15. Повторитель напряжения ПН1
16. Счетчик реверсивный СР2
17. Трансформатор напряжения дополнительных измеряемых величин ТН2
18. Повторитель напряжения ПН2
19. Стабилизированный источник напряжения -24 V
20. Стабилизированный источник напряжения 24 V
21. Стабилизированный источник напряжения 5 V
22. Блок индикации результатов измерений главной измеряемой величины И1
23. Блок индикации результатов измерений дополнительных измеряемых величин И2

Рис. 2

Мост ЦЕ5002. Мостовая измерительная цепь



- G - генератор синусоидального напряжения
 TH1 - трансформатор напряжения плечевой
 TH2 - трансформатор напряжения суммирующий
 TV1, TV2 - трансформаторы напряжения вспомогательные
 КТ - компаратор токов
 PH1, PH2 - прецизионные повторители напряжения
 УК - устройство компенсации
 УИ - усилитель избирательный
 MC, Mtd - модуляторы главной измеряемой величины (емкости) и дополнительной измеряемой величины (тангенса угла потерь) соответственно
 DM1, DM2 - делители модуляционного напряжения модуляторов главной измеряемой величины и дополнительной измеряемой величины соответственно
 Cx, Rx - составляющие измеряемого импеданса
 C01, C02 - образцовые меры емкости
 R01-R03 - образцовые меры сопротивления
 Cm, Rm - образцовые меры каналов модуляции по емкости и тангенсу угла потерь соответственно

Рис. 3

УВАЖАЕМЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ !

Просим дать Ваш отзыв о работе изделия, заполнив и отправив "Карточку"

КАРТОЧКА ОТЗЫВА

1. Наименование и обозначение изделия _____
2. Заводской номер изделия _____
3. Дата выпуска _____
4. Дата начала эксплуатации изделия _____
5. В каком состоянии изделие поступило к Вам: были ли замечены какие-либо дефекты по причине некачественной упаковки или изготовления _____
6. Когда и какой ремонт потребовалось производить за время работы изделия (внешнее проявление и характер отказа) _____
7. Наименование и схемное обозначение отказавшего элемента _____
8. Что сделано для устранения отказа и время, затраченное на ремонт _____
9. Сколько времени изделие работало до первого отказа (в часах) _____
10. Условия эксплуатации изделия: лабораторные, цеховые, полевые (подчеркнуть)
11. Сколько времени изделие наработало (суммарное время в часах) с момента его получения до заполнения карточки отзыва _____
12. Насколько удобно работать с изделием в условиях Вашего предприятия _____
13. Ваши предложения _____
14. Специальность и занимаемая должность заполнявшего карточку отзыва _____

" " _____ 19 г.

(оборотная сторона карточки)

линия сгиба

Место
для марки

252124, Киев, предприятие п/я М5651
Зам. руководителя

АДРЕС ОТПРАВИТЕЛЯ:

линия сгиба