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

«14» 11 2013 г.

Измерители LCR APPA701, APPA703

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 06/009-13

Настоящая методика поверки распространяется на измерители LCR APPA701, APPA703. (далее по тексту – измерители LCR).

Документ устанавливает порядок и объём 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	+	+
3	Опробование	5.2	+	+
4	Определение погрешности измерений	5.3		
4.1	Определение погрешности измерений сопротивления переменному току	5.3.1	+	+
4.2	Определение погрешности измерений сопротивления постоянному току	5.3.2	+	+
4.3	Определение погрешности измерений емкости	5.3.3	+	+
4.4	Определение погрешности измерений индуктивности	5.3.4	+	+
4.5	Определение погрешности измерений вторичных параметров	5.3.5	+	+

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
5.2	Магазин электрического сопротивления Р4834.	(0,01-10^6) Ом, 3 разряд.
5.3.1	Магазин электрического сопротивления Р4834. Мера электрического сопротивления Р4017. Мера электрического сопротивления Р4018.	(0,01-10^6) Ом, 3 разряд. 10^7 Ом, класс точности 0,05. 10^8 Ом, класс точности 0,05.
5.3.2	Магазин электрического сопротивления Р4834. Магазин сопротивления Р404. Магазин сопротивления Р405. Магазин сопротивления Р4007.	(0,01-10^6) Ом, 3 разряд. (1-10) МОм, класс точности 0,05. (10-100) МОм, класс точности 0,05. (100-1000) МОм, класс точности 0,02.
5.3.3	Меры емкости образцовые Р597. Магазин емкости Р5025.	Номинальные значения от 200 пФ до 1 мкФ, 3 разряд. Номинальные значения от 3 до 111 мкФ, класс точности 0,5.

5.3.4	Меры индуктивности Р596. Мера индуктивности и добротности LQ-2300.	Номинальные значения от 200 мкГн до 1 Гн, 2 разряд. Номинальные значения 3, 5, 10 Гн, 2 разряд.
5.3.5	Мера емкости образцовая Р597. Магазин электрического сопротивления Р4834. Резисторы типа ОМЛТ, С2-29 Измеритель LCR-819	Номинальное значение 10 нФ, 3 разряд. ($0{,}01\text{-}10^4$) Ом, 3 разряд. От 10 кОм до 1 МОм, мощность не менее 0,25 Вт. От 6,25 Ом до 420 кОм, базовая погрешность 0,05 %.

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, °С 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 Опробование.

Опробование проводят с помощью магазина электрического сопротивления Р4834 в режиме измерения сопротивления по переменному току при максимальной разрядности индикатора, на частоте испытательного сигнала 1 кГц.

Измеритель LCR подключают с использованием измерительного щупа для SMD компонентов из комплекта измерителя LCR к зажимам «5» и «9» магазина сопротивлений Р4834 с использованием дополнительного проводника. На магазине выставляют сопротивление

100 Ом, затем с помощью переключателей декад «10 Ом», «1 Ом», «0,1 Ом», «0,01 Ом» проверяют изменение цифры соответствующего разряда индикатора R измерителя LCR.

При наличии неисправностей поверяемый измеритель LCR бракуется.

5.3 Определение погрешности измерений.

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

Поверку проводят при максимальной разрядности индикатора.

5.3.1 Определение погрешности измерений электрического сопротивления по переменному току.

Определение погрешности измерений сопротивления производится в режиме измерения - R методом прямого измерения с помощью магазина сопротивлений Р4834 для значений сопротивления 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 мер Р4017 10 МОм, Р4018 100 МОм на частоте испытательного сигнала 100 Гц. При поверке необходимо учитывать значение начального сопротивления магазина сопротивлений Р4834 при установке переключателей декад в положение «0». При поверке в точках свыше 10 кОм необходимо использовать провод заземления, подключенный к правому гнезду (GUARD) измерителя LCR.

Перед определением погрешности измерений сопротивления и в случае изменения частоты измеритель LCR должен быть откалиброван в режимах XX (OPEN) и КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с измерительным щупом для SMD компонентов из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой погрешности измерений сопротивления определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 3.

Таблица 3. Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений сопротивления переменному току.

