

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ПОТЕНЦИОМЕТРЫ (КОМПЕНСАТОРЫ) ПОСТОЯННОГО ТОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

ГОСТ 15143—69

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
Москва

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ПОТЕНЦИОМЕТРЫ (КОМПЕНСАТОРЫ) ПОСТОЯННОГО ТОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

ГОСТ 15143—69

Издание официальное

МОСКВА—1971

РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологии им. Д. И. Менделеева

Руководитель темы **Галахова О. П.**
Исполнители — **Вессо-Адо Е. К., Габенихтс И. А.**
Директор **Арутюнов В. О.**

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Отделом приборостроения Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

Начальник отдела **Ивлев А. И.**
Гл. специалист **Горбунов В. Н.**

Всесоюзным научно-исследовательским институтом Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР

Зам. директора **Кипаренко В. И.**
Начальник лаборатории № 64 **Жуковский Н. И.**
Ст. инженер лаборатории № 57 **Бобковская И. И.**

УТВЕРЖДЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 29 сентября 1969 г. (протокол № 150)

Председатель Научно-технической комиссии член Комитета **Ивлев А. И.**
Зам. председателя **Фурсов Н. Д.**
Члены комиссии — **Руднев А. П., Шаронов Г. Н., Москвичев А. М.**

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Комитета стандартов мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 19 декабря 1969 г. № 1371

УДК 621.317.727.1.024 Группа П31

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ПОТЕНЦИОМЕТРЫ (КОМПЕНСАТОРЫ) ПОСТОЯННОГО ТОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Методы и средства поверки

Measuring d. c. potentiometers.
Methods and means of verification

ГОСТ 15143—69

Взамен Инструкции 189—61

Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 19/XII 1969 г. № 1371 срок введения установлен с 1/I 1971 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на измерительные потенциометры постоянного тока по ГОСТ 9245—68, предназначенные для измерений электродвижущих сил и напряжений, и устанавливает методы и средства поверки потенциометров, выпускаемых из производства и ремонта и находящихся в эксплуатации. Потенциометры, имеющие характеристики, аналогичные указанным в ГОСТ 9245—68, должны поверяться методами, установленными настоящим стандартом.

Стандарт не распространяется на автоматические потенциометры.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При поверке производят следующие операции:

внешний осмотр;

проверку исправности поверяемого прибора;

определение постоянства рабочего тока;

определение термоконтактных электродвижущих сил (только при выпуске приборов из производства или ремонта);

определение основных погрешностей показаний;

определение сопротивления изоляции (только при выпуске приборов из производства или ремонта);

проверку электрической прочности изоляции (только при выпуске приборов из производства или ремонта).

1.2. Для определения основной погрешности потенциометров применяют два основных метода: метод сличения показаний пове-

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

Переиздание. Март 1971 г.

ряемого потенциометра с показаниями образцового потенциометра и метод поэлементной поверки. Классификационная схема методов поверки приведена на черт. 1.

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. Суммарная допускаемая погрешность образцовых средств, применяемых для поверки потенциометров, должна составлять не более $^1/_5$ наибольшей допускаемой погрешности поверяемого потенциометра.

При поверке рабочих потенциометров классов точности 0,005—0,02 методом сличения допускается применять в качестве образцовых потенциометры того же класса точности (или более точные), что и поверяемый, при условии введения поправок на показания образцового потенциометра.

Примечание. Потенциометры, имеющие в составе первых трех декад шунтирующие декады, применяют в качестве образцовых только для поверки потенциометров класса точности 0,1 и менее точных.

2.2. При определении основной погрешности применяют средства поверки в зависимости от класса точности и конструктивных особенностей поверяемого потенциометра в соответствии с табл. 1.

2.3. Средства для поверки потенциометров разделяют на образцовые и вспомогательные.

2.4. К образцовым средствам поверки относятся потенциометры, указанные в табл. 2, и измерительные катушки сопротивления, аттестованные по 3-му разряду, указанные в табл. 3.

Потенциометры, применяемые для поверки, должны иметь свидетельство о государственной поверке.

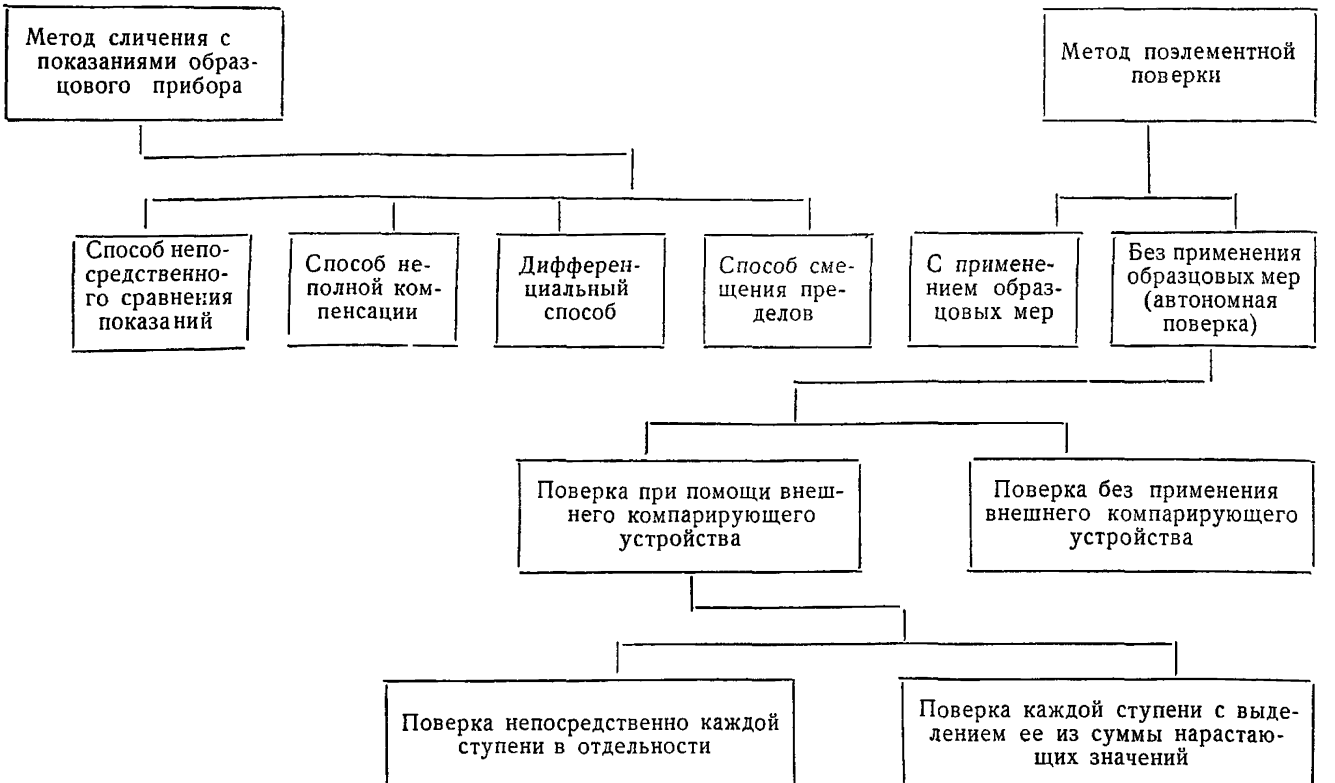
2.5. Для поверки потенциометров используют следующие вспомогательные средства поверки.

2.5.1. В методах поэлементной поверки в качестве компарирующего устройства следует применять шестидекадные потенциометры класса точности не ниже 0,015, приведенные в табл. 2.

Допускается применять в качестве компарирующего устройства нестандартный потенциометр с регулируемым рабочим током, обеспечивающим такую же плавность регулирования выходного напряжения, как в потенциометрах класса точности 0,015 (по ГОСТ 9245—68).

2.5.2. Нулевые указатели (гальванометры или указатели равновесия с фотогальванометрическими усилителями), приведенные в табл. 4, должны обеспечивать чувствительность не менее 10 делений на величину допускаемой погрешности для первых двух декад и не менее 5 делений на величину допускаемой погрешности для остальных декад.

Если значение последней ступени потенциометра меньше 1 *мкв*, то отклонение нулевого указателя, соответствующее погрешности второй декады, должно быть не менее 5 делений шкалы, для остальных


Метод сличения с показаниями образцового прибора
Метод поэлементной поверки
Способ непосредственного сравнения показаний
Способ неполной компенсации
Дифференциальный способ
Способ смещения пределов
С применением образцовых мер
Без применения образцовых мер (автономная поверка)
Поверка при помощи внешнего компарирующего устройства
Поверка без применения внешнего компарирующего устройства
Поверка непосредственно каждой ступени в отдельности
Поверка каждой ступени с выделением ее из суммы нарастающих значений

Черт. 1

Таблица 1

Поверяемый потенциометр		Метод поверки	Средства поверки		Примечание
класс точности	конструктивные особенности		образцовые	вспомогательные	
0,0005	Со встроенной системой элементов для проведения поверки	Автономная поверка без применения внешнего компарирующего устройства	—	Нормальный элемент класса точности 0,005 или 0,02	
0,001— —0,002— —0,005	Со встроенной системой элементов для проведения поверки	То же	—	То же	
	Без встроенной системы, у которого падение напряжения на одной ступени предыдущей декады равно сумме падений напряжения на всех ступенях последующей декады	Автономная поверка с помощью внешнего компарирующего устройства — поверка каждой ступени выделением ее из суммы нарастающих значений	—	Потенциометр шестидекадный класса точности не ниже 0,015. Нормальный элемент класса точности 0,005 или 0,02. Нулевой указатель с ценой деления не более $2 \cdot 10^{-8}$ *в*	

Продолжение

Поверяемый потенциометр		Метод поверки	Средства поверки		Примечание
класс точности	конструктивные особенности		образцовые	вспомогательные	
0,001— —0,002— —0,005	Со специальными потенциальными выводами от каждой ступени	То же или автономная поверка с компарирующим устройством при непосредственной поверке каждой ступени в отдельности	—	То же	
0,005	—	Метод сличения с показаниями образцового потенциометра	Потенциометр класса точности 0,001 без введения поправок или класса точности 0,002 с введением поправок, или класса точности 0,005 с введением поправок	Нормальный элемент класса точности 0,005. Нулевой указатель с ценой деления не более $5 \cdot 10^{-6}$ *в*	Метод сличения допускают, если поверяемый прибор является рабочим
0,01—(0,015) 0,02	Однопредельный	То же	Потенциометр класса точности не ниже 0,002 без введения поправок или потенциометр класса точности 0,005 с введением поправок для поверки потенциометров класса точности 0,01 и шестидекадный потенциометр класса точности 0,015 с введением поправок для поверки потенциометров классов точности 0,015 и 0,02	Нормальный элемент класса точности 0,005. Нулевой указатель с ценой деления не более $1 \cdot 10^{-7}$ *в*	

Продолжение

Поверяемый потенциометр		Метод поверки	Средства поверки		Примечание
класс точности	конструктивные особенности		образцовые	вспомогательные	
0,01—(0,015) 0,02	Многопредельный	1) метод сличения с показаниями образцового потенциометра 2) поэлементная поверка	Катушки сопротивления класса точности 0,01, аттестованные по 3-му разряду с введением поправок	Потенциометр класса точности не ниже 0,015. Нормальный элемент класса точности 0,005. Нулевой указатель с ценой деления не более $1 \cdot 10^{-7}$ в	
	Однопредельный	Метод сличения с показаниями образцового потенциометра	Потенциометр шестидекадный класса точности не ниже 0,005 без введения поправок или класса точности 0,015 с введением поправок	Нормальный элемент класса точности 0,005. Нулевой указатель с ценой деления не более $3 \cdot 10^{-7}$ в	
(0,03)	Многопредельный полуавтоматический	Метод сличения с показаниями образцового потенциометра	То же и катушки сопротивления класса точности 0,01, аттестованные по 3-му разряду с введением поправок	Нормальный элемент класса точности 0,05. Нулевой указатель с ценой деления не более $1 \cdot 10^{-7}$ в	

Продолжение

Поверяемый потенциометр		Метод поверки	Средства поверки		Примечание
класс точности	конструктивные особенности		образцовые	вспомогательные	
0,05	—	То же	Потенциометр шестидекадный класса точности не ниже 0,01 без введения поправок или класса точности 0,015 с введением поправок	Нормальный элемент класса точности 0,005. Нулевой указатель с ценой деления не более $5 \cdot 10^{-7}$ *в*	
0,1—0,2	—	То же	Потенциометр шестидекадный класса точности не ниже 0,015 без введения поправок	То же	

ных декад — не менее 5 делений при перемещении переключателя последней декады на 1 ступень. Внешнее критическое сопротивление R магнитоэлектрического нулевого указателя должно лежать в пределах от 70 до 90% от значения суммарного сопротивления, включаемого в его цепь при поверке потенциометра.

Таблица 2

Класс точности	Число декад	Тип потенциометра
0,001	6	Р345
0,002	6	Р308
0,005	6	Р309, ПВ-8 по ГОСТ
0,01	6	Р-37 9245—68
(0,015)	6	Р307, ПВ-7
(0,015)	5	КЛ-48, ПМС-48

Таблица 3

Класс точности	Тип измерительной катушки сопротивления	Номинальное значение сопротивления в *ом* по ГОСТ 6864—62
0,002	Р324	1
0,01	Р310	0,001; 0,01
0,01	Р321	0,1; 1; 10;
0,01	Р331	100; 1000; 10 000; 100 000
0,02	Р310	0,001; 0,1; 0,01
0,02	Р322	0,001
0,05	Р323	0,0001

Таблица 4

Тип нулевого указателя	Цена деления (постоянная) по напряжению	Цена деления (постоянная) по току	Внешнее критическое сопротивление R в *ом*
Р325	$2 \cdot 10^{-8}$ *в*/дел	$0{,}2 \cdot 10^{-9}$ *а*/дел	—
М195/1	—	$12 \cdot 10^{-9}$ *а*/дел	300
М195/2	—	$4{,}6 \cdot 10^{-9}$ *а*/дел	3000 по ГОСТ
М195/3	—	$1{,}8 \cdot 10^{-9}$ *а*/дел	15000 7324—68
М17/12	$0{,}1 \cdot 10^{-6}$ *в*/*мм*/*м*	$0{,}4 \cdot 10^{-9}$ *а*/*мм*/*м*	250
Ф128/1	$1 \cdot 10^{-8}$ *в*/дел	$0{,}1 \cdot 10^{-9}$ *а*/дел	100
			400 по ГОСТ
			2500 8711—60
Ф128/2	$1 \cdot 10^{-7}$ *в*/дел	$0{,}01 \cdot 10^{-9}$ *а*/дел	10000

2.5.3. Нормальные элементы 2-го и 3-го разрядов (в зависимости от точности поверяемого потенциометра) применяют в качестве образцовых при поверке методом сличения при настройке рабочих токов по двум и более нормальным элементам, во всех остальных

случаях применяют нормальные элементы классов точности 0,02 и 0,005 по ГОСТ 1954—64 в качестве вспомогательных.

2.5.4. Шестидекадные рычажные магазины сопротивления должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.

Таблица 5

Класс точности	Число декад	Тип магазина сопротивления	Сопротивление магазина в *ом* по ГОСТ 7003—64
0,02	6	Р326	$10\,(10^4 + 10^3 + 10^2 + 10 + 1 + 0{,}1)$
0,02	6	МСР-60	$10\,(10^3 + 10^2 + 10 + 1 + 0{,}1 + 0{,}01)$
0,05	7	МСР-63	$10\,(10^4 + 10^3 + 10^2 + 10 + 1 + 0{,}1 + 0{,}01)$
0,2	6	Р-33	$10\,(10^4 + 10^3 + 10^2 + 10 + 1 + 0{,}1)$
	4	Р-32	$10\,(10^3 + 10^2 + 10 + 1)$

2.5.5. Ртутные термометры должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 6.

Таблица 6

Тип ртутного термометра	Цена деления	Диапазон измерения	Номер стандарта
ТП-П	0,05	10—30	
	0,1	0—50	ГОСТ 215—57
ТП-30	0,5	15—25	ГОСТ 2045—43

2.5.6. Для измерения сопротивления изоляции применяют приборы типа Е-6—3 (МОМ-4) и ЕК6—7 по ГОСТ 9763—67.

2.5.7. Для испытания электрической прочности изоляции применяют установку типа УПУ-1 с максимальным напряжением 10 *кв*, позволяющую плавно повышать напряжение от 0 до требуемого значения.

2.5.8. Накальные батареи и кислотные аккумуляторы должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 7.

Таблица 7

Тип	Номинальное напряжение в *в*	Номинальная емкость в *а*
Батареи накальные по ГОСТ 7534—68		
1,28-НВМЦ-525 „Девиз“	1,28	525
1,28-НВМЦ-525-п „Экран“	1,28	525
Кислотные аккумуляторы по ГОСТ 959—51		
ЭРН-70	6	84
РНП-60	2	60

Источники питания потенциометров должны обеспечивать такое постоянство силы тока, при котором за время поверки одной ступени поверяемого прибора изменение силы тока, выраженное в процентах, не выходит за пределы $^1/_{10}$ значения допускаемой погрешности измеряемой величины, выраженной также в процентах.

2.6. Допускается применять другие типы приборов в качестве средств поверки, отличные от указанных в табл. 2—7, но имеющие аналогичные характеристики или более точные.

3. ПОДГОТОВКА И УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1. Поверка потенциометров должна производиться на постоянном токе при относительной влажности воздуха не более 80% и температуре окружающего воздуха:

$t \pm 1°$ С — для потенциометров классов точности 0,0005—0,005, допускающих подстройку измерительных сопротивлений (где $t = 15$—$30°$ С — температура подстройки потенциометра);

$20 \pm 1°$С — для потенциометров классов точности 0,001—0,005, измерительные сопротивления которых не подстраиваются; для потенциометров классов точности 0,01—0,03, если в качестве образцовых применяют потенциометры классов точности 0,005 и 0,01;

$20 \pm 2°$ С — для потенциометров классов точности 0,01—0,03, если в качестве образцового применяют потенциометр класса точности 0,015, а также для потенциометров классов точности 0,05 и менее точных.

3.2. Время выдержки приборов перед поверкой при температуре 15—30°С не менее 8 *ч* и дополнительно при температурах, указанных в п. 3.1, не менее 4 *ч*.

3.3. При сборке измерительной схемы должны быть соблюдены следующие условия.

3.3.1. Измерительная схема должна быть защищена от прямых солнечных лучей, потоков нагретого и холодного воздуха.

3.3.2. Нулевой указатель (гальванометр или гальванометрический блок усилителя постоянного тока) должен быть смонтирован на кронштейне, укрепленном на капитальной стене.

Допускается устанавливать нулевой указатель и гальванометрические блоки на другие подставки при условии, что колебания нулевого указателя или выходного прибора автокомпенсатора, вызванные колебаниями подставки, не превышают значений, соответствующих $^1/_{10}$ допускаемой погрешности образцового потенциометра.

Нормальные элементы должны быть защищены от сотрясений и вибраций.

3.3.3. Для уменьшения величин паразитных термоконтактных электродвижущих сил все соединения схемы производят медными нелужеными проводниками в хлорвиниловой (или подобной ей по величине сопротивления) изоляции без наконечников и промежуточных контактов.

Допускается применение наконечников при условии, что термоконтактные электродвижущие силы, вызванные их наличием, не превосходят допускаемого значения термоконтактных электродвижущих сил или вариации термоконтактных электродвижущих сил образцового потенциометра.

В цепи *X* следует применять переключатели, величина термоконтактных электродвижущих сил которых не превосходит $^1/_6$ допускаемой погрешности напряжения, измеряемого на последней декаде поверяемого потенциометра.

