

Разданская СПЭС
(Ново-Мчуринск)

ЭЛЕКТРОМЕРА

ПО «Краснодарский ЗИП»



ОКП 42252Г

Техническое описание и
инструкция по эксплуатации
З.454.019 ТО



Р3009

Мост односторонне-
двойной

- 1/ температура окружающего воздуха в пределах, указанных в табл. 1 графа 11;
- 2/ относительная влажность воздуха от 4% до 80 %;
- 3/ отсутствие вибрации, тряски, ударов, влияющих на работу моста;
- 4/ напряжение источника питания БИ моста или ток через измеряемое и образцовое сопротивления согласно табл.1, табл.10.

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- 1/ установите блок усилителя на кронштейн, закрепленный на капитальной стене;
- 2/ соедините между собой блоки АК и У посредством кабелей
- 3/ подключите блок АК к зажимам "Г" блока БИ;
- 4/ заземлите блоки БИ, АК и У;
- 5/ каждый из соединительных проводников для включения измеряемого и образцового сопротивлений в схему БИ моста должен иметь сопротивление не более $10^{-3} \Omega$ (входят в комплект);
- 6/ сопротивление входящей в комплект перемычки (Г), соединяющей токовые зажимы измеряемого и образцового сопротивлений (схема измерения МД-1 или МД-2) должно быть не более $10^{-3} \Omega$;
- 7/ минимальное время выдержки прибора при нормальной температуре 2 ч;
- 8/ мост должен быть предварительно подстроен (см. раздел 12).

6.3. Проведение поверки

6.3.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие моста следующим требованиям:

- исправность контактных зажимов;
- надежность закрепления отдельных частей моста;
- соответствие маркировки моста требованиям технических условий;
- соответствие комплектности моста требованиям технических условий.

Мосты, находящиеся в эксплуатации или выпускаемые из ремонта, не подвергаются дальнейшей поверке, если при внешнем осмотре их будет обнаружен хотя бы один из следующих дефектов:

отсутствуют, расшатаны или повреждены наружные части (штепсели, зажимы);

неисправны рычажные переключатели;

штепсели не соответствуют штепсельным гнездам;

внутри моста находятся, обнаруживаемые на слух при наклоне прибора, посторонние предметы или незакрепленные части.

Таблица 5

Наименование операций	Номера пунктов операции поверки	Соста поверки и их нормативные технические характеристики
1. Внешний осмотр БИ, АК, У	6.3.1	Визуально
2. Определение сопротивления изоляции БИ, АК, У	6.3.2.1	Тераомметр ЕК6-11 или Б6-8. Рабочее напряжение 100-250 В, погрешность измерения $\pm 20\%$
3. Проверка электрической прочности изоляции БИ, АК, У	6.3.2.2	Стецустанок, дающая испытательное напряжение 1,5 кВ переменного тока частоты 50 Гц
4. Проверка контакта наружных металлических частей с корпусом БИ, АК, У	6.3.2.3	Омметр М371 магнитоэлектрической системы. Модификация 10/100 Ω . Основная погрешность $\pm 1,5\%$ от длины рабочей части шкалы. Допускается использование другого прибора с параметрами не хуже указанных.
5. Определение основной погрешности	6.3.3.1	Мост Р39, или Р369 или Р3009. Катушки электрического сопротивления, измерительные Р31 10 ³ , 10 ⁴ , 10 ⁵ Ω класса точности 0,01. Магазин сопротивления постоянного тока Р327 класса точности 0,01 или любой другой более высокого класса точности
5.2. Комплектная поверка	6.3.3.2	Катушки электрического сопротивления измерительные Р310 10 ⁻³ Ω .

Наименование операций	Номера пунктов операции поверки	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики
		<p>классы точности 0,02; P310, 10⁻² Ω, класса точности 0,01; P321, 1 Ω и 0,1 Ω класса точности 0,01; P331 10², 10⁴ и 10⁵ Ω, класса точности 0,01; P4011, 10⁶ Ω, класса точности 0,01; P4021, 10⁷ Ω, класса точности 0,01. Магазины сопротивления постоянного тока P4043 10x10⁹ Ω, класса точности 0,1 или катушка сопротивления P4085 класса 0,05.</p> <p>Имитатор электрического сопротивления 10⁻⁵ Ω.</p> <p>Допустимая погрешность действительного значения эквивалентного сопротивления R_э не более 0,01 %</p> <p>Допускается использовать другие приборы с параметрами не хуже указанных.</p>

6.3.2. Определение сопротивления и прочности изоляции
 6.3.2.1. Сопротивление изоляции проверяется мегаомметром или тераомметром при напряжении 100-250 V.

Погрешность измерения сопротивления изоляции не должна превышать ± 20%. Отсчет показаний при измерении сопротивления изоляции должен производиться через 1 мин или более после подачи напряжения на испытываемый мост.

Сопротивление изоляции соединительных проводов должно быть не менее, чем в 10 раз выше измеряемого сопротивления.

Сопротивление изоляции между половинами гнезд штепсельных переключателей М1 и М2 (табл.2) должно определяться в режиме МО-2 (все декады на "нулях").