Частота испытательного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений
100 Гц	200 Ом	0,01 Ом	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}05)$ Ом
	2 кОм	0,0001 кОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}0005)$ кОм
	20 кОм	0,001 кОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}005)$ кОм
	200 кОм	0,01 кОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}05)$ кОм
	2 МОм	0,0001 МОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}0005)$ МОм
	20 МОм	0,001 МОм	$\pm(0{,}005\cdot R_x+0{,}005)$ МОм
	200 МОм	0,01 МОм	$\pm(0{,}01\cdot R_x+0{,}05)$ МОм*
1 кГц	20 Ом	0,001 Ом	$\pm(0{,}005\cdot R_x+0{,}015)$ Ом
	200 Ом	0,01 Ом	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}05)$ Ом
	2 кОм	0,0001 кОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}0005)$ кОм
	20 кОм	0,001 кОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}005)$ кОм
	200 кОм	0,01 кОм	$\pm(0{,}002\cdot R_x+0{,}05)$ кОм
	2 МОм	0,0001 МОм	$\pm(0{,}005\cdot R_x+0{,}0005)$ МОм
	20 МОм	0,001 МОм	$\pm(0{,}02\cdot R_x+0{,}005)$ МОм

* - при времени измерений ~2 с.

Погрешность измерений сопротивления вычисляется по формуле:

$\Delta R_i = Ru_i - Rx_i$,

где Ru_i – значение сопротивления, считанное с измерителя LCR в i-той точке, Ом, кОм, МОм;

Rx_i – значение сопротивления магазина сопротивлений Р4834, мер Р4017, Р4018 в i-той точке, Ом, кОм, МОм.

Погрешность измерений сопротивления не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений сопротивления переменному току.

Проверяемая точка	Значение частоты испытательного сигнала, Гц	Пределы допускаемой погрешности
1 Ом	100	±0,020 Ом
	1000	±0,020 Ом
10 Ом	100	±0,065 Ом
	1000	±0,065 Ом
100 Ом	100	±0,25 Ом
	1000	±0,25 Ом
1 кОм	100	±0,0025 кОм
	1000	±0,0025 кОм
10 кОм	100	±0,025 кОм
	1000	±0,025 кОм
100 кОм	100	±0,25 кОм
1 МОм	100	±0,0025 МОм
10 МОм	100	±0,055 МОм
100 МОм	100	±1,05 МОм

5.4.2 Определение погрешности измерений электрического сопротивления по постоянному току.

Определение погрешности измерений сопротивления производится в режиме измерения - DCR методом прямого измерения с помощью магазина сопротивлений Р4834 для значений сопротивления до 1 МОм и с помощью магазинов сопротивлений Р404, Р405 и Р4007 свыше 1 МОм. При поверке необходимо учитывать значение начального сопротивления магазина сопротивлений Р4834 при установке переключателей декад в положение «0».

Перед определением погрешности измерений сопротивления измеритель LCR должен быть откалиброван в режимах ХХ (OPEN) и КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с измерительным щупом для SMD компонентов из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой погрешности измерений сопротивления определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 5.

Таблица 5. Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений сопротивления постоянному току.

Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений
200 Ом	0,01 Ом	$\pm(0{,}002 \cdot R_x + 0{,}05)$ Ом*
2 кОм	0,0001 кОм	$\pm(0{,}002 \cdot R_x + 0{,}0005)$ кОм
20 кОм	0,001 кОм	$\pm(0{,}002 \cdot R_x + 0{,}005)$ кОм
200 кОм	0,01 кОм	$\pm(0{,}002 \cdot R_x + 0{,}05)$ кОм
2 МОм	0,0001 МОм	$\pm(0{,}002 \cdot R_x + 0{,}0005)$ МОм
20 МОм	0,001 МОм	$\pm(0{,}005 \cdot R_x + 0{,}005)$ МОм
200 МОм	0,01 МОм	$\pm(0{,}01 \cdot R_x + 0{,}05)$ МОм**

* - при времени измерений 2 с.

** - допускается нестабильность индикации измеренного значения не более 0,5 МОм.

Погрешность измерений сопротивления вычисляется по формуле:

$\Delta R_i = Ru_i - Rx_i$,

где Ru_i – значение сопротивления, считанное с измерителя LCR в i-той точке, Ом, кОм, МОм;

Rx_i – значение сопротивления магазинов сопротивлений Р4834, Р404, Р405, Р4007 в i-той точке, Ом, кОм, МОм.

Погрешность измерений сопротивления не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений сопротивления постоянному току.

