

АКАДЕМИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

**«ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
Е855В ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ 0–125 В
В УНИФИЦИРОВАННЫЙ СИГНАЛ 4–20 мА»**

**Москва
2018**

УДК 621.317.7

Методические указания по выполнению лабораторной работы «Проверка и калибровка преобразователя Е855В напряжения переменного тока 0–125 В в унифицированный сигнал 4–20 мА». Редакция 3–18. – М.: АСМС, 2018. – 20 с.

Методические указания предназначены для слушателей АСМС, повышающих квалификацию по специальности «Проверка и калибровка средств электрических измерений».

Автор:

Николай Николаевич Вострокнутов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Электрические измерения» АСМС.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ.....	5
3. ПОВЕРКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	7
4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	15
5. ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	17
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	18

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поверка аналоговых измерительных преобразователей (АИП) переменного напряжения в унифицированный сигнал должна бы выполняться в соответствии с МИ 1570–86 «Методические указания. ГСИ. Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты аналоговые. Методика поверки» [1]. В лекциях показано, что текст [1] не вполне согласуется с требованиями современной редакции стандарта [2], содержит ошибки, связанные с пересчетом погрешности с выхода на вход преобразователя, и не соответствует обоснованным требованиям стандарта [2] в части выбора значений измеряемой величины, при которых проверяется погрешность. Современная редакция стандарта [3] дает неприемлемые (ошибочные), с точки зрения основ электротехники (теория четырехполюсников [4]), указания по назначению нормирующего значения измеряемой величины. Особенно эта ошибка проявляется у преобразователей, имеющих диапазоны преобразования по входу и/или по выходу, с нижним пределом, отличным от нуля. Следует иметь в виду, что подавляющее большинство современных преобразователей имеют выходной унифицированный сигнал 1...5 В или 4...20 мА.

В методике поверки преобразователей Е855, изложенной в [5], сделана совершенно обоснованная попытка отхода от требований [1, 3] для некоторых типов преобразователей, у которых следование указаниям [1, 3] ведет к очевидным неприемлемым последствиям при поверке. К сожалению, эта попытка не распространяется на преобразователи Е855, у которых последствия не столь явные: оценка погрешности, полученная при поверке, занижается по сравнению с действительным значением погрешности «всего» на 13 % – брак (недостоверность результатов) поверки, опасный для потребителя прибора! Поэтому в настоящей работе поверка будет выполняться в соответствии с [5], но принятые в ней «исключения» будут распространены на все типы измерительных преобразователей, в том числе и на

E855, подобная методика удачно описана в [6], где нет элементарных ошибок в основах электротехники, в отличие от многих современных документов. Принятая методика обеспечивает единообразие результатов поверки и соответствие законам электротехники независимо от принятых в настоящее время, в том числе безграмотных, приемов нормирования погрешности.

В международной практике для поверки (verification) и калибровки (calibration) аналоговых измерительных преобразователей общепринята «Методика МЭК», опубликованная, например, в «StandardISA-S51.1–1976 Processinstrumentationterminology. Part 5. Test procdures.» в книге «Standards and Practices for Instrumentations, 5-th edition, 1977, ISA» [7], принципиально отличная от описанной в [1, 2, 5]. Методика МЭК существенно сложнее и дает больше информации о свойствах погрешности АИП. Эта методика исходит из нормирования погрешностей АИП в соответствии с Международным документом МОЗМ, регламентирующим нормирование метрологических характеристик средств измерений. Этот документ аналогичен разработанному и введенному в действие в России в 1972 году стандарту [8]. Методика [7] изучается в демонстрационном варианте.

Лабораторная работа выполняется с использованием установки В1–9 (калибратор переменного напряжения) с усилителем Я1В–22, образцовой катушки сопротивления 100 Ом и цифрового мультиметра *APPA–305* или *APPA–207*.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ

Преобразователь E855В реализует преобразование среднеквадратического (действующего) значения переменного напряжения в пропорциональное среднее значение силы постоянного тока [9].