Сопротивление изоляции между всеми токоведущими частями и корпусом определяется между соединенными коротко всеми зажимами МО-2 (кроме зажима "⊥") и зажимом "⊥".

Если сопротивление изоляции какого-либо из блоков моста ниже указанного, то дальнейшую проверку не производят.

6.3.2.2. Проверка электрической прочности изоляции БИ моста производится между всеми соединенными зажимами (кроме зажима "⊥") и корпусом моста.

Соединенные вместе зажимы подключают к высоковольтному вводу повышающего трансформатора, другой вывод которого подключают к корпусу.

Установку для испытания электрической прочности изоляции блоков моста включают в сеть напряжением 220 V, частотой 50 Hz после принятия необходимых мер по технике безопасности.

Затем при помощи регулирующего устройства испытательное напряжение изменяют от 100 V до заданного значения за время от 5 до 20 с и поддерживают его в течение 1 мин. Снижение испытательного напряжения производится с той же скоростью, что и его повышение.

6.3.2.3. Проверку соединения зажима для заземления корпуса БИ, АК, У моста и всех наружных металлических частей (за исключением токоведущих) с корпусами блоков моста производят с помощью омметра.

Сопротивление между зажимами для заземления и корпусами блоков моста, а также между любыми наружными металлическими частями и зажимами для заземления не должно превышать 1 Ω.

6.3.3. Определение метрологических параметров

Определение основной погрешности БИ моста производится после предварительной поэлементной подстройки путем комплексной и поэлементной поверок один раз в шесть месяцев.

6.3.3.1. Поэлементная поверка (подстройка).

Поэлементная поверка заключается в определении поправок к сопротивлению плеч М1, М2 и плеча сравнения R.

Для поэлементной поверки сопротивлений плеч моста используются средства поверки в соответствии с табл. 5.

Поверяемый прибор должен соответствовать установленным допускам при температуре (t ± 1) °C, где t - температура, при которой он подстроен.

Допуск на подстройку устанавливается равным 0,2 допуска на поверку.

1) Поверка сопротивлений плеч М1 и М2

Поверку сопротивлений производите на любом из указанных мостов методом замещения, для чего измерьте на мосте в соответствующей схеме измерения (МО-4 на Р39 и Р369 и М-4 на Р3009) ОмЭС 10Ω , введите поправку на нее в показание моста по формуле (4а):

$$R_n = R - \Delta, \quad (4a)$$

где R_n - показание плеча сравнения моста, соответствующее номинальному значению ОмЭС;

R - показание плеча сравнения моста, соответствующее действительному значению ОмЭС;

Δ - поправка на ОмЭС, выраженная в единицах отсчета по плечу сравнения моста.

Пример: ОмЭС 10Ω имеет действительное значение $10,00036 \Omega$, следовательно, поправка на нее равна $+0,00036 \Omega$. Пусть для поверки используется мост Р369. При этом сопротивлении плеч отношения $R_B = 10^3 \Omega$, $R_C = 10^5 \Omega$, тогда номинальному значению ОмЭС 10Ω в идеальном случае (при погрешности моста, равной нулю) будет соответствовать $R_A = 10000 \Omega$.

Если значение $R_X = 10 \Omega$ соответствует $R_A = 10000 \Omega$, то значение поправки $+0,00036 \Omega$ будет соответствовать значению $R_A = 0,36 \Omega$, т.е. $\Delta = +0,36 \Omega$.

Пусть при измерении данной ОмЭС на данном мосте получено значение $R_A = 10000,52 \Omega$, т.е. R (см. формулу) $= 10000,52 \Omega$.

Тогда $R_n = R - \Delta = 10000,52 - 0,36 = 10000,16 \Omega$. Установите в плече сравнения R_A моста значение $10000,16 \Omega$.

Произведите измерение $M_1=0,01$ и $M_2=0,01$ (10Ω); затем измерьте в схеме МО-2 поочередно ОмЭС $10^2 \Omega$, $M_1=0,1$ и $M_2=0,1$ (100Ω), ОмЭС $10^3 \Omega$, $M_1=1$ и $M_2=1$ (1000Ω) и т.д., до $M_1=100$, $M_2=100$ включительно.

Измерение $M_1=1000$ и $M_2=1000$ ($1M \Omega$) производите без предварительного измерения ОмЭС $1 M \Omega$, т.к. любой из указанных мостов имеет достаточно высокий класс точности, исключая при необходимости учета поправки.

Подсчитайте полученные в результате измерений поправки по формуле (4б):

$$\delta M = 10^2 \cdot \frac{R_n - R_n}{R_n} \%, \quad (4б)$$

где R_n - показание плеча сравнения моста, соответствующее значению измеренного сопротивления.

R_n - см. формулу (4а).

Подсчитанные поправки запишите в таблицу по форме табл. 6. Переключатель рода работы (ПРР) при поверке сопротивлений плеча M_2 должен быть в положении МО-2, при поверке плеча M_1 - в любом положении.

При поверке сопротивлений плеча M_1 и M_2 штепсель должен быть установлен в гнездо, соответствующее поверяемому сопротивлению.

