

Метрологія, стандартизація та підтвердження відповідності ЕА

Лабораторна робота №6

Калібрування комбінованого вимірювального приладу

1. Короткі теоретичні відомості

1.1 Крім розглянутих на лекційних заняттях способів нормування похибок засобів вимірювань, використовують також інший спосіб нормування границь допустимих похибок цифрових вимірювальних приладів, зокрема закордонних виробників, у якому окремо вказують граничні значення адитивної та мультиплікативної складових похибок.

При цьому граничну адитивну похибку вказують або у формі абсолютної похибки в одиницях кванту (чи одиницях молодшого розряду ОМР), наприклад, $\Delta_a = \pm 3\text{ОМР}$, або у формі зведеної адитивної похибки (у відношенні до границі вимірювання), наприклад, $\gamma_a = \pm 0,03\%$.

Границі мультиплікативної похибки вказують у формі відносної похибки у процентах від вимірюваного значення, наприклад, $\delta_M = \pm 0,02\%$. Наприклад, запис: допустимі похибки приладу $\pm 0,01\%$ від показу (of reading), $\pm 0,001\%$ від границі (of scale) означає, що граничне значення відносної мультиплікативної складової становить $\pm 0,01\%$ і граничне значення зведеної адитивної складової становить $\pm 0,001\%$.

При такому нормуванні границі абсолютної та відносної похибок приладу дорівнюють, відповідно:

$$\Delta = \pm \frac{\delta_M \cdot x + \Delta_a}{100\%} \quad \text{або} \quad \Delta = \pm \frac{\delta_M \cdot x + \gamma_a \cdot X_k}{100\%};$$

$$\delta = \pm [\delta_M + \Delta_a] \% \quad \text{або} \quad \delta = \pm \left[\delta_M + \gamma_a \frac{X_k}{x} \right] \%.$$

1.2 У мультиметрів серії DT830 при вимірюванні постійної напруги та опорів клас точності встановлено відносною похибкою:

Accuracy specifications take the form of:

$$\pm (\% \text{ of reading}) + [\text{numbered of less significant digitals}]$$

Діапазон (range) вимірюваних напруг, ОМР (resolution) та похибка (accuracy) при вимірюванні постійної напруги – таблиця 6.1; діапазон вимірюваних опорів, ОМР та похибка при вимірюванні опорів – таблиця 6.2.

Таблиця 6.1 – Постійна напруга

Range	Resolution	Accuracy
200 mV	100 uV	$\pm (0.5\% + 2)$
2000 mV	1 mV	
20 V	10 mV	
200 V	100 mV	
1000 V	1 V	$\pm (0.8\% + 2)$

Таблиця 6.2 –Опір

Range	Resolution	Accuracy
200 Ω	0,1 Ω	$\pm (0.8\% + 2)$
2000 Ω	1 Ω	
20 k Ω	10 Ω	
200 k Ω	100 Ω	
2000 k Ω	1 k Ω	$\pm (1\% + 2)$

Приклад. Мультиметр DT830 вимірювали постійну напругу 19 В та отримали таке її значення 19,05 В. Оцінити похибку вимірювання цієї напруги.

Розв'язок. Оскільки це одноразові вимірювання, то для оцінки похибки достатньо скористатись паспортним значенням класу точності мультиметра. У документації на DT830 для випадку вимірювання постійної напруги наведено такі дані:

Accuracy specifications take the form of:

$$\pm \left((\% \text{ of reading}) + [\text{numbered of less significant digitals}] \right)$$

Тобто перший доданок – мультиплікативна відносна похибка. Другий доданок – адитивна похибка, яку встановлено кількістю одиниць молодшого розряду.

Напругу порядку 19 В доцільно було вимірювати на діапазоні 20 В (таблиця 6.1). Звідси ОМР становить 10 мВ, тобто $2 \cdot 10 \text{ мВ} = 2 \cdot 0,01 \text{ В}$.

