

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

НПО "Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева"  
(НПО "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева")

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**МЕРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МНОГОЗНАЧНЫЕ,**  
**ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МИ 1695-87**

*Дата введения 01.01.88*

РАЗРАБОТАНЫ НПО "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"

ИСПОЛНИТЕЛИ:

В.П. Шигорин, канд. техн. наук; Л.И. Любимов, канд. техн. наук (руководители темы); Б.Я. Литвинов; Г.И. Ланскова; И.Л. Форсилова

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ сектором законодательной метрологии НПО "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"

Нач. сектора М.Н. Селиванов, вед. инженер И.А. Евреинов, ст. инженер Е.А. Соколова

УТВЕРЖДЕНЫ НПО "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"

Взамен ГОСТ 13564-68

Настоящие методические указания распространяются на многозначные меры (магазины) электрического сопротивления (далее ММЭС) рабочие по ГОСТ 23737-79 и образцовые 3-го разряда в диапазоне электрических сопротивлений от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^{10}$  Ом, применяемые в цепях постоянного тока, устанавливают методику первичной и периодической поверок рабочих ММЭС и периодической поверки образцовых ММЭС 3-го разряда.

Допускается поверять ММЭС с аналогичными метрологическими характеристиками.

Порядок определения метрологических характеристик ММЭС при их метрологической аттестации в качестве образцовых средств измерений 3-го разряда приведен в приложении 1.

## 1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице.

Наименование операции	Номер пункта методических указаний	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	5.1	Да	Да
Проверка электрической прочности изоляции	5.2	Да	Нет
Определение сопротивления изоляции:	5.3	Да	Да
ММЭС с сопротивлением ступени высшей декады $1 \cdot 10^6$ Ом и более		Да	Нет
ММЭС с сопротивлением ступени высшей декады менее $1 \cdot 10^8$ Ом			
Опробование	5.4	Да	Да

Определение среднего значения начального сопротивления и вариации начального сопротивления	5.5	Да	Да
Определение действительных значений сопротивлений ММЭС	5.6	Да	Да
Проверка нестабильности ММЭС	5.7	Нет	Да

## 2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При выполнении операций по пп. 5.5-5.8 должны применяться следующие образцовые средства измерений: цифровые омметры; мосты постоянного тока; мосты постоянного тока и компараторы сопротивлений в комплекте с мерами сопротивления; компараторы напряжений (потенциометры) постоянного тока в комплекте с мерами сопротивления.

2.2. Соотношение доверительных погрешностей (пределов допускаемых погрешностей, допускаемых отклонений действительных значений сопротивлений) образцовых и поверяемых средств измерений должно быть не более 1:2 при поверке образцовых ММЭС 3-го разряда и не более 1:3 при поверке рабочих ММЭС.

Обеспечение требуемой вероятности брака поверки достигается установлением контрольного допуска в соответствии с приложением 2.

2.3. Для проверки электрической прочности изоляции по п. 5.2 должны применяться установки, позволяющие получать регулируемое синусоидальное напряжение в диапазоне от не более 10% до не менее 100% значения испытательного напряжения при частоте 50 Гц (по ГОСТ 22261-82);

форма кривой испытательного напряжения должна быть такой, чтобы отношение амплитудного значения напряжения к действующему находилось в пределах 1,34-1,48; погрешность измерения испытательного напряжения - не более 10%.

2.4. Для определения сопротивления изоляции должны быть применены мегаомметры и тераомметры с основной относительной погрешностью не более  $\pm 20\%$  и верхним пределом измерения не меньше минимального допускаемого значения сопротивления изоляции электрических цепей поверяемой ММЭС относительно корпуса, рабочим напряжением не меньше максимального рабочего и не больше испытательного для данного типа поверяемой ММЭС.

2.5. Для контроля условий поверки должны быть применены:  
термометр с ценой деления не более 0,1 °С при поверке ММЭС классов точности 0,002-0,02 и термометр с ценой деления не более 0,5 °С при поверке остальных ММЭС;

психрометр с погрешностью измерения относительной влажности не более 5%;

барометр с погрешностью не более 1 кПа.

