

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических
и радиотехнических измерений»
Западно-Сибирский филиал
(Западно-Сибирский филиал ФГУП «ВНИИФТРИ»)



СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по
метрологии

Западно-Сибирского филиала
ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.Ю. Кондаков

« 10 » июля 2024 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

НАБОР ЭТАЛОННЫХ МЕР ИНДУКТИВНОСТИ И ДОБРОТНОСТИ

LQ-2408

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-551.310556-2024

г. Новосибирск
2024 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок набора эталонных мер индуктивности и добротности LQ-2408 (далее – набор LQ-2408), используемого в качестве рабочего эталона 1 разряда единицы индуктивности в соответствии с ГОСТ Р 8.732-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности» и рабочего эталона 1 разряда единицы электрической добротности в соответствии с ГОСТ Р 8.868-2014 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической добротности».

1.2 Исключается возможность проведения поверки в сокращенном объеме. Исключается выборочная первичная поверка.

1.3 При подтверждении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача:

- единицы индуктивности в соответствии с ГОСТ Р 8.732-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности», утвержденной Приказом Росстандарта от 16 июня 2011 г. №129-ст, подтверждающая прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону единицы индуктивности ГЭТ 15-79 «ГПЭ единицы индуктивности»;
- единицы электрической добротности в соответствии с ГОСТ Р 8.868-2014 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической добротности», утвержденной Приказом Росстандарта от 11 июня 2014 г. №536-ст, подтверждающая прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону единицы электрической добротности ГЭТ 139-2013 «ГПЭ единицы электрической добротности».

Поверка набора LQ-2408 проводится сличением с помощью компаратора и методом косвенных измерений, в соответствии с государственными поверочными схемами (ГОСТ Р 8.732-2011 и ГОСТ Р 8.868-2014).

1.4 Передача набором LQ-2408 единиц индуктивности и электрической добротности поверяемым средствам измерений осуществляется методом прямых измерений или сличением с помощью компаратора в соответствии с ГОСТ Р 8.732-2011 и ГОСТ Р 8.868-2014.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Требования, подтверждаемые при поверке

Наименование требования (характеристики)	Значение
Пределы допускаемой основной относительной погрешности значений индуктивности δ_L	см. таблицу 2
Пределы допускаемой основной относительной погрешности значений электрической добротности δ_Q , % - мер LQ-2408-2 из набора LQ-2408: - меры LQ-2408-3 из набора LQ-2408:	± 1 $\pm 0,04 (1 + Q^*)$
Предел допускаемой относительной нестабильности значений индуктивности v_0 , от предела допускаемой основной относительной погрешности δ_L , не более	0,9
Предел допускаемой относительной нестабильности значений электрической добротности v_0 , от предела допускаемой основной относительной погрешности δ_Q , не более	0,7
<i>*Q – номинальное значение электрической добротности</i>	

Таблица 2 – Пределы допускаемой основной относительной погрешности значений индуктивности

Модификация	Номинальное значение индуктивности	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, $\pm\delta_L$, %, при рабочих частотах, кГц							
		0,100	0,120	1,0	10	30	100	300	1000
LQ-2408-3	10000 Гн	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-
	1000 Гн	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-
	100 Гн	0,03	0,03	0,02	-	-	-	-	-
	10 Гн	0,03	0,03	0,02	0,1	-	-	-	-
	1 Гн	-	-	0,02	0,1	-	-	-	-
LQ-2408-2	100 мГн	-	-	0,03	0,06	0,06	-	-	-
LQ-2408-2	50 мГн	-	-	0,03	0,06	0,06	-	-	-
LQ-2408-2	10 мГн	-	-	0,03	0,06	0,06	0,1	-	-
LQ-2408-2	5 мГн	-	-	0,03	0,06	0,1	0,1	-	-
LQ-2408-2	1 мГн	-	-	0,03	0,06	0,1	0,1	0,1	-
LQ-2408-2	500 мкГн	-	-	0,03	0,06	0,1	0,1	0,1	-
LQ-2408-2	100 мкГн	-	-	0,03	0,06	0,1	0,1	0,1	0,1
LQ-2408-2	50 мкГн	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
LQ-2408-2	10 мкГн	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
LQ-2408-2	5 мкГн	-	-	-	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
LQ-2408-2	1 мкГн	-	-	-	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2