Диапазон преобразования входного переменного напряжения от 0 до 125 В. Соответствующий ему диапазон силы выход-

ного постоянного тока (среднее значение) от 4 до 20 мА. Допускается отличие входного напряжения от синусоидального, если коэффициент не синусоидальности [10] не превышает 5 %. Частота преобразуемого напряжения может изменяться в пределах от 45 до 55 Гц.

Предел допускаемой основной погрешности в соответствии с [2, 5, 9] преобразователя приведен ко входу и равен 0,5 % от предела преобразования входной величины (напряжение 125 В), класс точности преобразователя указан равным 0,5. В соответствии с действующим документом [11], во избежание путаницы, следовало бы указать: **класс точности 0,5, допускаемая погрешность приведена ко входу и равна 0,5 % от нормирующего значения измеряемой величины равного 125 В.**

В лабораторной работе в соответствии с законами электротехники (теория четырехполюсников [4]) предел допускаемой «приведенной» (по старой терминологии) или «относительной» по [11] погрешности, приведенной к выходу преобразователя, равен 0,5 %, за нормирующее значение должна быть принята разность границ диапазона изменений выходного сигнала – 16 мА, **вместо ошибочных (не соответствие основам электротехники [4]) 20 мА по [3 и 11].**

В нормальном режиме работы преобразователя его выходная цепь (выходные зажимы) должны быть замкнуты на нагрузку – сопротивление от 0 до 500 Ом. Разрыв выходной цепи не приводит к повреждению преобразователя или другим вредным последствиям.

Входная и выходная цепи преобразователя изолированы друг от друга и от сети питания. Сопротивление изоляции 1 МОм при испытательном напряжении 500 В.

Питание преобразователя осуществляется от сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В. Потребление мощности по цепи питания не более 0,2 ВА.

Принцип действия преобразователя основан на использовании аналогового вычислительного устройства [9], выходной

сигнал которого (постоянный ток) пропорционален среднему квадратическому значению входного переменного напряжения. В выходном усилителе вычислительного устройства предусмотрено постоянное смещение выходного тока на 4 мА. Поэтому номинальная прямая функция преобразования – зависимость среднего значения выходного тока I_{out} в миллиамперах от действующего значения входного напряжения U_{in} в вольтах у преобразователя Е855В выражается формулой:

$$Y(X) = I_{out, \text{мА}} = 0,128 \cdot U_{in, \text{В}} + 4. \quad (1)$$

Номинальная обратная функция преобразования – оценка значения входной величины U_{out} (напряжение в вольтах) по значению выходного тока I_{out} (в миллиамперах) выражается формулой:

$$X(Y) = U_{in, \text{В}} = 7,8125 \cdot I_{out, \text{мА}} - 31,25. \quad (2)$$

3. ПОВЕРКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В соответствии с [2] проверка погрешности должна выполняться не менее, чем при пяти значениях входного напряжения, примем: 0; 25; 50; 75; 100; 125 В.

Схема проверки погрешности, применяемая в лабораторной работе, приведена на рис. 1. Входное напряжение частоты 50 Гц задается эталоном 1 (используется калибратор переменного напряжения В1–9). Сила выходного тока измеряется косвенным методом – путем измерения падения напряжения на эталонной катушке сопротивления (применяется мультиметр АРРА–305 или АРРА–207 на пределах 0,4 и 4,0 В, переключение пределов выполняется автоматически, и катушка сопротивления Р331).

Прежде всего необходимо убедиться, что применяемые эталоны обеспечивают достоверность поверки в соответствии с требованиями [12]. Для этого рассчитаем допускаемые погрешно-

сти средств измерений, используемых в схеме рис. 1. Результаты расчета приведены в табл. 1.