2.6. Типы и основные характеристики средств измерений, используемых (после аттестации) в качестве образцовых при проведении операций по пп. 5.5-5.7, приведены в приложении 3 (табл. 1-7). Эти же средства измерений могут быть использованы при проведении операций по п. 5.4.

2.7. Типы и основные характеристики средств измерений, используемых при проведении операций по пп. 5.2-5.7, приведены в приложении 3 (табл. 8).

2.8. Допускается применять другие, вновь разработанные или находящиеся в применении средств измерений, удовлетворяющие по точности требованиям настоящих методических указаний.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1. При проведении поверки необходимо руководствоваться "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденными Главгосэнергонадзором.

3.2. Средства поверки должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 22261-82.

## 4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны быть соблюдены нормальные условия применения в соответствии с ГОСТ 23737-79 разд. 1 и НТД на поверяемую ММЭС. Род тока должен быть постоянный.

4.2. Поверяемые ММЭС и средства поверки должны быть подготовлены к работе в

соответствии с НТД на эти СИ.

4.3. Сила тока, протекающего через поверяемую и образцовые меры сопротивлений, должна быть такой, чтобы значения рассеиваемых на этих мерах мощностей не превышали установленных для них номинальных значений.

Напряжение на поверяемой ММЭС не должно превышать значения, указанного в НТД.

4.4. ММЭС перед поверкой должны быть выдержаны при нормальных значениях температуры и относительной влажности окружающего воздуха не менее времени, указанного в НТД на поверяемую ММЭС, или 12 ч, если такое указание отсутствует.

4.5. Измерительная цепь должна быть защищена от прямого теплового излучения и потоков нагретого или холодного воздуха.

4.6. При поверке ММЭС, сопротивление ступени старшей декады которых равно или больше  $1 \cdot 10^6$  Ом, необходимо тщательно экранировать зажимы поверяемой ММЭС и образцовых средств измерений. Образцовые средства измерений и соединительные проводники должны быть экранированы и иметь сопротивление изоляции не менее сопротивления изоляции поверяемой ММЭС.

Требования к сопротивлению изоляции образцовых средств измерений могут быть снижены, если в них предусмотрена защита от токов утечки.

4.7. Образцовые СИ и поверяемая ММЭС должны быть подготовлены в соответствии с требованиями НТД на них.

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 5.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемой ММЭС следующим требованиям.

5.1.1. ММЭС должна быть представлена на поверку с паспортом (формуляром), техническим описанием и свидетельством о предыдущей поверке (аттестации).

5.1.2. ММЭС, поступающие в периодическую поверку, должны иметь неповрежденное поверительное клеймо предприятия-изготовителя или поверяющей организации. При нарушении поверительного клейма ММЭС подвергается первичной поверке.

5.1.3. ММЭС не должна иметь ни одной из перечисленных ниже неисправностей:

неудовлетворительное крепление электрических соединителей для подключения внешних цепей к ММЭС;

грубые механические повреждения наружных частей, отсутствие переключателей;

неясность маркировки;

наличие внутри корпуса ММЭС посторонних предметов или отсоединившихся деталей.

### 5.2. Проверка электрической прочности изоляции

Электрическую прочность изоляции проверяют по методике ГОСТ 12.2.091-83. Электрическая прочность изоляции должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.091-83.

### 5.3. Определение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции определяют по методике разд. 5 ГОСТ 23737-79. Сопротивление изоляции должно соответствовать требованиям разд. 2 ГОСТ 23737-79.

### 5.4. Опробование

При опробовании проверяют неисправность переключателей и других коммутирующих устройств.

ММЭС не должны иметь ни одной из перечисленных ниже неисправностей:

недостаточно четкая фиксация положений переключателей, невозможность установки переключателей хотя бы в одно из предусмотренных конструкцией положений;

неисправность коммутирующих устройств;

проворачивание креплений переключателей.

### 5.5. Определение среднего значения начального сопротивления и вариации начального сопротивления

5.5.1. Среднее значение начального сопротивления и вариации начального сопротивления определяют только у ММЭС с сопротивлением одной ступени старшей декады  $1 \cdot 10^4$  Ом и менее.