3.3.4. Сопротивление изоляции $R_{из}$ в омах между двумя любыми элементами поверочной цепи (поверяемым потенциометром, цепью батареи, питающей поверяемый потенциометр, цепью нормального элемента поверяемого потенциометра, образцовым потенциометром, цепью батареи, питающей образцовый потенциометр, цепью нормального элемента образцового потенциометра, цепью нулевого указателя, монтажными проводами) при разъединении их должно быть не ниже значений, вычисленных по формуле:

$$R_{из}=5\cdot 10^3\frac{R_к}{a}, \qquad (1)$$

но не менее $5\cdot 10^8$ *ом*,

где:

$R_к$ — значение измерительного или установочного сопротивления того из потенциометров в цепи, у которого оно наибольшее, в *ом*;

a — число, обозначающее класс точности образцового потенциометра.

3.3.5. При поверке потенциометров классов точности 0,0005—0,005 следует применять экранированные соединительные проводники. Источники питания, регулировочные сопротивления и переключатели должны быть экранированы и надежно закреплены от земли, а все экраны — заземлены. Сопротивления изоляции измерительной цепи должны быть не ниже указанных в п. 3.3.4.

Заземление должно быть электрометрическим и индивидуальным (сопротивление контура заземления должно быть не более 0,5 *ом*).

3.3.6. Стационарные кислотные аккумуляторные батареи должны монтироваться в отдельном помещении. Допускается размещать их в одном помещении с компенсационной схемой, но в закрытом шкафу с принудительной вытяжкой и вентиляцией.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. При поверке потенциометров проверяют соответствие их основных характеристик значениям, приведенным в приложении 1.

Потенциометры постоянного тока, в комплект которых входят дополнительные устройства, должны быть поверены совместно с этими устройствами.

4.2. Внешний осмотр.

4.2.1. Внешний вид потенциометров, выпускаемых из производства, должен соответствовать чертежам завода-изготовителя, а также образцу прибора, утвержденному в установленном порядке.

4.2.2. На каждом представленном на поверку приборе, находящемся в эксплуатации и выпускаемом из ремонта, должны быть указаны:

а) наименование и заводское обозначение прибора;

б) товарный знак предприятия-изготовителя;

в) номер прибора по системе нумерации предприятия;

г) назначение каждого зажима и переключателя, а также знаки полярности у зажимов для присоединения источников питания, нормального элемента, измеряемого напряжения.

4.2.3. Потенциометры, находящиеся в эксплуатации или выпускаемые из ремонта, не допускают к дальнейшей поверке, если в них:

а) отсутствуют, расшатаны или повреждены наружные части (зажимы, штепсели, переключатели, ключи, щетки и т. п.);

б) ослаблено натяжение проволоки реохорда или расшатан его движок (у потенциометров с реохордом);

в) находятся обнаруживаемые на слух (при наклонах прибора) посторонние предметы или отсоединившиеся части;

г) недостаточно прочно укреплено, разбито или имеет трещину стекло встроенного нулевого указателя или шкалы реохорда;

д) испорчен корректор встроенного в потенциометр нулевого указателя;

е) отклеилась или покоробилась шкала нулевого указателя или зеркальная полоска шкалы; на корпусе имеются трещины или повреждения;

ж) не предусмотрено приспособление для клеймения или наложения пломбы, которое делало бы невозможным вскрытие прибора без нарушения клейма или пломбы; это требование относится к потенциометрам отечественного производства;

з) загрязнены и не смазаны контакты или загрязнен сам прибор.

4.3. Проверка исправности поверяемого прибора.

4.3.1. Поверяют (омметром любого типа) отсутствие обрывов в цепях между зажимами *НЭ*, *Х* и *Б* поверяемого прибора поочередно. В первых двух случаях зажимы *Г* замыкают накоротко, пере-

ключатель рода работы устанавливают в положение, соответствующее поверяемой цепи. Поверка цепей *Х* и *Б* осуществляется при последовательном перемещении рукояток переключателей измерительных и регулировочных декад, если таковые встроены в прибор.

Плавность регулировки и четкость фиксации переключателей регулировочных и измерительных декад проверяют в процессе определения погрешностей показаний потенциометра.

В потенциометрах, предназначенных для работы как с внешними источниками питания, нормальными элементами, нулевыми указателями, так и с внутренними, проверяют участки цепей, служащие для присоединения внешних элементов.

Проверку этих цепей на обрыв производят с помощью того же омметра. При этом встроенные батареи питания, нормальный элемент и встроенный нулевой указатель отключают с помощью соответствующих переключателей поверяемого потенциометра, а зажимы для подключения наружного нулевого указателя — соединяют накоротко.

4.3.2. Если в поверяемый потенциометр встроен источник регулируемого напряжения (ИРН), как например, у потенциометров типов КП-59, ПП-63, то исправность электрической цепи ИРН проверяют при помощи самого поверяемого потенциометра. Для этого зажимы ИРН подключают к зажимам Х поверяемого потенциометра с соблюдением надлежащей полярности и проверяют наличие напряжения на зажимах ИРН, соответствующего наименьшему и наибольшему показаниям поверяемого потенциометра.

4.3.3. Если в поверяемый потенциометр встроен нулевой указатель, не снабженный уровнем, то проверяют уравновешенность его подвижной части. Отклонение нулевого указателя от нулевой отметки шкалы при наклоне потенциометра на 5° в любом направлении не должно превышать 3% от длины стрелки при стрелочном указателе или от длины шкалы при световом указателе. Длину стрелки или длину шкалы определяют с погрешностью ±5%.

Такую проверку производят при отключенных источниках питания и установке переключателя НЭ-измерение в нейтральное положение.

4.3.4. Для проверки чувствительности встроенного нулевого указателя к зажимам Х присоединяют сопротивление равное 0,4—0,6 от сопротивления его измерительной цепи (приблизительно 20 *ом* для потенциометров типов КП-59 и ПП-63 на пределе *х1*), рычаги декад устанавливают в нулевое положение. После установки рабочего тока по нормальному элементу на последней декаде или реохорде устанавливают показание, соответствующее удвоенному значению основной погрешности. Отклонение нулевого указателя при этом должно быть равно не менее чем четырем делениям для прибора со световым указателем и не менее двух делений для прибора со стрелочным указателем.

В приборах типа ПП, выпущенных из производства до 1965 г., чувствительность встроенного нулевого указателя определяют при замыкании зажимов X накоротко.

Проверку показаний встроенных в потенциометры выходных приборов усилителей постоянного тока производят по методике, изложенной в описании потенциометра.

4.4. Определение постоянства рабочего тока.

4.4.1. Проверку постоянства рабочего тока производят в потенциометрах, имеющих в цепи рабочего тока замещающие сопротивления, и в потенциометрах с декадным наложением токов; для этого устанавливают в поверяемом потенциометре (в многоконтурном приборе — во всех его контурах) надлежащие рабочие токи, установив нулевые показания на всех измерительных декадах, имеющих замещающие сопротивления.

Рабочие токи в одноконтурных потенциометрах классов точности 0,0005—0,05 должны устанавливаться с плавностью регулирования $\delta I_i = 0{,}1$, в приборах остальных классов точности — 0,2 от допускаемой погрешности поверяемого прибора, выраженной в процентах.

Плавность регулировки рабочих токов δI_i определяют по формуле:

$$\delta I_i = 0{,}1\delta U_{i\,\max}, \qquad (2)$$

где $\delta U_{i\,\max}$ — погрешность верхнего предела измерения i-го контура в %.

Точность подгонки замещающих сопротивлений, расположенных в любом контуре потенциометра, определяют по изменению рабочего тока в нем в результате установки рычагов измерительных декад в различные фиксированные положения.

Изменение рабочего тока потенциометра δI, выраженное в процентах, при перемещении щеток измерительных декад не должно превышать для одноконтурных потенциометров $^1/_6$ допускаемой основной погрешности, а для многоконтурных потенциометров — $^1/_6$ $\delta U_{i\,\max}$, также выраженное в процентах.

Выставляя последовательно все значения одной декады, определяют отклонения нулевого указателя от первоначального положения при установлении рабочего тока (эту операцию проделывают для каждой следующей декады).

4.4.2. Для определения предельно допускаемого изменения отклонения нулевого указателя в одноконтурном потенциометре находят такое отклонение указателя, которое соответствует изменению рабочего тока, приходящегося на одну ступень «температурной декады» поверяемого потенциометра.

Пример. Для потенциометра класса точности 0,005 допускается изменение рабочего тока $\delta I \approx 0{,}0008\%$. Если при изменении переменной части установочного сопротивления на 0,01% (с 1,01800 на

1,01810) показание нулевого указателя изменилось на 30 делений, то для $\delta I \approx 0{,}0008\%$ отклонение нулевого указателя не должно превышать 2,5 делений при любом фиксированном положении измерительных декад.

В многоконтурных потенциометрах в качестве нулевого указателя применяют усилитель постоянного тока, выходной прибор которого не изменяет цены деления в разных контурах. Искомые отклонения отсчитывают непосредственно по выходному прибору (без дополнительной его градуировки).

4.5. Для определения термоконтактной электродвижущей силы в измерительной цепи потенциометра проводят следующие операции:

а) замыкают зажимы X поверяемого потенциометра медной нелуженой перемычкой, а нулевой указатель присоединяют медными нелужеными проводами;

б) устанавливают номинальный рабочий ток в потенциометре, устанавливают все декады в нулевые положения, а последнюю декаду — на единицу и производят отсчет α_1 по шкале нулевого указателя;

в) переводят ручку последней декады потенциометра на отметку 2 и производят отсчет значения α_2 по шкале нулевого указателя;

г) отключают питание потенциометра и производят отсчет $\alpha_т$ по шкале нулевого указателя;

д) присоединяют концы проводников от нулевого указателя к одному зажиму потенциометра и измеряют термоконтактные электродвижущие силы в цепи нулевого указателя (должно быть менее $^1/_5$ значения термоконтактной электродвижущей силы, допускаемой для поверяемого потенциометра);

е) вычисляют значение термоконтактных электродвижущих сил $E_т$ по формуле:

$$E_т = \frac{\alpha_т}{\alpha_2 - \alpha_1} U_{min}, \qquad (3)$$

где U_{min} — цена одной ступени последней декады (реохорда) потенциометра в *в*.

Если значение рабочего тока (для повышения чувствительности схемы) потребовалось установить в два или три раза больше номинального, то $E_т$ определяют по формуле:

$$E_т = K\frac{\alpha_т}{\alpha_2 - \alpha_1} U_{min}, \qquad (4)$$

где K — число, показывающее во сколько раз увеличен рабочий ток относительно номинального.

4.5.1. У потенциометра со встроенным переключателем направления тока для исключения влияния термоконтактной электродви-

жущей силы на результат измерения определяют максимальную вариацию (постоянство) $\Delta E_т$ термоконтактной электродвижущей силы в измерительной цепи потенциометра.

Максимальную вариацию вычисляют из пяти значений термоконтактной электродвижущей силы, вычисленной по формуле:

$$E_т = \frac{E_{т,I} + E_{т,II}}{2}, \qquad (5)$$

где $E_{т,I}$ и $E_{т,II}$ — показания нулевого прибора соответственно при первом (I) и втором (II) положениях переключателя направления тока в *в*.

Измерения должны следовать одно за другим с интервалами 20—30 *сек*.

4.5.2. При определении термоконтактной электродвижущей силы в потенциометре со встроенным выходным прибором гальванометрического усилителя отклонения выходного прибора не требуют предварительной градиуровки, вследствие чего операции, предусмотренные в пп. 4.5 *б*, *г*, отпадают.

4.6. Сопротивление изоляции потенциометра определяют на постоянном токе с помощью мегомметра или другого прибора, имеющего соответствующий предел измерения между всеми соединенными между собой токоведущими зажимами потенциометра и его корпусом при напряжении не выше испытательного и не ниже максимального рабочего.

4.7. Проверка электрической прочности изоляции.

4.7.1. Проверку электрической прочности изоляции потенциометра производят на установке, позволяющей плавно повышать испытательное напряжение от 0 до заданного значения для поверяемого потенциометра.

4.7.2. У потенциометров с корпусом из изоляционного материала испытательное напряжение должно быть приложено между всеми соединенными вместе зажимами прибора и электродом, который связан с корпусом потенциометра.

4.7.3. У потенциометров с металлическим корпусом или электростатическим экраном испытательное напряжение должно быть приложено между всеми электрическими соединенными токоведущими цепями потенциометра и зажимом «земля».

4.7.4. Мощность установки на стороне высокого напряжения должна быть не менее 0,25 *ква*.

Форма кривой должна быть такой, чтобы отношение амплитуды к действующему значению напряжений находилось в пределах 1,34—1,48. Изменение испытательного напряжения от 0 до заданного значения должно быть проведено за 5—20 *сек*. Уменьшение напряжения производят с той же скоростью.

4.8. *Определение основной погрешности*

4.8.1. Метод сличения. Для потенциометров класса точности 0,01 и менее точных метод сличения является более предпочтительным так же, как и для приборов класса точности 0,005, если последние применяют в качестве рабочих.

Поверку производят сравнением показаний поверяемого потенциометра с показаниями образцового потенциометра (черт. 2—4).

4.8.1.1. Для определения основных погрешностей показаний потенциометра необходимо:

а) установить в образцовом и поверяемом потенциометрах рабочие токи;

б) перевести переключатели потенциометра в положение 1, установить на поверяемом потенциометре показание U_x, подлежащее поверке;

в) измерять напряжение U_x при помощи образцового потенциометра (или разность напряжений — при помощи дополнительной цепи или по отклонению нулевого указателя). При этом нулевой указатель подключают к зажимам поверяемого (образцового) потенциометра. Соответствующие зажимы Г образцового (поверяемого) потенциометра замыкают накоротко. Если образцовый и поверяемый потенциометры имеют встроенные нулевые указатели с фотокомпенсационными усилителями, то один из них отключают.

4.8.1.2. После поверки двух или трех показаний проверяют постоянство рабочих токов в обоих потенциометрах или их взаимное соответствие. При обнаружении изменения рабочего тока его снова устанавливают и повторяют поверку последних показаний.

4.8.1.3. В порядке, указанном в п. 4.8.1.1., поверяют каждую из декад потенциометра при всех положениях его переключателя и при нулевых показаниях переключателей всех остальных декад.

4.8.1.4. При отсутствии нулевой отметки на реохорде потенциометра вначале производят поверку каждого значения декад в сумме с наименьшим значением, отсчитываемым на реохорде.

Действительное значение напряжения для каждого показания декад определяют после поверки реохорда на всех его числовых отметках как разность между полученными значениями напряжения для показаний отдельных декад и действительными значениями того отсчета по его реохорду, который был установлен при поверке.

По разности показаний, полученных при помощи образцового потенциометра для одного показания поверяемого потенциометра, определяют вариацию его показаний, которая не должна превышать 0,2 допускаемой погрешности.

4.8.1.5. Поверку потенциометра производят при двух направлениях тока от источников, питающих образцовый и поверяемый приборы. Оба измерения проводят для каждого показания непосредственно одно за другим. Допускается поверять потенциометр толь-

ко при одном направлении тока для тех показаний потенциометра, для которых погрешность поверяемого потенциометра не превосходит 10 *мкв*.

При поверке потенциометра со встроенным нормальным элементом направление тока не меняют.

За действительное значение показания принимают среднее арифметическое из результатов обоих измерений. Разность результатов этих измерений не должна превышать значения, равного допускаемой погрешности показаний поверяемого потенциометра.

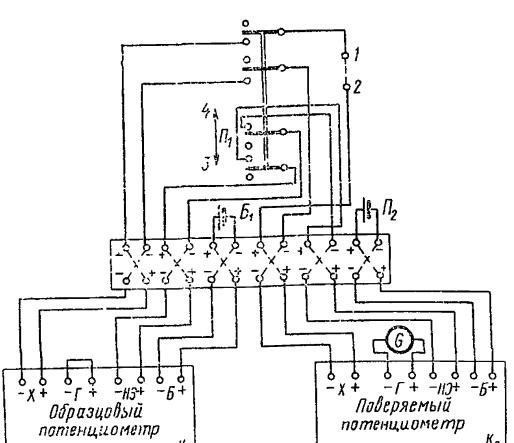
4.8.1.6. Сличение показаний поверяемого потенциометра с показаниями образцового производят одним из следующих способов.

4.8.1.6.1. Способ непосредственного сравнения показаний потенциометров применяют при наличии образцового потенциометра с соответствующими пределами измерения, у которого цена наименьшего деления не превышает $^2/_5$ наибольшей допускаемой погрешности показания поверяемого потенциометра. Этот способ является предпочтительным при поверке методом сличения.

Включение потенциометров производят по схемам, приведенным на черт. 2—4:

а) поверку приборов по схеме черт. 2 производят без применения нормального элемента. Цепи *НЭ* и цепи *Х* обоих потенциометров K_1 и K_2 включают навстречу друг другу.

Для исключения одновременного включения цепей *НЭ* и *Х* в схеме используют четырехполюсный переключатель $П_1$.



Черт. 2

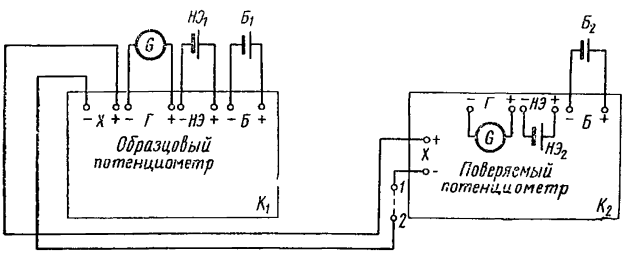
При применении в качестве образцового прибора потенциометра с переключателем рода работы, исключающего одновременное включение цепей *НЭ* и *X*, применять четырехполюсный переключатель не следует.

Значение рабочего тока в образцовом потенциометре допускается устанавливать по миллиамперметру любого класса точности.

Рабочий ток в поверяемом потенциометре устанавливают в точном соответствии с током образцового потенциометра при включении переключателя $П_1$ в положение *3* путем регулирования тока в поверяемом приборе, и далее устанавливают рабочий ток в образцовом потенциометре K_1 до получения нулевого показания нулевого указателя.

Установив переключатель $П_1$ в положение *4*, определяют с помощью образцового потенциометра значение напряжения на выставленной отметке поверяемого потенциометра. Направление тока в цепи образцового и поверяемого потенциометров изменяют с помощью переключателя $П_2$ (типа П308);

б) по схеме черт. 3 поверяют потенциометры K_2, имеющие встроенные нулевой указатель *G* и нормальный элемент $НЭ_2$.



Черт. 3

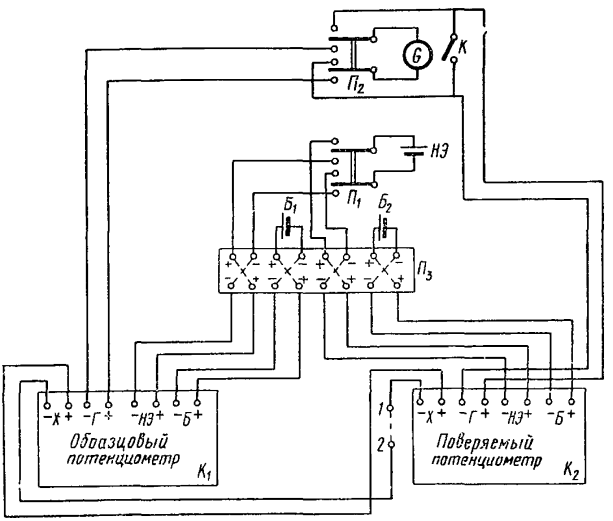
Рабочий ток в поверяемом потенциометре устанавливают по встроенному нормальному элементу с помощью встроенного нулевого указателя *G*;

в) в схеме черт. 4 установку рабочих токов в потенциометрах K_1 и K_2 производят с помощью одного нормального элемента и одного нулевого указателя.

Переключатели $П_1$ и $П_2$ предназначены для подключения нормального элемента и нулевого указателя к поверяемому K_2 или к образцовому K_1 потенциометрам.

В схеме должен быть предусмотрен еще один ключ *K*, замыкающий накоротко зажимы *Г* поверяемого потенциометра K_2 во время

сличения его показаний с показаниями образцового потенциометра K_1. Ключ K следует разомкнуть при присоединении нулевого указателя к зажимам потенциометра K_2.