Измерения сопротивлений плеча M_1 производите с зажимов "2" и "01", плеча M_2 - с зажимов "3" и "14".

Для подключения могут быть использованы достаточно гибкие нужной длины проводники (не калиброванные), но одни и те же, как для ОмЭС, так и для поверяемого моста.

Таблица 6

Значение поверяемого сопротивления	Подстроечные резисторы		Поправка, %		допустимая
	M_1	M_2	δM_1	δM_2	
M_1	Ω		измеренная	допустимая	измеренная
M_2			измеренная	допустимая	измеренная
0,01	10	R3	$\delta M_{11} =$	0,02	$\delta M_{21} =$
0,1	100	R8, R9	$\delta M_{12} =$	0,003	$\delta M_{22} =$
1	1000	R16, R17	$\delta M_{13} =$	0,003	$\delta M_{23} =$
10	10000	R24, R25	$\delta M_{14} =$	0,003	$\delta M_{24} =$
100	100000	R31, R32	$\delta M_{15} =$	0,003	$\delta M_{25} =$
1000	1000000	-	$\delta M_{16} =$	0,15	$\delta M_{26} =$

2) Проверка сопротивления $R_d = 900 \Omega$ (P48-P51)
 Установите ПРР в положение М1-I, M2=0, I, M1 - в любое и измерьте сопротивление с зажимов "3" и "ПЗ" моста (рис.11).
 Измерение это рекомендуется производить сразу после измерения M1-I и M2=I, чтобы можно было воспользоваться полученной для измерения M1 и M2 поправкой на мост.

Схема для проверки $R_d = 900 \Omega$

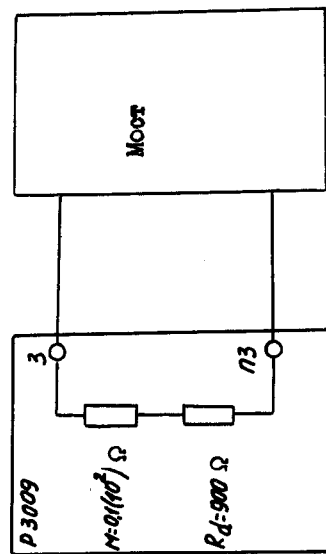


Рис. 11.

Определите поправку δR_d в процентах по формуле (4в):

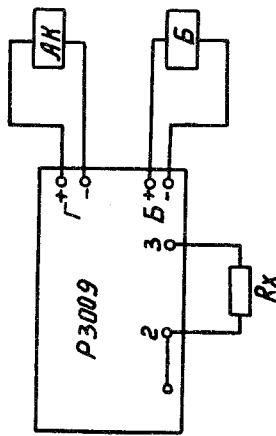
$$\delta R_d = \frac{\delta - 0,1 \delta M_2}{0,9} \quad (4в)$$

где δ - полученная в результате данного измерения поправка;
 δM_2 - поправка, полученная при проверке M2=0, I.
 Резисторы грубой и точной подстройки R50 и R51 соответственно. Допуск при проверке 0,02%.

3) Проверка сопротивлений плеча сравнения R

Соберите схему рис.12.

Схема для проверки плеча сравнения R



Rx - магазин сопротивлений

Рис.12

ПРР установите в положение АК и Б.

Полнота подключения АК и Б должна быть такой, чтобы увеличение отсчета Rx при прямом направлении тока вызвало перемещение указателя по шкале в сторону "минуса".

При этом образуется одинарный мост, поправки для трех плеч которого известны (δM_1 и δM_2 см. в табл.6, магазин P327 также должен иметь поправки δR_x , соответствующие значениям Rx, записанным в формуляре в соответствии с ГОСТ 23737-79).

При наличии магазина сопротивлений, поправки к показаниям которого не превышают 0,002% для I-III декад, он может быть использован без учета поправки, что упрощает проверку.

Проверка I, II и III декад должна производиться согласно табл.7.

Проверка IV, V и VI декад должна производиться согласно табл.8.

Проверяемые декады условно обозначены:

I-A, II-B, III-C, IV-D, V-E, VI-F.

Индекс при условном обозначении декад означает число включенных ступеней: так A3 означает, что включено 3 ступени I декады, D10 - десять ступеней IV декады и т.д.

Пример: Производится проверка трех ступеней I декады

(A₃). Из табл. 7 $R_{x,н} = 30000 \Omega$.

Пусть $\delta M_{3} = + 0,0015\%$, $\delta M_{4} = - 0,003\%$

Тогда $\delta = \delta M_{3} + \delta M_{4} = 0,0015 - 0,003 = - 0,0015\%$.

Предположим, что при достижении равновесия схем на магазине Р327 получено значение $R_{x,д} = 30000,2 \Omega$.