У результаті граничне значення абсолютної похибки вимірювання напруги

$$\Delta = \pm \frac{0,5\% \cdot 19,05 \text{ В} + 2 \cdot 0,01 \text{ В}}{100\%} = \pm 0,0955 \text{ В} \approx \pm 0,1 \text{ В}.$$

2 Завдання

2.1 При калібруванні мультиметра DT830 у режимі омметра за допомогою зразкового магазину опорів отримано такі значення на відповідних діапазонах – таблиця 6.3.

2.2 Розрахувати значення абсолютної, відносної та зведеної похибок мультиметра на цих діапазонах та занести їх до таблиці 6.1 (див. методичні вказівки до лабораторної роботи). розрахункові формули наведено у методичних вказівках до лабораторно роботи, п. 3.2.3.

2.3 Порівняти отримані значення похибок з паспортними значеннями (таблиці 6.2), та зробити висновок щодо дотримання класу точності досліджуваним мультиметром у режимі омметра.

Кожен обирає лише один варіант!

Таблиця 6.3

№	Максимальне значення діапазону опорів R_N	Значення опору					
		виміряне R	еталонне R_{et}	виміряне R	еталонне R_{et}	виміряне R	еталонне R_{et}
1	200 Ом	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	2000 Ом	99	100	900	910	1750	1800
	20 кОм	0,92	1	9,05	9,1	18,1	18
	200 кОм	10,1	10	90,7	91	180,8	180
	2000 кОм	99	100	900	910	1750	1800
2	200 Ом	10,9	11	82,4	82	190,1	190
	2000 Ом	112	110	822	820	1903	1900
	20 кОм	1,20	1	8,16	8,2	19,02	19
	200 кОм	11,3	11	81,8	82	189,9	190
	2000 кОм	109	110	819	820	1898	1900
3	200 Ом	12,2	12	80,2	80	160,2	160
	2000 Ом	122	120	802	800	1602	1600
	20 кОм	1,3	1,2	8,1	8	16,1	16
	200 кОм	12,1	12	81	80	161	160
	2000 кОм	121	120	808	800	1612	1600
4	200 Ом	13,1	13	130,4	130	188,2	188
	2000 Ом	129	130	1295	1300	1878	1880
	20 кОм	1,36	1,3	13,4	13	19,2	19
	200 кОм	13,3	13	131	130	188,5	188
	2000 кОм	128	130	1294	1300	1874	1880
5	200 Ом	13,9	14	139	140	189	190
	2000 Ом	141	140	1405	1400	1902	1900
	20 кОм	1,45	1,4	14,2	14	19,2	19
	200 кОм	13,9	14	139	140	189	190

	2000 κΟМ	141	140	1405	1400	1902	1900
6	200 ΟМ	10,1	10	90,7	91	180,8	180
	2000 ΟМ	99	100	900	910	1750	1800
	20 κΟМ	0,91	1	9,04	9,1	18,1	18
	200 κΟМ	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	2000 κΟМ	101	100	907	910	1805	1800
7	200 ΟМ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 ΟМ	111	110	821	820	1904	1900
	20 κΟМ	1,21	1	8,17	8,2	19,04	19
	200 κΟМ	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	2000 κΟМ	109	110	822	820	1899	1900
8	200 ΟМ	12,3	12	80,1	80	160,1	160
	2000 ΟМ	122	120	802	800	1602	1600
	20 κΟМ	1,28	1,2	8,12	8	16,1	16
	200 κΟМ	12,1	12	81	80	161	160
	2000 κΟМ	123	120	801	800	1601	1600
9	200 ΟМ	13,2	13	130,2	130	188,1	188
	2000 ΟМ	133	130	1310	1300	1885	1880
	20 κΟМ	1,35	1,3	13,3	13	19,2	19
	200 κΟМ	13,3	13	131	130	188,5	188
	2000 κΟМ	1132	130	1302	1300	1881	1880
10	200 ΟМ	10,1	10	90,8	91	180,9	180
	2000 ΟМ	101	100	907	910	1781	1800
	20 κΟМ	0,96	1	9,08	9,1	18,8	18
	200 κΟМ	10,1	10	90,7	91	180,9	180
	2000 κΟМ	101	100	906	910	1788	1800
11	200 ΟМ	10,1	10	90,9	91	180,9	180
	2000 ΟМ	99	100	900	910	1750	1800
	20 κΟМ	0,96	1	9,08	9,1	18,2	18
	200 κΟМ	10,1	10	90,8	91	180,9	180
	2000 κΟМ	101	100	909	910	1809	1800
12	200 ΟМ	9,9	10	90,8	91	180,9	180
	2000 ΟМ	99	100	900	910	1750	1800
	20 κΟМ	0,91	1	9,07	9,1	18,1	18
	200 κΟМ	10,2	10	90,8	91	180,9	180