Черт. 4

4.8.1.6.2. Способ неполной компенсации при сличении показаний потенциометров применяют, когда сопротивление цепи нулевого указателя при поверке остается неизменным. Для потенциометров типа Р306 (или ППТН-1), типов КЛ-48 и ПМС-48 это условие соблюдается без включения дополнительных сопротивлений в цепь нулевого указателя. Способ заключается в том, что разность напряжений, соответствующую одинаковым показаниям образцового и поверяемого потенциометров, отсчитывают непосредственно по отклонениям нулевого указателя.

Включение приборов производят по схеме черт. 2. При этом необходимо определить чувствительность S_u [*мм/мкв*] нулевого указателя в данной схеме, для чего следует:

а) установить рабочие токи в потенциометрах;

б) установить нулевые показания всех измерительных декад и произвести отсчет отклонения α_0 нулевого указателя;

в) установить на поверяемом потенциометре показание $10U_{min}$ (U_{min} — цена ступени декады наименьшего значения или цена деления реохорда в *мкв*) и произвести отсчет отклонения α_1 нулево-

го указателя; напряжение отклонения принимается за положительное;

г) подсчитать чувствительность указателя в *мм/мкв* в данной схеме по формуле:

$$S_{\text{и}} = \frac{\alpha_1 - \alpha_0}{10 U_{\min}}; \qquad (6)$$

д) при поверке потенциометра установить те же самые номинальные показания U_x, что и на образцовом потенциометре, и определить по отклонению α указателя погрешность показаний по формуле:

$$\Delta U = \frac{\alpha - \alpha_0}{S_{\text{и}}}. \qquad (7)$$

Примечание. При применении в качестве нулевого указателя микровольтметров с усилителями чувствительность не определяют.

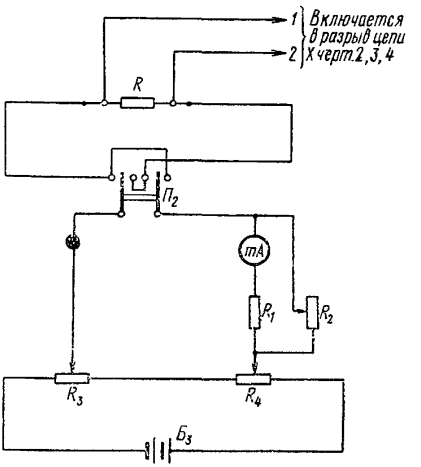
4.8.1.6.3. Дифференциальный способ сравнения показаний потенциометров заключается в том, что разность напряжений, соответствующих одинаковым показаниям образцового и поверяемого потенциометров, компенсируют напряжением на зажимах образцовой катушки сопротивления, включенной в дополнительную цепь, и после компенсации определяют его значение.

Включение приборов производят по схеме черт. 2—5. В цепь, соединяющую зажимы X поверяемого и образцового потенциометров, включена своими потенциальными зажимами катушка сопротивления классов точности 0,05 или 0,02, или катушка сопротивления, погрешность которой не должна превышать $\pm 0{,}2\%$, а к токовым зажимам ее подключена дополнительная цепь, которая состоит из дополнительного источника питания $Б$, магазинов сопротивления R_3 и R_4, миллиамперметра mA класса точности не ниже 1,0, имеющего равномерную шкалу, переключателя направления тока $П_2$, постоянного сопротивления R_1 (500—1000 *ом*) и четырехдекадного магазина сопротивления R_2 до 10000 *ом* любого класса точности.

После установления рабочих токов в потенциометрах необходимо отградуировать дополнительную схему (черт. 5). Для этого на образцовом потенциометре выставляют значение, соответствующее 1000 *мкв*, на поверяемом — соответствующее нулю, и устанавливают с помощью магазинов сопротивления R_3 и R_4 показание миллиамперметра на сотом делении. Оставляя неизменным показание миллиамперметра, изменяют сопротивление до компенсации напряжения на образцовом потенциометре напряжением на катушке сопротивления R.

При поверке на образцовом потенциометре выставляют те же номинальные показания, что и на поверяемом потенциометре.

Уравновешивание схемы производят путем изменения силы тока $I_д$ в дополнительной цепи (при соответствующем направлении этого тока) без изменения сопротивления R_2, установленного при градуировке.



Черт.

При этом падение напряжения $I_д$ R, возникающее между потенциальными зажимами катушки сопротивления, должно уравновесить разность между напряжениями на зажимах поверяемого и образцового потенциометров, что определяется по достижении нулевым указателем нулевого положения.

Действительное значение напряжения на зажимах поверяемого потенциометра U_x определяют по формуле:

$$U_x = U_{об} \pm I_д R = U_{об} \pm \alpha \frac{R''}{R'} \cdot 10^{-5}, \qquad (8)$$

где:

$U_{об}$ — действительное значение напряжения на зажимах образцового потенциометра в $в$;

$I_д$ — значение тока в дополнительном контуре в $а$;

α — число делений по миллиамперметру в момент компенсации (при поверке);

R' — сопротивление катушки R, применяемой при градуировке схемы;

R'' — сопротивление катушки R, применяемой при компенсации (при поверке).

Знак «+» или «—» в правой части этого выражения зависит от направления тока $I_д$. Соответствующие этим знакам положения переключателя $П_2$ устанавливают экспериментально при наладке следующим способом: добившись равновесия при одном из показаний первой декады с помощью дополнительной цепи, увеличивают показание поверяемого потенциометра на один-два наименьших деления и вновь уравновешивают, изменяя ток в дополнительной цепи. Если при этом показания миллиамперметра увеличиваются, то данное положение переключателя $П_2$ соответствует знаку «+», т. е. положительным погрешностям поверяемого потенциометра. Если же показания миллиамперметра уменьшаются или приходится изменять направление тока в дополнительной цепи, то первоначальное положение переключателя $П_2$ соответствует знаку «—», т. е. отрицательным погрешностям поверяемого потенциометра. Выбор номинального значения сопротивления катушки R и верхнего предела измерения миллиамперметра mA определяется следующими условиями:

а) возможностью уравновесить схему при наибольшей допускаемой погрешности (одного знака) поверяемого потенциометра и наибольшей допускаемой погрешности (противоположного знака) образцового потенциометра;

б) возможностью отсчета суммы абсолютных значений этих погрешностей по показаниям миллиамперметра с погрешностью, не превышающей 0,1 допускаемой погрешности показаний поверяемого потенциометра.

Для выполнения этих условий необходимо применять либо несколько катушек сопротивления, либо многопредельный миллиамперметр.

Допускается поверка дифференциальным методом с применением нормального элемента. В этом случае поверку производят по схеме черт. 4, дополненной дифференциальным контуром, схема которого отличается от схемы черт. 5 отсутствием шунтирующего магазина сопротивления R_2 и сопротивлением R_1.

При поверке пятидекадных потенциометров рекомендуется выбирать значения сопротивления катушек и верхние пределы измерения миллиамперметра по табл. 8.

При поверке потенциометров с ценой одной ступени последней измерительной декады 0,0000001 *в* должен быть применен нулевой указатель повышенной чувствительности.

При поверке потенциометров дифференциальным способом без нормального элемента следует иметь в виду, что если сопротивление миллиамперметра на всех пределах одинаково, то изменение предела контура (черт. 5) должно быть в точном соответствии с требованиями табл. 8.

В противном случае изменение предела дифференциального

контура достигают при неизменном пределе миллиамперметра путем подключения различных сопротивлений в соответствии с данными табл. 8.

Чтобы предел измерения дифференциального контура соответствовал указанному в табл. 8, последнюю декаду, а в ряде случаев и предпоследнюю, поверяют, соединив зажимы X поверяемого потенциометра непосредственно с потенциальными зажимами катушки сопротивления R, отключив от них образцовый потенциометр. Действительное показание потенциометра для этих декад в большинстве случаев с достаточной точностью определяют по числовому значению падения напряжения $I_д R$.

Таблица 8

Цена одной ступени последней измерительной декады в *в*	Интервал проверяемых показаний потенциометра в *в*	Номинальное значение сопротивления катушки в *ом*	Верхний предел измерения миллиамперметра в *ма*
0,00001	От верхнего предела измерения до 0,1	0,01	150
	От 0,1 до 0,04	0,001	150
	От 0,03 до 0,004	0,001	50
	От 0,003 до 0	0,001	15
0,000001	От верхнего предела измерения до 0,1	0,001	150
	От 0,1 до 0,04	0,0001	150
	От 0,03 до 0,004	0,0001	50
	От 0,003 до 0	0,0001	15
0,0000001	От верхнего предела измерения до 0,1	0,001	15
	От 0,1 до 0,04	0,0001	51
	От 0,1 до 0,004	0,0001	5
	От 0,003 до 0	0,0001	1,5

Так как относительная погрешность подгонки катушки сопротивления в несколько раз меньше погрешностей стрелочного прибора, то погрешность значения $I_д R$ определяется относительной погрешностью δ_I измерения $I_д$.

$$\delta_I = \frac{K_п I_н}{I_д}, \qquad (9)$$

где:

$K_п$ — численное обозначение класса точности миллиамперметра;

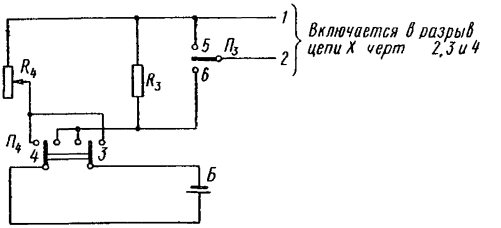
$I_н$ — верхний предел измерения миллиамперметра.

4.8.1.6.4. Способ смещения пределов измерения потенциометров применяют в тех случаях, когда пределы измерения образцового

потенциометра не удовлетворяют требованиям, изложенным выше (т. е. верхний предел измерения образцового потенциометра ниже верхнего предела измерения поверяемого) или последние декады образцового потенциометра не дают возможности произвести отсчет с необходимой точностью. Этими способами также повышают в несколько раз чувствительность схемы, если чувствительность имеющегося нулевого указателя недостаточна.

При поверке последних декад низкоомных потенциометров класса точности 0,015 применяют способ смещения пределов.

Способ смещения пределов измерения применяют как при прямом сравнении показаний, так и в случае поверки, осуществляемой по дифференциальному способу.



Черт. 6

При применении способа увеличения верхнего предела измерения образцового потенциометра без увеличения рабочего тока значение напряжения, на которое нужно увеличить верхний предел измерения образцового потенциометра, устанавливают на зажимах резистора R_3 (например, катушки сопротивления 1000 или 10000 *ом* в случае высокоомных потенциометров) дополнительной цепи (черт. 6) и затем подключают в разрыв цепи X поверяемого и образцового потенциометров (черт. 2—4, точки *1* и *2*).

Перед работой цепь необходимо отградуировать следующим образом: на образцовом потенциометре выставляют то значение напряжения, на которое следует увеличить верхний предел измерения (обычно от 0,5 до 1 от верхнего предела измерения). Переключатель $П_3$ ставят в положение *2*, переключатель $П_4$ — в положение *4*; все измерительные декады поверяемого потенциометра устанавливают в нулевые положения и переключатель $П_1$ (черт. 2 и 4) ставят в положение X (зажимы X поверяемого потенциометра соединены с зажимами X образцового).

В дополнительной цепи (черт. 6) ток регулируют при помощи сопротивления R_4 (магазин сопротивления пятидекадный любого класса) до установления равенства падений напряжений на резисторе R_3 и на зажимах X образцового потенциометра.

Переключатель $П_4$ после градуировки переводят в рабочее положение *3*.

Поверку показаний до смещения предела производят в положении *5* переключателя $П_3$, после смещения — в положение *6* переключателя $П_3$.

Все способы, описываемые ниже, связаны с увеличением силы рабочего тока потенциометра, поэтому их применяют для потенциометров с рабочим током не выше 0,01 *а*.

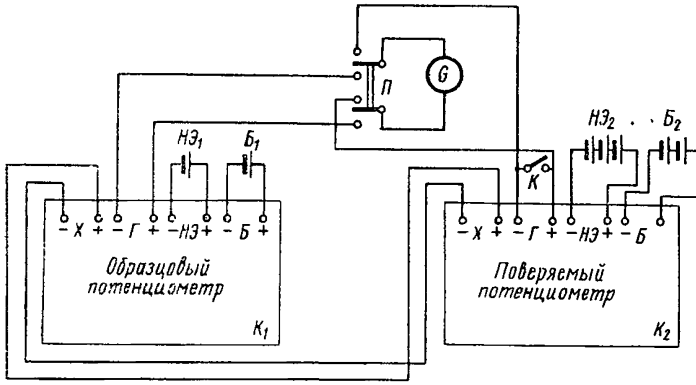
При применении способа увеличения рабочего тока без применения нормальных элементов предварительно должна быть выполнена поверка первой декады при нормальном рабочем токе. Затем при некотором показании на первой декаде поверяемого потенциометра устанавливают на первой декаде образцового потенциометра показание во столько раз большее, во сколько раз необходимо увеличить рабочий ток в поверяемом потенциометре; соединяют цепи *X* обоих потенциометров, ставят переключатели $П_1$ обоих потенциометров в положение *X* (черт. 2), устанавливают в образцовом потенциометре нормальную силу рабочего тока, пользуясь для этого миллиамперметром или микроамперметром с соответствующим пределом измерения. Присоединив к поверяемому потенциометру питающую батарею с соответственно повышенным напряжением, регулируют рабочий ток в цепи поверяемого потенциометра до установления нулевого указателя в нулевое положение. Действительное значение множителя *K* определяют как отношение действительного показания поверяемого потенциометра к действительному показанию образцового потенциометра.

Аналогичным образом, но в обратном порядке, поступают при поверке потенциометра с верхним пределом измерения в полтора или два раза большем, чем у образцового.

Путем увеличения в два или три раза тока в поверяемом потенциометре и при одновременном уменьшении соответственно в три или пять раз тока в образцовом потенциометре получают соотношение токов между ними 10 : 1. Такое соотношение дает возможность поверять каждую декаду, начиная со второй, на предыдущей (по номинальному значению показаний) декаде образцового потенциометра. Отсчет на образцовом потенциометре тем самым увеличивают на один знак. Применяют при этом следующий прием: предварительно производят поверку первой декады при нормальных рабочих токах; устанавливают на первой декаде поверяемого потенциометра показание *1*, на первой декаде образцового потенциометра — увеличенное, в десять раз действительное значение показания поверяемого потенциометра. Увеличив ток в поверяемом потенциометре не больше чем в три раза, регулируют дополнительным магазином сопротивления ток в образцовом потенциометре до установления нулевого указателя в нулевое положение. Дей-

ствительное значение множителя M определяют, как в предыдущем случае.

Если при поверке достаточно увеличить только чувствительность схемы, то рабочий ток должен быть увеличен в два или три раза в обоих потенциометрах. В одном из них силу тока устанав-



Черт. 7

ливают ориентировочно по миллиамперметру, а в другом — в точном соответствии с первым, т. е. до получения нулевого показания по нулевому указателю.

Если верхний предел поверяемого потенциометра ниже верхнего предела образцового, то к зажимам $НЭ$ поверяемого потенциометра K_2 вместо одного нормального элемента подключают два или три элемента ($НЭ_2$), соединенных между собой последовательно (черт. 7).

Напряжение источника $Б_2$, питающего потенциометр, увеличивают в два или три раза. Это приводит к увеличению в два или три раза чувствительности и рабочего тока потенциометра.

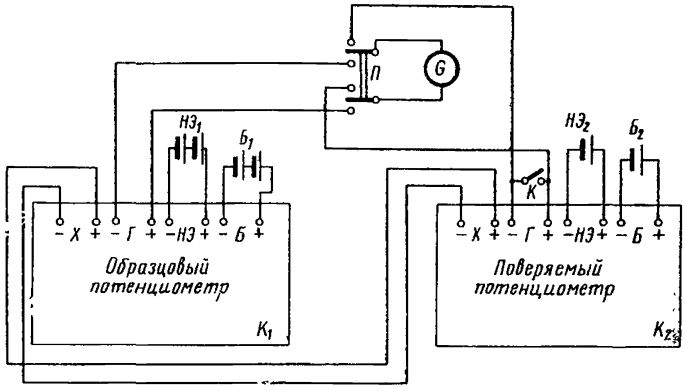
Примечание. Некоторые потенциометры имеют добавочное сопротивление, концы которого выведены на отдельные зажимы. При наличии таких зажимов рекомендуется замкнуть их накоротко. В этом случае повышение напряжения батареи $Б_2$ может не потребоваться или потребоваться значительно меньшее.

Увеличение рабочего тока потенциометра в два или три раза приводит к увеличению в два или три раза значений показаний потенциометра K_2.

Если верхний предел измерения поверяемого потенциометра K_2 выше верхнего предела измерения образцового потенциометра K_1 в два или три раза, то следует увеличить рабочий ток образцового потенциометра также в два или три раза. Для этого к зажимам $НЭ$ образцового потенциометра K_1 следует подключить вместо одного

два или три нормальных элемента (черт. 8), увеличивая соответственно напряжение батареи $Б_1$.

Увеличение рабочего тока потенциометра более чем в три раза недопустимо.



Черт. 8

Действительное значение напряжения, соответствующее отсчету на поверяемом потенциометре, в этих случаях равно показаниям образцового потенциометра, исправленным по данным свидетельства и умноженным на коэффициент K. Номинальное значение коэффициента K равно $^1/_2$ или $^1/_3$ в первом случае и 2 во втором случае, а действительное значение его определяют как отношение действительных значений э.д.с. группы нормальных элементов или одного нормального элемента, подключенных к образцовому потенциометру, к э.д.с. одного нормального элемента или группы нормальных элементов, подключенных к поверяемому потенциометру.

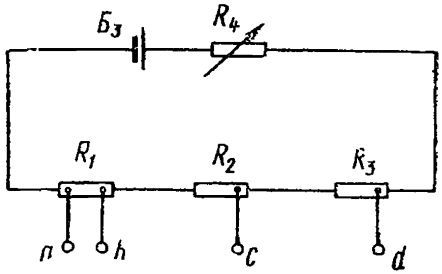
При наличии нескольких нормальных элементов подбирают так группу нормальных элементов, включаемых последовательно, чтобы среднее арифметическое значение их э.д.с. было возможно ближе к значению э.д.с. нормального элемента, применяемого отдельно (во втором потенциометре); чем ближе эти значения э.д.с. между собой, тем ближе действительное значение коэффициента K к нормальному. Получающейся разницей пренебрегают.

Если нельзя произвести указанную группировку нормальных элементов, при поверке потенциометров классов точности 0,01—0,03, действительное значение коэффициента K определяют по результатам дополнительных измерений. Производя поверку первой декады потенциометра в пределах значений первой декады образцового потенциометра с применением одного нормального элемента и переходя к поверке других показаний поверяемого потенциометра с

применением трех нормальных элементов, после увеличения рабочего тока измеряют напряжение поверяемого потенциометра на его зажимах X при двух или трех уже поверенных ранее показаниях его на первой декаде. Коэффициент K определяется как отношение действительных показаний поверяемого потенциометра при установке его рабочего тока по трем нормальным элементам к действительным показаниям его при тех же отсчетах, но при нормальном рабочем токе. По полученным значениям коэффициета K вычисляют его среднее арифметическое значение, которым пользуются при дальнейшей поверке.

Аналогичным образом определяют действительное значение коэффициента K при применении двух нормальных элементов для установки увеличенного рабочего тока в образцовом потенциометре.

Вместо двух или трех нормальных элементов, используемых в схемах черт. 7 и 8, применяют дополнительную цепь (черт. 9), состоящую из трех последовательно соединенных образцовых катушек сопротивления по 100 *ом* каждая, аттестованных по 3-му разряду. Катушки сопротивления включены в цепь батареи $Б_3$ последовательно с магазином сопротивления R_4. Напряжение источника питания равно 4—5 *в*, номинальное сопротивление магазина R_4 от 10×10 до 10×0,01 *ом*.



ab—к зажимам нормального элемента потенциометра с нормальным рабочим током (черт. 7 и 8)
ac и *ad*—к зажимам нормального элемента потенциометра с увеличенным в 2 или 3 раза (черт. 7 и 8)

Черт. 9

4.8.1.7. Определение начального падения напряжения U_0 производят без образцового потенциометра с помощью нулевого указателя.

