

Государственная система обеспечения единства измерений

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя ГЦИ СИ
ФБУ «ЦСМ Московской области»
Директор Сергиево-Посадского филиала
ФБУ «ЦСМ Московской области»



Е.А. Павлюк

2013 г.

Измерители LCR AM-3123, AM-3125

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 06/005-13

Настоящая методика поверки распространяется на измерители LCR AM-3123, AM-3125 (далее по тексту – измерители LCR).

Документ устанавливает порядок и объем первичной и периодической поверок.
Рекомендуемый межповерочный интервал – 1 год.

1 Операции и средства поверки

При проведении поверки проводятся операции, указанные в таблице 1, и должны использоваться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 1. Операции поверки.

№ п/п	Операции поверки	Номер пункта методики поверки	Проведение операций при поверке	
			первичной (внеочередной)	периодической
1	Внешний осмотр	5.1	+	+
2	Определение идентификационных данных программного обеспечения	5.2	+	+
3	Опробование	5.3	+	+
4	Определение погрешности измерений	5.4		
4.1	Определение погрешности измерений сопротивления	5.4.1	+	+
4.2	Определение погрешности измерений емкости	5.4.2	+	+
4.3	Определение погрешности измерений индуктивности	5.4.3	+	+
4.4	Определение погрешности измерений импеданса и вторичных параметров	5.4.4	+	+

При несоответствии характеристик поверяемого измерителя LCR установленным требованиям по любому из пунктов таблицы 1 его к дальнейшей поверке не допускают и последующие операции не проводят, за исключением оформления результатов по п. 6.

Таблица 2. Средства поверки.

№ п/п методики поверки	Наименование средства измерений	Метрологические характеристики
5.3	Магазин электрического сопротивления P4834.	(0,01-10 ⁶) Ом, 3 разряд.
5.4.1	Магазин электрического сопротивления P4834. Мера электрического сопротивления P4017.	(0,01-10 ⁶) Ом, 3 разряд. 10 ⁷ Ом, класс точности 0,05.
5.4.2	Меры емкости образцовые P597. Магазин емкости P5025.	Номинальные значения от 1000 пФ до 1 мкФ, 3 разряд. Номинальные значения от 10 до 111 мкФ, класс точности 0,5.
5.4.3	Меры индуктивности P596. Мера индуктивности и добротности LQ-2300.	Номинальные значения от 50 мкГн до 1 Гн, 2 разряд. Номинальные значения 1, 3, 10 Гн, 2 разряд.
5.4.4	Меры емкости образцовые P597. Магазин электрического сопротивления P4834.	Номинальные значения 1, 10, 100 и 1000 нФ, 3 разряд. (0,01-10 ⁶) Ом, 3 разряд.

Примечания:

- 1) Допускается применять другие средства поверки, метрологические и технические характеристики которых удовлетворяют требованиям, указанным в таблице 2.
- 2) Все средства измерений должны быть исправны и поверены.

2 Требования к квалификации поверителей

К поверке измерителей LCR допускают лиц, аттестованных на право поверки средств измерений электрических величин.

3 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.3.019-80.

Также должны быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки и измерители LCR.

4 Условия поверки и подготовка к ней

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °C 18-22;
- относительная влажность воздуха, % не более 75;
- атмосферное давление, кПа 85-105.

4.2 Средства поверки подготавливают к работе согласно указаниям, приведенным в соответствующих эксплуатационных документах.

Измерители LCR и средства поверки должны быть выдержаны в условиях проведения поверки не менее 4 часов.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого измерителя LCR следующим требованиям:

- комплектность в соответствии с руководством по эксплуатации;
- чёткость маркировки;
- отсутствие механических повреждений корпуса, разъёмов, кабелей, лицевой панели, органов управления, дисплея, нарушающих работу измерителя LCR или затрудняющих поверку.

Измерители LCR, имеющие дефекты, бракуются.

5.2 Определение идентификационных данных программного обеспечения.

Определение идентификационных данных программного обеспечения при поверке проводится при включении измерителя LCR. При нажатии и удержании кнопки включения измерителя LCR на его дисплее отображается номер версии установленного программного обеспечения (рис. 1).



Номер версии

Рисунок 1. Идентификационные данные установленного программного обеспечения.

Номер версии программного обеспечения должен соответствовать указанному в таблице 3.

Таблица 3. Идентификационные данные программного обеспечения.

Модель измерителя LCR	Номер версии (идентификационный номер)
AM-3123, AM-3125	2.2.xx*

* - номер версии встроенного ПО измерителей LCR определяют первые две цифры, разделенные точками. Вместо «х» могут быть любые символы.

В случае если номер версии программного обеспечения не соответствует указанному, для данного измерителя LCR может быть выполнена только его калибровка по настоящей методике поверки.