2 Перечень операций поверки средства измерения

2.1 При поверке набора LQ-2408 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробования набора LQ-2408)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробования набора LQ-2408)	Да	Да	8.2
Определение действительных значений индуктивности и добротности мер LQ-2408-2	Да	Да	9.1
Определение действительных значений индуктивности и добротности меры LQ-2408-3	Да	Да	9.2

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Определение значений относительных нестабильностей и основных относительных погрешностей	Нет	Да	9.3
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Условия проведения поверки

Наименование характеристики	Значение
Температура окружающего воздуха, °C	от +19 до +21
Относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, изучившие эксплуатационную документацию на набор LQ-2408 и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, соответствующие требованиям, изложенным в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 (ред. от 30.12.2020 года) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Метрологические и технические требования к средствам поверки указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробования средства измерения)	Средства измерений температуры от +15 до +25 °C с абсолютной погрешностью не более 0,4 °C Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с абсолютной погрешностью не более 3 % Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Прибор комбинированный TESTO-622, рег. № 44744-10

Продолжение таблицы 5

1	2	3
п.8.2 Опробование (при подготовке к поверке и опробования средства измерения)	Средства измерений индуктивности от 1 мкГн до 10 кГн с относительной погрешностью не более 5 % Средства измерений добротности от 1 до 200 единиц с относительной погрешностью $\pm 0,05 (Q + 1/Q) \%$	Анализатор импеданса прецизионный WK 6500, рег. № 60119-15
п.9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Эталоны единицы индуктивности, соответствующие требованиям к вторичным (рабочим) эталонам по ГОСТ Р 8.732-2011, в диапазоне значений от 1 мкГн до 100 мГн	Государственный вторичный (рабочий) эталон единицы индуктивности в диапазоне значений 1 мкГн – 1 Гн 2.1.ZZH.0096.2013
	Эталоны единицы электрической добротности, соответствующие требованиям к вторичным эталонам по ГОСТ Р 8.868-2014, в диапазоне значений от 50 до 200	Государственный вторичный эталон единицы электрической добротности ВЭТ 139-2-89 2.1.ZZH.0081.2013
	Эталоны единицы электрического сопротивления, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по переменному току согласно Приказа Росстандарта №3456 от 30 декабря 2019 г., в диапазоне значений от 1 Ом до 100 кОм	Государственный рабочий эталон единицы электрического сопротивления 1 разряда для переменного тока номинальных значений от 1 Ом до 10 МОм в диапазоне частот 50 Гц – 1 МГц 3.1.ZZH.0097.2014
	Эталоны единицы электрической емкости, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по ГОСТ Р 8.371-80	Мост емкостной цифровой прецизионный АН2700А, рег. № 36294-07
	Средства измерений индуктивности от 1 мкГн до 10 кГн Средства измерений электрического сопротивления от 1 Ом до 1 МОм Средства измерений электрической емкости 1 мкФ Рабочий диапазон частот от 100 Гц до 1 МГц	Анализатор импеданса прецизионный WK 6500, рег. № 60119-15
<i>Примечание: Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования Приказа Минтруда и Соцзащиты от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», требования ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», а также требования безопасности и меры предосторожности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие набора LQ-2408 следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений;
- надежное закрепление разъемов – отсутствие их качания и вращения вокруг оси;
- отсутствие внутри прибора незакрепленных предметов (определяется встряхиванием, переворачиванием);
- четкость обозначений, чистоту разъемов, наличие и целостность пломб.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Выдержать набор LQ-2408 в условиях окружающей среды не менее 24 ч. согласно п.3.1.