При определении начального падения напряжения производят следующие операции:

а) присоединяют на зажимы $Г$ поверяемого потенциометра нулевой указатель;

б) замыкают зажимы X поверяемого потенциометра медной неизолированной перемычкой и устанавливают рабочий ток в пределах от номинального до утроенного номинального значения (нормальный элемент при этом может не применяться);

в) устанавливают переключатели всех измерительных декад в нулевые положения и отсчитывают показания нулевого указателя α_0 и β_0 при двух направлениях тока через поверяемый прибор;

г) устанавливают переключатель наименьшей декады (реохорда) на первое деление при двух направлениях тока и отсчитывают показания нулевого указателя α_1 и β_1, затем устанавливают переключатель наименьшей декады на второе деление и отсчитывают показания нулевого указателя α_2 и β_2 также при двух направлениях тока.

$$U_0 = \frac{n_0}{n_2 - n_1} U_{\min}, \qquad (10)$$

где:

$$n_0 = \alpha_0 - \beta_0;$$

$$n_1 = \alpha_1 - \beta_1;$$

$$n_2 = \alpha_2 - \beta_2;$$

$U_{\min}$ — цена одного деления наименьшей декады или наименьшего деления реохорда.

Примечание. При использовании в качестве нулевого индикатора нулевого указателя с фотогальванометрическим усилителем операцию подпункта *г* выполнять не следует. Величину U_0 определяют по формуле:

$$U_0 = \frac{\alpha_0 + \beta_0}{2}.$$

Весь цикл измерений выполняют дважды. Перед повторным измерением рычаги всех декад прокручивают несколько раз. Действительное значение начального напряжения вычисляют как среднее арифметическое из двух результатов. В многопредельных потенциометрах U_0 определяют для всех пределов измерения.

4.8.1.8. Погрешности многопредельных потенциометров определяют на всех пределах измерения.

Допускается определять основную погрешность на одном пределе измерения, при этом находят действительное значение множителя перехода M.

На пределе, принятом за основной, выполняют два показания каждой декады, которые имеют наибольшую положительную и наибольшую отрицательную погрешности (или наибольшую и наименьшую погрешности, если все погрешности данной декады имеют один знак).

Для потенциометров классов точности 0,05—0,2 на других пределах измерения допускается поверка на каждой декаде двух показаний, отмеченных при первой поверке и имеющих наибольшие погрешности на основном пределе, как указано выше.

Для потенциометров классов точности выше чем 0,05 кроме того должно быть определено действительное значение множителя перехода M на другой предел измерения. Погрешность определения множителя M не должна превышать 0,2 от допускаемой погрешности поверяемого прибора. Для определения истинного значения M, на которое нужно умножить значения показаний потенциометра основного предела измерения, чтобы получить действительные значения показаний потенциометра на другом пределе измерения, следует определить истинные значения показаний для трех различных отсчетов первой декады потенциометра на основном и на том пределе измерения, для которого определяют множитель.

Значение множителя M определяют как среднее арифметическое по результатам, полученным при каждом из отсчетов:

$$M = \frac{1}{3}\left(\frac{U_1'}{U_1} + \frac{U_2'}{U_2} + \frac{U_3'}{U_3}\right), \qquad (11)$$

где:

U_1, U_2 и U_3 — действительные значения показаний для отсчетов 1, 2 и 3 определенные на основном пределе измерения поверяемого потенциометра;

U_1', U_2' и U_3' — действительные значения показаний для этих отсчетов, определенные на другом пределе измерения, для которого находится значение множителя M.

По результатам умножения на множитель M действительных значений двух показаний каждой декады, имеющих наибольшую положительную и наибольшую отрицательную погрешности (или наибольшую и наименьшую погрешности, если они одного знака), потенциометр должен удовлетворять требованиям того класса, который обозначен для поверяемого предела.

Примечание. Потенциометры типа Р 2/1 поверяют на пределах до 150 *мв* по низкоомному потенциометру и на пределе 1500 *мв* — по высокоомному потенциометру.

4.8.1.9. При определении погрешности регулировочной части установочного сопротивления (высшей температурной декады) потенциометра при методе сличения дважды дополнительно проверяют одно из его показаний, составляющее не менее 50% от верхнего предела измерения потенциометра. При первой такой проверке при установке рабочего тока в образцовом и поверяемом потенциометрах э.д.с. нормального элемента условно принимают рав-

ной 1,0180 *в* и выставляют соответствующие значения установочных сопротивлений; при второй проверке выставляют значения установочных сопротивлений, соответствующие максимальному значению э.д.с. нормального элемента на высшей температурной декаде потенциометра.

Разность полученных результатов при двух проверках не должна превышать для потенциометров класса точности 0,005—0,001%, для классов точности от 0,01 до 0,02 — 0,002% и для класса точности 0,03 — 0,003% (от данного показания поверяемого потенциометра).

Помимо такой проверки при двух крайних значениях «температурной декады» необходимо убедиться в ее исправности при всех промежуточных отсчетах по ней. Для этого изменяют отсчеты на обоих потенциометрах через все промежуточные значения «температурной декады» (1,0181, 1,0182 *в* и т. д.) с проверкой показания нулевого указателя при каждом из этих положений.

Возникающие при этих положениях отклонения нулевого указателя от его нулевого показания не должны превышать значений, соответствующих нижеуказанным относительным изменениям э. д. с. нормального элемента или силы рабочего тока:

до 0,001% — в потенциометрах класса точности 0,005;

до 0,002% — в потенциометрах классов точности 0,01—0,02;

до 0,003% — в потенциометрах класса точности 0,03.

Если в поверяемом потенциометре имеется вторая температурная декада, ее проверяют вышеописанным способом при двух крайних ее показаниях.

4.8.1.10. Погрешностью поверяемого потенциометра при данном показании является разность показаний поверяемого потенциометра и действительного значения показания, определенного при помощи образцового потенциометра как среднее арифметическое двух показаний, полученных в соответствии с требованием п. 4.8.1.3.

Завершают поверку определением поправок к показаниям, равным погрешностям с обратными знаками.

При составлении таблицы поправок из всех полученных при поверке действительных значений показаний потенциометра, кроме показаний его последней декады или реохорда, вычитают значение начального показания. Начальное показание потенциометра указывают в таблице поправок как поправку к показанию «нуль» последней декады.

4.8.2. Метод поэлементной поверки.

Различают два основных вида поэлементной поверки:

а) с применением образцовых мер. В этом случае ступени измерительного сопротивления и установочное сопротивление или только установочное сопротивление сравнивают с сопротивлением образцовых катушек. Погрешности катушки сопротивления непос-

редственно влияют на точность определения поправок потенциометра;

б) без применения образцовых мер; такая поверка называется автономной. Результаты измерений освобождены от влияния погрешностей образцовой аппаратуры.

4.8.2.1. Поверку с применением катушек производят в следующих случаях.

4.8.2.1.1. Поверку образцовыми катушками производят при поверке многопредельного низкоомного потенциометра, у которого при переходе с одного предела измерения на другой изменяется величина установочного сопротивления (потенциометры КЛ-48, ПМС-48, Р330). Такие потенциометры поверяют комбинированным способом.

Поверку одного предела измерения производят методом сличения показаний поверяемого потенциометра с показаниями образцового потенциометра.

Выбор предела измерения для сличения производят в зависимости от параметров образцового прибора.

При выборе образцового потенциометра руководствуются требованиями, установленными в п. 4.8.1. (В качестве образцового потенциометра рекомендуется потенциометр типа Р308 класса точности 0,002 при сличении показаний приборов типов КЛ-48 и ПМС-48 на пределе 100 *мв* и прибора типа Р330 на пределе 200 *мв*). В результате получают действительные значения показаний U_x на поверяемом пределе измерения, принимаемом за основной.

Для установления действительных значений показаний на других пределах измерения определяют отношение неизменной части установочного сопротивления на поверенном пределе к неизменной части установочного сопротивления на любом другом пределе измерения. Эти отношения являются коэффициентами перехода с поверенного предела измерения на другой предел.

Действительные значения показаний на любом пределе измерения U_x вычисляют по формуле:

$$U_{xк} = U_{x1} \frac{R_{y1}}{R_{yк}}, \qquad (12)$$

где:

U_{x1} — действительное значение показания на пределе измерения, поверенном методом сличения;

R_{y1} — значение неизменной части установочного сопротивления на основном пределе измерения;

$R_{yк}$ — значение неизменной части установочного сопротивления на остальных пределах измерения.

Под неизменной частью установочного сопротивления понимают ту часть установочного сопротивления, на которой компенсируется 1,018 *в* э. д. с. с нормального элемента.

Определяют коэффициенты перехода сравнением каждого установочного сопротивления с сопротивлением соответствующей образцовой катушки сопротивления. Сравнение производят на вспомогательном (предпочтительнее шестидекадном) потенциометре при падении напряжения 1 *в* на образцовой катушке сопротивления.

Для упрощения расчетов по формуле:

$$R_y = R_N \frac{U_y}{U_N},$$

где U_y — показание вспомогательного потенциометра при компенсации напряжения на установочном сопротивлении;

U_N — то же, на образцовой катушке сопротивления следует осуществлять равенство:

$$\frac{R_N}{U_N} = 10^q,$$

где q — целое положительное или отрицательное число. Поскольку каждое значение R_y отличается приблизительно на 2% от соответствующего значения R_N, погрешности определения всех R_y одинаковы и в отношении $\frac{R_y}{R_{ук}}$ сокращаются.

4.8.2.1.2. При поверке низкоомных потенциометров многопредельных и однопредельных, но при отсутствии образцового потенциометра с соответствующим пределом измерения и необходимым запасом точности.

В этом случае поверка должна заключаться в сравнении с образцовыми катушками сопротивления не только установочных сопротивлений, но также ступеней измерительного сопротивления и других элементов потенциометра, определяющих его погрешности.

Способы, порядок измерения и вычисления результатов поверки зависят от схемы и конструкции потенциометра. При проведении поэлементной поверки таких потенциометров (например, потенциометров типов Р306, Р330) следует руководствоваться рекомендациями, согласованными с органами государственной метрологической службы.

4.8.2.2. Потенциометры классов точности 0,0005—0,002, а также потенциометры класса точности 0,005, предназначенные для работы в качестве образцовых, подлежат автономной поверке. Автономно могут поверяться и потенциометры классов точности 0,01 и 0,015. Такая необходимость может появиться, если поверяемый потенциометр сам предназначен для применения как образцовый, а метод сличения для его поверки исключен из-за отсутствия более точного потенциометра с соответствующими пределами измерения.

При автономной поверке измерительные и установочные сопротивления оцениваются по отношению к какой-нибудь произвольно выбранной единице, принимаемой за опорную.

При проведении автономной поверки должны быть выполнены два условия:

а) выбранная опорная величина должна быть конструктивно воспроизведена в поверяемом приборе. В качестве такой величины выбирают сопротивление первой ступени I декады, поэтому отпадает необходимость в применении образцовых катушек сопротивления;

б) должны сравниваться между собой только номинально равные величины, для исключения погрешности компарирующего устройства.

4.8.2.2.1. Процесс автономной поверки включает следующие этапы:

а) сравнение напряжений на каждой ступени любой (m-й) декады с напряжением на первой ступени; измерения начинают с I декады потенциометра;

б) переход от предыдущей декады к последующей осуществляют сравнением падения напряжения на сумме всех n ступеней любой (m-й) декады с номинально одинаковым падением напряжения на первой ступени предыдущей (m—1) декады;

в) напряжение на неизменной части установочного сопротивления (1,018 $в$) сравнивают либо целиком, либо по частям с равновеликим напряжением на измерительном сопротивлении, соотношение которого с выбранной единицей установлено в подпунктах $а$ и $б$;

г) определение U_0;

д) поверку температурных декад (регулируемой части установочного сопротивления).

Результаты выражают в виде отношения напряжений на сравниваемых ступенях или в виде разностей этих напряжений.

При поверке многопредельных приборов результаты измерений рекомендуется выражать в виде отношения напряжений.

4.8.2.2.2. При определении действительных значений показаний потенциометра при автономной поверке по отношениям напряжений на сравниваемых ступенях получают следующие зависимости:

$$\text{а)}\ \frac{U_{m,i}}{U_{m,1}} = \frac{r_{m,i}}{r_{m,1}}\ ;$$

$$\text{б)}\ \frac{U_{m,1-n}}{U_{m-1,1}} = \frac{r_{m,1-n}}{r_{m-1,1}}\ ; \qquad (13)$$

$$\text{в)}\ d_y = U_{НЭ(1,018)} - U_{изм(1,018)}\ .$$

где:

$U_{m,i}$ — падение напряжения на первой ступени любой m-й декады;

$U_{m,1}$ — падение напряжения на первой ступени этой же декады;

$U_{m,1-n}$ — падение напряжения на сумме n ступеней любой m-й декады;

$U_{m-1,1}$ — падение напряжения на первой ступени предыдущей $(m-1)$ декады;

d_y — измеренная разность между напряжением на неизменной части установочного сопротивления $U_{НЭ(1,018)}$ и номинально равным ему напряжением на измерительном сопротивлении $U_{изм\ (1,018)}$;

$r_{m,1}$; $r_{m,i}$; $r_{m.1-n}$; $r_{m-1,1}$ — сопротивления участков цепей, соответствующие сравниваемым напряжениям.

Далее промежуточными вычислениями получают следующие данные:

$H_{н,i} = \frac{r_{ui}}{r_{1,1}}$ — значение первой поверяемой ступени любой декады измерительного сопротивления, выраженное в относительных единицах через сопротивление первой ступени I декады, принятое за опорное;

$H_y = \frac{r_y}{r_{1,1}}$ — значение неизменной части установочного сопротивления (предназначенное для компенсации части э. д. с. нормального элемента, равной 1,018 *в*), выраженное в относительных единицах через сопротивление первой ступени I декады.

Действительные значения показаний $U_д$ определяют по формуле:

$$U_д = K \cdot \Sigma H_{u,i}, \qquad (14)$$

где:

$\Sigma H_{u,i}$ — находят последовательным суммированием для каждой декады, а значение K, постоянное для каждого предела измерения, определяют из формулы:

$$K = \frac{U_{НЭ}}{H_y}, \qquad (15)$$

где $U_{НЭ} = 1{,}018$ *в*.

4.8.2.2.3. Если результаты измерений при автономной поверке получены в виде разностей напряжений на сравниваемых сопротивлениях, то на указанных в п. 4.8.2.2.1 этапах их выражают формулами:

а) $d_{m,i} = U_{m,i} - U_{m,1}$;

б) $d_{m,1-n} = U_{m,1-n} - U_{m-1,1}$; (16)

в) $d_y = U_{НЭ\ (1,018)} - U_{изм\ (1,018)}$,

где:

$d_{m,i}$ — измеренная разность между действительным значением напряжения на i-й степени m-й декады и напряжением на ее первой ступени;

$d_{m,1-n}$ — измеренная разность между значением напряжения на сумме ступеней любой m-й декады и номинально равным напряжением на первой ступени предыдущей декады;

d_y — измеренная разность между значением падения напряжения на неизменной части установочного сопротивления (между зажимами *НЭ*) и номинально равным ему напряжением в измерительной цепи (между зажимами *X*).

Определение истинных значений напряжений $U_{m,i}$ на ступенях потенциометра производят по формулам:

$$U_{m,i} = d_{m,i} + U_{m,1} ;$$

$$U_{m,i} = \frac{1}{n}\left(U_{m-1,1} + d_{m,1-n} - \sum_{1}^{n} d_{m,i} \right) . \quad (17)$$

Сначала находят исходную величину $U_{1,1}$, т. е. истинное значение падения напряжения на первой ступени I декады по формуле:

$$d_y = U_{НЭ(1,018)} - U_{изм\ (1,018)} , \quad (18)$$

в которой $U_{НЭ\ (1,018)}$ принимают тождественно равным 1,018 *в*, а $U_{изм\ (1,018)}$ складывается из составляющих напряжения на измерительном сопротивлении, каждая из которых по формулам 17 должна быть выражена через $U_{1,1}$.

Если предел измерения поверяемого потенциометра меньше 1,1 *в*, то непосредственного сравнения напряжения на неизменной части установочного сопротивления с номинально равным ему напряжением на измерительном сопротивлении произвести невозможно. Выполнение этой поверки возможно, если в поверяемом потенциометре предусмотрено сравнение напряжения на установочном сопротивлении по частям с номинально равными напряжениями на измерительном сопротивлении.

После нахождения $U_{1,1}$ вычисляют по формуле 17 напряжения на первых ступенях каждой декады $U_{m,1}$, переходя постепенно от I декады к последующим, а затем напряжения на любой ступени $U_{m,i}$ каждой декады.

Последовательным суммированием найденных напряжений на ступенях определяют истинные значения показаний потенциометра $\Sigma U_{m,i}$.

Вместо значений напряжений $U_{m,i}$ можно тем же путем определить поправки ступеней $\Delta_{m,i}$. В этом случае уравнения формулы 13 остаются прежними, а вместо формулы 17 пользуются следующими:

$$\Delta_{m,i} = d_{m,i} + \Delta_{m,1};$$

$$\Delta_{m,1} = \frac{1}{n}\left(\Delta_{m-1,1} + d_{m,1-n} - \sum_{1}^{n} d_{m,i}\right), \qquad (19)$$

где $\Delta_{m,i}$; $\Delta_{m,1}$ и $\Delta_{m-1,1}$ — поправки, соответствующие номинальным значениям $U_{m,i\text{ном}}$; $U_{m,1\text{ном}}$ и $U_{m-1,1\text{ ном}}$.

4.8.2.2.4. Начальное падение напряжения U_0 определяют по п. 4.8.1.7.

4.8.2.2.5. Определение погрешности регулировочной части установочного сопротивления (температурной декады).

Для поверки температурных декад установочного сопротивления поверяемый и вспомогательный потенциометры соединяют, как это требуется при поверке методом сличения (черт. 2); при этом зажимы *НЭ* и *Х* поверяемого прибора соединяют с одноименными зажимами образцового. При соединении зажимов *НЭ* должны быть полностью отключены зажимы *Х* и наоборот.

Поверку температурной декады осуществляют путем сравнения результатов отсчетов одного из показаний I декады, составляющего не менее 50% от верхнего предела измерения, при всех значениях температурной декады поверяемого потенциометра, обозначенных цифровыми отметками.

Первое измерение производят после установления рабочих токов при выставленных значениях установочных сопротивлений на обоих потенциометрах, соответствующих э. д. с. нормального элемента 1,0180 *в*.

Следующие измерения производят после установления рабочих токов при неизменном значении установочного сопротивления во вспомогательном потенциометре, но при всех значениях установочного сопротивления (0,01818, 1,01820, 1,01830 и т. д.) поверяемого потенциометра.

Таким же способом поверяют II температурную декаду на всех оцифрованных отметках.

Разность между результатами, полученными при двух следующих друг за другом измерениях установочного сопротивления, не должна превышать численных значений, приведенных в табл. 9.

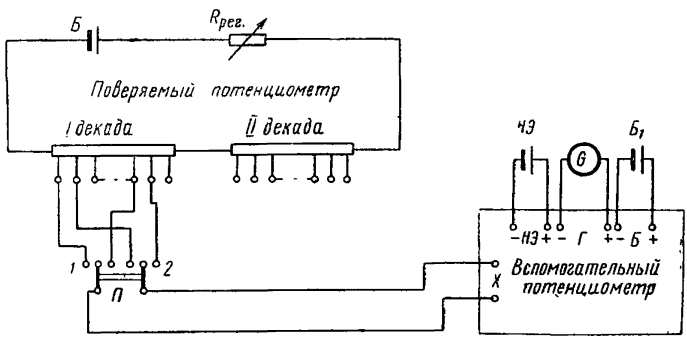
4.8.2.2.6. Для установления истинных значений показаний или поправок потенциометра при автономной поверке необходимо выполнить этапы *а*, *б* и *в*, указанные в п. 4.8.2.2.1. Принцип опреде-

ления основной погрешности одинаков для всех потенциометров, однако способы определения ее различны в зависимости от конструктивных особенностей потенциометров.