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \delta R_{x,д} &= 10^2 \cdot \left(\frac{R_{x,д} - R_{x,н}}{R_{x,н}} \right) = 10^2 \cdot \left(\frac{30000,2 - 30000}{30000} \right) = \\ &= 0,00067 \%. \end{aligned}$$

Допустим, что значение $R_{x,н} = 30000 \Omega$ соответствует по формуле на Р327 действительное значение $R_{x,д} = 30000,6 \Omega$.

$$\begin{aligned} \text{Отсюда } \delta R_{x,д} &= 10^2 \cdot \left(\frac{R_{x,д} - R_{x,н}}{R_{x,н}} \right) = 10^2 \cdot \left(\frac{30000,6 - 30000}{30000} \right) = \\ &= 0,002\% \end{aligned}$$

и $\delta R = \delta R_{x,д} + \delta R_{x,д} = 0,00067 + 0,002 + 0,0015 = 0,0042\%$
Пример дан для случая, когда напряжение при поверке не равно рекомендуемому.

ВНИМАНИЕ! Магазины Р327 в случае использования его при температуре, отличной от температуры его поверки, может являться источником погрешности. Он должен быть заключен в термостат или должен быть проверен при разных значениях температур и должен иметь поправки для этих температур.

При невозможности обеспечения требуемых условий (а, следовательно, при недостоверности поправок) рекомендуется использовать вместо магазина Р327 набор ОМЭС типа Р331, состоящий из трех штук по $10^4 \Omega$ и одной — $10^5 \Omega$. При этом для проверки работоспособности от четырех до девяти ступеней каждой декады, рекомендуется использовать любой магазин сопротивлений, имеющий 9 ступеней по $10^4 \Omega$.

Поверка от четырех до девяти ступеней каждой декады должна производиться лишь с целью выявления грубых дефектов путем

включения соответствующих ступеней магазина сопротивлений и поверяемой декады и визуального наблюдения за отклонением указателя выходного прибора АК при его включении.

В отдельных случаях возможен выход сопротивлений плеч за пределы установленных допусков. Критерием годности такого прибора являются значения, полученные в результате подсчета по формулам (5) и (6):

$$\text{для } MO-2 \quad \delta MO-2 = \delta M_1 + \delta M_2 + \delta R \leq 0,02\%, \quad (5)$$

$$\text{для } MD-2 \quad \delta MD-2 = \delta M_1 + \delta R \leq 0,01\% \quad (6)$$

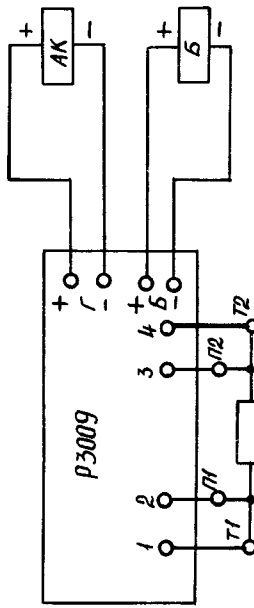
Значения M_1 , M_2 и R должны выбираться в соответствии с параметрами, рекомендуемыми табл. I TO для классов точности 0,02 в схеме MO-2 и для 0,01 — в схеме MD-2.

4) Поверка встроенного образцового сопротивления

$$R_N = I \Omega \quad (R44...R47).$$

Схема для поверки $R_N = I \Omega$

Соберите схему рис. 13



$$OM\Omega = 10^3 \Omega$$

Рис. 13

ПРР установите в положение М-4, $M_1=100$, $M_2=100$, $R=10000 \Omega$.

Подключение ОМЭС производите проводниками сопротивлением не более $1 M\Omega$.

Определите δ' в процентах по формуле (7):

$$\delta' = \delta_{\text{ОМЭС}} - \delta_{\text{МТ5}} - \delta_{\text{А10}} \quad (7)$$

где $\delta_{\text{ОМЭС}}$ - поправка на ОМЭС в процентах,

$\delta_{\text{МТ5}}$ и $\delta_{\text{А10}}$ из таблиц 6 и 7 соответственно.

Переведите δ' в деления шкалы выходного прибора АК, исходя из того, что при $U = 10V$ и при включенной кнопке ШУТ АК, на пределе $0,5 \mu V$ 7 дел при одном направлении тока составляет $0,001\%$. Отсчет в делениях по шкале, соответствующей δ' является "нулем" для подстраиваемого сопротивлени-
ния R_M в данном приборе. Допуск на поверку $\pm 0,005\%$ или $\pm 3,5$ делений на пределе $0,5 \mu V$ ($\pm 3,5$ делений на пределе $5 \mu V$) по отношению к " нулю ".

Следует помнить, что при работе на пределе $5 \mu V$ поправка δ' должна быть переведена в деления, соответствующие данному пределу.

Резисторы грубой и точной подстройки соответственно R45 и R47.

5) Поверка замещающих сопротивлений

Установите ШР поверяемого прибора на МД-2, к зажимам "ПЗ" и "Г" подключите прибор, обеспечивающий измерение сопротивлений от $10^2 \Omega$ до $10^4 \Omega$ с погрешностью не более $0,2\%$, от 10^4 до $10^6 \Omega$ - с погрешностью не более 2% , и произведите поверку замещающих сопротивлений плеча сравнения. Данные для поверки приведены в табл. 9.