5.5.2. Начальное сопротивление ММЭС измеряют любым из способов, приведенных в приложении 4, позволяющим измерять сопротивление менее 0,1 Ом с погрешностью, не превышающей 1% (например, при помощи потенциометра или двойного моста и однозначной меры электрического сопротивления с номинальным значением 0,01 или 0,001 Ом) в следующей последовательности:

устанавливают на всех декадах поверяемой ММЭС нулевые значения;  
производят измерение начального сопротивления;  
несколько раз прокручивают рычаги всех декадных переключателей, вновь устанавливают их в нулевые (наименьшие) положения и повторяют измерения; таким образом производят четыре измерения.

5.5.3. Среднее значение начального сопротивления  $R_n$  в омах рассчитывают по формуле

$$R_n = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 R_{n,i},$$

где  $R_n$  - измеренное значение начального сопротивления, Ом;  
 $i$  - номер измерения.

5.5.4. Значение вариации начального сопротивления  $\Delta R_n$  в омах рассчитывают по формуле

$$\Delta R_n = R_{n,\max} - R_{n,\min},$$

где  $R_{n,\max}$  и  $R_{n,\min}$  - соответственно максимальное и минимальное измеренные значения начального сопротивления, Ом.

5.5.5. Полученные значения  $R_n$  и  $\Delta R_n$  не должны превышать значений, указанных в разд. 2 ГОСТ 23737-79.

5.6. Определение действительных значений сопротивлений ММЭС

5.6.1. Определение действительных значений сопротивлений ММЭС производят одним из двух способов: способом поэлементной поверки или способом комплектной поверки.

5.6.2. Способ поэлементной поверки

5.6.2.1. Способ поэлементной поверки заключается в раздельном определении сопротивлений всех ступеней декад ММЭС. По результатам определения рассчитывают действительные значения сопротивлений ММЭС для каждого показания по формуле

$$R_{d_i} = \sum_{i=1}^n R_{d_i},$$

где  $R_{d_i}$  - действительное значение сопротивления проверяемой декады ММЭС при показании  $n \cdot R = \text{ном}$ ;

$R_{d_i}$  - действительное значение сопротивления  $i$ -ой степени;

$R_{\text{ном}}$  - номинальное значение сопротивления одной ступени проверяемой декады.

Методы измерений действительных значений сопротивлений приведены в приложении 4.

5.6.2.2. Способом поэлементной поверки могут поверяться ММЭС, конструкция которых позволяет осуществить подключение каждой из ступеней к измерительной цепи.

5.6.2.3. Подключение ступеней с сопротивлением 1000 Ом и менее должно осуществляться по четырехзажимной схеме, позволяющей исключить влияние сопротивления соединительных проводов.

5.6.3. Способ комплектной поверки

5.6.3.1. Способ комплектной поверки заключается в определении действительных значений сопротивлений каждой декады при всех показаниях при нулевых (или наименьших) показаниях всех остальных декад.

5.6.3.2. Из результата измерения следует вычесть среднее значение начального сопротивления, если оно нормировано для данной ММЭС и составляет более 0,2 предела допускаемой абсолютной погрешности проверяемого показания.

5.6.4. Отклонение действительного значения сопротивления от номинального рабочих ММЭС класса точности 0,02 и менее точных, в НТД на которые нормировано отклонение действительного значения от номинального в течение среднего срока службы, не должно превышать этого значения.

Отклонение действительного значения сопротивления от номинального остальных рабочих ММЭС не должно превышать:

при первичной поверке - значения допускаемого отклонения действительного значения от номинального, указанного в разд. 2 ГОСТ 23737-79;

при периодической поверке - суммы значений допускаемого отклонения действительного значения от номинального и допускаемого изменения сопротивления за год, указанных в разд. 2 ГОСТ 23737-79.

5.7. Проверка нестабильности

5.7.1. Проверку нестабильности ММЭС выполняют путем сравнения действительных значений сопротивлений, полученных при данной и предыдущих поверках.