Таблица 9

Класс точности поверяемого прибора	Разность между ступенями I температурной декады и допускаемые отклонения от нее при поверке	Разность между ступенями II температурной декады и допускаемые отклонения от нее при поверке
0,005	0,01±0,001	0,001±0,0003
0,002	0,01±0,004	0,001±0,0001
0,001	0,01±0,0002	0,001±0,0001
0,0005	0,01±0,0001	0,001±0,0005

Поверка измерением непосредственно каждой ступени в отдельности. Таким способом пользуются для потенциометров у которых контакты декадных переключателей снабжены гнездами или винтами для поэлементной поверки. Указанные устройства используются для присоединения потенциальных проводов при сравне-



Черт. 10

нии номинально равных напряжений на ступенях декад (этапы *а* и *б*). При этом требуется вспомогательный шестидекадный потенциометр, наружный переключатель и нулевой указатель. К точности вспомогательного потенциометра не предъявляют высоких требований, так как он играет роль компаратора.

Принципиальная схема соединения приборов при поверке указанных потенциометров показана на черт. 10.

Порядок проведения измерений на этапах *а* и *б* следующий: устанавливают приблизительно значение рабочего тока во вспомогательном потенциометре по нормальному элементу любого класса точности или по миллиамперметру класса точности 1,0. Отклонение

величины тока от номинального значения не должно превышать 1% на протяжении всей поверки потенциометра.

Падение напряжения на первой ступени I декады поверяемого потенциометра $U_{1,1}$ уравновешивают номинально равным ему падением напряжения вспомогательного потенциометра при положении *1* наружного переключателя *П*. Перенося постепенно провода по очереди на каждую ступень I декады поверяемого потенциометра в положение *2* переключателя *П* измеряют при помощи вспомогательного потенциометра падение напряжения на них $U_{1,t}$. Контроль неизменности рабочих токов за время сравнения $U_{1,1}$, и $U_{1,t}$ осуществляют повторным уравновешиванием.

По показаниям вспомогательного потенциометра определяют разность $(U_{1,t} - U_{1,1})$ или их отношение $\frac{U_{1,t}}{U_{1,1}}$.

Для перехода ко II декаде производят сравнение суммарного напряжения на ней $U_{2,1-n}$ с напряжением $U_{1,1}$, для чего потенциальные провода с последней пары контактов I декады переносят на первый и последний контакты II декады.

Аналогичным способом проводят сравнение отдельных ступеней каждой последующей декады $U_{m,t}$ с ее первой ступенью $U_{m,1}$, а также суммы ступеней $U_{m,\,1-u}$ с первой ступенью предыдущей декады $U_{m-1,1}$. В каждом случае первую пару потенциальных проводов присоединяют к контактам первой ступени поверяемой декады, а вторую пару проводов по очереди присоединяют к контактам поверяемой ступени этой декады.

Сравнения напряжения на неизменной части установочного сопротивления с номинально равным измерительным сопротивлением (этап *в*) производят по схеме черт. 11.

На вспомогательном потенциометре через наружный переключатель *П* уравновешивают по очереди напряжение на зажимах *НЭ*, а затем напряжение на зажимах поверяемого потенциометра. При этом в цепи нормального элемента поверяемого потенциометра устанавливают показание 1,018 *в* (при установке переключателей температурных декад в нулевые положения). На измерительных декадах устанавливают показание также номинально равное 1,018000 *в*.

В результате производимых уравновешиваний находят разность d_y между напряжением нормального элемента и падением напряжения на неизменной части установочного сопротивления

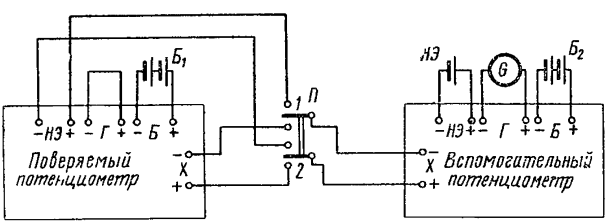
$$d_y = U_{НЭ\,(1,018)} - U_{изм\,(1,018)}, \qquad (20)$$

из которой определяют либо отношение $H_y = \frac{r_y}{r_{1,1}}$, либо $U_{1,1}$, являющиеся отправными для аттестации прибора.

Поверку температурных декад производят способом, изложенным в п. 4.8.2.2.5.

Пример полной автономной поверки двухпредельного высокоомного потенциометра, произведенной описанным выше способом, приведен в приложении 2.

Поверка каждой ступени выделением ее из суммы нарастающих ступеней. Таким способом поверяют потенциометры, у которых отсутствуют какие-либо приспособления для поэлементной поверки. (Потенциометр модели 44248 ф. Кэмбридж и ряд других зарубежных потенциометров высокой точности).



Черт. 11

При этом способе автономной поверки для установления поправок потенциометра определяют разности измеряемых напряжений по формуле 16.

Ввиду отсутствия на контактах декадных переключателей потенциальных выводов от резисторов измерительной цепи поверяемого потенциометра, все измерения этапов *а* и *б* производят от его зажима *X*. Схема соединения приборов при выполнении этих измерений приведена на черт. 12.

В качестве вспомогательного применяют одноконтурный потенциометр. Если поверяемый потенциометр многоконтурный, нулевой указатель следует присоединить к нему.

Порядок проведения поверки следующий: устанавливают рабочий ток во вспомогательном потенциометре по миллиамперметру класса точности 1,0 или по нормальному элементу класса точности 0,02 (ориентировочно с отклонением до 1%) при положении *2* переключателя *П*.

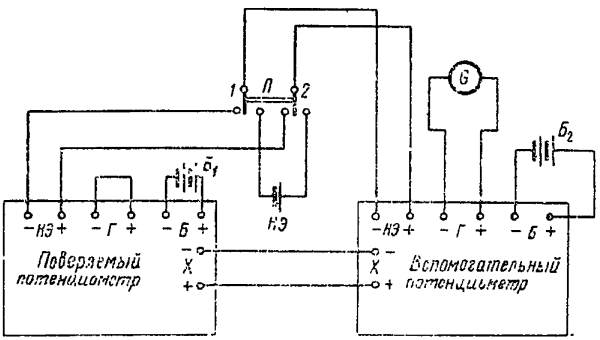
Затем переключатель *П* переводят в положение *1* и с помощью регулировочных реостатов в токовой цепи поверяемого потенциометра устанавливают его рабочий ток в соответствии с током вспомогательного потенциометра.

При выполнении этапов *а* и *б* переключатель *П* устанавливают в нейтральное положение.

Для получения разностей $d_{m,i}$ и $d_{m,1-n}$ применяют искусственный прием, который заключается в следующем: в измерительную цепь поверяемого потенциометра вводят по очереди сначала первую

ступень I декады $U_{1,1}$ а затем вместо нее сумму ступеней II декады $\sum_{1}^{n} U_{2,i}$. По двум показаниям вспомогательного потенциометра, выставленным для уравновешивания обоих напряжений, определяют их разность.

Далее в измерительной цепи поверяемого потенциометра выставляют показания первой ступени I декады и суммы ступеней



Черт. 12

II декады $U_{1,1} + \sum_{1}^{n} U_{2,i}$ и уравновешивают номинально равным (удвоенным) напряжением на вспомогательном потенциометре. Затем вместо $\sum_{1}^{n} U_{2,i}$ вводят вторую ступень I декады и снова уравновешивают напряжение $U_{1,1} + U_{2,1}$ на вспомогательном потенциометре.

Далее к двум ступеням декады вновь добавляют всю II декаду и напряжения $U_{1,1} + U_{1,2} + \sum_{1}^{n} U_{2,i}$ между зажимами X поверяемого прибора уравновешивают на вспомогательном потенциометре (утроенное значение), а затем вместо II декады добавляют третью ступень I декады и вновь уравновешивают на вспомогательном потенциометре напряжение $U_{1,1} + U_{1,2} + U_{1,3}$.

Описанными приемами декаду поверяют до конца. Сущность способа заключается в том, что измерения ступеней I декады производят нарастающими суммами, причем в каждой новой сумме вновь поверяемая ступень замещается суммой ступеней II декады.

При компенсации нарастающих сумм напряжений показания вспомогательного потенциометра также соответственно возрастают. Номинально показания обоих потенциометров каждый раз должны быть равны.

По результатам каждой пары измерений вычисляют разность:

$$U_{1,i} - \sum_{1}^{n} U_{2,i} = A_{2,i},$$

А так как из первой пары измерений известно значение величины

$$U_{1,1} - \sum_{1}^{n} U_{2,i} = B = -d_{2,1-n} \ ,$$

то далее вычисляют искомые разности:

$$d_{1,i} = U_{1,i} - U_{1,1} = A_{1,i} - B \ . \qquad (21)$$

Также определяют разности для остальных декад, кроме последней декады, для которой разности находят по отклонению нулевого указателя:

$$d_{m,i} = U_{m,i} - U_{m,1} \ .$$

Одновременно из первой пары измерений каждой декады определяют разности $d_{m,i}$ (п. 4.8.2.2.3).

Сравнение напряжения на установочном сопротивлении с номинально равным напряжением на измерительном сопротивлении (п. 4.8.2.2.3) производят по схеме черт. 11.

Поверку температурных декад производят в соответствии с указаниями п. 4.8.2.2.5.

Пример поверки потенциометра способом измерения сумм нарастающих показаний приведен в приложении 3.

Автономная поверка без применения внешнего компарирующего устройства. Без вспомогательного потенциометра и наружных переключателей поверяют потенциометры высших классов точности (0,0005—0,005), в которые встроена система приспособлений, осуществляющая соединения сравниваемых элементов прибора, требующихся при поверке (потенциометры типов Р308, Р309, Р345 и др.).

Автономная поверка их заключается в выполнении этапов п. 4.8.2.2.1. При этом сравнивают падение напряжения на одной ступени или на суммах ступеней с опорными равновеликими напряжениями, создаваемыми в цепях самого прибора. Сравниваемые напряжения включают внутри прибора со встречной полярностью с помощью специального переключателя, встроенного в прибор, а разности их фиксируют применяемым микровольтметром с усилителем постоянного тока в качестве нулевого указателя.

При проведении указанной выше автономной поверки руководствуются порядком выполнения измерений и способом обработки их результатов, рекомендованными в техническом описании поверяемого потенциометра.

Пример выполнения автономной поверки потенциометров со встроенной системой приспособлений для его поверки приведен в приложении 4.

4.8.3. Методика определения начального напряжения едина при всех методах поверки потенциометров.

4.8.4. Применение других способов поверки, обеспечивающих точность не меньшую, чем указано в настоящем стандарте, может

быть допущено с разрешения органов государственной метрологической службы.

4.9. Методы и средства поверки потенциометров, класс точности которых известен, выбирают по указаниям настоящего стандарта в соответствии с классом точности, пределами измерения и конструктивными особенностями поверяемого прибора. Обозначение класса 1 (или группы А) рассматривают как класс точности 0,015, а класс 2 (или группы В) — как класс точности 0,03.

4.10. Для выбора методов и средств поверки потенциометров, относительно которых нет определенных указаний класса точности, поверяемый потенциометр должен быть условно отнесен к тому или иному классу точности по данным табл. 10.

Таблица 10

Значение наименьшей ступени регулируемой части в %	Класс точности
0,0001	0,0005
0,0002	0,001
0,0005	0,002
0,001	0,005
0,002	0,01
0,005	0,015
0,005	0,02
0,01	0,03
0,02	0,05

Класс точности поверенного потенциометра устанавливают после определения его основной погрешности. Потенциометр, содержащий в измерительной цепи реохорд, не может быть отнесен к классу 0,015 и более точным. Потенциометр с ценой деления последней декады или с ценой деления реохорда, составляющей не более 10^{-4} от верхнего предела измерения, следует относить к классу точности 0,05.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Потенциометры измерительные постоянного тока, поверенные в соответствии с требованиями настоящего стандарта и удовлетворяющие предъявляемым к ним техническим и метрологическим требованиям, подлежат клеймению.

5.2. На потенциометры классов точности 0,005—0,03, прошедшие государственную поверку и признанные годными к применению, выдают свидетельство установленной формы.

На потенциометры классов точности 0,05—0,2 свидетельство выдают только в тех случаях, когда потенциометры предназначены для применения в качестве образцовых.

Свидетельство выдается также в тех случаях, когда потенциометр не имеет обозначения класса точности, но по упомянутым в п. 4.10 признакам и по значению его фактических погрешностей

может быть отнесен к одному из классов точности в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

5.3. В свидетельствах на потенциометры, предназначенные к применению в качестве образцовых, указывают поправки; для многопредельных потенциометров указывают поправки на всех пределах измерения или поправки на основном пределе и действительные значения множителей перехода.

В остальных случаях в свидетельстве необходимо зафиксировать, что потенциометр удовлетворяет указанным на нем требованиям точности или что потенциометр отнесен к определенному классу точности по настоящему стандарту, если указания относительно его точности отсутствуют.

Допускается также выдача свидетельства с указанием поправок и действительных значений множителей по просьбе потребителя на потенциометр одного из классов точности 0,0005—0,05 при условии, что изменения погрешности потенциометра за год не превышают $^1/_2$ его допускаемой основной погрешности.

5.4. На потенциометр, вышедший из ремонта, сопровождающегося вскрытием клейма, предохраняющего доступ к измерительным сопротивлениям, должна быть выдана выписка из протокола с указанием поправок и множителей. Не выдают выписку из протокола на потенциометры классов 0,05—0,2, предназначенные для применения в качестве рабочих приборов.

Свидетельство о поверке выдают не ранее чем через год после ремонта, при условии, что изменение погрешности за год не превышает $^1/_2$ допускаемой основной погрешности потенциометра.

5.5. При выпуске из производства на потенциометр выдают выпускной аттестат, в котором для потенциометров классов точности 0,0005—0,03 должны быть указаны поправки.

5.6. При проведении ведомственной поверки вместо свидетельства выдают аттестат с соблюдением всех требований, указанных в пп. 5.2. и 5.3.

5.7. В документах, удостоверяющих результаты поверки, выдаваемых на полуавтоматические потенциометры, а также на потенциометры измерительные, сопротивления которых могут регулироваться (подстраиваться), поправки указывать не следует.

5.8. Потенциометры, поверенные в соответствии с настоящим стандартом и не удовлетворяющие предъявляемым к ним требованиям, к применению не допускаются. На них выдают извещение с указанием причин непригодности и гасят клеймо предыдущей поверки, при этом погрешности на показания потенциометра не указывают.

Замена

ГОСТ 7324—68 введен взамен ГОСТ 7324—55.
ГОСТ 9763—67 введен взамен ГОСТ 9763—61.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Основные технические характеристики постоянного измерительных потенциометров тока

Тип потенциометра	Число декад	Верхний предел измерений в *в*	Величина рабочего тока в *а*	Цена ступени последней декады в *в*	Сопротивление измерительной цепи в *ом*	Класс точности
Р345	6	2,121111	$1\cdot10^{-3}$ $1\cdot10^{-4}$ $1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	2000	0,001
Р309	6	2,121111	$1\cdot10^{-3}$ $1\cdot10^{-4}$ $1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	2000	0,005
ПВ-8	6	1,9 19	$1\cdot10^{-4}$ $1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-6}$ $1\cdot10^{-5}$	20000	0,005
ПВ-7	6	1,9	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-6}$	20000	0,015
ПВ-6	5	1,9	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$	20000	0,015
ПВ-5	5	1,9	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$	20000	0,015
Р300	5	1,9	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	20000	0,015
Р37	6	2	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-6}$	2000	0,02

Тип схемы измерительного сопротивления	Допустимая погрешность по техническим условиям в *в*	Напряжение источника питания в *в*	Сопротивление изоляции в *ом*	Электрическая прочность изоляции в *в*	Термоэлектродвижущая сила в *мкв*, не более	Вариация термоэлектродвижущей силы в *мкв*, не более
Схема с тремя независимыми контурами	$\pm(10U+0{,}04)10^{-6}$	2,2—4,8 1—2,6 1,018	$1\cdot10^{9}$	2000	—	0, 02
То же	$\pm(50U+0{,}05)10^{-6}$	2,2—4,8 1—2,6 1,01	$1\cdot10^{9}$	2000	—	0,02
Схема с замещающими декадами	$\pm(0{,}5\cdot10^{-4}U+$ $+0{,}5\Delta U)$	2 20	$1\cdot10^{10}$	3000	—	0,2
То же	$\pm(15U+0{,}005U_{н})\times$ $\times10^{-5}$	2	$1\cdot10^{9}$	2000	—	0,2
»	$\pm(150U+2U_{н})\times$ $\times10^{-6}$	2	$2\cdot10^{9}$	2000	—	—
»	$\pm(150U+2U_{н})\times$ $\times10^{-6}$	2	$1\cdot10^{10}$	2000	—	—
»	$\pm(150U+4U_{н})\times$ $\times10^{-6}$	1,95—3,5	10^{9}	2000	—	—
Схема с двумя независимыми контурами	$\pm(200U+0{,}4)\times$ $\times10^{-6}$	1-й контур: 2,2—4,8; 2-контур: 1,0—2,6	$5\cdot10^{8}$	500	—	0,2

Тип потенциометра	Число декад	Верхний предел измерений	Величина рабочего тока в *а*	Цена ступени последней декады в *в*	Сопротивление измерительной цепи в *ом*	Класс точности
Р307	6	1,9*в*	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-6}$	20000	0,015
Р304	5	1,9*в*	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$	20000	0,015
ППТВ	5	2*в*	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$	20000	0,03
ППТВ-1	5	1,2*в*	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$	12000	0,03
Р355	3	0,6; 1,5; 3; 6; 15; 30; 37; 5; 45; 60; 75; 90; 120; 150; 180; 240; 300; 1500*мв*	$5\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{-7}$ $5\cdot10^{-7}$ $1\cdot10^{-6}$ $2\cdot10^{-6}$ $5\cdot10^{-6}$ $1\cdot10^{-5}$ $1{,}25\cdot10^{-5}$ $1{,}5\cdot10^{-5}$ $2\cdot10^{-5}$ $2{,}5\cdot10^{-5}$ $3\cdot10^{-5}$ $4\cdot10^{-5}$ $5\cdot10^{-5}$ $6\cdot10^{-5}$ $8\cdot10^{-5}$ $1\cdot10^{-4}$ $9\cdot10^{-4}$	312	0,005
Р2/1	2	30; 37; 5; 45; 60; 75; 150; 1500*мв*	$1\cdot10^{-2}$	(0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 1;2; 10) $\times10^{-3}$	160	0,03
Р308	6	0,3*в*	$1\cdot10^{-3}$ $1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-7}$	200	0,002

Продолжение

Тип схемы измерительного сопротивления	Допустимая погрешность по техническим условиям в *в*	Напряжение источника питания в *в*	Сопротивление изоляции в *ом*	Электрическая прочность изоляции в *в*	Термоэлектродвижущая сила в *мкв*, не более	Вариация термоэлектродвижущей силы в *мкв*, не более
Схема с замещающими декадами	$\pm(150U+0{,}5)\cdot10^{-6}$	1,95—3,5	$1\cdot10^{10}$	2000	0,2	—
То же	$\pm(150U+2)\cdot10^{-6}$	1,95—3,5	$4\cdot10^{11}$	500	2	—
„	$\pm(300U+4U_н)\times\times10^{-6}$	3,8—4,2	$1\cdot10^{9}$	500	—	—
„	$\pm(300+4U_н)\times\times10^{-6}$	1,4—2,2	$1\cdot10^{9}$	2000	—	—
Полуавтоматический с двумя независимыми контурами: 2-й контур—вспомогательный, используемый для автономной поверки потенциометра. Прибор предназначен специально для поверки показывающих приборов постоянного тока с отсчетом погрешности по выходному прибору. 1-й контур — измерительный	а) для пределов измерения 0,6—3*мв*: $\pm(0{,}1U+2\Delta U)\times\times10^{-6}$; б) для пределов измерения 6—1500*мв*: $\pm(0{,}005U+2\Delta U)\times\times10^{-6}$	1-й контур: 3,6—4,5; 2-й контур: 1,2—2,2	$5\cdot10^{8}$	200	—	—
Полуавтоматический с одним измерительным контуром	$\pm(0{,}2U+15\Delta U)\times\times10^{-6}$	3,6—4,4	$5\cdot10^{8}$	2000	—	—
Полуавтоматический с двумя независимыми питаемыми контурами	$\pm(2U+5)\cdot10^{-2}$, где: *U*—измеряемое напряжение в *мв*	1,3 1,3	$5\cdot10^{8}$	500	—	0,02