5.3 Опробование.

Опробование проводят с помощью магазина электрического сопротивления Р4834 в режиме измерения сопротивления при скорости измерений – SLOW, на частоте испытательного сигнала 1 кГц.

Измеритель LCR подключают с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя LCR к зажимам «5» и «9» магазина сопротивлений Р4834. На магазине выставляют сопротивление 100 Ом, затем с помощью переключателей декад «1 Ом», «0,1 Ом», «0,01 Ом» проверяют изменение на одну единицу цифры соответствующего разряда индикатора R измерителя LCR.

При наличии неисправностей поверяемый измеритель LCR бракуется.

5.4 Определение погрешности измерений.

Перед поверкой измеритель LCR должен быть выдержан во включенном состоянии не менее 10 минут.

Поверку проводят при скорости измерений – SLOW.

5.4.1 Определение погрешности измерений электрического сопротивления.

Определение погрешности измерений сопротивления производится в режиме измерения - R методом прямого измерения с помощью магазина сопротивлений Р4834 для значений сопротивления 0,1; 1; 10, 100 Ом; 1 и 10 кОм на частотах испытательного сигнала 100 Гц и 1 кГц; 100 кОм и 1 МОм на частоте испытательного сигнала 100 Гц, а также с помощью меры Р4017 10 МОм на частоте испытательного сигнала 100 Гц. При измерениях в диапазоне сопротивлений (0,1-100) Ом необходимо учитывать значение начального сопротивления магазина сопротивлений Р4834 при установке переключателей декад в положение «0».

Перед определением погрешности измерений сопротивления и в случае изменения частоты или эквивалентной схемы измерений измеритель LCR должен быть откалиброван в режиме КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений сопротивления определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 4.

Таблица 4. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений сопротивления.

Частота испытательного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений R	Эквивалентная схема измерений
от 100 до 1000 Гц	10 МОм	0,001 МОм	$\pm(0,03 \cdot R_x + 0,005) \text{ МОм}$	параллельная
	4 МОм	0,0001 МОм	$\pm(0,0125 \cdot R_x + 0,0003) \text{ МОм}$	параллельная
	400 кОм	0,01 кОм	$\pm(0,0035 \cdot R_x + 0,02) \text{ кОм}$	параллельная
	40 кОм	0,001 кОм	$\pm(0,0025 \cdot R_x + 0,002) \text{ кОм}$	параллельная
	4 кОм	0,0001 кОм	$\pm(0,0025 \cdot R_x + 0,0002) \text{ кОм}$	последовательная или параллельная

от 100 до 1000 Гц	400 Ом	0,01 Ом	$\pm(0,0025 \cdot R_x + 0,02)$ Ом	последовательная
	40 Ом	0,001 Ом	$\pm(0,0035 \cdot R_x + 0,002)$ Ом	последовательная
	4 Ом	0,0001 Ом	$\pm(0,01 \cdot R_x + 0,0003)$ Ом	последовательная
	0,4 Ом	0,0001 Ом	$\pm(0,08 \cdot R_x + 0,0005)$ Ом	последовательная

Абсолютная погрешность измерений сопротивления вычисляется по формуле:

$$\Delta R_i = R_{xi} - R_{эi},$$

где R_{xi} – значение сопротивления, считанное с измерителя LCR в i -той точке, Ом, кОм,

МОм;

$R_{эi}$ – значение сопротивления магазина сопротивлений P4834, меры P4017 в i -той точке, Ом, кОм, МОм.

Погрешность измерений сопротивления не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности сопротивления.

Значение сопротивления, Ом	Значение частоты испытательного сигнала, Гц	Пределы допускаемой погрешности сопротивления
0,1	100	$\pm 0,0085$ Ом
	1000	
1	100	$\pm 0,0103$ Ом
	1000	
10	100	$\pm 0,037$ Ом
	1000	
100	100	$\pm 0,27$ Ом
	1000	
1 кОм	100	$\pm 0,0027$ кОм
	1000	
10 кОм	100	$\pm 0,027$ кОм
	1000	
100 кОм	100	$\pm 0,37$ кОм
1 МОм	100	$\pm 0,0128$ МОм
10 МОм	100	$\pm 0,305$ МОм

5.4.2 Определение погрешности измерений емкости.

Определение погрешности измерений емкости производится в режиме измерения - С на частоте испытательного сигнала 1 кГц методом прямого измерения при помощи мер емкости P597 для значений емкости 1, 2, 3, 10, 20, 30, 100, 200, 300 нФ; 1 мкФ, магазина емкости P5025 для значений емкости 10, 20, 30 и 100 мкФ.

Перед определением погрешности измерений емкости и в случае изменения эквивалентной схемы измеритель LCR должен быть откалиброван в режиме XX (OPEN) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений емкости определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 6.