$\delta_{\text{КХ,н}}$ - отсчет по малому сопротивлению при достижении равновесия схемы;
 $\delta_{\text{КХ,в}}$ - поправка, соответствующая отсчету $\delta_{\text{КХ,н}}$;
 Примечание. Рекомендуемое напряжение питания моста, если оно установлено с погрешностью не более 5% , обеспечивает указанную чувствительность на пределе $0,5 \mu V$ при включенной кнопке ШУТ АК; при этом упрощается процедура измерений и последующего определения поправки $\delta_{\text{КХ,н}}$. После установления $\delta_{\text{КХ,н}}$ не нужно добиваться получения значения $\delta_{\text{КХ,н}}$, а следует сразу записать значение $\delta_{\text{КХ,н}}$.
 Определенное по формуле $\delta_{\text{КХМ}} = 10^{-4} (\delta_{\text{КХ,н}} - \delta_{\text{КХ,в}})$, где $\delta_{\text{КХ,н}}$ и $\delta_{\text{КХ,в}}$ - отсчеты в делениях шкалы при прямом и обратном направлениях тока.
 При использовании мезанна сопротивлений с погрешностью не более $0,002\%$ отпадает необходимость в определении $\delta_{\text{КХ,в}}$ (графа 8) и воле этого значения в формулу (графа 9).

Целе- вые сопро- тивле- ния	КХ, н	МД	М2	М1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
А1	1000	1 10	1000	1 10	0,008	R94	0,008	R93	0,008	R94	0,008	R93	0,008	R94	0,008	0,24
А2	2000	1 10	2000	1 10	0,008	R90	0,008	R89	0,008	R90	0,008	R89	0,008	R90	0,008	0,32
А3	10000	1 10	10000	1 10	0,008	R81, R85	0,008	R82	0,008	R81, R85	0,008	R82	0,008	R81, R85	0,008	0,42
А10	10000	1 10	10000	1 10	0,008	R73, R77	0,008	R78	0,008	R73, R77	0,008	R78	0,008	R73, R77	0,008	1,12
В1	10000	10 100	10000	10 100	0,008	R109	0,008	R110	0,008	R109	0,008	R110	0,008	R109	0,008	0,42
В2	20000	10 100	20000	10 100	0,008	R106	0,008	R108	0,008	R106	0,008	R108	0,008	R106	0,008	0,48
В3	30000	10 100	30000	10 100	0,008	R102	0,008	R101	0,008	R102	0,008	R101	0,008	R102	0,008	0,55
С1	10000	10 100	10000	10 100	0,008	R98	0,008	R97	0,008	R98	0,008	R97	0,008	R98	0,008	1,24
С2	20000	10 100	20000	10 100	0,008	R122	0,008	-	0,008	R122	0,008	-	0,008	R122	0,008	2,47
С3	30000	10 100	30000	10 100	0,008	R116	0,008	-	0,008	R116	0,008	-	0,008	R116	0,008	1,94
Г10	100000	10 100	100000	10 100	0,008	R113	0,008	-	0,008	R113	0,008	-	0,008	R113	0,008	2,44

Таблица 7

6.3.3.2. Комплексная поверка

Комплексная поверка заключается в измерении на мосте катушек сопротивлений измерительных и магазинных сопротивлений — в соответствии с табл. 10.

Основная погрешность измерения в процентах при комплексной поверке определяется по формуле (8):

$$\delta R_x = \frac{R_{\text{м}}(\delta) - R_{\text{м}}}{R_{\text{м}}} \cdot 100 \quad (8)$$

где δR_x — погрешность измерения, %;

$R_{\text{м}}(x)$ — величина измеряемого сопротивления, полученная при измерении на поверяемом мосте, Ω ;

$R_{\text{м}}$ — действительное значение измеряемого сопротивления, Ω .

Величина измеряемого сопротивления $R_{\text{м}}(x)$ определяется в зависимости от схемы измерения по формулам (9-12):

$$R_{\text{м}}(x) = 10^{-3} \cdot A_{\text{м}} \cdot M2 \cdot R / \text{МД-1/}, \quad (9)$$

$$R_{\text{м}}(x) = 10^{-3} \cdot A_{\text{м}} \cdot M1 \cdot R / \text{МД-2/}, \quad (10)$$

$$R_{\text{м}}(x) = 10^{-3} \cdot M1 \cdot R / \text{М-4/}, \quad (11)$$

$$R_{\text{м}}(x) = M1 \cdot M2 \cdot R / \text{МО-2/}, \quad (12)$$

где $A_{\text{м}}$ — число, равное действительному значению образцового сопротивления ($R_{\text{м}}$);

$M1, M2$ — числовые коэффициенты, отображающие постоянные плечи моста;

R — отсчет по декадам плеча сравнения, Ω .