Нестабильность (относительное изменение сопротивления за год) определяют по формуле

$$\delta_n = \frac{R_{д2} - R_{д1}}{R_{ном}} \cdot 100,$$

где  $\delta_n$  - нестабильность, %;

$R_{д2}$  - действительное значение сопротивления, определенное при данной поверке, Ом;

$R_{д1}$  - действительное значение сопротивления, определенное при предыдущей поверке, Ом.

5.7.2. Нестабильность определяют для каждого показания каждой декады поверяемой ММЭС.

5.7.3. Значение нестабильности не должно превышать значения, указанного в разд. 2 ГОСТ 23737-79.

5.8. При проведении поверки ведется протокол, форма которого приведена в приложении 5. Допускается заполнение не всех граф протокола в зависимости от метода и средств поверки. При массовой поверке ММЭС при выпуске из производства допускается регистрация результатов поверки в журнале, по форме, установленной предприятием-изготовителем.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1. Результаты первичной поверки ММЭС оформляют отметкой в паспорте и клеймением.

6.2. На ММЭС, признанные годными при периодической поверке в органах Госстандарта СССР, выдают свидетельство установленной формы и наносят оттиск поверительного клейма.

Действительные значения сопротивлений, определенные в соответствии с п. 5.6 настоящих методических указаний, указывают на оборотной стороне свидетельства (см. приложение 6).

6.3. Результаты периодической ведомственной поверки оформляют в порядке, установленном ведомственной метрологической службой.

6.4. ММЭС, не удовлетворяющие требованиям настоящих методических указаний к применению не допускаются. Имеющиеся на них поверительные клейма гасят и выдают извещение о непригодности ММЭС с указанием причин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Обязательное

### ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ММЭС ПРИ ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ

ММЭС, предназначенная для применения в качестве образцовой, должна быть подвергнута метрологической аттестации (далее - аттестации). Для аттестации в качестве образцовой меры 3-го разряда ММЭС должна исследоваться не менее 2 лет, в течение которых должно быть проведено не менее 3 поверок, в соответствии с настоящими методическими указаниями.

Доверительные погрешности измерения сопротивлений однодекадных ММЭС и их допускаемые значения нестабильности приведены в таблице.

Сопротивление одной ступени, Ом	Доверительная погрешность при доверительной вероятности 0,99, %	Допускаемая нестабильность за год, не более, %
$10^{-3}, 10^{-2}$	0,05	0,2
$10^{-1}$	0,01	0,05
1	0,002	0,005
10	0,002	0,01
$10^2, 10^3, 10^4, 10^5$	0,005	0,02
$10^6, 10^7, 10^8, 10^9, 10^{10}$	0,01	0,05

При аттестации многодекадных ММЭС в качестве образцовых мер доверительная погрешность и нестабильность сопротивления не должны превышать значений, указанных в таблице для старшей декады.

Допускается аттестовывать в качестве образцовых мер 3-го разряда, предназначенных только для поверки аналоговых омметров по ГОСТ 8.409-81, ММЭС с допускаемой нестабильностью сопротивления за год не более 5% и допускаемым отклонением действительного сопротивления от номинального не более 1% при всех показаниях всех декад.

Результаты аттестации оформляют в виде свидетельства по форме, установленной Госстандартом СССР.

### УСТАНОВЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ДОПУСКА

1. В качестве критериев качества поверки ММЭС используют следующие из предусмотренных МИ 187-86:

$(\delta_M)_{ва}$  - отношение максимального возможного значения погрешности  $\Delta_{max}$  ММЭС, признанной по результатам поверки годной, но в действительности негодной, к значению предела допускаемой погрешности  $\Delta_{п}$

$$(\delta_M)_{ва} = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{п}},$$

$P_{вам}$  - наибольшая вероятность принятия в качестве годной в действительности негодной ММЭС.

2. Допускаемые значения критериев качества устанавливает владелец поверяемой ММЭС. При отсутствии соответствующих указаний должно быть обеспечено  $(\delta_M)_{ва} = 1$  и  $P_{вам} = 0$ .