Таблица 6. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений емкости.

Частота испытательного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений С	Эквивалентная схема измерений
1 кГц	400 мкФ	0,01 мкФ	$\pm(0,015 \cdot C_x + 0,03)$ мкФ	последовательная
	40 мкФ	0,001 мкФ	$\pm(0,015 \cdot C_x + 0,002)$ мкФ	последовательная
	4 мкФ	0,0001 мкФ	$\pm(0,0025 \cdot C_x + 0,0002)$ мкФ	последовательная

1 кГц	400 нФ	0,01 нФ	$\pm(0,0025 \cdot C_x + 0,02)$ нФ	последовательная или параллельная
	40 нФ	0,001 нФ	$\pm(0,0025 \cdot C_x + 0,002)$ нФ	параллельная
	4 нФ	0,0001 нФ	$\pm(0,035 \cdot C_x + 0,0003)$ нФ	параллельная

Абсолютная погрешность измерений емкости вычисляется по формуле:

$$\Delta C_i = C_{x_i} - C_{э_i},$$

где C_{x_i} – значение емкости, считанное с измерителя LCR в i -той точке, нФ, мкФ;

$C_{э_i}$ – значение емкости меры P597 и магазина емкости P5025 в i -той точке, нФ, мкФ.

Погрешность измерений емкости не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности емкости.

Значение емкости	Частота испытательного сигнала, кГц	Пределы допускаемой погрешности емкости
1 нФ	1	$\pm 0,0353$ нФ
2 нФ		$\pm 0,0703$ нФ
3 нФ		$\pm 0,1053$ нФ
10 нФ		$\pm 0,027$ нФ
20 нФ		$\pm 0,052$ нФ
30 нФ		$\pm 0,077$ нФ
100 нФ		$\pm 0,27$ нФ
200 нФ		$\pm 0,52$ нФ
300 нФ		$\pm 0,77$ нФ
1 мкФ		$\pm 0,0027$ мкФ
10 мкФ		$\pm 0,152$ мкФ
20 мкФ		$\pm 0,302$ мкФ
30 мкФ		$\pm 0,452$ мкФ
100 мкФ		$\pm 1,53$ мкФ

5.4.3 Определение погрешности измерений индуктивности.

Определение погрешности измерений индуктивности производится в режиме измерения - L на частоте испытательного сигнала 1 кГц методом прямого измерения при помощи мер индуктивности P596 для значений индуктивности 100, 200, 300 мкГн; 1, 2, 3, 10, 20, 30, 100, 200 и 300 мГн, 1 Гн и LQ-2300 для значений индуктивности 3, 10 Гн.

Перед определением погрешности измерений индуктивности измеритель LCR должен быть откалиброван в режиме КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений индуктивности определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 8.

Таблица 8. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений индуктивности.

Частота испытательного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений L	Эквивалентная схема измерений
1 кГц	40 Гн	0,001 Гн	$\pm(0,0035 \cdot L_x + 0,002)$ Гн	последовательная
	4 Гн	0,0001 Гн	$\pm(0,0025 \cdot L_x + 0,0002)$ Гн	последовательная
	400 мГн	0,01 мГн	$\pm(0,0025 \cdot L_x + 0,02)$ мГн	последовательная
	40 мГн	0,001 мГн	$\pm(0,0025 \cdot L_x + 0,002)$ мГн	последовательная
	4 мГн	0,0001 мГн	$\pm(0,0045 \cdot L_x + 0,0002)$ мГн	последовательная
	400 мкГн	0,1 мкГн	$\pm(0,014 \cdot L_x + 0,5)$ мкГн	последовательная

Абсолютная погрешность измерений индуктивности вычисляется по формуле:

$$\Delta L_i = L_{x_i} - L_{э_i},$$

где L_{x_i} – значение индуктивности, считанное с измерителя LCR в i -той точке, мкГн, мГн, Гн;

$L_{э_i}$ – значение индуктивности мер P596 и LQ-2300 в i -той точке, мкГн, мГн, Гн.

Погрешность измерений индуктивности не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 9.

Таблица 9. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности индуктивности.

Значение индуктивности	Частота испытательного сигнала, кГц	Пределы допускаемой погрешности индуктивности
100 мкГн	1	$\pm 1,9$ мкГн
200 мкГн		$\pm 3,3$ мкГн
300 мкГн		$\pm 4,7$ мкГн
1 мГн		$\pm 0,0047$ мГн
2 мГн		$\pm 0,0092$ мГн
3 мГн		$\pm 0,0137$ мГн
10 мГн		$\pm 0,027$ мГн
20 мГн		$\pm 0,052$ мГн
30 мГн		$\pm 0,077$ мГн
100 мГн		$\pm 0,27$ мГн
200 мГн		$\pm 0,52$ мГн
300 мГн		$\pm 0,77$ мГн
1 Гн		$\pm 0,0027$ Гн
3 Гн		$\pm 0,0077$ Гн
10 Гн		$\pm 0,037$ Гн

5.4.4 Определение погрешности измерений импеданса и вторичных параметров.