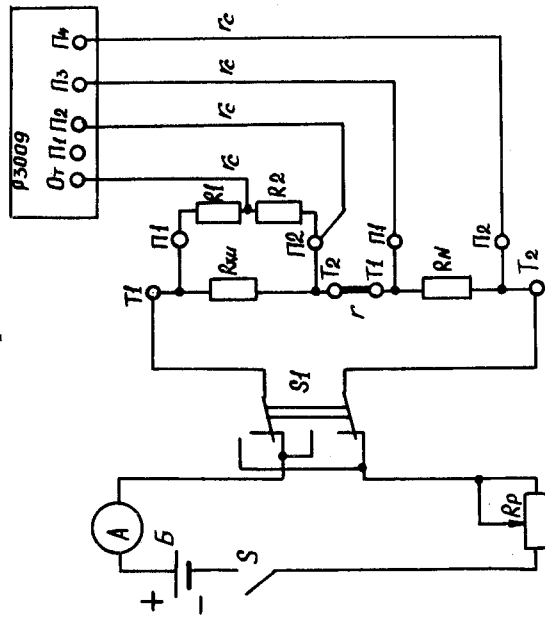
Измеряемое сопротивление $R_{\text{м}}(x) = 10^{-5} \Omega$ (схема МД-1) имитируется схемой (рис. 14), состоящей из катушки электрического сопротивления измерительной Р310 класса 0,01 с номинальным значением $10^{-3} \Omega$, к потенциальным концам которой присоединяется катушка электрического сопротивления Р331 ($10^4 \Omega$) класса 0,01 и последовательно соединенные Р331 (100Ω) класса 0,01 и Р321 (1Ω) класса 0,01.

Величина эквивалентного сопротивления имитатора $R_{\text{э}}$ определяется из уравнения (13):

$$R_{\text{э}} = 10^{-5} (1 + 10^3 \delta R_{\text{м}} + 10^{-4} \delta R1 + 10^{-2} \delta R2), \quad (13)$$

где $\delta R_{\text{м}}$, $\delta R1$ и $\delta R2$ — отклонения от номинального значения катушек $R_{\text{м}}$, $R1$ и $R2$ в омах (рис. 14)

Схема комплексной поверки моста с имитатором низкоомных сопротивлений



- Б — источник питания;
- С — выключатель;
- А — амперметр с соответствующим пределом измерений;
- SI — переключатель направления тока;
- Rp — регулировочное сопротивление;
- Rku — катушка Р310 ($10^{-3} \Omega$);
- R1 — катушка Р331 ($10^4 \Omega$);
- R2 — последовательно соединенные катушки сопротивлений Р331 и Р321 (100Ω и 1Ω);
- Rm — катушка Р310 ($10^{-3} \Omega$);
- Г — перемычка между токовыми зажимами Rku и Rm с сопротивлением не более $10^{-4} \Omega$;
- Т1, Т2 — токовые зажимы Rku и Rm;
- П1, П2 — потенциальные зажимы Rku и Rm;
- П3, П4 — соединительные проводники сопротивлением не более $10^{-3} \Omega$ каждый.

Рис. 14.

Плечо моста (M2) должно быть установлено равным 100 Ω (M2 = 0,1).

При определении R_н(x) по формуле (9) в этом случае должно быть принято ΔN = 10⁻³, а M1 = M2 = 0,1.

6.3.4. Обработка результатов наблюдений

6.3.4.1. Предел допускаемой основной погрешности БИ мостов (в % от измеряемого сопротивления) не превышает установленных в табл. I значений, если вычисленные отклонения погрешных сопротивлений от номинальных значений не превышают допустимых (табл. 6, 7, 8, II), или установленных формулами (5) и (6)

Таблица 10

Схема измерения	Класс точности	Рекомендуемые значения				Питание моста	Температура окружающего воздуха, °C
		R, Ω	M1	M2	U, V		
МД-2	I	10	0,1	0,1	-	0,1 ± 1	
МД-1	10 ⁻⁵	-	-	0,1	-	15 ± 2	
М-4	I	-	10 ⁴	0,1	I (10 Ω)	- ± 2	
МО-2	10 ⁴	-	10 ⁴	I	I, 5	- ± 2	

- Примечания: 1. t - температура, при которой подстроен мост.
 2. При измерениях в режиме М-4 в цепь источника питания (I V) вводится добавочное сопротивление, величина которого указывается в скобках.
 3. При измерениях сопротивления 10⁴ Ω включить кнопку ШУНТ АК.

6.3.4.2. По результатам поэлементной поверки в случае необходимости могут быть вычислены поправки для промежуточных значений плеча сравнения БИ моста по формуле (14):

$$\delta R = \frac{M_1 \delta A_{M1} + 10^{-1} M_2 \delta V_{M2} + 10^{-2} M_3 \delta C_{M3} + 10^{-3} M_4 \delta D_{M4} + 10^{-4} M_5 \delta E_{M5} + 10^{-5} M_6 \delta F_{M6}}{M_1 + 10^{-1} M_2 + 10^{-2} M_3 + 10^{-3} M_4 + 10^{-4} M_5 + 10^{-5} M_6} \quad (14)$$

где M₁-M₆ - показания декад I-VI соответственно, а δA_{M1}, δV_{M2}, δC_{M3}, δD_{M4}, δE_{M5}, δF_{M6} - поправки к номинальным сопротивлениям плеча сравнения (табл. II).