	2000 κΟМ	99	100	908	910	1809	1800
13	200 ΟМ	10,8	11	82,1	82	189,4	190
	2000 ΟМ	111	110	822	820	1901	1900
	20 κΟМ	1,21	1	8,17	8,2	19,04	19
	200 κΟМ	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	2000 κΟМ	108	110	822	820	1894	1900
14	200 ΟМ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 ΟМ	109	110	819	820	1904	1900
	20 κΟМ	1,22	1	8,18	8,2	19,05	19
	200 κΟМ	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	2000 κΟМ	109	110	819	820	1904	1900
15	200 ΟМ	12,2	12	80,1	80	160,3	160
	2000 ΟМ	121	120	801	800	1602	1600
	20 κΟМ	1,29	1,2	8,10	8	16,1	16
	200 κΟМ	12,1	12	81	80	161	160
	2000 κΟМ	122	120	801	800	1603	1600
16	200 ΟМ	13,2	13	130,2	130	188,1	188
	2000 ΟМ	133	130	1310	1300	1885	1880
	20 κΟМ	1,35	1,3	13,3	13	19,2	19
	200 κΟМ	13,3	13	131	130	188,5	188
	2000 κΟМ	1132	130	1302	1300	1881	1880
17	200 ΟМ	10,2	10	90,9	91	180,9	180
	2000 ΟМ	101	100	909	910	1785	1800
	20 κΟМ	0,97	1	9,08	9,1	18,9	18
	200 κΟМ	10,2	10	90,7	91	179,5	180
	2000 κΟМ	102	100	908	910	1789	1800
18	200 ΟМ	12,2	12	80,1	80	160,1	160
	2000 ΟМ	122	120	802	800	1602	1600
	20 κΟМ	1,25	1,2	8,11	8	16,2	16
	200 κΟМ	12,2	12	82	80	161	160
	2000 κΟМ	122	120	802	800	1602	1600
19	200 ΟМ	9,9	10	90,9	91	180,4	180
	2000 ΟМ	99	100	900	910	1750	1800
	20 κΟМ	0,98	1	9,04	9,1	18,2	18
	200 κΟМ	10,2	10	90,9	91	180,9	180

	2000 κΟМ	101	100	907	910	1809	1800
20	200 ΟМ	13,1	13	130,1	130	188,2	188
	2000 ΟМ	132	130	1310	1300	1885	1880
	20 κΟМ	1,33	1,3	13,1	13	19,1	19
	200 κΟМ	13,2	13	131	130	188,4	188
	2000 κΟМ	1131	130	1301	1300	1883	1880
21	200 ΟМ	12,1	12	80,1	80	160,1	160
	2000 ΟМ	122	120	802	800	1602	1600
	20 κΟМ	1,23	1,2	8,11	8	16,1	16
	200 κΟМ	12,2	12	82	80	162	160
	2000 κΟМ	121	120	801	800	1605	1600
25	200 ΟМ	10,3	10	90,5	91	180,5	180
	2000 ΟМ	99	100	900	910	1802	1800
	20 κΟМ	0,97	1	9,08	9,1	18,8	18
	200 κΟМ	10,2	10	90,8	91	180,5	180
	2000 κΟМ	102	100	907	910	1805	1800
26	200 ΟМ	9,9	10	90,8	91	180,9	180
	2000 ΟМ	99	100	900	910	1750	1800
	20 κΟМ	0,91	1	9,07	9,1	18,1	18
	200 κΟМ	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	2000 κΟМ	99	100	908	910	1809	1800
27	200 ΟМ	10,8	11	82,1	82	189,8	190
	2000 ΟМ	112	110	819	820	1904	1900
	20 κΟМ	1,22	1	8,16	8,2	19,08	19
	200 κΟМ	11,3	11	82,3	82	190,4	190
	2000 κΟМ	112	110	819	820	1904	1900
28	200 ΟМ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 ΟМ	109	110	819	820	1904	1900
	20 κΟМ	1,22	1	8,18	8,2	19,05	19
	200 κΟМ	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	2000 κΟМ	109	110	819	820	1904	1900
29	200 ΟМ	12,1	12	80,1	80	160,2	160
	2000 ΟМ	122	120	802	800	1602	1600
	20 κΟМ	1,23	1,2	8,12	8	16,1	16
	200 κΟМ	12,1	12	82	80	161	160