3. Для обеспечения требуемых значений  $P_{вам}$  и  $(\delta_M)_{ва}$  устанавливают при необходимости контрольный допуск  $\Delta_k$ , с которым сравнивают полученную в результате поверки оценку основной погрешности. Значение  $\Delta_k$  определяют по формуле

$$\Delta_k = \gamma \Delta_{п},$$

где  $\gamma$  - коэффициент, значение которого устанавливают в соответствии с указаниями МИ 188-86.

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОВЕРКЕ ПО НАСТОЯЩИМ МЕТОДИЧЕСКИМ УКАЗАНИЯМ

Таблица 1

#### Неавтоматические мосты постоянного тока

Заводское обозначение	Диапазон измерений, Ом	Предел допускаемой основной погрешности, %
УМИС-2	$10^{-4}$ - $10^5$	0,00003-0,0024
УПМС-5М	$10^5$ - $10^{11}$	0,0005-0,1
P3009	$10^{-8}$ - $10^{10}$	0,01-1
P4053	$1$ - $10^{15}$	0,05-10,0

Таблица 2

#### Цифровые мосты постоянного тока

Заводское обозначение	Диапазон измерений, Ом	Предел допускаемой основной погрешности, %
Щ35	$10^{-3}$ - $10^7$	0,01-0,02
Щ36	$10^{-3}$ - $10^7$	0,01-0,02
У401	$10^5$ - $10^{10}$	0,0002-0,005*

\* Допускаемое значение СКО измерений.

Таблица 3

**Потенциометры и компаратор напряжений постоянного тока**

Заводское обозначение	Диапазон измерений, В	Предел допускаемой основной погрешности, %
P363/1-3	$1 \cdot 10^{-7} - 2,111111$	0,001-4,0
P309	$1 \cdot 10^{-6} - 2,111111$	0,005-4,0
P3003	$1 \cdot 10^{-7} - 1,111111 \cdot 10^3$	0,0005-0,01
P3017	$1 \cdot 10^{-7} - 11,11111$	0,0001-0,01

Таблица 4

**Цифровые омметры**

Заводское обозначение	Диапазон измерений, Ом	Предел допускаемой основной погрешности, %
Щ30	$10 - 9,999999 \cdot 10^6$	0,01; 0,02
Щ31	$10^3 - 10^7$	0,005-0,06
Щ34	$10^{-3} - 999,99 \cdot 10^6$	0,02-1,4

Таблица 5

**Компараторы сопротивлений**

Заводское обозначение	Диапазон сравниваемых сопротивлений, Ом	Предел измерений относительной разности сопротивлений, %	Предел допускаемой основной погрешности, %
Щ68200	$10^2 - 10^6$	1	0,001-0,005
P346	$10^{-1} - 10^7$	0,1; 1	0,0001-0,01
P3015	$10 - 10^7$	0,1; 1	0,0001-0,01

Таблица 6

**Однозначные меры сопротивления**

Заводское обозначение	Номинальное сопротивление, Ом	Предел допускаемой основной погрешности, %
P310	$10^{-3}, 10^{-2}$	0,01
P321	$10^{-1}, 1, 10$	0,01
P324	1	0,002
P331	$10^2, 10^3, 10^4, 10^3$	0,01
P3030	$1, 10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5$	0,01
P3031	$10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}$	0,01
P4013	$10^6$	0,005
P4023	$10^7$	0,005
P4033	$10^8$	0,005
P4030	$10^9$	0,02
P4015	$10^5$	0,005
P4016	$10^6$	0,005
P4017	$10^7$	0,005
P4018	$10^8$	0,005

Таблица 7

**Многозначные меры сопротивления**

Заводское обозначение	Диапазон сопротивлений, Ом	Класс точности
P3026/1, 2	$10^{-2} - 1,111111 \cdot 10^5$	$0,002/1,5 \cdot 10^{-6} - 0,05/1,5 \cdot 10^{-6}$