Продолжение

Тип потенциометра	Число декад	Верхний предел измерений в *в*	Величина рабочего тока в *а*	Цена ступени последней декады в *в*	Сопротивление измерительной цепи в *ом*	Класс точности
Р-306	5	0,02	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-7}$	20	0,015
Р-330	5	0,02 0,2	$1\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-6}$ $1\cdot10^{-7}$	20	0,015
КЛ-48	5	1 0,1 0,01 0,001	$1\cdot10^{-5}$ $1\cdot10^{-2}$ $1\cdot10^{-3}$ $1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$ $1\cdot10^{-6}$ $1\cdot10^{-7}$ $1\cdot10^{-8}$	14	0,015
ППТН-1	6	0,02	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-7}$	20	0,015
ПМС-48	5	0,1 0,01	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-6}$ $1\cdot10^{-7}$	13	0,015
ПН-4—1	5	0,2 2,1	10^{-3} 10^{-2}	$1\cdot10^{-6}$ $1\cdot10^{-5}$	200	0,015
ПП-63	2	0,025 0,050 0,100	$2\cdot10^{-3}$	$2{,}5\cdot10^{-5}$ $5\cdot10^{-5}$ $10\cdot10^{-5}$	13 25 50	0,05
КП-59	2	0,050 0,100	$2\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-5}$ $10\cdot10^{-5}$	25 50	0,05
ПП	2	0,071	$3\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-4}$	24	0,2

Тип схемы измерительного сопротивления	Допустимая погрешность по техническим условиям в *в*	Напряжение источника питания в *в*	Сопротивление изоляции в *ом*	Электрическая прочность изоляции в *в*	Термоэлектродвижущая сила в *мкв*, не более	Вариация термоэлектродвижущей силы в *мкв*, не более
Схема с декадным наложением токов	$\pm(150U+2U_н)\cdot10^{-6}$	3,6—4,6	$5\cdot10^{8}$	500	—	0,02
То же	$\pm(150U+2U_н)\cdot10^{-6}$	3,2—4,6	$5\cdot10^{8}$	500	—	0,02
Мостовая схема	$\pm(150U+2U_н)\cdot10^{-6}$	12 2 2 2	$3\cdot10^{9}$	500	—	—
Схема с декадным наложением токов	$\pm(150U+2U_н)$	12	$5\cdot10^{8}$	500	—	—
Мостовая схема	$\pm(1{,}5\cdot10^{-4}U+0{,}2n\Delta U)$	5,4—8,8	$1\cdot10^{10}$	500	—	—
Схема с шунтирующими декадами	$\pm(150U+2U_н)\cdot10^{-6}$	4	$1\cdot10^{9}$	2000	—	—
Схема с последовательно соединенными декадами, имеющая встроенный источник регулируемого напряжения	$\pm(5\cdot10^{-4}U+0{,}5\Delta U)$	1,3—1,6	$1\cdot10^{8}$	500	12,5	—
То же	$\pm(5\cdot10^{4}U+0{,}5\Delta U)$	1,2—1,65	$1\cdot10^{8}$	500	25	—
Схема с последовательно соединенными декадами	$+(0{,}2\%U_н$ *мв*) $U_н$—верхний предел измерения в *мв*	1,1—1,65	$1\cdot10^{8}$	500	50	—

В формулах, приведенных в графе „Допустимая погрешность по техническим условиям“, буквы означают:

U — значение измеряемого напряжения в *в*;

$U_н$ — наибольшее значение измеряемого напряжения на данном пределе измерения, за исключением потенциометров типов Р308 и ПП;

n — число декад, показания которых не равны нулю.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к ГОСТ 15143—69
Справочное

АВТОНОМНАЯ ПОВЕРКА ПОТЕНЦИОМЕТРА ТИПА ПВ-8

1. Краткое описание.

Принципиальная схема потенциометра представлена на черт. 1, на котором все обозначения цены деления декад даны для положения переключателя пределов $П \times 1$.

Потенциометр типа ПВ-8 класса точности 0,005 двухпредельный; имеет пределы измерения 1,9 и 19 *в* и включает в себя 6 измерительных декад, из которых 4 замещающие. Сопротивление на обоих пределах составляет 19000 *ом*.

Переход с одного предела на другой осуществляется переключателем на положения $\times 1$ и $\times 10$, выполняющим две функции: подключение к рабочей цепи потенциометра одной из питающих батарей 2*в* или 20 *в*, присоединенных к соответствующим зажимам прибора, и одновременное переключение нормального элемента с установочного сопротивления на пределе $\times 1$ на установочное на пределе $\times 10$. Рабочий ток на пределе $\times 1$ равен 0,1 *ма*, на пределе $\times 10$—1 *ма*. Для установочного сопротивления на пределе $\times 1$ используется 11 катушек I декады на пределе $\times 10$—2 катушки I декады. Каждое установочное сопротивление, кроме неизменной части, содержит по две температурных декады, с помощью которых установление рабочих токов на обоих пределах возможно с точностью 0,001%.

Конструктивная особенность потенциометра типа ПВ-8 (при автономной поверке его) заключается в том, что все контакты декадных переключателей снабжены гнездами. С помощью специальных штырьков с потенциальными проводами для этих гнезд каждый элемент измерительной цепи можно выделить для измерения.

Поверку производят в соответствии с рекомендациями пп. 4.8.2.2.1, 4.8.2.2.2, 4.8.2.2.6.

Для определения поправок к показаниям потенциометра типа ПВ-8 выражают все части измерительного и неизменную часть установочного сопротивления через сопротивление первой ступени I декады ($H_{и,i}$ и $H_у$), вычисляют множитель M для каждого предела измерения и далее, умножив на него все соответствующие значения $U_{т,i}$, устанавливают, действительные значения показаний потенциометра в вольтах $U_д K \Sigma H_{и,i}$, а затем вычисляют поправки.

При поверке потенциометра типа ПВ-8 применяют следующую дополнительную аппаратуру:

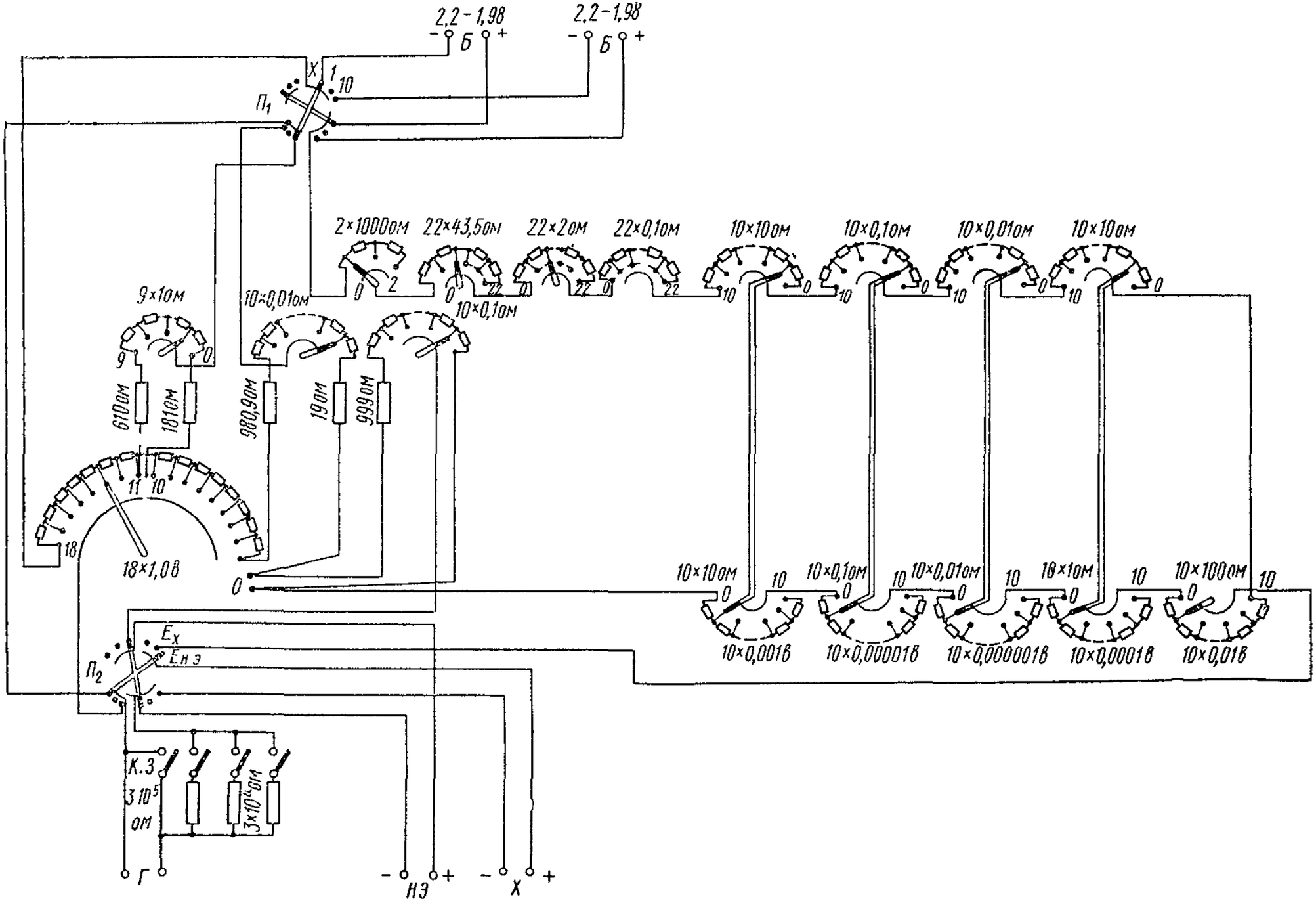
вспомогательный шестидекадный потенциометр с пределом измерения не менее 1 *в* класса точности 0,015;

наружный переключатель на два положения;

высокочувствительный нулевой указатель, отсчет по которому дополняет отсчет на вспомогательном потенциометре;

наиболее удобным для этой цели является фотокомпенсационный нановольтмикроамперметр типа Р325.

Для исключения погрешностей вспомогательного потенциометра необходимо принимать меры к тому, чтобы при сравнении двух, номинально равных напряжений показания первых декад вспомогательного потенциометра оставались неизменными. Это легко осуществимо при наличии десяти ступеней в каждой декаде вспомогательного потенциометра. Например, его показания 100000 следует заменить при необходимости показанием 999 (10) и наоборот.


2,2 – 1,98
Б
2,2 – 1,98
Б
X
1
10
П1
2×1000ом
22×43,5ом
22×2ом
22×0,1ом
10×10ом
10×0,1ом
10×0,01ом
10×10ом
9×1ом
10×0,01ом
10×0,1ом
610ом
1810ом
980,9ом
19ом
999ом
11
10
18
18×1,08
0
10×10ом
10
10×0,1ом
10×0,01ом
10×1ом
10×100ом
10×0,001В
10×0,000001В
10×0,0000001В
10×0,0001В
10×0,01В
Ex
Eн э
П2
К.З
3·10⁵ ом
3×10⁴ом
Г
НЭ
X

Черт. 1

Полную автономную поверку потенциометра типа ПВ-8 производят на пределе измерения ×1.

Для обеспечения последующей поверки установочного сопротивления на пределе ×10 (переход с одного предела на другой) одновременно присоединяют перед началом поверки к двум парам батарейных зажимов потенциометра батареи 2 и 20 *в*.

2. Методика установления поправок включает в себя следующие операции:

а) определение начального (нулевого) напряжения;

б) поверку декад, заключающуюся в определении отношения всех ступеней измерительного сопротивления к сопротивлению первой ступени I декады

$$\left(\frac{r_{\text{н},i}}{r_{1,1}} = H_{\text{н},i}\right);$$

в) поверку установочного сопротивления, заключающуюся в определении отношения неизменной части установочного сопротивления к сопротивлению первой ступени I декады $\left(\frac{r_{\text{у}}}{r_{1,1}} = H_{\text{у}}\right)$;

г) поверку температурных декад.

2.1. Падение напряжения U_0 на начальном сопротивлении определяют без вспомогательного потенциометра.

Зажимы *X* поверяемого потенциометра замыкают накоротко, к его зажимам *Г* присоединяют нулевой указатель.

При установке переключателей декад в нулевое положение, переключателя рода работы в положение E_x записывают отклонение указателя при двух направлениях тока через потенциометр.

Устанавливают показание 1 на шестой декаде потенциометра и вновь записывают отклонение указателя при двух направлениях тока.

Если обозначить разность отклонений, при учете их знаков, в первом случае через n_0, во втором случае через n_1, то U_0 вычисляют из следующего выражения:

$$U_0 = 10^{-6}\frac{n_0}{n_1 - n_0}. \qquad (1)$$

2.2. Для поверки декад приборы соединяют по схеме черт. 8.

Потенциальные провода, идущие к зажимам *X* вспомогательного потенциометра, присоединяют с помощью штырьков по очереди к потенциальным контактам каждой ступени поверяемого прибора.

2.2.1. Поверку I декады проводят в следующем порядке:

а) устанавливают номинальный рабочий ток во вспомогательном потенциометре;

б) падение напряжения на первой ступени I декады поверяемого потенциометра ($U_{1,1} = Ir_{1,1}$) уравновешивают равным ему падением напряжения вспомогательного потенциометра, полной компенсации достигают регулировкой рабочего тока в любой цепи, после уравновешивания записывают показание вспомогательного потенциометра во втором столбце табл. 1;

в) переносят потенциальные провода по очереди на каждую ступень I декады поверяемого потенциометра и измеряют напряжение на вспомогательном $U_{1,i} = Ir_{1,i}$, записывая его показания в третьем столбце таблицы. При этом за время перехода от $U_{1,1}$ к очередному $U_{1,i}$ значения рабочих токов обоих потенциометров должны сохраняться неизменными и выполнение этого требования должно быть проконтролировано компенсацией напряжения $U_{1,1}$;

г) измерения по подпунктам *б* и *в* повторяют при перемене направления токов в обоих потенциометрах, вычисляют среднее значение и записывают в четвертом столбце табл. 1.

Пятый столбец табл. 1 заполняют в соответствии с результатами построчного деления чисел четвертого столбца на соответствующие им числа второго столб-

ца, а в шестом столбце последовательно суммируют числа пятого столбца; седьмой столбец заполняют после поверки установочного сопротивления;

д) связь следующей декады с I декадой обеспечивают способом сравнения с $U_{1,1}$ суммарного напряжения II декады, для чего потенциальные проводники переносят на потенциальные контакты 0 и 10 II декады.

Таблица 1

Номер ступени поверяемой декады	Отсчет показаний на вспомогательном потенциометре при поверке			Расчет результатов измерений		
	$I\,r_{1,1}$	$Ir_{1,i}$ ↓↑	среднее $I\,r_{1,i}$	$H_{1,i}=\frac{I\,r_{1,i}}{I\,r_{1,1}}$	$\sum_{1}^{n} H_{1,i}$	$\sum_{1}^{n} U_{1,i}=K\sum_{1}^{n}H_{1,i}$
1						
2						
3						
.						
.						
.						
.						
.						
,						
.						
n						
$\sum_{1}^{10} r_{2,i}$	$I\,r_{1,1}$	$I\,r_{2,1-10}$				

По результатам последнего измерения, которые также помещены в табл. 1, должно быть вычислено отношение:

$$\frac{I\cdot r_{2,1-10}}{I\cdot r_{1,1}}=A_{2,1}\ . \qquad (2)$$

2.2.2. Поверку II декады следует проводить так же, как и I декады: сравнить падения напряжения на каждой ступени II декады с напряжением на ее первой ступени при одном и том же токе через декаду; потенциальные провода с I декады перенести в том же порядке на контакты II декады.

Экспериментальные данные помещают во второй и третий столбцы табл. 2, в остальных столбцах должны быть записаны результаты вычислений.

Таблица 2

Номер ступени поверяемой декады	Отсчет показаний на вспомогательном потенциометре при поверке			Расчет результатов измерений			
	$I\cdot r_{2,1}$	$I\cdot r_{2,i}$ ↓↑	среднее $I\cdot r_{2,i}$	$\frac{r_{2,i}}{r_{2,1}}=b$	$H_{н,i}=L_2 b_i$	$\sum_{1}^{n} H_{2,i}$	$\sum_{1}^{n} U_{2,1}=K\sum_{1}^{n}H_{2,i}$
1							
2							
3							
.							
.							
10							

От построчного деления чисел четвертого столбца на числа второго столбца получают отношения вида $\frac{r_{2,i}}{r_{2,1}}$;

$$\left.\begin{aligned} \frac{r_{2,1}}{r_{2,1}} &= b_1 = 1 \\ \frac{r_{2,2}}{r_{2,1}} &= b_2 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots & \\ \frac{r_{2,10}}{r_{2,1}} &= b_{10} \end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

От полученных отношений переходят к отношениям вида $\frac{r_{2,i}}{r_{1,1}} = H_{2,i}$. Для этого суммируют числа пятого столбца. В результате находят отношения:

$$\frac{r_{2,1-10}}{r_{1,1}} = \sum_{1}^{10} b_i = B_2. \qquad (4)$$

Решая совместно уравнения 2 и 4, получают:

$$\frac{r_{2,1}}{r_{1,1}} = \frac{A_{2,1}}{B_2} = L_2 \qquad (5)$$

и далее, согласно отношению $\frac{r_{2,i}}{r_{1,1}} = L_2 \cdot b_i$, умножая числа пятого столбца на L_2, получают числа шестого столбца, т. е. искомые значения $H_{2,i}$, которые последовательно суммируют и соответствующие суммы заносят в седьмой столбец.

2.2.3. Для определения отношений $\frac{r_{3,i}}{r_{1,1}}$ измерения ступеней III декады проводят в том же порядке и по тому же принципу, что и ступеней II декады:

а) сравнивают сумму напряжений на III декаде $I \cdot r_{3,1-10}$ с напряжением на первой ступени II декады $I \cdot r_{2,1}$.

Результат вычисляют по формуле:

$$\frac{r_{3,1-10}}{r_{2,1}} = A_{3,2}\ . \qquad (6)$$

После подстановки вместо $r_{2,1}$ его выражения через формулу 26 определяют отношение:

$$\frac{r_{3,1-10}}{r_{1,1}} = L_2 \cdot A_{3,2}\ ; \qquad (7)$$

б) сравнивают напряжение на каждой ступени III декады $I \cdot r_{3,i}$ с напряжением на ее первой ступени $I \cdot r_{3,1}$ и вычисляют отношение:

$$\frac{r_{3,i}}{r_{3,1}} = C \qquad (8)$$

в) просуммировав отношение 8, определяют значение:

$$\frac{r_{3,1-10}}{r_{3,1}} = B_3; \qquad (9)$$

г) по уравнениям 7 и 9 вычисляют отношения:

$$\frac{r_{3,1}}{r_{1,1}} = L_2 \cdot \frac{A_{3,2}}{B_3} = L_3; \qquad (10)$$

д) в результате умножения отношений 8 и 10 получают искомое отношение:

$$\frac{r_{3,i}}{r_{1,1}} = H_{3,i}\ . \qquad (11)$$

Аналогичным путем проводят измерения последующих декад. Конечные выражения для каждого этапа измерений и вычислений остальных декад приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номер ступени поверяемой декады	IV декада	V декада	VI декада
1	$\frac{r_{4,1-10}}{r_{3,1}} = A_{4,3}$	$\frac{r_{5,1-10}}{r_{4,1}} = A_{5,4}$	$\frac{r_{6,1-10}}{r_{5,1}} = A_{6,5}$
2	$\frac{r_{4,i}}{r_{4,1}} = d_i$	$\frac{r_{5,i}}{r_{5,1}} = l_i$	$\frac{r_{6,i}}{r_{6,1}} = f_i$
Вычисления			
3	$\sum_1^{10} \frac{r_{4,i}}{r_{4,1}} = \frac{r_{4,1-10}}{r_{4,1}} = B_4$	$\sum_1^{10} \frac{r_{5,i}}{r_{5,1}} = \frac{r_{5,1-10}}{r_{5,1}} = B_5$	$\sum_1^{10} \frac{r_{6,i}}{r_{6,1}} = \frac{r_{6,1-10}}{r_{6,1}} = B_6$
4	$\frac{r_{4,1}}{r_{1,1}} = \frac{A_{4,3}}{B_4} \cdot L_3 = L_4$	$\frac{r_{5,1}}{r_{1,1}} = \frac{A_{5,4}}{B_5} \cdot L_4 = L_5$	$\frac{r_{6,1}}{r_{1,1}} = \frac{A_{6,5}}{B_6} \cdot L_5 = L_6$
5	$\frac{r_{4,i}}{r_{1,1}} = L_4 \cdot d_i = H_{4,i}$	$\frac{r_{5,i}}{r_{1,1}} = L_5 \cdot l_i = H_{5,i}$	$\frac{r_{6,i}}{r_{1,1}} = L_6 \cdot f_i = H_{6,i}$

В результате проведенных измерений декад значения всех ступеней измерительной цепи потенциометра типа ПВ-8 выражают через сопротивление первой ступени I декады.