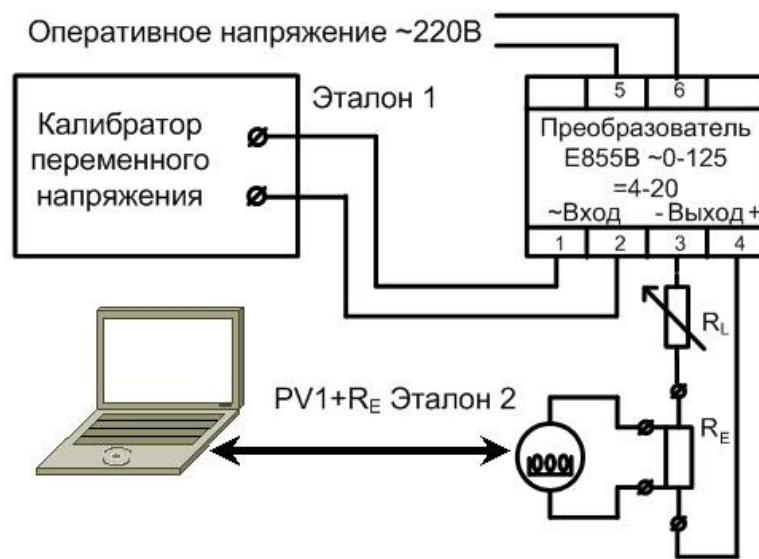


Рис. 1. Схема поверки с калибратором напряжения, эталонной катушкой сопротивления и вольтметром

Таблица 1

Допускаемые абсолютные погрешности средств измерений на рис.1

$U_{in},$ В	Поверяемый преобразователь			Эталон 1 (В1-9)		Эталон 2 (АРРА-305/207+Р311)		
	$\Delta_{0Pin},$ В	$I_{out},$ мА	$\Delta_{0Pout},$ мА	$\Delta_{PЭ1in},$ В	$\Delta_{PЭ1out},$ мА	$U_{E2},$ В	$\Delta R_E,$ Ом	$\Delta U_P,$ В
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,625	4,0	0,080	0,005	0,001	0,40	0,01	0,0003
25,0	0,625	7,2	0,080	0,030	0,004	0,72	0,01	0,0005
50,0	0,625	10,4	0,080	0,055	0,007	1,04	0,01	0,0007
75,0	0,625	13,6	0,080	0,080	0,010	1,36	0,01	0,0009
100,0	0,625	16,8	0,080	0,105	0,013	1,68	0,01	0,0011
125,0	0,625	20,0	0,080	0,194	0,025	2,00	0,01	0,0013

В столбцах таблицы указываются:

1. Входные напряжения $U_{in},$ В, при которых выполняется проверка погрешности.

2. Предел Δ_{0Pin} допускаемой абсолютной погрешности поверяемого преобразователя, выраженный в единицах входного сигнала (напряжения), равный

$$\Delta_{0Pin} = 0,01 \cdot K \cdot X_N,$$

где $K=0,5$ – обозначение класса точности;

$X_N=125$ В – нормирующее значение входной величины.

3. Номинальный выходной ток преобразователя, вычисляемый по (1).

4. Предел Δ_{0Pout} допускаемой абсолютной погрешности поверяемого преобразователя, выраженный в единицах выходного сигнала (силы тока), равный

$$\Delta_{0Pout} = 0,01 \cdot K \cdot X_N,$$

где $K=0,5$ – обозначение класса точности;

$X_N=20 - 4=16$ мА – нормирующее значение выходной величины.

Примечание: Нормирующее значение X_N вычислено в соответствии с теорией четырехполюсников [4] и документами [2, 6], в которых нет элементарных ошибок в электротехнике, имеющих в [1, 3, 9, 11].

