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 RLC АКИП-6108, АКИП-6109

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 06/008-13

Настоящая методика поверки распространяется на измерители RLC АКИП-6108, АКИП-6109 (далее по тексту – измерители RLC).

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	+	+
2	Опробование	5.2	+	+
3	Определение погрешности измерений	5.3		
3.1	Определение погрешности измерений сопротивления	5.3.1	+	+
3.2	Определение погрешности измерений емкости	5.3.2	+	+
3.3	Определение погрешности измерений индуктивности	5.3.3	+	+
3.4	Определение погрешности измерений параметров D, Q, Z, Θ	5.3.4	+	+

При несоответствии характеристик поверяемого измерителя RLC 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 сопротивлений Р4834.	(0,01-10^6) Ом, класс точности 0,05.
5.3.1	Магазин сопротивлений Р4834. Мера сопротивления Р4017.	(0,1-10^6) Ом, класс точности 0,05. 10^7 Ом, класс точности 0,05.
5.3.2	Меры емкости Р597. Магазин емкости Р5025.	Номинальные значения от 100 пФ до 1мкФ, 2 разряд. Номинальные значения от 10 до 111 мкФ, класс точности 0,5.
5.3.3	Меры индуктивности Р596. Мера индуктивности и добротности LQ-2300.	Номинальные значения от 100 мкГн, до 1Гн, 2 разряд. Номинальные значения 1, 3, 5, 10 Гн, 2 разряд.
5.3.4	Меры емкости Р597. Магазин сопротивлений Р4834. Анализатор компонентов прецизионный WK6430B. Резисторы типа ОМЛТ, С2-29 В, С5-5.	Номинальные значения 1, 10, 100 и 1000 нФ, 2 разряд. (0,1-10^6) Ом, класс точности 0,05. R от 0,3 Ом до 4,7 МОм, δR=±(0,02-0,2) %. От 10 кОм до 1 МОм.

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 RLC 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 RLC.

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 RLC и средства поверки должны быть выдержаны в условиях проведения поверки не менее 2 часов.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого измерителя RLC 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 RLC или затрудняющих поверку

Измерители RLC, имеющие дефекты, бракуются.

5.2 Опробование.

Опробование проводят с помощью магазина сопротивлений Р4834 в режиме измерений параметра R при скорости измерений – SLOW, на частоте испытательного сигнала 1 кГц.

Измеритель RLC подключают с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя RLC 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 цифры соответствующего разряда индикатора R измерителя RLC.

При наличии неисправностей поверяемый измеритель RLC бракуется.

5.3 Определение погрешности измерений.

Перед поверкой измеритель RLC должен быть выдержан во включенном состоянии не менее 10 минут и откалиброван в каждом из режимов измерений в режиме разомкнутой цепи (OPEN) или короткозамкнутой цепи (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя RLC.

Поверку проводят при скорости измерений – SLOW.

5.3.1 Определение погрешности измерений электрического сопротивления.

Определение погрешности измерений сопротивления производится с помощью магазина сопротивлений Р4834 и меры сопротивления Р4017 в режиме измерений - R.

Определение погрешности измерений сопротивления выполняется методом прямого измерений 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». При поверке в точках свыше 10 кОм необходимо использовать провод заземления, подключенный к правому гнезду (GUARD) измерителя RLC.

Перед измерениями на каждой частоте и эквивалентной схеме измерений измеритель RLC должен быть калиброван в режиме КЗ (SHrt) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя RLC.

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

Таблица 3. Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений сопротивления - R

Частота испыта-тельного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений R	Эквивалентная схема измерений
100 Гц и 1 кГц	10 МОм	0,001 МОм	$\pm(0{,}03\cdot R_x+0{,}005)$ МОм	параллельная
	4 МОм	0,0001 МОм	$\pm(0{,}0125\ R_x+0{,}0003)$ МОм	параллельная
	400 кОм	0,01 кОм	$\pm(0{,}0035\cdot R_x+0{,}02)$ кОм	параллельная
	40 кОм	0,001 кОм	$\pm(0{,}001\cdot R_x+0{,}002)$ кОм	параллельная
	4 кОм	0,0001 кОм	$\pm(0{,}001\cdot R_x+0{,}0002)$ кОм	последовательная или параллельная
	400 Ом	0,01 Ом	$\pm(0{,}001\cdot R_x+0{,}02)$ 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	$\pm(0{,}03\cdot R_x+0{,}0005)$ Ом	последовательная

Погрешность измерений сопротивления вычисляется по формуле:

$\Delta R_i = Ru_i - Rx_i$,

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

Rx_i – значение сопротивления магазина сопротивлений Р4834, меры Р4017 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

Поверяемая точка	Значение частоты испытательного сигнала, Гц	Пределы допускаемой погрешности
0,1 Ом	100	±0,0035 Ом
	1000	±0,0035 Ом

1 Ом	100	±0,0103 Ом
	1000	±0,0103 Ом
10 Ом	100	±0,037 Ом
	1000	±0,037 Ом
100 Ом	100	±0,12 Ом
	1000	±0,12 Ом
1 кОм	100	±0,0012 кОм
	1000	±0,0012 кОм
10 кОм	100	±0,012 кОм
	1000	±0,012 кОм
100 кОм	100	±0,37 кОм
1 МОм	100	±0,0128 МОм
10 МОм	100	±0,305 МОм

5.3.2 Определение погрешности измерений емкости.