Поддиапазон измерения	Проверяемая точка	Пределы допускаемой погрешности
200 Ом	20 Ом	±0,09 Ом
	100 Ом	±0,25 Ом
	190 Ом	±0,43 Ом
2 кОм	0,3 кОм	±0,0011 кОм
	1,0 кОм	±0,0025 кОм
	1,9 кОм	±0,0043 кОм
20 кОм	3 кОм	±0,011 кОм
	10 кОм	±0,025 кОм
	19 кОм	±0,043 кОм
200 кОм	30 кОм	±0,11 кОм
	100 кОм	±0,25 кОм
	190 кОм	±0,43 кОм
2 МОм	0,3 МОм	±0,0011 МОм
	1,0 МОм	±0,0025 МОм
	1,9 МОм	±0,0043 МОм
20 МОм	3 МОм	±0,020 МОм
	10 МОм	±0,055 МОм
	19 МОм	±0,100 МОм
200 МОм	30 МОм	±0,35 МОм
	100 МОм	±1,05 МОм
	190 МОм	±1,95 МОм

5.4.3 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 Р597 для значений емкости 200, 400, 1000 пФ, 3, 4, 10, 30, 40, 100, 300, 400 нФ; 1 мкФ, магазина емкости Р5025 для значений емкости 3, 5, 10, 30, 40 и 100 мкФ. При поверке в точках до 1000 пФ включительно необходимо использовать провод заземления, подключенный к правому гнезду (GUARD) измерителя LCR.

Перед определением погрешности измерений емкости измеритель LCR должен быть откалиброван в режимах XX (OPEN) и КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с измерительным щупом для SMD компонентов из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой погрешности измерений емкости определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 7.

Таблица 7. Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений емкости.

Частота испытательного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений
1 кГц	2000 пФ	0,1 пФ	$\pm(0{,}005 \cdot C_x + 0{,}5)$ пФ*
	20 нФ	0,001 нФ	$\pm(0{,}002 \cdot C_x + 0{,}005)$ нФ
	200 нФ	0,01 нФ	$\pm(0{,}002 \cdot C_x + 0{,}05)$ нФ
	2000 нФ	0,1 нФ	$\pm(0{,}002 \cdot C_x + 0{,}5)$ нФ
	20 мкФ	0,001 мкФ	$\pm(0{,}015 \cdot C_x + 0{,}005)$ мкФ
	200 мкФ	0,01 мкФ	$\pm(0{,}015 \cdot C_x + 0{,}05)$ мкФ

* - при времени измерений 2 с.

Погрешность измерений емкости вычисляется по формуле:

$\Delta C_i = Cи_i - Cx_i$,

где $Cи_i$ – значение емкости, считанное с измерителя LCR в i-той точке, пФ, нФ, мкФ;

Cx_i – значение емкости меры Р597 и магазина емкости Р5025 в i-той точке, пФ, нФ, мкФ.

Погрешность измерений емкости не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 8.

Таблица 8. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений емкости.

Поддиапазон измерения	Проверяемая точка	Пределы допускаемой погрешности
2000 пФ	200 пФ	±1,5 пФ
	400 пФ	±2,5 пФ
	1000 пФ	±5,5 пФ
20 нФ	3 нФ	±0,011 нФ
	4 нФ	±0,013 нФ
	10 нФ	±0,025 нФ
200 нФ	30 нФ	±0,11 нФ
	40 нФ	±0,13 нФ
	100 нФ	±0,25 нФ
2000 нФ	300 нФ	±1,1 нФ
	400 нФ	±1,3 нФ
	1000 нФ	±2,5 нФ
20 мкФ	3 мкФ	±0,050 мкФ
	5 мкФ	±0,080 мкФ
	10 мкФ	±0,155 мкФ
200 мкФ	30 мкФ	±0,50 мкФ
	40 мкФ	±0,80 мкФ
	100 мкФ	±1,55 мкФ

5.4.4 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 Р596 для значений индуктивности 200, 500 мкГн; 1, 3, 5, 10, 30, 50, 100, 300 и 500 мГн, 1 Гн и LQ-2300 для значений индуктивности 3, 5, 10 Гн.

Перед определением погрешности измерений индуктивности измеритель LCR должен быть откалиброван в режимах ХХ (OPEN) и КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с измерительным щупом для SMD компонентов из комплекта измерителя LCR.

Пределы допускаемой погрешности измерений индуктивности определяются в зависимости от поддиапазона измерений по формулам таблицы 9.

Таблица 9. Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений индуктивности.