	2000 кОм	121	120	802	800	1601	1600
30	200 Ом	13,2	13	130,1	130	188,2	188
	2000 Ом	131	130	1304	1300	1885	1880
	20 кОм	1,34	1,3	13,4	13	19,4	19
	200 кОм	13,2	13	131	130	188,4	188
	2000 кОм	128	130	1304	1300	1883	1880
31	200 Ом	12,1	12	80,1	80	160,1	160
	2000 Ом	122	120	802	800	1602	1600
	20 кОм	1,23	1,2	8,11	8	16,1	16
	200 кОм	12,2	12	82	80	162	160
	2000 кОм	121	120	801	800	1605	1600
32	200 Ом	10,8	11	82,1	82	189,8	190
	2000 Ом	112	110	819	820	1904	1900
	20 кОм	1,22	1	8,16	8,2	19,08	19
	200 кОм	11,3	11	82,3	82	190,4	190
	2000 кОм	112	110	819	820	1904	1900
33	200 Ом	13,2	13	130,1	130	188,2	188
	2000 Ом	132	130	1312	1300	1882	1880
	20 кОм	1,31	1,3	13,2	13	19,1	19
	200 кОм	13,1	13	131	130	188,2	188
	2000 кОм	1132	130	1301	1300	1883	1880
34	200 Ом	12,1	12	80,3	80	160,3	160
	2000 Ом	122	120	802	800	1603	1600
	20 кОм	1,21	1,2	8,13	8	16,3	16
	200 кОм	12,1	12	82	80	163	160
	2000 кОм	122	120	801	800	1603	1600
35	200 Ом	12,1	12	80,1	80	160,2	160
	2000 Ом	122	120	802	800	1602	1600
	20 кОм	1,23	1,2	8,12	8	16,1	16
	200 кОм	12,1	12	82	80	161	160
	2000 кОм	121	120	802	800	1601	1600

2.4 При калібруванні мультиметра DT830 у режимі вольтметра за допомогою зразкового джерела напруги отримано такі значення на відповідних діапазонах – таблиця 6.4.

2.5 Розрахувати значення абсолютної, відносної та зведеної похибок мультиметра на цих діапазонах та занести їх до таблиці 6.2 (див. методичні вказівки до лабораторної роботи). розрахункові формули наведено у методичних вказівках до лабораторно роботи, п. 3.3.3.

2.6 Порівняти отримані значення похибок з паспортними значеннями (таблиці 6.1), та зробити висновок щодо дотримання класу точності досліджуваним мультиметром у режимі вольтметра.

Кожен обирає лише один варіант!