Например, если отсчет по декадам плеча сравнения составляет 178432, то M₁ = 1, M₂ = 7, M₃ = 8, M₄ = 4, M₅ = 3, M₆ = 2 в формулу (14), определяющую поправку к R из табл. II, подставит δA₁, δV₇, δC₈, δD₄, δE₃, δF₂ и в этом случае формула (14) примет вид формулы (15):

$$\delta R = \frac{\delta A_1 + 10^{-1} \delta V_7 + 10^{-2} \delta C_8 + 10^{-3} \delta D_4 + 10^{-4} \delta E_3 + 10^{-5} \delta F_2}{1,78432} \quad (15)$$

1,78432

Таблица II

Номинальное сопротивление, Ω	Допуск, %	Поправка, полученная при поэлементной поверке или рассчитанная, %
Постоянное плечо (M1)		
"0,01" (10 Ω)	0,02	δ M1 ₁
"0,1" (10 ² Ω)	0,003	δ M1 ₂
"1" (10 ³ Ω)	0,003	δ M1 ₃
"10" (10 ⁴ Ω)	0,003	δ M1 ₄
"100" (10 ⁵ Ω)	0,003	δ M1 ₅
"1000" (10 ⁶ Ω)	0,15	δ M1 ₆
Постоянное плечо (M2)		
"0,01" (10 Ω)	0,03	δ M2 ₁

Продолжение табл. II

Номинальное сопротивление, Ω	Допуск, %	Поправка, полученная при поэлементной проверке или рассчитанная, %
"0,1" ($10^2 \Omega$)	0,01	δM_2
"1" ($10^3 \Omega$)	0,005	δM_3
"10" ($10^4 \Omega$)	0,005	δM_4
"100" ($10^5 \Omega$)	0,005	δM_5
"1000" ($10^6 \Omega$)	0,15	δM_6
Встроенное сопротивление		
$R_M = I \Omega$	0,005	δR_M
Добавочное сопротивление		
$R_d = 900 \Omega$	0,02	δR_d
Щеко сравнения		
(1 декада)		
"1" ($10^3 \Omega$)	0,005	δA_1
"2" ($10^3:2 \Omega$)	0,005	δA_2
"3" ($10^3:3 \Omega$)	0,005	δA_3
"4" ($10^3:4 \Omega$)	0,005	$\delta A_4 = 2,5\delta A_{10} - 0,25\delta A_5 - 0,5\delta A_2 - 0,25\delta A_1$
"5" ($10^3:5 \Omega$)	0,005	$\delta A_5 = 0,6\delta A_3 + 0,4\delta A_2$
"6" ($10^3:6 \Omega$)	0,005	$\delta A_6 = 4,67\delta A_{10} - 0,5\delta A_3 - 0,17\delta A_1$
"7" ($10^3:7 \Omega$)	0,005	$\delta A_7 = 4,42\delta A_{10} - 0,35\delta A_2 - 0,12\delta A_1$
"8" ($10^3:8 \Omega$)	0,005	$\delta A_8 = 1,25\delta A_{10} - 0,25\delta A_1$
"9" ($10^3:9 \Omega$)	0,005	$\delta A_9 = 1,1\delta A_{10} - 0,11\delta A_1$
"10" ($10^3 \Omega$)	0,005	δA_{10}
Щеко сравнения		
(2 декада)		
"1" ($10^4 \Omega$)	0,005	δB_1
"2" ($10^4:2 \Omega$)	0,005	δB_2
"3" ($10^4:3 \Omega$)	0,005	δB_3
"4" ($10^4:4 \Omega$)	0,005	$\delta B_4 = 2,0\delta B_5 - 0,25\delta B_2 - 0,25\delta B_1$
"5" ($10^4:5 \Omega$)	0,005	$\delta B_5 = 0,6\delta B_3 + 0,4\delta B_2$

Продолжение табл. II

Номинальное сопротивление, Ω	Допуск, %	Поправка, полученная при поэлементной проверке или рассчитанная, %
"6" ($10^4:6 \Omega$)	0,005	$\delta B_6 = 1,67\delta B_{10} - 0,5\delta B_3 - 0,17\delta B_1$
"7" ($10^4:7 \Omega$)	0,005	$\delta B_7 = 1,42\delta B_{10} - 0,35\delta B_2 - 0,12\delta B_1$
"8" ($10^4:8 \Omega$)	0,005	$\delta B_8 = 1,25\delta B_{10} - 0,25\delta B_1$
"9" ($10^4:9 \Omega$)	0,005	$\delta B_9 = 1,1\delta B_{10} - 0,11\delta B_1$
"10" ($10^4 \Omega$)	0,005	δB_{10}
Щеко сравнения (3 декада)		
"1" ($10^5 \Omega$)	0,009	δC_1
"2" ($10^5:2 \Omega$)	0,009	δC_2
"3" ($10^5:3 \Omega$)	0,009	δC_3
"4" ($10^5:4 \Omega$)	0,009	$\delta C_4 = 2,5\delta C_{10} - 0,25\delta C_3 - 0,5\delta C_2 - 0,25\delta C_1$
"5" ($10^5:5 \Omega$)	0,009	$\delta C_5 = 0,6\delta C_3 + 0,4\delta C_2$
"6" ($10^5:6 \Omega$)	0,009	$\delta C_6 = 1,67\delta C_{10} - 0,5\delta C_3 - 0,17\delta C_1$
"7" ($10^5:7 \Omega$)	0,009	$\delta C_7 = 1,42\delta C_{10} - 0,35\delta C_2 - 0,12\delta C_1$
"8" ($10^5:8 \Omega$)	0,009	$\delta C_8 = 1,25\delta C_{10} - 0,25\delta C_1$
"9" ($10^5:9 \Omega$)	0,009	$\delta C_9 = 1,1\delta C_{10} - 0,11\delta C_1$
"10" ($10^5 \Omega$)	0,009	δC_{10}
Щеко сравнения		
(4 декада)		
"1" ($10^6 \Omega$)	0,20	δD_1
"2" ($10^6:2 \Omega$)	0,15	δD_2
"3" ($10^6:3 \Omega$)	0,10	δD_3
"4" ($10^6:4 \Omega$)	0,07	δD_4
"5" ($10^6:5 \Omega$)	0,12	$\delta D_5 = 0,6\delta D_3 + 0,4\delta D_2$
"6" ($10^6:6 \Omega$)	0,11	$\delta D_6 = 0,67\delta D_4 + 0,33\delta D_2$
"7" ($10^6:7 \Omega$)	0,11	$\delta D_7 = 0,57\delta D_4 + 0,43\delta D_3$
"8" ($10^6:8 \Omega$)	0,11	$\delta D_8 = 0,5\delta D_4 + 0,38\delta D_3 + 0,12\delta D_2$
"9" ($10^6:9 \Omega$)	0,11	$\delta D_9 = 0,44\delta D_4 + 0,33\delta D_3 + 0,23\delta D_2$