P4830/1-3	$10^{-2}-1,222221 \cdot 10^6$	$0,05/2,5 \cdot 10^{-7}-0,05/2,5 \cdot 10^{-5}$
P4831	0,021-111111,1	$0,02/2 \cdot 10^{-6}$
P4001	$10^4-1,11 \cdot 10^7$	0,1
P4002	$10^4-1,111 \cdot 10^8$	0,05
P4041	$10^7-10^8$	0,05
P4042	$10^8-10^9$	0,1
P4043	$10^9-10^{10}$	0,1
P4075	$10^5-10^6$	0,02
P4076	$10^6-10^7$	0,02
P4077	$10^7-10^8$	0,02
P4078	$10^8-10^9$	0,02
P40101	$10^5-10^7$	0,05
P40102	$10^6-10^8$	0,02
P40103	$10^9-10^{10}$	0,1
P40104	$10^7-10^9$	0,1

Таблица 8

### Измерительные приборы

Наименование	Обозначение	Диапазон измерения	Погрешность
Термометр	ТД-4, ТЛ-18, ТЛ-19	0-50 °С	0,1 °С
		8-38 °С	0,5 °С
Психрометр	МВ-4М	10-100%	-
Барометр	БАММ-1	80-107 кПа	±1 кПа
Пробойная установка	ВУФ5-3 УПУ-1М	Диапазон регулируемых напряжений 0 - свыше 3 кВ	-
Мегаомметр	Ф4101	200-2000-20000 МОм	±2,5%
Тераомметр	Е6-13А	$10^6-10^{13}$ Ом	±(4-10) %

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
Справочное

### МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПОВЕРКЕ ММЭС

#### 1. Прямое измерение с помощью цифрового омметра

Поверяемую ММЭС подключают к образцовому омметру в соответствии с указаниями, приведенными в технической документации (ТД) омметра. Сопротивление соединительных проводов должно быть менее 0,1 допускаемой погрешности измерения или учитываться при измерениях.

На ММЭС устанавливают проверяемое значение сопротивления, на омметре - требуемый диапазон измерений и производят измерение. За действительное значение сопротивления ММЭС принимают показание омметра. Погрешность определения действительного значения сопротивления равна погрешности омметра при полученном показании.

#### 2. Измерение сопротивлений при помощи моста постоянно потока

Измерение сопротивлений поверяемой ММЭС при помощи образцового моста постоянного тока производят одним из трех методов: прямого измерения, замещения, неполного замещения.

2.1. Прямое измерение сопротивлений поверяемой ММЭС образцовым одинарным мостом с двухзажимным подключением применяют при измерении сопротивлений более 100 Ом. Поверяемую ММЭС подключают к мосту в соответствии с указаниями, приведенными в ТД моста. Необходимо проследить, чтобы в цепь поверяемой - ММЭС не входили какие-либо балластные сопротивления, могущие исказить результат измерения. С этой целью должны быть выбраны проводники достаточно малого сопротивления. Значения плеч отношений образцового моста должны быть выбраны такими, чтобы получить максимальную чувствительность при заданных параметрах поверяемой и образцовой мер.

Если сопротивление проводников, с помощью которых измеряемое сопротивление

присоединяют к мосту, соизмеримо со значением абсолютной погрешности моста, это сопротивление следует измерить отдельно и полученное значение вычесть из результата измерения.

Влияние соединительных проводников может быть существенно уменьшено применением четырехзажимной схемы подключения поверяемой ММЭС. Эта схема включения позволяет измерять сопротивления менее 100 Ом.

Прямое измерение малых сопротивлений (менее 10 Ом) выполняют двойным мостом. Значение образцовой меры при этом должно быть номинально равным значению измеряемого сопротивления или отличаться от него не более чем в 10 раз.

Для исключения влияния ТЭДС измерение производят при двух направлениях тока в цепи электропитания. За результат измерения принимают среднее арифметическое из результатов измерений при двух направлениях тока.

Другим возможным методом исключения влияния ТЭДС является измерение то методом "ложного нуля".

Значение измеряемого сопротивления рассчитывают по показаниям плеч при полностью уравновешенном мосте по формулам, приведенным в ТД моста.

Погрешность определения действительного значения сопротивления равна погрешности моста при данном показании.

2.2. Метод полного замещения применяют при отсутствии, образцового моста необходимой точности. Помимо образцового моста в этом случае требуется образцовая ММЭС. Схема соединений поверяемого и образцовых СИ представлена на рис. 1.