8.2 Опробование

8.2.1 Целью опробования служит проверка работоспособности мер из набора LQ-2408.

8.2.2 Произвести прямые измерения значений индуктивности и добротности набора LQ-2408 на рабочих частотах, указанных в таблице 6, используя анализатор импеданса прецизионный WK 6500.

Таблица 6 – Рабочие частоты для набора LQ-2408

Модификация	Номинальное значение индуктивности	Рабочая частота, кГц							
		0,100	0,120	1,0	10	30	100	300	1000
LQ-2408-3	10000 Гн	L; Q	L; Q	-	-	-	-	-	-
	1000 Гн	L; Q	L; Q	-	-	-	-	-	-
	100 Гн	L; Q	L; Q	L; Q	-	-	-	-	-
	10 Гн	L; Q	L; Q	L; Q	L; Q	-	-	-	-
	1 Гн	-	-	L; Q	L; Q	-	-	-	-
LQ-2408-2	100 мГн	-	-	L	L; Q	L; Q	-	-	-
LQ-2408-2	50 мГн	-	-	L	L; Q	L; Q	-	-	-
LQ-2408-2	10 мГн	-	-	L	L; Q	L; Q	L; Q	-	-
LQ-2408-2	5 мГн	-	-	L	L; Q	L; Q	L; Q	-	-
LQ-2408-2	1 мГн	-	-	L	L; Q	L; Q	L; Q	L; Q	-
LQ-2408-2	500 мкГн	-	-	L	L	L; Q	L; Q	L; Q	-
LQ-2408-2	100 мкГн	-	-	L	L	L	L; Q	L; Q	L; Q
LQ-2408-2	50 мкГн	-	-	-	L	L	L	L	L
LQ-2408-2	10 мкГн	-	-	-	L	L	L	L	L
LQ-2408-2	5 мкГн	-	-	-	L	L	L	L	L
LQ-2408-2	1 мкГн	-	-	-	L	L	L	L	L

Примечание – Обозначением «L; Q» отмечены рабочие частоты, при которых проводится поверка по индуктивности и по добротности, а обозначением «L» - только по индуктивности

8.2.3 При значительном отклонении значений индуктивности и/или добротности от номинальных значений, набор LQ-2408 признают непригодным к применению и дальнейшие операции не производятся.

9 Определение метрологических характеристик средства измерений**9.1 Определение действительных значений индуктивности и добротности мер LQ-2408-2**

9.1.1 Определение действительных значений индуктивности мер LQ-2408-2 методом замещения

9.1.1.1 Провести измерения действительных значений индуктивности мер LQ-2408-2 для всех номинальных значений индуктивности на рабочих частотах (таблица 6) методом замещения, используя вторичные эталоны индуктивности и анализатор импеданса прецизионный WK 6500.

9.1.2 Определение действительных значений добротности мер LQ-2408-2

9.1.2.1 Определение действительных значений электрической добротности мер LQ-2408-2 на рабочих частотах 10 кГц и 30 кГц косвенным методом

9.1.2.1.1 Провести измерения значений активного электрического сопротивления мер LQ-2408-2 для всех номинальных значений добротности на рабочих частотах 10 кГц и 30 кГц (таблица 6) методом замещения, используя рабочие эталоны электрического сопротивления 1 разряда и анализатор импеданса прецизионный WK 6500.

9.1.2.1.2 Рассчитать действительные значения электрической добротности по формуле 1.

$$Q = \frac{2\pi \cdot f \cdot L}{R_o}, \quad (1)$$

где Q – действительное значение электрической добротности;

f – рабочая частота, Гц;

L – действительное значение индуктивности меры на частоте, Гн;

R_o – измеренное значение активного эл. сопротивления меры на частоте, Ом.

9.1.2.2 Определение действительных значений добротности мер LQ-2408-2 на рабочих частотах 100 кГц, 300 кГц и 1 МГц методом замещения

9.1.2.2.1 Провести измерения значений электрической добротности мер LQ-2408-2 для всех номинальных значений добротности на рабочих частотах 100 кГц, 300 кГц и 1 МГц (таблица 6) методом замещения, используя вторичные эталоны добротности и анализатор импеданса прецизионный WK 6500.