Определение погрешности измерений импеданса (Z) и вторичных параметров: тангенса угла диэлектрических потерь (D), добротности (Q) и угла фазового сдвига (Θ), производится методом прямого измерения при помощи составных мер из последовательно соединенных меры емкости P597 и магазина сопротивлений P4834 по схеме рис. 2.



Рисунок 2. Схема соединения составной меры.

Определение погрешности измерений указанных параметров выполняется для значений составной меры в соответствии с таблицами 10 и 11 на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режимы измерения - C/D, C/Q, Z/Θ.

Таблица 10. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений D и Q .

Параметры компонентов составной меры		Параметр D ($D < 0,5$)				Параметр Q ($Q \cdot D_e \leq 0,25$)			
C, нФ	R, Ом	Номинальное значение	Пределы допускаемой погрешности (D_e)	Пределы допускаемых значений		Номинальное значение	Пределы допускаемой погрешности (Q_e)	Пределы допускаемых значений	
				нижний	верхний			нижний	верхний
10	45	0,0028	$\pm 0,0025$	0,0003	0,0053	-	-	-	-
	160	0,0100		0,0075	0,0125	99,472	$\pm \frac{Q_x \cdot D_e}{1 \mp Q_x \cdot D_e}$	79,662	133,396
	637	0,0400		0,0375	0,0425	24,985		23,516	26,650
	1600	0,1005		0,0980	0,1030	9,947		9,706	10,201
	6370	0,4002		0,3977	0,4027	2,499		2,483	2,514

Таблица 11. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений Z и Θ .

Параметры компонентов составной меры		Параметр Z , кОм				Параметр Θ , °			
С, нФ	R, Ом	Номинальное значение	Пределы допускаемой погрешности	Пределы допускаемых значений		Номинальное значение	Пределы допускаемой погрешности	Пределы допускаемых значений	
				нижний	верхний			нижний	верхний
1	122000	200,535	$\pm(0,006 \cdot Z_x + 0,02)$	199,312	201,758	52,53	$\pm 2,0$	50,53	54,53
10	98726	100,001		99,380	100,620	9,16		7,16	11,16
	47400	50,001		49,680	50,320	18,56		16,56	20,56
	19280	25,000	$\pm(0,0025 \cdot Z_x + 0,002)$	24,935	25,065	39,54	$\pm 0,25$	39,29	39,79
	1650	16,001		15,959	16,043	84,02		83,77	84,27
100	9873	10,000		9,973	10,027	9,16		8,91	9,41
	4740	5,000	$\pm(0,0025 \cdot Z_x + 0,0002)$	4,985	5,015	18,56	$\pm 0,15$	18,31	18,81
	1212	2,000		1,995	2,005	52,71		52,56	52,86
1000	3000	3,0042		2,9965	3,0119	3,04		2,89	3,19
	988	1,0007	$\pm(0,0025 \cdot Z_x + 0,02) \text{ Ом}$	0,9980	1,0034	9,15	$\pm 0,15$	9,00	9,30
	474	0,5000		0,4986	0,5014	18,56		18,41	18,71
	122	200,5 Ом		0,2000	0,2010	52,53		52,38	52,68

Абсолютная погрешность измерений параметров для каждой проверяемой точки вычисляется по формуле:

$$\Delta P_i = P_{Xi} - P_{\Xi_i},$$

где P_{Xi} – значение параметра, считанное с измерителя LCR в i -ой точке;

P_{Ξ_i} – значение параметра составной меры в i -ой точке.

Погрешность измерений параметров не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблицах 10 и 11.

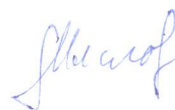
6 Оформление результатов поверки

6.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, оформляют рабочими записями произвольной формы. Допускаются компьютерные записи, формирование и хранение протокола поверки.

6.2 Положительные результаты поверки измерителей LCR оформляют свидетельством о поверке в соответствии с действующими нормативными документами.

6.3 При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики измерители LCR к дальнейшей эксплуатации не допускают и выдают извещение о непригодности в соответствии с действующими нормативными документами. В извещении указывают причину непригодности.

Начальник лаборатории
аттестации методик выполнения измерений
Сергиево-Посадского филиала
ФБУ «ЦСМ Московской области»



В.А. Маслов

Ведущий инженер по метрологии отдела ЭРИ
Сергиево-Посадского филиала
ФБУ «ЦСМ Московской области»



А.Ю. Плющев