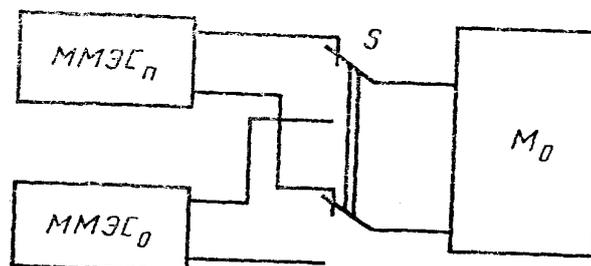


Рис. 1

ММЭС<sub>п</sub> - поверяемая ММЭС; ММЭС<sub>о</sub> - образцовая ММЭС; М<sub>о</sub> - образцовый мост;  
S - переключатель

Измеряемое сопротивление (поверяемую ММЭС) подключают к зажимам моста М<sub>о</sub> и полностью уравновешивают мост. Затем, не меняя положения переключателей моста, переключателем S подключают образцовую ММЭС<sub>о</sub>. Вновь уравновешивают мост путем изменения сопротивления, установленного на образцовой ММЭС.

За действительное значение измеряемого сопротивления принимают полученное при втором уравновешивании показание образцовой ММЭС. Погрешность моста при этом методе исключается, от него требуется лишь достаточная чувствительность и возможность точной регулировки. Дискретность регулировки образцовой ММЭС должна быть в 10 раз меньше предела допускаемой погрешности измеряемого сопротивления.

Погрешность измерения сопротивления равна погрешности образцовой ММЭС.

2.3. Метод неполного замещения применяют при отсутствии образцовой ММЭС с дискретностью регулировки, указанной выше. Схема соединения такая же, как и в предыдущем случае (рис. 1).

На поверяемой и образцовой ММЭС устанавливают равные номинальные значения. Уравновешивание моста М<sub>о</sub> производят дважды: один раз при подключении поверяемой меры ММЭС<sub>п</sub>, второй раз при подключении поверяемой меры ММЭС<sub>о</sub>. При этом сопротивления плеч отношений и показания трех старших декад плеча сравнения должны быть одинаковыми при первом и втором измерениях. Действительное значение измеряемого сопротивления R<sub>хд</sub> вычисляют по формуле

$$R_{хд} = R_0 \frac{R'_x}{R'_0},$$

где R<sub>о</sub> - значение образцовой меры, Ом;

$R'_x$  и  $R'_0$  - отсчеты по мосту при подключении поверяемой и образцовой меры соответственно, Ом.

При этом методе погрешность измерения, вносимая мостом, уменьшается в 100 и более раз по сравнению с его пределом допускаемой погрешности и погрешность измерения действительного сопротивления определяется в основном погрешностью образцовой меры. Если условие совпадения показаний старших декад не выполняется, то способ теряет свои преимущества.

### 3. Измерение сопротивлений при помощи компаратора сопротивлений

Определение действительных значений сопротивлений поверяемой ММЭС производят методом одновременного сравнения равнономинальных проверяемого и образцового сопротивлений при помощи компаратора сопротивлений. Схема измерений показана на рис. 2.

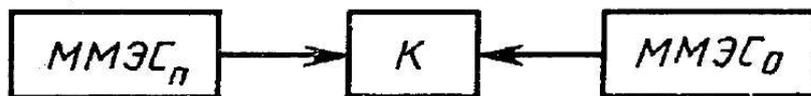


Рис. 2

$K$  - компаратор сопротивлений; ММЭС<sub>п</sub> - поверяемая ММЭС; ММЭС<sub>0</sub> - образцовая мера

В качестве образцовых используют как однозначные, так и многозначные меры сопротивления. Поверяемую и образцовые меры подключают к компаратору согласно указаний его ТД. На поверяемой и образцовой мерах устанавливают равные номинальные значения и производят измерения.

Действительное значение проверяемого сопротивления рассчитывают в соответствии с указаниями ТД компаратора.

Погрешность измерения равна сумме погрешностей образцовой меры и компаратора.