Таблиця 6.4

№	Максимальне значення діапазону напруг U_N	Значення напруги					
		вимірняне U	еталонне U_{et}	вимірняне U	еталонне U_{et}	вимірняне U	еталонне U_{et}
1	200 мВ	12,1	12	80,3	80	160,3	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1603	1600
	20 В	1,21	1,2	8,13	8	16,3	16
	200 В	12,1	12	82	80	163	160
	1000 В	122	120	801	800	1603	1600
2	200 мВ	13,1	13	130,1	130	188,2	188
	2000 мВ	132	130	1310	1300	1885	1880
	20 В	1,33	1,3	13,1	13	19,1	19
	200 В	13,2	13	131	130	188,4	188
	1000 В	1131	130	1301	1300	1883	1880
3	200 мВ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 мВ	109	110	819	820	1904	1900
	20 В	1,22	1	8,18	8,2	19,05	19
	200 В	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	1000 В	109	110	819	820	1904	1900
4	200 мВ	12,1	12	80,1	80	160,2	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1602	1600
	20 В	1,23	1,2	8,12	8	16,1	16
	200 В	12,1	12	82	80	161	160

	1000 B	121	120	802	800	1601	1600
5	200 мВ	12,1	12	80,1	80	160,1	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1602	1600
	20 В	1,23	1,2	8,11	8	16,1	16
	200 В	12,2	12	82	80	162	160
	1000 В	121	120	801	800	1605	1600
6	200 мВ	13,2	13	130,1	130	188,2	188
	2000 мВ	132	130	1312	1300	1882	1880
	20 В	1,31	1,3	13,2	13	19,1	19
	200 В	13,1	13	131	130	188,2	188
	1000 В	1132	130	1301	1300	1883	1880
7	200 мВ	12,1	12	80,3	80	160,3	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1603	1600
	20 В	1,21	1,2	8,13	8	16,3	16
	200 В	12,1	12	82	80	163	160
	1000 В	122	120	801	800	1603	1600
8	200 мВ	13,2	13	130,1	130	188,2	188
	2000 мВ	131	130	1304	1300	1885	1880
	20 В	1,34	1,3	13,4	13	19,4	19
	200 В	13,2	13	131	130	188,4	188
	1000 В	128	130	1304	1300	1883	1880
9	200 мВ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 мВ	109	110	819	820	1904	1900
	20 В	1,22	1	8,18	8,2	19,05	19
	200 В	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	1000 В	109	110	819	820	1904	1900
10	200 мВ	10,8	11	82,1	82	189,8	190
	2000 мВ	112	110	819	820	1904	1900
	20 В	1,22	1	8,16	8,2	19,08	19
	200 В	11,3	11	82,3	82	190,4	190
	1000 В	112	110	819	820	1904	1900
11	200 мВ	10,3	10	90,5	91	180,5	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1802	1800
	20 В	0,97	1	9,08	9,1	18,8	18
	200 В	10,2	10	90,8	91	180,5	180

	1000 B	102	100	907	910	1805	1800
12	200 мВ	12,1	12	80,1	80	160,1	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1602	1600
	20 В	1,23	1,2	8,11	8	16,1	16
	200 В	12,2	12	82	80	162	160
	1000 В	121	120	801	800	1605	1600
13	200 мВ	13,1	13	130,1	130	188,2	188
	2000 мВ	132	130	1310	1300	1885	1880
	20 В	1,33	1,3	13,1	13	19,1	19
	200 В	13,2	13	131	130	188,4	188
	1000 В	1131	130	1301	1300	1883	1880
14	200 мВ	9,9	10	90,9	91	180,4	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1750	1800
	20 В	0,98	1	9,04	9,1	18,2	18
	200 В	10,2	10	90,9	91	180,9	180
	1000 В	101	100	907	910	1809	1800
15	200 мВ	12,2	12	80,1	80	160,1	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1602	1600
	20 В	1,25	1,2	8,11	8	16,2	16
	200 В	12,2	12	82	80	161	160
	1000 В	122	120	802	800	1602	1600
16	200 мВ	10,2	10	90,9	91	180,9	180
	2000 мВ	101	100	909	910	1785	1800
	20 В	0,97	1	9,08	9,1	18,9	18
	200 В	10,2	10	90,7	91	179,5	180
	1000 В	102	100	908	910	1789	1800
17	200 мВ	12,2	12	80,1	80	160,3	160
	2000 мВ	121	120	801	800	1602	1600
	20 В	1,29	1,2	8,10	8	16,1	16
	200 В	12,1	12	81	80	161	160
	1000 В	122	120	801	800	1603	1600
18	200 мВ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 мВ	109	110	819	820	1904	1900
	20 В	1,22	1	8,18	8,2	19,05	19
	200 В	11,1	11	82,1	82	190,4	190