Продолжение табл. II

Номинальное сопротивление, Ω	Допуск, %	Поправка, полученная при поэлементной проверке, или рассчитанная, %
"5" ($10^8:5$) Ω	I2	$\delta F_5 = 0,6\delta F_3 + 0,4\delta F_2$
"6" ($10^8:6$) Ω	II	$\delta F_6 = 0,67\delta F_4 + 0,33\delta F_2$
"7" ($10^8:7$) Ω	II	$\delta F_7 = 0,57\delta F_4 + 0,43\delta F_2$
"8" ($10^8:8$) Ω	II	$\delta F_8 = 0,5\delta F_4 + 0,38\delta F_3 + 0,12\delta F_1$
"9" ($10^8:9$) Ω	II	$\delta F_9 = 0,44\delta F_4 + 0,33\delta F_3 + 0,23\delta F_1$
"10" (10^7) Ω	II	$\delta F_{10} = 0,48\delta F_4 + 0,3\delta F_3 + 0,28\delta F_2 + 0,1\delta F_1$

6.3.4.3. Результирующую наибольшую относительную погрешность (δR_x) по результатам поэлементной проверки сопротивлений отдельных плеч при необходимости определяют по формулам, приведенным в табл. I2.

Таблица I2

Схема	Погрешность моста, %
МЦ - I	$\delta R_x = - (\delta M_1 + \delta B)$
МЦ - 2	$\delta R_x = - (\delta M_1 + \delta R)$
М - 4	$\delta R_x = - (\delta R_M + \delta M_1 + \delta R)$
МО - 2	$\delta R_x = - (\delta M_1 + \delta M_2 + \delta B)$

Значения поправок, подставляемых в формулы табл. I2, возьмите: $\delta M_1, \delta M_2$ - из табл.6, $\delta R, \delta R_M$ - из табл.7, 8, II.

Продолжение табл. II

Номинальное сопротивление, Ω	Допуск, %	Поправка полученная при поэлементной проверке, или рассчитанная, %
"10" (10^5) Ω	0, II	$\delta F_{10} = 0,48\delta F_4 + 0,3\delta F_3 + 0,28\delta F_2 + 0,1\delta F_1$
Плечо сравнения (5 декада)	2,0	δE_1
"1" (10^7) Ω	I,5	δE_2
"2" ($10^7:2$) Ω	I,0	δE_3
"3" ($10^7:3$) Ω	0,7	δE_4
"4" ($10^7:4$) Ω	I,2	$\delta E_5 = 0,6\delta E_3 + 0,4\delta E_2$
"5" ($10^7:5$) Ω	I,1	$\delta E_6 = 0,67\delta E_4 + 0,33\delta E_2$
"6" ($10^7:6$) Ω	I,1	$\delta E_7 = 0,57\delta E_4 + 0,43\delta E_3$
"7" ($10^7:7$) Ω	I,1	$\delta E_8 = 0,5\delta E_4 + 0,38\delta E_3 + 0,12\delta E_1$
"8" ($10^7:8$) Ω	I,1	$\delta E_9 = 0,44\delta E_4 + 0,33\delta E_3 + 0,23\delta E_1$
"9" ($10^7:9$) Ω	I,1	$\delta F_{10} = 0,48\delta F_4 + 0,3\delta F_3 + 0,28\delta F_2 + 0,1\delta F_1$
"10" (10^6) Ω	I, I	
Плечо сравнения (6 декада)	20	δF_1
"1" (10^8) Ω	15	δF_2
"2" ($10^8:2$) Ω	10	δF_3
"3" ($10^8:3$) Ω	7	δF_4
"4" ($10^8:4$) Ω		