2.3. Поверка установочного сопротивления.

Предел ×1.

Неизменную часть установочного сопротивления выражают через сопротивление первой ступени I декады.

$$H_y = \frac{r_y}{r_{1,1}}\ , \qquad (12)$$

Неизменную часть установочного сопротивления, на которой компенсируется 1,018 *в*, сравнивают с сопротивлением измерительной цепи, на которой создается одинаковое по номинальному значению падения напряжения. При этом устано-

вочное сопротивление измеряют от зажимов *НЭ* (температурные декады на нулях), а измерительное сопротивление — от зажимов *X*. Схема соединений приборов приведена на черт. 10.

При практическом проведении измерений в поверяемом потенциометре типа ПВ-8 кнопки КВ и 0 замыкают, переключатель рода работы по очереди ставят в положение E_N, затем E_x. Зажимы *НЭ* и *X* через внешний двухполюсный переключатель соединяют с зажимами *X* вспомогательного потенциометра.

При установке переключателя пределов потенциометра типа ПВ-8 в положение ×1 и температурных декад в нулевые положения неизменная часть установочного сопротивления $r_{y,1}$ номинально равна 10180 *ом*.

Номинально равное ему измерительное сопротивление суммируют из ступеней I декады, одной ступени II декады и восьми ступеней III декады, а так как измерительное сопротивление вводится между зажимами *X*, то в упомянутую цепочку входит и начальное сопротивление r_0.

Таким образом, $r_y = r_{1,1-10} + r_{2,1} + r_{3,1-8} + r_0$.

В результате уравновешиваний на вспомогательном потенциометре напряжения $U_{y,1}$ от зажима *НЭ* и $U_{изм}$ от зажима *X* поверяемого потенциометра определяют их разность:

$$d_{y,1} = U_{y,1} - \left(\sum_1^{10} U_{1,i} + U_{2,1} + \sum_1^{8} U_{3,i} + U_0 \right).$$

После деления обеих частей равенства на $U_{1,1}$ и некоторой перестановки слагаемых вычисляют отношение:

$$\frac{r_{y,1}}{r_{1,1}} = \frac{\sum_1^{10} r_{1,i}}{r_{1,1}} + \frac{r_{2,1}}{r_{1,1}} + \frac{\sum_1^{8} r_{3,i}}{r_{1,1}} + \frac{U_0}{U_{1,1}} + \frac{d_{y,1}}{U_{1,1}}$$

или

$$H_{y,1} = \sum_1^{10} H_{1,i} + H_{2,1} + \sum_1^{8} H_{3,i} + \frac{U_0}{U_{1,1}} + \frac{d_{y,1}}{U_{1,1}}. \qquad (13)$$

В равенстве 13 три первых слагаемых правой части известны по результатам поверки декад, а для вычисления двух последних слагаемых значения U_0 и $d_{y,1}$ должны быть выражены в тех же единицах, что и $U_{1,1}$; при этом вместо $U_{1,1}$ достаточно подставить его номинальное значение.

Затем вычисляют погрешность неизменной части установочного сопротивления

$$K_1 = \frac{E_{НЭ}}{H_{y,1}} = \frac{1{,}018}{H_{y,1}}$$

и, умножим на него каждое значение $\Sigma H_{и,i}$, получают действительное значение напряжения в вольтах для каждого показания потенциометра на пределе ×1.

Для перехода на предел ×10 находят:

$$K_{10} = \frac{E_{НЭ}}{H_{y,10}} = \frac{E_{НЭ}}{r_{y,10}/r_{1,1}}.$$

При переводе переключателя пределов в положение 10 сопротивление неизменной части установочного сопротивления $r_{y,10}$ равно 1018 *ом*. Чтобы выразить это установочное сопротивление через $r_{1,1}$, сравнивают его с измерительным сопротивлением 1018 *ом*, которое вводится между зажимами *X* как цепочка

$$r_{1,1} + r_{3,1} + r_{4,1-8} + r_0.$$

В результате уравновешивания на вспомогательном потенциометре $U_{у,10}$ от зажимов $НЭ$ и $U_{изм}$ от зажимов X, определяют их разность:

$$d_{у,10} = U_{у,10} - (U_{1,1} + U_{3,1} + \sum_{1}^{8} U_{4,1} + U_0),$$

исходя из которой после деления на $U_{1,1}$ получают отношение:

$$\frac{r_{у,10}}{r_{1,1}} = 1 + \frac{r_{3,1}}{r_{1,1}} + \frac{\sum_{1}^{8} r_{4,i}}{r_{1,1}} + \frac{U_0}{U_{1,1}} + \frac{d_{у,10}}{U_{1,1}},$$

которое представляют в следующем виде:

$$H_{у,10} = 1 + H_{3,1} + \sum_{1}^{8} H_{4,i} + \frac{U_0}{U_{1,1}} + \frac{d_{у,10}}{U_{1,1}}. \qquad (14)$$

В уравнении 14 все слагаемые правой части известны из данных проверки прибора, но здесь они имеют значение в 10 раз большее, чем на пределе × 1, равно как и $U_{1,1}$.

Вычислив $H_{у,10}$, находят значение $K_{у,10}$ в *в*;

$$K_{у,10} = \frac{ЕНЭ}{H_{у,10}} = \frac{1{,}018}{H_{у,10}}.$$

Действительные значения напряжения на пределе ×10 вычисляют одним из двух способов:

а) по формуле: $U_{10} = K_{у,10} \cdot \Sigma H_{и,i}$;

б) путем определения множителя перехода с предела ×1 на предел ×10:

$$M = \frac{H_{у,1}}{H_{у,10}} = \frac{K_{у,10}}{K_{у,1}}$$

и умножения на него действительных показаний на пределе ×1:

$$U_{10} = U_1 \cdot M.$$

2.4. Поверку I температурной декады на пределе ×1 производят с помощью вспомогательного потенциометра проверкой показания 10 на I измерительной декаде поверяемого прибора ПВ-8 при всех значениях температурной декады от 1,018 до 1,0189 *в*. При этом следует методике п. 4.8.1.6.

II температурную декаду предела ×1, которая является одновременно первой для предела ×10, поверяют на пределе ×10.

Для этого переключатель пределов переводят в положение ×10. Поверяемый прибор питается от батареи 20 *в*. Для измерения на вспомогательном потенциометре в I измерительную декаду поверяемого прибора вводят показание 1, так как вспомогательный потенциометр имеет предел измерения не превышающий 2 *в*, в результате чего на его зажимах X создается падение напряжения 1 *в*, подлежащее проверке. Затем выполняют поверку I температурной декады на пределе ×10 с теми же допусками, что и при поверке I температурной декады на пределе ×1.

II температурную декаду на пределе ×10 поверяют таким же способом, как и I декаду. На установочных сопротивлениях обоих потенциометров выставляют 1,01860 *в*, что является отправным значением. Допуски указаны в п. 4.8.1.9.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 к ГОСТ 15143—69
Справочное

АВТОНОМНАЯ ПОВЕРКА ПОТЕНЦИОМЕТРА С ВЫДЕЛЕНИЕМ КАЖДОЙ СТУПЕНИ ИЗ СУММЫ НАРАСТАЮЩИХ СТУПЕНЕЙ

Поверяемый потенциометр класса точности 0,001

В приборе отсутствуют специальные конструктивные элементы для выполнения автономной поверки.

Особенности поверяемого потенциометра:

измерительная цепь — двухконтурная;

наличие в цепи только 4-декадных переключателей;

три последних декады содержат по 100 ступеней ($n=100$);

ступень каждой декады в 100 раз меньше по значению, чем ступень предыдущей декады.

Падения напряжения, вводимые декадными переключателями, имеют следующие номинальные значения:

1-й переключатель	$20\times0{,}1$ *в*	суммарное	напряжение	—2 *в*;
2-й »	$100\times0{,}01$ *в*;	»	»	—0,1 *в*;
3-й »	$100\times0{,}00001$ *в*;	»	»	—0,001 *в*;
4-й »	$100\times0{,}0000001$ *в*;	»	»	—0,00001 *в*.

Верхний предел измерения 210101 *в*.

Поверка должна осуществляться в соответствии с рекомендациями пп. 4.8.2.2.1, 4.8.2.2.3 и 4.8.2.2.6.

При поверке определяют поправки по следующим формулам:

$$d_{m,i} = U_{m,i} - U_{m,1}\ ;$$

$$d_{m,1-100} = U_{m,1-100} - U_{m-1,1}\ ; \qquad (1)$$

$$d_{\text{у}} = U_{\text{у}} - U_{\text{изм}(1,018)}\ .$$

Разности $d_{m,i}$ и $d_{m,1-100}$ вычисляют в результате измерений соответствующих напряжений на зажимах X по схеме черт. 11 и по методике, изложенной в п. 4.8.2.2.6.

В качестве вспомогательного применяют шестидекадный потенциометр класса точности 0,015 с одноконтурной схемой, с пределом измерения 2 *в*, в качестве нулевого указателя — прибор типа Р325, который присоединяют к поверяемому прибору.

Формы записи результатов измерения и первичной обработки их по двум первым декадам приведены в табл. 4—5.

Для определения любой разности измерения выполняют дважды. Один раз при присоединении к выставленному в измерительной цепи числу ступеней поверяемой декады суммы всех ступеней следующей декады, другой раз в условиях, когда вместо суммы ступеней следующей декады прибавляют очередную ступень, подлежащую поверке. Таким образом следует измерять нарастающие суммы ступеней.

Обозначение измеряемого напряжения необходимо записать во второй столбец табл. 4. В третий столбец необходимо занести результаты измерения, т. е. показания вспомогательного потенциометра, полученные при уравновешивании

$U_{\text{вспом}}+\alpha_i$. Номинально оба показания равны, отличаются они либо показаниями последней декады вспомогательного потенциометра, либо только показаниями нулевого указателя. Эти отличия обозначены через α_i в табл. 4 и через β_i — в табл. 5.

I декада — $20\times0{,}1$ *в*.

Результаты каждой пары измерений должны быть представлены следующими уравнениями:

1-я пара измерений:

$$\left.\begin{aligned} &\text{а)}\ \sum_1^{100} U_{2,i} = 0{,}1 + \alpha_1 \\ &\text{б)}\ U_{1,1} = 0{,}1 + \alpha'_1 \end{aligned}\right\}. \qquad (2)$$

При вычитании получают разность $\sum_1^{100} U_{2,i} - U_{1,1} = \alpha_1 - \alpha'_1$ или разность $d_{2,1-100} = U_{2,1-100} - U_{1,1} = -a_1$, необходимую для перехода от I декады ко II декаде.

2-я пара измерений:

$$\left.\begin{aligned} &\text{а)}\ U_{1,1} + \sum_1^{100} U_{2,i} = 0{,}2 + \alpha_2 \\ &\text{б)}\ U_{1,1} + U_{1,2} = 0{,}2 + \alpha'_2 \end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

При вычитании получают:

$$U_{1,2} - \sum_1^{100} U_{2,i} = \alpha'_2 - \alpha_2 = \alpha_2 .$$

При подстановке вместо $\sum_1^{100} U_{2,i}$ его выражения через $U_{1,1}$ из первой пары уравнений определяют разность $U_{1,2} - U_{1,1} = a_2 - a_1$, которая представляет собой первую искомую разность $d_{2,1}$.

Аналогичным образом для каждой пары измерений нарастающих сумм напряжений находят значения $a_i = \alpha'_i - \alpha_i$, которые следует занести в четвертый столбец, а затем вычисляют соответствующие искомые разности $d_{1,i} = a_i - a_1$, которые записывают в пятом столбце.

В шестом слолбце записывают последовательно вычисленные суммы $\sum_1^z d_{1,i}$, где z — число суммирующихся ступеней декады (от 1 до n).

II декада: $100\times0{,}001$ *в*.

Для перехода ко II декаде имеем из первой пары измерений I декады:

$$d_{2,1-100} = \sum_1^{100} U_{2,i} - U_{1,1} = -a_1 .$$

Поверку каждой ступени II декады проводят так же, как и I декады, путем измерения нарастающих сумм напряжений. В качестве замещающей поверяемую ступень вводят сумму ступеней III декады: $\sum_1^{100} U_{3,i} = U_{3,1-100}$.

Обработку результатов измерений и вычислений разностей $d_{2,i}$ и сумм $\sum_1^z d_{2,i}$ выполняют таким же способом, как для декады I.

Таблица 1

Номинальное значение измеряемого напряжения в $в$	Обозначение отсчета на поверяемом потенциометре U_x в $в$	Отсчет на вспомогательном потенциометре U вспом. потенциометра $\pm\alpha_i$ в $в$	Расчет результатов измерений				
			$\alpha_i = \alpha_i' - \alpha_i$	$d_{1,i} = a_i - a_1$	$\sum_1^z d_{1,i}$	$z \cdot \Delta_{1,1}$	$\sum_1^z \Delta_{1,i}$
0,1	$\frac{\sum_1^{100} U_{2,i}}{U_{1,1}}$	$\left.\begin{matrix} 0,1 + a_1 \\ 0,1 + a_1' \end{matrix}\right\}$	a_1	0			
0,2	$\frac{U_{1,1} + \sum_1^{100} U_{2,i}}{U_{1,1} + U_{1,2}}$	$\left.\begin{matrix} 0,2 + a_2 \\ 0,2 + a_2' \end{matrix}\right\}$	a_2	$a_2 - a_1$			
0,3	$\frac{\sum_1^z U_{1,1} + \sum_1^{100} U_{2,i}}{\sum_1^2 U_{1,i} + U_{1,3}}$	$\left.\begin{matrix} 0,3 + a_3 \\ 0,3 + a_3' \end{matrix}\right\}$	a_3	$a_3 - a_1$			
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
1,0	$\frac{\sum_1^9 U_{1,i} + \sum_1^{100} U_{2,i}}{\sum_1^9 U_{1,i} + U_{1,10}}$	$\begin{matrix} 1,0 + a_{10} \\ 1,0 + a_{10}' \end{matrix}$	a_{10}	$a_{10} - a_1$			
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
2,0	$\frac{\sum_1^{19} U_{1,i} + \sum_1^{100} U_{2,i}}{\sum_1^{19} U_{1,i} + U_{1,20}}$	$\begin{matrix} 2,0 + a_{20} \\ 2,0 + a_{20}' \end{matrix}$	a_{20}	$a_{20} - a_1$			

Таблица 2

Номинальное значение поверяемого напряжения в *в*	Обозначение отсчета на поверяемом приборе U_x в *в*	Отсчет на вспомогательном потенциометре $U_{\text{вспом.}}$ потенциометра $+\beta_i$ в *в*	Расчет результатов измерений				
			$b_i = \beta_i - b_1$	$d_2 = b_i - b_1$	$\sum_1^z d_{2i}$	$z\Delta_{2,1}$	$\sum_1^z \Delta_{2i}$
0,001	$\sum_1^{100} U_{3,i}$ U_{2i}	$0{,}001 + \beta_1$ $0{,}001 + \beta_1'$	b_1	0			
0,002	$\sum_1^{100} U_{3,i} + U_{2,1}$ $U_{2,1} + U_{2,2}$	$0{,}002 + \beta_2$ $0{,}002 + \beta_2'$	b_2	$b_2 - b_1$			
. . .							
0,018	$\sum_1^{17} U_{2,i} + \sum_1^{100} U_{3,i}$ $\sum_1^{17} U_{2,i} + U_{2,18}$	$0{,}018 + \beta_{18}$ $0{,}018 + \beta_{18}'$	b_{18}	$b_{18} - b_1$			
. . .							
0,100	$\sum_1^{99} U_{2,i} + \sum_1^{100} U_{3,i}$ $\sum_1^{99} U_{2,i} + U_{2,100}$	$0{,}100 + \beta_{100}$ $0{,}100 + \beta_{100}'$	b_{100}	$b_{100} - b_1$			

Для перехода к III декаде пользуются значением, полученным из первой пары измерений II декады:

$$d_{3,1-100} = -b_1 .$$

Измерения ступеней III декады проводят по образцу измерений II декады. В качестве замещающей в каждую поверяемую ступень III декады вводят сумму ступеней IV декады $\sum_1^{100} U_{4,i}$.

Вычисления результатов измерения аналогичны.

Напряжения на ступенях IV декады ($100 \times 0{,}0000001$) необходимо измерять непосредственно по микровольтнаноамперметру типа Р325, применяемому как нулевой указатель при поверке данного прибора, при самой высокой чувствительности его к напряжению.

Вычисление поправок к показаниям любого потенциометра в результате автономной поверки осуществляют по формулам:

поправка первой ступений любой m-й декады с общим числом ступеней

$$\Delta_{m,1} = \frac{1}{n}\left(\Delta_{m-1,1} + d_{m,1-n} - \sum_1^n d_{m,i}\right); \qquad (4)$$

поправка любой i-й ступени m-й декады

$$\Delta_{m,i} = \Delta_{m,1} + d_{m,i}; \qquad (5)$$

поправка z-го показания m-й декады

$$\sum_{1}^{z} \cdot \Delta_{m,i} = z \cdot \Delta_{m,1} + \sum_{1}^{z} d_{m,i} \cdot \qquad (6)$$

Исходной является поправка первой ступени I декады $\Delta_{1,1}$, для определения которой следует сравнить напряжение на неизменной части установочного сопротивления U_y с равновеликим напряжением на измерительном сопротивлении $U_{\text{изм (1,018)}}$.

Если формулы 4, 5 и 6 справедливы для всех потенциометров независимо от их схемы и конструкции, то формулу для определения $\Delta_{1,1}$ необходимо вывести для каждого конкретного типа потенциометра. Эта формула выведена для приведенного в данном примере потенциометра.

Сравнение U_y и $U_{\text{изм}}$ выполняют по схеме черт. 10. Нулевой указатель присоединяют к зажимам $Г$ поверяемого прибора. Зажимы $Г$ вспомогательного потенциометра должны быть замкнуты накоротко. Практически сравнение выполняют следующим образом.

При положении 1 переключателя $П$ на вспомогательном потенциометре должно быть уравновешено напряжение, поданное от зажимов $НЭ$ поверяемого прибора.