5. Пределы $\Delta_{PЭ1in}$ допускаемой абсолютной погрешности калибратора В1–9 для воспроизводимых напряжений до 100 В (без усилителя Я1В–22):

$$\begin{aligned} \Delta_{PЭ1in} &= 0,01 \cdot \delta_{PЭ1} \% \cdot U_{in} = 0,01 \cdot \left(0,1 + \frac{0,005 \cdot U_K + 0,005}{U_{in}} \right) \cdot U_{in} = \quad (3) \\ &= 0,001 \cdot U_{in} + 0,00505 \end{aligned}$$

для напряжения 125 В (более 100 В и до 700 В, с усилителем Я1В–22):

$$\begin{aligned} \Delta_{PЭ1in} &= 0,01 \cdot \delta_{PЭ1} \% \cdot U_{in} = 0,01 \cdot \left[0,1 + 0,01 \cdot \left(\frac{U_K}{U_{in}} - 1 \right) \right] \cdot U_{in} = \quad (4) \\ &= 0,00099 \cdot U_{in} + 0,07. \end{aligned}$$

6. Пределы $\Delta_{P\Delta I_{out}}$ допускаемой абсолютной погрешности калибратора В1–9, приведенные к выходу преобразователя (в мА), для всех воспроизводимых напряжений, в соответствии с (1):

$$\Delta_{P\Delta I_{out}} = \frac{\partial I_{out}}{\partial U_{in}} \cdot \Delta_{P\Delta I_{in}} = 0,128 \cdot \Delta_{P\Delta I_{out}} \quad (5)$$

7. Номинальные измеряемые напряжения эталона 2:

$$U_{E2} = R_E \cdot I_{out} = 0,1 \cdot I_{out}.$$

8. Пределы ΔR_E допускаемой абсолютной погрешности катушки сопротивления Р331 равны:

$$0,01 \cdot K \cdot R_E = 0,01 \cdot 0,01 \cdot 100 = 0,01 \text{ Ом.}$$

9. Пределы ΔU_P допускаемой абсолютной погрешности приборов АРРА–305/207 на пределе измерения $U_K = 4$ В постоянного напряжения (переключение пределов измерения – автоматическое):

$$\Delta U_P = 0,0006 \cdot U_E + 100 \text{ мкВ.} \quad (6)$$

При каждом из 5-ти проверяемых значений входного напряжения определяют оценку $\tilde{\Delta}_{out}$ (мА) абсолютной погрешности преобразователя, по выходному сигналу, как разность между выходным током преобразователя при заданном значении входного напряжения U_{in} , В и номинальной прямой функцией преобразования (1) от заданного значения U_{in} :

$$\tilde{\Delta}_{out, \text{мА}} = I_{out, \text{мА}} - 0,128 \cdot U_{in} - 4, \quad (7)$$

где $I_{out, \text{мА}} = \frac{U_{E2}}{R_E} \cdot 1000$ – среднее значение силы выходного постоянного тока в мА;

U_{in} – действующее значение входного переменного напряжения по показаниям эталона 1, В;

U_{E2} , В– падение напряжения на эталонном резисторе R_E (100 Ом) по показаниям вольтметра эталона 2.

Выполним расчет неопределенности оценки $\tilde{\Delta}_{out}$ (мА) абсолютной погрешности поверяемого преобразователя по выходному сигналу (приведенной к выходу – выраженной в единицах унифицированного сигнала).

Из (1), (7) и данных табл. 1, получим:

$$\tilde{\Delta}_{out, мА} = \frac{U_P}{R_E} \cdot 1000 - 0,128 \cdot U_{in} - 4. \quad (8)$$

Отсюда границы неопределенности $\Theta(P=1)$ определяются формулой:

$$\begin{aligned} \Theta(P=1) &= \pm \left(\frac{\partial \tilde{\Delta}_{out}}{\partial U_P} \cdot \Delta U_P + \frac{\partial \tilde{\Delta}_{out}}{\partial R_E} \cdot \Delta R_E + \frac{\partial \tilde{\Delta}_{out}}{\partial U_{in}} \cdot \Delta U_{in} \right) = \\ &= \pm \left(\frac{1000}{R_E} \cdot \Delta U_P + \frac{1000 \cdot U_P}{R_E^2} \cdot \Delta R_E + \Delta_{P \ni 1out} \right), \end{aligned} \quad (9)$$

где значения ΔU_P , ΔR_E , $\Delta_{P \ni 1out}$ – принимаются по данным из табл. 1.