### 4. Измерение сопротивлений при помощи компаратора напряжений или потенциометра постоянного тока

Определение действительного значения сопротивления ММЭС может быть выполнено путем косвенных измерений с помощью потенциометра постоянного тока или компаратора напряжений (далее компаратора). Поверяемую ММЭС<sub>х</sub> и образцовую ММЭС<sub>0</sub> меры включают последовательно в цепь тока  $I$  (рис. 3) и измеряют падение напряжения на них при помощи компаратора  $K$ .

Значение измеряемого сопротивления рассчитывают по формуле

$$R_{дix} = R_{10} \frac{U_x}{U_0},$$

где  $U_x$ ,  $U_0$  - падения напряжения на поверяемом и образцовом сопротивлениях соответственно, В;

$R_{10}$  - сопротивление образцовой меры, Ом;

$R_{дix}$  - сопротивление поверяемой меры, Ом.

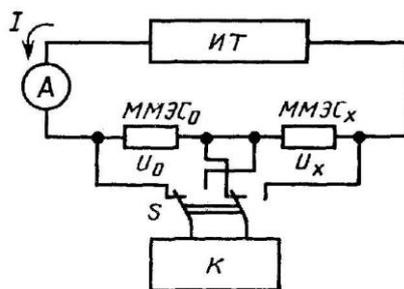


Рис. 3

ММЭС<sub>0</sub> и ММЭС<sub>х</sub> - образцовая и поверяемая меры;  $K$  - компаратор; ИТ - источник тока; А - амперметр; S - переключатель

Сила электрического тока  $I$  в цепи ММЭС<sub>о</sub> – ММЭС<sub>х</sub> должна быть стабильной в течение обоих измерений. Это достигается применением в качестве источника тока аккумуляторной батареи большой емкости или стабилизированных источников тока. Значение силы тока не должно превышать номинальных значений силы токов для ММЭС<sub>х</sub> и ММЭС<sub>о</sub>.

Метод целесообразно применять лишь при сравнении равнономинальных мер. При неравных номинальных сопротивлениях сравниваемых мер погрешность метода возрастает, и он не имеет преимуществ перед описанными выше. В случае же равных номинальных сопротивлений, погрешность, вносимую компаратором напряжения, можно сделать пренебрежимо малой. Для этого необходимо, чтобы отсчеты по компаратору при измерении  $U_x$  и  $U_o$  совпадали в трех старших разрядах.

Пример. Необходимо произвести поэлементную поверку декады сопротивлений  $10 \times 1000$  Ом. Пусть образцовая мера имеет действительное сопротивление  $R_o = 1000,03$  Ом. В одном ряду декад потенциометра устанавливаем отсчет 999(10)3, что равнозначно значению  $R_{1o}$ , и регулируем силу тока  $I$ , добиваясь нулевого показания гальванометра. При измерении  $U_x$  во втором ряду декад должно быть также установлено в старших разрядах 999, остальные декады устанавливаются в положения, необходимые для полной компенсации напряжения.

Погрешность, вносимая потенциометром, будет определяться разностью погрешностей декад с равными показаниями.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*  
*Обязательное*

**ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_**

поверки ММЭС № \_\_\_\_\_  
класса точности \_\_\_\_\_, изготовленного по ГОСТ \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ декадного

Образцовые средства: \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_  
(тип)  
\_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_  
(тип)  
\_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_  
(тип)

Температура при поверке \_\_\_\_\_.

1. Начальное сопротивление и его вариация

1. Ом	3. Ом	Среднее значение	Вариация
2. Ом	4. Ом	Ом	Ом

2. Результаты подекадной поверки

Номинальное значение сопротивления, Ом	Показание образцового средства, Ом		Действительное значение сопротивления, Ом	Основная погрешность			
	прямой ток	обратный ток		абсолютная, Ом		относительная, %	
				ступени	показания	ступени	показания

Заключение: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_ г. Поверитель \_\_\_\_\_

**ФОРМА ЗАПИСИ НА ОБОРОТНОЙ СТОРОНЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА**

Отсчет по декадному переключателю	Действительное значение сопротивления, Ом					
	для множителя					
1						
2						
3						
4						
5						
...						
...						
...						