Определение погрешности измерений емкости производится методом прямого измерений при помощи мер емкости Р597 для значений емкости 100, 200, 300, 500 пФ; 1, 10, 100 нФ; 1 мкФ, магазина емкости Р5025 для значений емкости 10, 20, 30, 50 и 100 мкФ на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режим измерений - С. При поверке в точках до 1 нФ включительно необходимо использовать провод заземления, подключенный к правому гнезду (GUARD) измерителя RLC.

Перед измерениями на каждой эквивалентной схеме измеритель RLC должен быть калиброван в режиме XX (OPEN) с использованием 5-ти проводного измерительного кабеля с зажимами Кельвина из комплекта измерителя RLC.

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

Таблица 5. Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений емкости – С

Частота испыта-тельного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой 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	$\pm(0{,}001\cdot C_x+0{,}0002)$ мкФ	последовательная
	400 нФ	0,01 нФ	$\pm(0{,}001\cdot C_x+0{,}02)$ нФ	последовательная или параллельная
	40 нФ	0,001 нФ	$\pm(0{,}001\cdot C_x+0{,}002)$ нФ	параллельная
	4 нФ	0,0001 нФ	$\pm(0{,}0035\cdot C_x+0{,}0003)$ нФ	параллельная
	400 пФ	0,01 пФ	$\pm(0{,}0125\cdot C_x+0{,}05)$ пФ	параллельная

Погрешность измерений емкости вычисляется по формуле:

$\Delta Ci = Cи_i - Cx_i$,

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

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

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

Таблица 6. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений емкости

Поддиапазон измерений	Поверяемая точка	Пределы допускаемой погрешности
400 пФ	100 пФ	±1,30 пФ
	200 пФ	±2,55 пФ
	300 пФ	±3,80 пФ
4 нФ	0,5 нФ	±0,0021 нФ
	1 нФ	±0,0038 нФ
40 нФ	10 нФ	±0,012 нФ
400 нФ	100 нФ	±0,12 нФ
4 мкФ	1 мкФ	±0,0012 мкФ
40 мкФ	10 мкФ	±0,152 мкФ
	20 мкФ	±0,302 мкФ
	30 мкФ	±0,452 мкФ
400 мкФ	50 мкФ	±0,78 мкФ
	100 мкФ	±1,53 мкФ

5.3.3 Определение погрешности измерений индуктивности.

Определение погрешности измерений индуктивности производится методом прямого измерений при помощи мер индуктивности Р596 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, 5 и 10 Гн на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режим измерений - L.

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

Таблица 7 Формулы определения пределов допускаемой погрешности измерений индуктивности – L

Частота испыта-тельного сигнала	Поддиапазон измерений	Цена единицы младшего разряда	Формулы определения пределов допускаемой 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	$\pm(0{,}001\cdot L_x+0{,}0002)$ Гн	последовательная
	400 мГн	0,01 мГн	$\pm(0{,}001\cdot L_x+0{,}02)$ мГн	последовательная
	40 мГн	0,001 мГн	$\pm(0{,}001\cdot L_x+0{,}002)$ 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

Погрешность измерений индуктивности вычисляется по формуле:

$\Delta L_i = Lи_i - Lx_i$,

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

Lx_i – значение емкости меры Р597 в i-той точке, мкГн, мГн, Гн.

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

Таблица 8. Точки поверки и пределы допускаемой погрешности измерений индуктивности

Поддиапазон измерений	Поверяемая точка	Пределы допускаемой погрешности
400 мкГн	100 мкГн	±1,9 мкГн
	200 мкГн	±3,3 мкГн
	300 мкГн	±4,7 мкГн

4 мГн	1 мГн	±0,0047 мГн
	2 мГн	±0,0092 мГн
	3 мГн	±0,0137 мГн
40 мГн	10 мГн	±0,012 мГн
	20 мГн	±0,022 мГн
	30 мГн	±0,032 мГн
400 мГн	100 мГн	±0,12 мГн
	200 мГн	±0,22 мГн
	300 мГн	±0,32 мГн
4 Гн	1 Гн	±0,0012 Гн
	3 Гн	±0,0032 Гн
40 Гн	5 Гн	±0,019 Гн
	10 Гн	±0,037 Гн

5.3.4 Определение погрешности измерений параметров D, Q, Z, Θ.