9.2 Определение действительных значений индуктивности и добротности меры LQ-2408-3

9.2.1 Для определения действительных значений индуктивности и электрической добротности сначала необходимо провести измерения значений внутренних элементов меры LQ-2408-3:

- электрического сопротивления пяти групп резисторов R1 и R2 на переменном токе;
- электрической емкости конденсатора С.

9.2.1.1 Перед измерениями открутить винт 7 и снять подставку 5 меры для доступа к клеммам 3 и 4 (рисунок 1).

9.2.1.2 Провести измерения значений электрического сопротивления пяти групп резисторов R1 и R2 соответствующим номинальным значениям индуктивности на рабочих частотах (таблица 6) методом замещения, используя рабочие эталоны электрического сопротивления 1 разряда и анализатор импеданса прецизионный WK 6500.

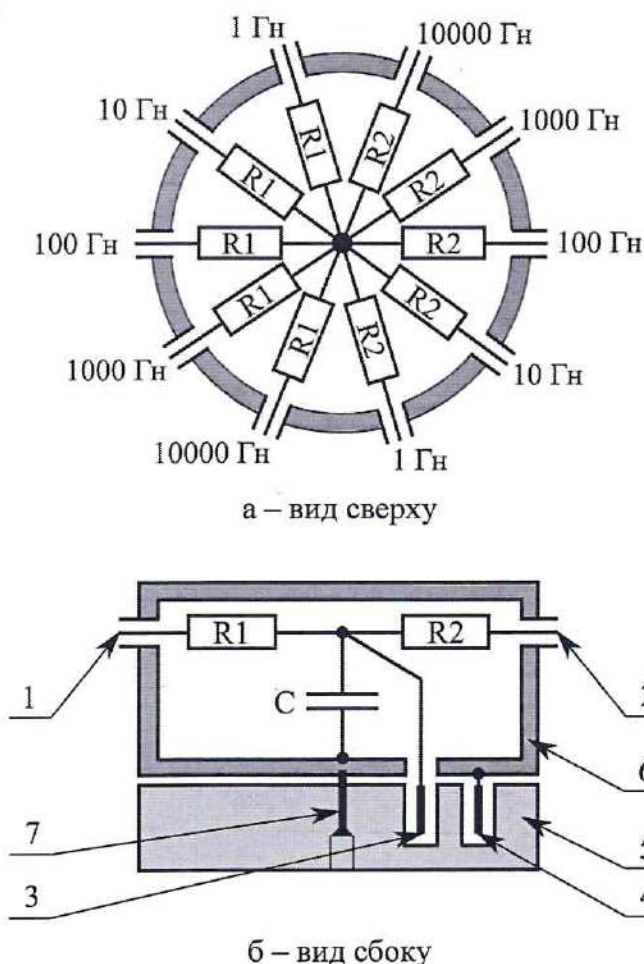


Рисунок 1 – Контактные выводы и размещение элементов меры LQ-2408-3:

1 - вывод резистора R1; 2 - вывод резистора R2; 3 - клемма общей точки резисторов R1, R2 и конденсатора C (изолирована от корпуса); 4 - клемма корпуса меры; 5 - подставка меры; 6 - корпус меры; 7 - винт.

9.2.1.2.1 Для измерения значений электрического сопротивления резистора R1 подключиться к центральному контакту разъема вывода 1 резистора R1 и к клемме 3 общей точки резисторов R1, R2 и конденсатора C.

9.2.1.2.2 Для измерения значений электрического сопротивления резистора R2 изменить точку подключения с вывода 1 резистора R1 на центральный контакт разъема вывода 2 резистора R2 расположенной на противоположной стороне.

9.2.1.3 Провести измерения значений электрической емкости конденсатора C на рабочих частотах (таблица 6) методом прямых измерений, используя мост емкостной цифровой прецизионный АН2700А.