По привычной для метрологов старшего поколения терминологии $\Theta(P=1)$ есть ни что иное, как погрешность Δ_v поверки. В табл. 2 выполнены расчеты погрешности поверки и дана оценка пригодности указанных в рис. 1 средств измерения для поверки преобразователя E855.

Таблица 2

Оценка пригодности эталонов схемы рис. 2 для поверки

$U_{in},$ В	Поверяемый преобразователь			Погрешн.поверки и контр.доп.		
	$\Delta_{0Pin},$ В	$I_{out},$ мА	$\Delta_{0Pout},$ мА	$\Delta_v,$ мА	α	m
1	2	3	4	5	6	7
0,0	0,625	4,0	0,080	0,020	0,06	1,0
25,0	0,625	7,2	0,080	0,027	0,12	1,0
50,0	0,625	10,4	0,080	0,033	0,19	1,0
75,0	0,625	13,6	0,080	0,040	0,26	1,0
100,0	0,625	16,8	0,080	0,047	0,33	1,0
125,0	0,625	20,0	0,080	0,062	0,50	0,8

В столбцах таблицы указываются:

1. Входные напряжения U_{in} , В, при которых выполняется проверка погрешности.

2. Предел Δ_{0Pin} допускаемой абсолютной погрешности поверяемого преобразователя, выраженный в единицах входного сигнала (напряжения), равный

$$\Delta_{0Pin} = 0,01 \cdot K \cdot X_N,$$

где $K=0,5$ – обозначение класса точности;

$X_N=125$ В – нормирующее значение входной величины.

3. Номинальный выходной ток преобразователя, вычисляемый по (1).

4. Предел Δ_{0Pout} допускаемой абсолютной погрешности поверяемого преобразователя, выраженный в единицах выходного сигнала (силы тока), равный

$$\Delta_{0Pout} = 0,01 \cdot K \cdot X_N,$$

где $K=0,5$ – обозначение класса точности;

$X_N=20 - 4=16$ мА – нормирующее значение выходной величины.

Примечание: Нормирующее значение X_N вычислено в соответствии с теорией четырехполосников [4] и документами [2, 6], в которых нет элементарных ошибок в электротехнике, имеющих в [1, 3, 9, 11].

5. Границы неопределенности оценки погрешности (погрешность поверки Δ_v , мА, приведенной к выходу преобразователя) вычислены по (9).

6. Коэффициент $\alpha = \frac{\Delta_v}{\Delta_{0Pout}}$.

7. Коэффициент m коррекции допуска, обеспечивающий выполнение требований [12], вычисленный по [13]. В рассматриваемом простейшем случае можно принимать:

- при $\alpha \leq 0,33$ значение $m=1,0$;
- при $0,33 < \alpha \leq 0,4$ значение $m=0,9$;
- при $0,33 < \alpha \leq 0,5$ значение $m=0,8$.

Из табл. 2 следует, что при использовании технических средств, указанных на рис. 1, обеспечена возможность поверки с требуемой по [12] достоверностью.

Внешний осмотр. Проверяется состояние зажимов, маркировки и общего состояния преобразователя, в протокол записывается заключение о возможности (невозможности) дальнейшего проведения поверки.

Поверка сопротивления изоляции (в работе не выполняется). Выполняется в соответствии с указаниями инструкции по эксплуатации преобразователя.

Опробование.

- Собрать схему рис. 1.
- Подготовить для записей форму протокола в соответствии с табл. 3 или 4.

Под руководством преподавателя:

- Установите сопротивление нагрузки равным 400 Ом.
- Установите предел измерения мультиметра $PV2$ равным «=В» (режим «DC»), автоматически включится питание прибора.