	1000 B	109	110	819	820	1904	1900
19	200 мВ	10,8	11	82,1	82	189,4	190
	2000 мВ	111	110	822	820	1901	1900
	20 В	1,21	1	8,17	8,2	19,04	19
	200 В	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	1000 В	108	110	822	820	1894	1900
20	200 мВ	9,9	10	90,8	91	180,9	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1750	1800
	20 В	0,91	1	9,07	9,1	18,1	18
	200 В	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	1000 В	99	100	908	910	1809	1800
21	200 мВ	10,1	10	90,9	91	180,9	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1750	1800
	20 В	0,96	1	9,08	9,1	18,2	18
	200 В	10,1	10	90,8	91	180,9	180
	1000 В	101	100	909	910	1809	1800
25	200 мВ	10,1	10	90,8	91	180,9	180
	2000 мВ	101	100	907	910	1781	1800
	20 В	0,96	1	9,08	9,1	18,8	18
	200 В	10,1	10	90,7	91	180,9	180
	1000 В	101	100	906	910	1788	1800
26	200 мВ	10,1	10	90,8	91	180,9	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1750	1800
	20 В	0,96	1	9,08	9,1	18,8	18
	200 В	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	1000 В	101	100	907	910	1809	1800
27	200 мВ	13,2	13	130,2	130	188,1	188
	2000 мВ	133	130	1310	1300	1885	1880
	20 В	1,35	1,3	13,3	13	19,2	19
	200 В	13,3	13	131	130	188,5	188
	1000 В	132	130	1302	1300	1881	1880
28	200 мВ	12,3	12	80,1	80	160,1	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1602	1600
	20 В	1,28	1,2	8,12	8	16,1	16
	200 В	12,1	12	81	80	161	160

	1000 B	123	120	801	800	1601	1600
29	200 мВ	10,9	11	82,2	82	189,9	190
	2000 мВ	111	110	821	820	1904	1900
	20 В	1,21	1	8,17	8,2	19,04	19
	200 В	11,1	11	82,1	82	190,4	190
	1000 В	109	110	822	820	1899	1900
30	200 мВ	10,1	10	90,7	91	180,8	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1750	1800
	20 В	0,91	1	9,04	9,1	18,1	18
	200 В	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	1000 В	101	100	907	910	1805	1800
31	200 мВ	13,9	14	139	140	189	190
	2000 мВ	141	140	1405	1400	1902	1900
	20 В	1,45	1,4	14,2	14	19,2	19
	200 В	13,9	14	139	140	189	190
	1000 В	141	140	1405	1400	1902	1900
32	200 мВ	13,1	13	130,4	130	188,2	188
	2000 мВ	129	130	1295	1300	1878	1880
	20 В	1,36	1,3	13,4	13	19,2	19
	200 В	13,3	13	131	130	188,5	188
	1000 В	128	130	1294	1300	1874	1880
33	200 мВ	12,2	12	80,2	80	160,2	160
	2000 мВ	122	120	802	800	1602	1600
	20 В	1,3	1,2	8,1	8	16,1	16
	200 В	12,1	12	81	80	161	160
	1000 В	121	120	808	800	1612	1600
34	200 мВ	10,9	11	82,4	82	190,1	190
	2000 мВ	112	110	822	820	1903	1900
	20 В	1,20	1	8,16	8,2	19,02	19
	200 В	11,3	11	81,8	82	189,9	190
	1000 В	109	110	819	820	1898	1900
35	200 мВ	10,2	10	90,8	91	180,9	180
	2000 мВ	99	100	900	910	1750	1800
	20 В	0,92	1	9,05	9,1	18,1	18
	200 В	10,1	10	90,7	91	180,8	180