9.2.1.3.1 Для измерения значений электрической емкости элемента C подключиться к клемме 3 общей точки резисторов R1, R2 и конденсатора C и к клемме 4 корпуса меры.

9.2.1.4 После измерений установить обратно подставку 5 меры и прикрутить винт 7.

9.2.2 Определение действительных значений индуктивности меры LQ-2408-3 косвенным методом

9.2.2.1 Рассчитать действительные значения индуктивности по формуле 2 для всех номинальных значений индуктивности на рабочих частотах (таблица 6).

$$L = R1 \cdot R2 \cdot C, \quad (2)$$

где L – действительное значение индуктивности, Гн;
 $R1$ – действительное значение сопротивления резистора $R1$ на частоте, кОм;
 $R2$ – действительное значение сопротивления резистора $R2$ на частоте, кОм;
 C – действительное значение эл. емкости конденсатора C на частоте, мкФ.

9.2.3 Определение действительных значений добротности меры LQ-2408-3 косвенным методом

9.2.3.1 Рассчитать действительные значения электрической добротности по формуле 3 для всех номинальных значений добротности на рабочих частотах (таблица 6).

$$Q = \frac{2 \pi \cdot f \cdot L}{R1 + R2}, \quad (3)$$

где Q – действительное значение электрической добротности;
 f – рабочая частота, кГц;
 L – действительное значение индуктивности на частоте, Гн;
 $R1$ – действительное значение сопротивления резистора $R1$ на частоте, кОм;
 $R2$ – действительное значение сопротивления резистора $R2$ на частоте, кОм.

9.3 Определение значений относительных нестабильностей и основных относительных погрешностей

9.3.1 При периодической поверке рассчитать значения относительной нестабильности индуктивности и электрической добротности по формуле 4.

$$v_o = \frac{Lx(Qx) - L(Q)}{L(Q)} \cdot 100, \quad (4)$$

где v_o – значение относительной нестабильности, %;
 $Lx(Qx)$ – полученное действительное значение индуктивности (эл. добротности);
 $L(Q)$ – действительное значение индуктивности (электрической добротности)
 приведенное в протоколе предыдущей поверки.

9.3.2 Рассчитать значения основной относительной погрешности индуктивности и электрической добротности по формуле 5.

$$\delta_{отн} = \sqrt{\delta_x^2 + v_o^2}, \quad (5)$$

где $\delta_{отн}$ – значение основной относительной погрешности, %;
 δ_x – относительная погрешность измерения поверяемой меры, %;
 v_o – относительная нестабильность, %.

9.3.3 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной нестабильности и основной относительной погрешности индуктивности и электрической добротности не превышают пределов допускаемой относительной нестабильности и основной относительной погрешности.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 При положительных результатах поверки набора LQ-2408 признаётся пригодным к применению (подтверждено соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и обязательным требованиям к рабочему эталону, приведенным в ГОСТ Р 8.732-2011 и ГОСТ Р 8.868-2014).

10.2 При отрицательных результатах поверки набора LQ-2408 признаётся непригодным к применению (соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, и обязательным требованиям к рабочему эталону, приведенным в ГОСТ Р 8.732-2011 и ГОСТ Р 8.868-2014, не подтверждено).

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляют протоколом, форма протокола произвольная.

11.2 При положительных результатах поверки набор LQ-2408 признают пригодным к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» или в соответствии с порядком, действующим на момент проведения поверки или действующими на момент проведения поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений. Предусмотрено нанесение знака поверки на нижние крышки всех мер из набора LQ-2408 (нижняя крышка меры LQ-2408-3 расположена под прозрачной подставкой) в виде изображения знака поверки на мастичной пломбе.

11.3 При отрицательных результатах поверки набор LQ-2408 признают непригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и оформляют результаты в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» или действующими на момент проведения поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

11.4 Сведения о результатах и объемах проведенной поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений».

Начальник сектора 31
Западно-Сибирского филиала
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Ю. Батраков