- Включить питание В1–9 и поверяемого преобразователя.
- Установите режим работы эталона 1 «50 Гц, 100 В» при выходном напряжении равном нулю.
- Убедитесь, что PV2 показывает напряжение около 0,4 В.

Проверка погрешности.

- С помощью эталона 1 (калибратор В1–9) поочередно устанавливаются значения входных напряжений преобразователя в соответствии с указаниями столбца 1 табл. 3 или 4 записи результатов эксперимента.

Таблица 3

Запись результатов эксперимента в процессе поверки

Провер. на-пряж., В	Ном. выход-ной ток I_{out} , мА	Показа-ния PVI , U_E , В	$I = 10 \cdot U_E$, мА	$\tilde{\Delta}_{out} = I - I_{out}$, мА	$\Delta_K = m \cdot \Delta_{Pout}$, мА	Заклю-чение
1	2	3	4	5	6	7
0,0	4,0	0,4036	4,036	0,036	0,080	ГОДЕН
25,0	7,2	0,7226	7,226	0,026	0,080	ГОДЕН
50,0	10,4	1,0425	10,425	0,025	0,080	ГОДЕН
75,0	13,6	1,3625	13,625	0,025	0,080	ГОДЕН
100,0	16,8	1,6825	16,825	0,025	0,080	ГОДЕН
125,0	20,0	–	–	–	0,064	–

Примечание: Для установки значения напряжения 125 В необходимо использовать усилитель Я1В–22, подключение которого к калибратору В1–9 занимает много времени. Поэтому в работе проверка погрешности при напряжении 125 В не выполняется.

В столбцы табл. 3 записывают:

1. Входные напряжения преобразователя, при которых проверяется погрешность (см. столбец 1 табл. 1 и 2).

2. Номинальные выходные токи преобразователя по (1), см. столбец 2 табл. 1 и 2.

3. Показания U_E вольтметра $PV1$ (рис. 1), В. Приведены ориентировочные значения.

4. Фактическое значение I выходного тока преобразователя в мА, вычисляемое по формуле:

$$I=10 \cdot U_E.$$

Приведены ориентировочные значения.

5. Оценку погрешности преобразователя, приведенную к выходу (в единицах унифицированного сигнала – мА)

$$\tilde{\Delta}_{out}=I-I_{out}.$$

Приведены ориентировочные значения.

6. Контрольный допуск Δ_K для погрешности преобразователя, приведенной к выходу (в мА), вычисляемый по данным столбца 4 табл. 1 и столбца 7 табл. 2.

7. Заключение о результатах проверки погрешности:

«ГОДЕН» – если выполняется неравенство $\tilde{\Delta}_{out} \leq \Delta_K$;

«БРАК» – если указанное неравенство **не выполняется**.

Приведены ориентировочные значения.

- Преобразователь признается годным к дальнейшей эксплуатации, если во всех строках столбца 7 табл. 3 получено заключение «ГОДЕН», в противном случае преобразователь бракуется и не допускается к дальнейшей эксплуатации.

4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Оформление протокола поверки целесообразно выполнить в соответствии с указаниями [1]. Для этого необходимо выразить результаты поверки в виде приведенных ко входу погрешностей, выраженных в % от нормирующего значения входной величины.

В нашем случае оно равно 125 В. Эта операция выполнена в табл. 4, составленной на основе табл. 3.

Таблица 4

Запись результатов эксперимента в процентах
от нормирующего значения

Провер. напряж., В	Ном.выходной ток I_{out} , мА	Показания PVI , U_E , В	$I =$ $=10 \cdot U_E$, мА	$\tilde{\Delta}_{out} = I - I_{out}$, мА	$\tilde{\gamma}_{in}$, %	$\tilde{\gamma}_{Pin} =$ $=m$ $\cdot k$, %	Заключение
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	4,0	0,4036	4,036	0,036	0,23	0,5	ГОДЕН
25,0	7,2	0,7226	7,226	0,026	0,16	0,5	ГОДЕН
50,0	10,4	1,0425	10,425	0,025	0,16	0,5	ГОДЕН
75,0	13,6	1,3625	13,625	0,025	0,16	0,5	ГОДЕН
100,0	16,8	1,6825	16,825	0,025	0,16	0,5	ГОДЕН
125,0	20,0	–	–	–	–	0,4	–