Определение погрешности измерений параметров: импеданса (Z), тангенса угла диэлектрических потерь (D), добротности (Q) и угла фазового сдвига (Θ), производится методом прямого измерений при помощи составных мер из последовательно соединенных по схеме рис. 1 меры емкости Р597 и магазина сопротивлений Р4834 до 10 кОм, резисторов типа ОМЛТ, С2-29 и аналогичных свыше 10 кОм, действительные значения сопротивления которых измеряются с помощью анализатора компонентов прецизионного WK6430B на частоте сигнала 1 кГц.

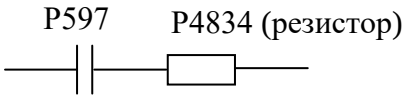

Рис. 1. Схема соединения составной меры.

Значения параметра D рассчитываются по формуле:
D=Xc/R,
где R – сопротивление магазина сопротивлений Р4834 (резистора), Ом,
Xc=1/(2πfC) – реактивное сопротивление конденсатора, Ом,
f – частота, Гц,
C – емкость, Ф.
Значения параметра Q рассчитываются по формуле:
Q=1/D.
Значения параметра Z рассчитываются по формуле:
где $Z=\sqrt{(R^2+Xc^2)}$.
Значения параметра Θ рассчитываются по формуле:
Θ=arctg (Z/R).
Пределы допускаемой погрешности измерений параметров указаны в таблицах 9 и 10.

Таблица 9. Пределы допускаемой погрешности измерений D и Q

Пределы допускаемой погрешности измерений		Эквивалентная схема измерений
D	Q	
±0,001	$\pm\frac{Q_x^2 \cdot D_e}{1 \mp Q_x \cdot D_e}$	параллельная

Таблица 10. Пределы допускаемой погрешности измерений Z и Θ

Поддиапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности измерений		Эквивалентная схема измерений
	Z	Θ	
4 МОм	$\pm(0{,}03 \cdot Z_x+0{,}0003)$ МОм	±0,75°	параллельная

400 кОм	±(0,03·Z_x+0,02) кОм	±1,0°	параллельная
40 кОм	±(0,001·Z_x+0,002) кОм	±0,25°	параллельная
4 кОм	±(0,001·Z_x+0,0002) кОм	±0,1°	последовательная или параллельная
400 Ом	±(0,001·Z_x+0,02) Ом	±0,1°	последовательная

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

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

$\Delta_{пi}$= $Пi_И$ – $Пi_x$,

где $Пi_И$ – показание параметра, считанное с измерителей RLC в i-ой точке;

$Пi_x$ – 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.

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

Параметры компонентов составной меры		Параметр D (D < 0,5)			Параметр Q (Q_x·D_e ≤ 0,25)		
C, нФ	R, Ом	Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра		Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра	
			нижний	верхний		нижний	верхний
10	45	0,0028	0,0018	0,0038	-	-	-
	160	0,0101	0,0091	0,0111	99,472	90,472	110,459
	637	0,0400	0,0390	0,0410	24,985	24,376	25,625
	1600	0,1005	0,0995	0,1015	9,947	9,849	10,047
	6370	0,4002	0,3992	0,4012	2,499	2,492	2,505

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

Параметры компонентов составной меры		Параметр Z, кОм			Параметр Θ, °		
C, нФ	R, Ом	Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра		Номинальное значение	Пределы допускаемых значений параметра	
			нижний	верхний		нижний	верхний
1	1046200	1,0582 МОм	1,0262 МОм	1,0903 МОм	8,65	7,90	9,40
	733120	750,20	727,39	773,00	12,25	11,50	13,00
	551510	574,02	556,495	591,536	16,10	15,35	16,85
	294170	334,46	324,410	344,518	28,42	27,42	29,42
	237100	285,56	276,976	294,151	33,87	32,87	34,87
	126830	203,51	197,38	209,63	51,45	50,45	52,45
10	100090	101,35	100,97	101,72	9,04	8,04	10,04
	43150	45,99	45,81	46,17	20,25	19,25	21,25
	27174	31,492	31,458	31,525	30,36	30,11	30,61
	1650	16,001	15,983	16,019	84,08	83,83	84,33

100	9873	10,000	9,988	10,012	9,16	8,91	9,41
	4740	5,000	4,993	5,007	18,56	18,31	18,81
	1212	2,0005	1,9983	2,0027	52,71	52,61	52,81
1000	3000	3,0042	3,0010	3,0074	3,04	2,94	3,14
	988	1,0007	0,9995	1,0019	9,15	9,05	9,25
	474	0,5000	0,4993	0,5007	18,56	18,46	18,66
	122	200,54 Ом	200,32 Ом	200,76 Ом	52,53	52,43	52,63

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 RLC оформляют свидетельством о поверке в соответствии с действующими нормативными документами.

6.3 При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики измерители RLC 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