Частота испытательного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений
1 кГц	2000 мкГн	0,1 мкГн	$\pm(0{,}005 \cdot L_x + 0{,}5)$ мкГн*
	20 мГн	0,001 мГн	$\pm(0{,}002 \cdot L_x + 0{,}005)$ мГн
	200 мГн	0,01 мГн	$\pm(0{,}002 \cdot L_x + 0{,}05)$ мГн
	2000 мГн	0,1 мГн	$\pm(0{,}002 \cdot L_x + 0{,}5)$ мГн
	20 Гн	0,001 Гн	$\pm(0{,}002 \cdot L_x + 0{,}005)$ Гн

* - при времени измерений 2 с.

Погрешность измерений индуктивности вычисляется по формуле:

$\Delta L_i = Lи_i - Lx_i$,

где $Lи_i$ – значение индуктивности, считанное с измерителя LCR в i-той точке, мкГн, мГн, Гн;

Lx_i – значение индуктивности мер Р596 и LQ-2300 в i-той точке, мкГн, мГн, Гн.

Погрешность измерений индуктивности не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений индуктивности.

Поддиапазон измерения	Проверяемая точка	Пределы допускаемой погрешности
2000 мкГн	200 мкГн	±1,5 мкГн
	500 мкГн	±3,0 мкГн
	1000 мкГн	±5,5 мкГн
20 мГн	3 мГн	±0,011 мГн
	5 мГн	±0,015 мГн
	10 мГн	±0,025 мГн
200 мГн	30 мГн	±0,11 мГн
	50 мГн	±0,15 мГн
	100 мГн	±0,25 мГн
2000 мГн	300 мГн	±1,1 мГн
	500 мГн	±1,5 мГн
	1000 мГн	±2,5 мГн
20 Гн	3 Гн	±0,011 Гн
	5 Гн	±0,015 Гн
	10 Гн	±0,025 Гн

5.4.5 Определение погрешности измерений вторичных параметров.

Определение погрешности измерений 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 по схеме рис. 1 меры емкости Р597 и магазина сопротивлений Р4834 до 10 кОм, резисторов типа ОМЛТ и аналогичных свыше 10 кОм, действительное значение которых измеряется измерителем LCR-819.

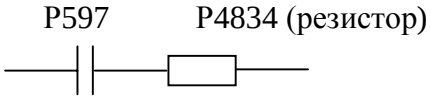

Рисунок 1. Схема соединения составной меры.

Определение погрешности измерений указанных параметров выполняется для рекомендованных значений составной меры в соответствии с таблицами 11 и 12 на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режимы измерения - C/D, C/Q, C/Θ.

Значения параметра D рассчитываются по формуле:

$D = Xc/R$,

где R – сопротивление магазина сопротивлений Р4834 (резистора), Ом,

$Xc = 1/(2\pi fC)$ – реактивное сопротивление конденсатора, Ом,

f – частота, Гц,

C – емкость, Ф.

Значения параметра Q рассчитываются по формуле:

$Q = 1/D$.

Значения параметра Θ рассчитываются по формуле:

$\Theta = \mathrm{arctg}\,(Z/R)$,

где $Z = \sqrt{(R^2 + Xc^2)}$.

Таблица 11. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений D и Q.

Параметры компонентов составной меры		Параметр D			Параметр Q		
C, нФ	R, Ом	Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра		Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра	
			нижний	верхний		нижний	верхний
10	160	0,0101	0,0051	0,0151	99,472	98,474	100,469
	637	0,0400	0,0349	0,0451	24,985	24,360	25,610
	1600	0,1005	0,0953	0,1057	9,947	9,877	10,017
	6370	0,4002	0,3944	0,4060	2,499	2,444	2,554
	27174	1,7074	1,6990	1,7158	0,586	0,580	0,592
	43150	2,711	2,656	2,766	-	-	-
	150510	9,457	9,388	9,526	-	-	-
	294170	-	-	-	0,054	0,049	0,059

Таблица 12. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений Θ.

Параметры компонентов составной меры		Параметр Z, кОм	Параметр Θ, °		
C, нФ	R, Ом	Номинальное значение	Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра	
				нижний	верхний
10	400000	400,316	2,28	1,77	2,78
	90143	91,537	10,01	9,49	10,53
	43150	45,992	20,25	19,71	20,79
	16000	22,568	44,85	44,26	45,43
	200	15,917	89,28	88,61	89,95

Погрешность измерений параметров для каждой проверяемой точки вычисляется по формуле:

$\Delta П_i = Пи_i - Пх_i$,

где $Пи_i$ – значение параметра, считанное с измерителя LCR в i-ой точке;

$Пх_i$ – значение параметра составной меры в i-ой точке.

Погрешность измерений параметров не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблицах 11 и 12.

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.