В столбцах 1,2,3,4,5 приводятся данные из соответствующих столбцов табл. 3. Далее в столбцах указывают:

6. Оценку $\tilde{\gamma}_{in}$ относительной (приведенной – по привычной терминологии) погрешности преобразователя, приведенной ко входу, выраженную в процентах от нормирующего значения преобразуемой величины, вычисляемую на основании (2) по формуле:

$$\tilde{\gamma}_{in} = \frac{\partial X}{\partial Y} \cdot \tilde{\Delta}_{out} \cdot \frac{100}{X_N} \% = 7,8125 \cdot \tilde{\Delta}_{out} \cdot \frac{100}{125} \% = 6,25 \cdot \tilde{\Delta}_{out} \% . \quad (10)$$

7. Предел допускаемой относительной (приведенной погрешности) по входу (класс точности).

8. Заключение о результатах проверки погрешности:

«ГОДЕН» – если выполняется неравенство $\tilde{\gamma}_{in} \leq m \cdot K$,

где t принимается по данным столбца 7 таблицы 2;

$K=0,5$ – обозначение класса точности преобразователя.

«**БРАК**» – если указанное неравенство **не выполняется**.

- Преобразователь признается годным к дальнейшей эксплуатации, если во всех строках столбца 7 табл. 4 получено заключение «**ГОДЕН**», в противном случае преобразователь бракуется и не допускается к дальнейшей эксплуатации.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Работа оформляется в произвольной тетради. Приводится схема эксперимента с указанием используемой аппаратуры и заполненная таблица результатов по образцу табл. 3 или 4 с общим заключением о годности или браковании преобразователя. Полученные данные предъявляются преподавателю. После собеседования слушатель получает зачет по работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МИ 1570–86. Методические указания. ГСИ. Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты аналоговые. Методика поверки.
2. ГОСТ 24855–81. Преобразователи измерительные тока, напряжения, мощности, частоты, сопротивления аналоговые. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов.
3. ГОСТ 8.401–80. ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2010.
4. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. Учебник для вузов. – М.: «Энергия», 1969.
5. Преобразователи измерительные Е855А, Е855В, Е855С, Е854А, Е854В, Е854С. Методика поверки 49501860.3.0005 МП. ООО «Фирма «Алекто-Электрик».
6. Любимов Л.И., Форсилова И.Д., Шапиро Е.З.. Поверка средств электрических измерений: справочная книга. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
7. «Standard ISA-S51.1–1976 Process instrumentation terminology. Part 5. Test procedures.» в книге «Standards and Practices for Instrumentations, 5-th edition, 1977, ISA».
8. ГОСТ 8.009–84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – М.: Стандартиформ, 2006.
9. Преобразователи измерительные Е855А, Е855В, Е855С, Е854А, Е854В, Е854С. Руководство по эксплуатации 49501860.3.0005 РЭ. ООО «Фирма «Алекто-Электрик».
10. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
11. РМГ 29–2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
12. ГОСТ 22261–94. Средства измерения электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
13. МИ 187–86, 188–86. ГСИ. Достоверность и требования к методикам поверки средств измерений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

«ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ E855B
ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ 0–125 В
В УНИФИЦИРОВАННЫЙ СИГНАЛ 4–20 мА»

Редактор-корректор Н.М. Скрипова
Компьютерная верстка Е.С. Худякова

Подписано в печать 10.05.2018
Печать ксерография
Тираж 10 экз.

Формат 60 × 90 1/16
Объем 1,25 п.л.
Заказ № 87

АСМС

Москва, Волгоградский проспект, 90, корп. 1
Полиграфическая база АСМС