На измерительных декадах поверяемого потенциометра выставляют показание, соответствующее 0,018000 *в*, при положении 2 переключателя $П$ вновь уравновешивают это напряжение. Разность двух показаний вспомогательного потенциометра должна быть равна искомому значению: $d_y = U_y - U_{\text{изм (1,018)}}$

После определения поправки напряжение на установочном сопротивлении должно соответствовать разности:

$$\Delta_y = U_y - U_{y\,\text{ном}} . \qquad (7)$$

Совместное решение двух последних уравнений дает

$$\Delta_y = d_y + U_{\text{изм (1,018)}} - U_{y\,\text{ном}} .$$

Так как

$$U_{\text{изм (1,018) ном}} = U_{y\,\text{ном}} , \qquad (8)$$

то

$$\Delta_y = d_y + \Delta_{\text{изм (1,018)}} .$$

Вследствие того, что выражение $U_y = 1{,}018$ *в* является тождеством, из уравнения 42 получаем $\Delta_y = 0$, после чего уравнение 43 принимает вид:

$$d_y + \Delta_{\text{изм (1,018)}} = 0, \qquad (9)$$

где $\Delta_{\text{изм (1,018)}}$ — поправка к показанию 1,018000 *в*, выставленному на измерительных декадах поверяемого потенциометра.

Поправка $\Delta_{\text{изм (1,018)}}$ в данном приборе складывается из поправки напряжения на 10 ступенях I декады и поправки напряжения на 18 ступенях II декады (схема и конструкция исключает наличие U_0):

$$\Delta_{\text{изм (1,018)}} = \Delta \sum_{1}^{10} U_{1,i} + \Delta \sum_{1}^{18} U_{2i} . \qquad (10)$$

Из уравнения 6 получают:

$$\Delta \sum_{1}^{18} U_{1,i} = \sum_{1}^{10} \Delta_{1,1} = 10\Delta_{1,1} + \sum_{1}^{10} d_{1,i} \qquad (11)$$

и $$\Delta\sum_{1}^{18} U_{2,i} = \sum_{1}^{18}\Delta_{2,i} = 18\,\Delta_{2,1} - \sum_{1}^{18} d_{2,i}\,. \qquad (12)$$

В уравнении 4 выражают $\Delta_{2,1}$ через $\Delta_{1,1}$:

$$\Delta_{2,1} = 0{,}01\left(\Delta_{1,1} + d_{2,1-100} - \sum_{1}^{100} d_{2,i}\right) \qquad (13)$$

и подставляют в уравнение 12.

После подстановки уравнений 11 и 12 в уравнение 10 вычисляют значение $\Delta_{1,018}$

$$\Delta_{1,018} = 1{,}018\Delta_{1,1} + \sum_{1}^{10} d_{1,i} + 0{,}18 d_{2,1-100} - 0{,}18\sum_{1}^{100} d_{2,i} + \sum_{1}^{18} d_{2,i}\,. \qquad (14)$$

Решив совместно уравнения 9 и 14, определяют $\Delta_{1,1}$:

$$\Delta_{1,1} = \frac{-d_y - \sum_{1}^{10} d_{1,i} - 0{,}18 d_{2,1-100} + 0{,}18\sum_{1}^{100} d_{2,i} - \sum_{1}^{18} d_{2,i}}{1{,}018}\,. \qquad (15)$$

В уравнении 15 составляющие числителя определяют по экспериментально полученным результатам. Из них все, кроме d_y, подсчитываются по формулам, приведенным в табл. 1 и 2.

После определения $\Delta_{1,1}$ вычисляют поправки первой ступени каждой из следующих декад из уравнения 5:

$$\Delta_{m,1} = 0{,}01\left(\Delta_{m-1,1} + d_{m,1-100} - \sum_{1}^{100} d_{m,i}\right) \qquad (16)$$

после чего, минуя поправки каждой ступени в уравнении 5, необходимо перейти прямо к определению поправок к показаниям декад из уравнения 6:

$$\sum_{1}^{z} \Delta_{m,i} = z \cdot \Delta_{m,1} + \sum_{1}^{z} d_{m,i}\,. \qquad (17)$$

Для этого дополняют седьмой столбец каждой таблицы последовательным умножением $\Delta_{m,1}$ на порядковые числа ступеней от 1 до n. А так как в шестом столбце уже вычислена составляющая $\sum_{1}^{z} d_{m,i}$, то для определения поправки к показанию $\sum_{1}^{z} \Delta_{m,i}$ остается построчно сложить числа шестого и седьмого столбцов.

Результаты должны быть вписаны в восьмой столбец.

Поправки к показаниям последней декады вычисляют, исходя из действительных значений показаний, определенных непосредственно по прибору Р325.

Примечание. Поверка потенциометров с десятью ступенями в каждой декаде проводится так же, как и для рассмотренного выше потенциометра. Все формулы в общем виде остаются справедливыми. В них следует принять $n=10$.

При выводе формулы для определения $\Delta_{1,1}$ учитывают состав измерительного сопротивления, на котором образуется напряжение, равное по значению U_y.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 к ГОСТ 15143—69
Справочное

АВТОНОМНАЯ ПОВЕРКА ПОТЕНЦИОМЕТРА Р308

Полуавтоматический автономно поверяемый низкоомный потенциометр Р308 класса точности 0,002 измеряет напряжение до 0,211111 *в*.

Принципиальная электрическая схема его показана на черт. 1.

Схема потенциометра состоит из неавтоматической и автоматической частей.

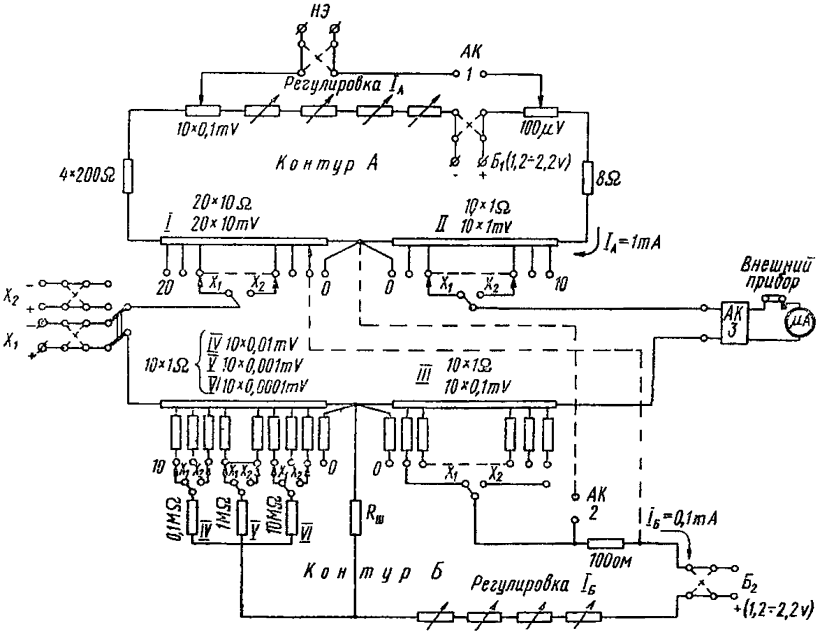
Неавтоматическая часть состоит из двух контуров — контура *А* и контура *Б*. Контуры эти питаются от батарей $Б_1$ и $Б_2$.

Контур *А*, по которому протекает ток I_A, содержит I и II измерительные декады, сопротивления 4×200 *ом* и сопротивление 8 *ом*, составляющие вместе с I и II декадами установочное сопротивление 1018 *ом*.

Для учета температурных измерений э. д. с. нормального элемента установочное сопротивление дополнено декадой нормального элемента и реохордом нормального элемента со 100 делениями.

Установка рабочего тока в контуре *А* осуществляется по нормальному элементу (*НЭ*).

Контур Б состоит из четырех измерительных декад: III IV, V и VI. Декада III включена последовательно с батареей $Б_2$ и по ней протекает ток $I_Б$=0,1 *ма*. Затем ток разветвляется по токораспределительным сопротивлениям 0,1 *Мом* (0,01 *ма*); 1 *Мом* (0,001 *ма*) и 10 *Мом* (0,0001 *ма*). Остальная часть тока (0,0889 *ма*) проходит по шунтирующему сопротивлению $R_ш$.



X_1 и X_2—зажимы для подключения измеряемого напряжения; *НЭ*—зажимы для подключения нормального напряжения; *АК*—автокомпенсатор с усилителем Ф 305; *1*—включение *АК* при настройке тока I_A; *2*—включение *АК* при настройке тока $I_Б$; *3*—включение *АК* при измерении; μ *А*—указывающий прибор компенсатора.

Черт. 1

Токораспределительные сопротивления, соединенные со щетками декадных переключателей IV, V и VI, обеспечивают отсчет показаний трех последних измерительных декад с помощью одного и того же ряда измерительных сопротивлений.

Установка рабочего тока в контуре *Б* осуществляется сличением напряжения на резисторе 100 *ом* в контуре *Б* с напряжением на первой ступени декады I. Автокомпенсационная часть потенциометра относится к фотогальванометрическим компенсационным приборам и состоит из усилителя Ф305 и расположенного в потенциометре делителя напряжения и компенсационных сопротивлений.

Некомпенсированная часть напряжения (э. д. с.) на декадах потенциометра автоматически уравновешивается и измеряется *АК*. Отсчет некомпенсированного напряжения производится по стрелочному прибору с ценой деления до $2 \cdot 10^{-8}$ *в*.

К зажимам X_1 и X_2 подключают одновременно две измеряемые величины, которые поочередно подключаются в компенсационную цепь прибора.

Поверка потенциометра Р308 заключается в определении поправок всех остальных элементов по отношению к первой ступени I декады, принятой за опорную.

Для этого необходимо:

1. Определить соотношение между каждой ступенью декады и ее первой ступенью:

$$\Delta_{m,i} = d_{m,i} + \Delta_{m,1} , \qquad (1)$$

где:

$\Delta_{m,i}$ — поправка i-й ступени m-й декады;

$d_{m,i}$ — измеренная разность между падениями напряжения на i-й ступени m-й декады и ее первой ступени;

$\Delta_{m,1}$ — поправка первой ступени m-й декады.

2. Определить соотношение между первой ступенью m-й декады и первой ступенью предыдущей декады:

$$\Delta_{m,1} = \frac{1}{10}\left(\Delta_{m-1,1} + d_{m,1-10} - \sum_{1}^{10} d_{m,i} \right) ,$$

где:

$\Delta_{m-1,1}$ — поправка первой ступени предыдущей декады;

$d_{m,1-10}$ — измеренная разность между падением напряжения на десяти ступенях m-й декады и на первой ступени декады $(m-1)$.

3. Определить соотношение между установочным сопротивлением и измерительным для того, чтебы установить поправку первой ступени I декады, через которую определяются поправки остальных элементов.

Так как установочное сопротивление 1018 *ом* в потенциометре состоит из четырех резисторов по 200 *ом*, резистора 8 *ом* и включает декады I и II, то необходимо учесть отклонение их от номинального значения, а также отклонение от номинального значения тех элементов, с помощью которых производят оценку составных частей установочного сопротивления. Поправка первой ступени I декады имеет вид:

$$\Delta_{1,1} = \frac{\sum_{1}^{6} d_{y,i} + 5 \sum_{1}^{20} d_{1,i} + 1{,}8 d_{2,1-10} + \sum_{1}^{8} d_{2,i} - 0{,}8 \sum_{1}^{10} d_{2,i}}{101{,}8} , \qquad (2)$$

где:

$\sum_{1}^{6} d_{y,i}$ — сумма отклонений от номинального значения падения напряжения на четырех резисторах по 200 *ом* и на резисторе 8 *ом*:

$\sum_{1}^{20} d_{1,i}$ — сумма отклонений от номинального значения падения напряжения на 20 ступенях I декады при оценке каждой ступени в отдельности;

$d_{2,1-10}$ — отклонение от номинального значения падения напряжения, измеренного на 10 ступенях II декады;

$\sum_{1}^{8} d_{2,i}$ — сумма отклонений от номинального значения падения напряжения на 8 ступенях II декады при оценке каждой ступени в отдельности;

$\sum_{1}^{10} d_{2,i}$ — то же, на 10 ступенях II декады.

Поправки к первым ступеням декад II, III, IV, V, VI соответственно будут иметь вид:

$$\Delta_{2,1} = 0{,}1(\Delta_{1,1} + d_{2,1-10} - \sum_{1}^{10} d_{2,i}),$$

$$\Delta_{3,1} = 0{,}1(\Delta_{2,1} + d_{3,1-10} - \sum_{1}^{10} d_{3,i}), \qquad (3)$$

$$\Delta_{4,1} = 0{,}1(\Delta_{3,1} + d_{4,1-10} - \sum_{1}^{10} d_{4,i}),$$

$$\Delta_{5,1} = 0{,}1(\Delta_{4,1} + d_{5,1-10} - 0{,}1 \sum_{1}^{10} d_{4,i}),$$

$$\Delta_{6,1} = 0{,}1(\Delta_{5,1} + d_{6,1-10} - 0{,}01 \sum_{1}^{10} d_{4,i}),$$

где:

$d_{3,1-10}$; $d_{4,1-10}$; $d_{5,1-10}$; $d_{6,1-10}$ — отклонения от номинального значения падений напряжений, измеренные соответственно на 10 ступенях декад III, IV, V и VI;

$\sum_{1}^{10} d_{3,i}$; $\sum_{1}^{10} d_{4,i}$ — сумма отклонений от номинального значения падения напряжения на 10 ступенях соответственно декад III и IV при оценке каждой ступени этих декад в отдельности.

Порядок проведения автономной поверки потенциометра типа Р308 указан в нижеприведенной табл. 1.

Автономную поверку производят при отключенных проводниках от зажимов X и X_2 при двух направлениях тока. Показания в соответствии с требованиями таблицы устанавливают переключателями ряда U_1.

Переключатель рода работы в процессе всей поверки должен находиться в позиции X_1.

Результаты поверки следует оформить по образцу табл. 2.

Таблица 1

Положение переключателя автономной поверки	Положение декад ряда U_1 и температурных декад	Выполняемая операция	Обозначение измеряемой величины	Объект поверки	Примечание
0	Все декады ряда U_1 на 0. Декады и реохорд *НЭ* на 0	Установить ток I_A (по нормальному элементу) при цене деления (постоянной) до 10^{-6} *в*	—	—	Переключатель рода работы установить на I_A. Настройку производить ручками регулировки I_A. Переключатель рода работы должен быть в положении X_1 при любом положении переключателя автономной поверки кроме 0
1	Все декады ряда U_1 на 0. декады и реохорд *НЭ* на 0	Установить ток ручками $I_Б$ при цене деления (постоянной) до 10^{-7} *в*	—	—	—
1	То же	Отсчет по индикатору	$d_{y,2}$	Секция $R26+R27=$ $=200$ *ом*	—
3	Все декады ряда U_1 на 0. Декады и реохорд *НЭ* на 0	0	$d_{y,3}$	Секция $R22+R23=$ $=200$*ом*	—
4	То же	Отсчет по индикатору	$d_{y,4}$	Секция $R18+R19=$ $=200$ *ом*	—
5	»	То же	$d_{y,5}$	Секция $R14+R15=$ $=200$ *ом*	Реохорд *НЭ* должен быть в нулевом положении

Продолжение

Положение переключателя автономной поверки	Положение декад ряда U_1 и температурных декад	Выполняемая операция	Обозначение измеряемой величины	Объект поверки	Примечание
6	»	Установить ток ручками регулировки $I_Б$ при цене деления (постоянной) 10^{-8} *в*	—	—	—
7	»	Отсчет по индикатору	$d_{у,в}$	Секция $R = 8$ *ом*	—
8	»	Установить ток ручками регулировки $I_Б$ при цене деления (постоянной) до 10^{-8} *в*	—	—	—
9	а) Декада I на 0, остальные декады тоже на 0.	Отсчет по индикатору	$d_{2,1-100}$	Суммарное напряжение декады II	—
	б) декада I от 2 до 20, остальные декады на 0	То же	$d_{1,i}$	Ступени 2,..,20 декады I	
10	а) декада II на 1, декада III на 10, остальные декады на 0	Установить ток ручками регулировки $I_Б$ при цене деления (постоянной) до 10^{-8} *в*	—	—	—
	б) декада II от 2 до 10, декада III на 10, остальные —на 0	Отсчет по индикатору	$d_{2,\ i}$	Ступени 2,..., 10 декады II	—

Продолжение

Положение переключателя автономной поверки	Положение декад ряда U_1 и температурных декад	Выполняемая операция	Обозначение измеряемой величины	Объект поверки	Примечание
11	Декада III на 10, остальные — на 0	Отсчет по индикатору. Допустимое напряжение не более ± 1 *мкв*	—	Суммарное напряжение декады нормального элемента	Предварительно проверить настройку тока $I_Б$ в поз. 10 (*а*)
12	Декада III на 1, декада нормального элемента от 1 до 10	То же	—	Ступени декады нормального элемента	То же
13	Реохорд нормального элемента ставить на оцифрованные отметки от 10 до 100 декады I и II на 0	Измерить напряжение на оцифрованных отметках реохорда с помощью II, IV, V, VI декад ряда U с вычитанием напряжения, измеренного при установке реохорда на отметку „0". Допустимое напряжение ± 2 *мкв* при отсчете по индикатору	—	—	Реохорд нормального элемента
14	Все декады ряда на 0, декады нормального элемента на 0	Установить ток ручками регулировки $I_Д$ при цене деления (постоянной) до 10^{-8} *в*	—	—	—

Продолжение

Положение переключателя автономной поверки	Положение декад ряда U_1 и температурных декад	Выполняемая операция	Обозначение измеряемой величины	Объект поверки	Примечание
15	Декада III на 10, остальные декады на 0	Отсчет по индикатору	—	Суммарное напряжение декады III	Отсчеты α_1 и α_2 при I и II направлении тока подставить в формулу для $d_{3,1-10}$
16	а) декада III на 1, остальные декады на 0	Установить ток ручками регулировки $I_Б$ при цене деления (постоянной) 10^{-8} *в*			
	б) декада IV на 10, остальные на 0	Отсчет по индикатору	$d_{4,1-10}$	Суммарное напряжение IV декады	Отсчеты α_1 α_2 при I и II направлении тока подставить в формулу для $d_{4,1-10}$
17	Декада III от 2 до 1, остальные на 0	То же	—	Ступени 2,. . . 10 декады III	Проверить настройку тока $I_Б$ в поз. 16 (*а*)
18	а) декада IV на 1, остальные на 0	Установить ток ручками регулировки $I_Б$ при цене деления (постоянной) до 10^{-8} *в*			
	б) декада V на 10, остальные на 0	Отсчет по индикатору	$d_{5,1-10}$	Суммарное напряжение декады V	Отсчеты α_1 и α_2 при I и II направлении тока подставить в формулу для $d_{5,1-10}$

Продолжение

Положение переключателя автономной поверки	Положение декад ряда U_1 и температурных декад	Выполняемая операция	Обозначение измеряемой величины	Объект поверки	Примечание
19	Декада IV от 2 до 10, остальные на 0	Отсчет по индикатору	—	Ступени 2,...10 декады IV	Проверить настройку тока $I_Б$ в поз. 18 (*а*)
20	а) декада V на 1, остальные на 0	Установить ток ручками регулировки при цене деления (постоянной) до 10^{-8} *в*	—		
	б) декада IV на 10, остальные на 0	Отсчет по индикатору		Суммарное напряжение декады VI	Отсчеты α_1 и α_2 при I и II направлении тока подставить в формулу для $d_{6,1-10}$

Таблица 2

Декада „_____"

Отсчет по лимбу m-й декады	Отсчет показаний по индикатору при 2-х направлениях тока, *мкв*		Среднее значение $d = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$	Расчет результатов измерения			Допускаемое значение погрешности Δ_m
	α_1	α_2		$\sum_1^z d_{m,i}$	$z \cdot \Delta_{m,1}$	Δ_m	

Стр. 14

Таблица 3

Секции установочного сопротивления

Номера секций установочного сопротивления	Отсчет показаний по индикатору при двух направлениях тока в *мкв*		Расчет результатов измерения $d = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$
	α_1	α_2	

При использовании потенциометра типа Р308 для проведения относительных измерений допускается при обработке данных, полученных в результате автономной поверки потенциометра, условно принять погрешность установочного сопротивления, определяемую в пп. 2—8 табл. 2 приложения 3, равной нулю.

Сдано в наб. 26/IV 1971 г. Подп. в печ. 2/IX 1971 г. 4,75 п. л. Тираж 12000

Издательство стандартов. Москва, К-1, ул. Щусева, 4
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256, Зак. 761

gost.e-ecolog.ru