

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерители LCR типа 4263B, 4263B-001, 4263B-002

Назначение средства измерений

Измерители LCR типа 4263B, 4263B-001, 4263B-002 (далее по тексту – измерители LCR) предназначены для автоматического измерения при синусоидальном напряжении параметров конденсаторов, катушек индуктивности, резисторов и других двухполюсников, представляемых параллельной или последовательной двухэлементной схемой замещения в лабораторных и промышленных условиях.

Описание средства измерений

В измерителях LCR использован метод измерений параметров электрических цепей – автобалансный мост.

Измерители LCR выполнены в виде моноблока с питанием от сети (110, 220) В частотой (50 – 60) Гц. На передней панели расположены: двухстрочный жидкокристаллический индикатор, кнопки управления выбором измеряемых параметров и режимов измерений, гнезда для подключения измерительного кабеля. На задней панели находятся: разъемы – интерфейса GPIB, подключения внешнего источника постоянного напряжения смещения величиной до 2,5 В, цепей дистанционного управления, внешнего запуска процесса измерения; предохранитель и разъем для подключения шнура сетевого питания.

Использование встроенного процессора в измерителях LCR обеспечивает высокую надежность и точность измерений в широком диапазоне измерений полных сопротивлений.

Результат измерения представлен в виде пятиразрядного числа от 0,0001 до 99999 как при измерении основных параметров: полного сопротивления (Z), полной проводимости (Y), индуктивности (L), емкости (C), сопротивления (R), так и производных параметров: тангенса угла потерь (D), добротности (Q) и фазового угла (θ). Одновременно с этим на индикаторе отображаются установленные режимы измерения и вспомогательные установки. Кроме измерения абсолютного значения параметров Z, Y, L, C и R возможно измерение их отклонения в абсолютном выражении или в процентах (Δ -измерение) от опорного значения, измеренного или вводимого с клавиатуры; отбор компонентов по основному и производному параметру в заданном диапазоне (верхняя и нижняя границы диапазона вводятся с клавиатуры).

Возможно усреднение результатов измерения от 2 до 256.

Измерители LCR, кроме основного исполнения 4263B, имеют два дополнительных:

- 4263B-001 – в комплекте с измерителем параметров трансформаторов, измеряющим активное сопротивление по постоянному току, взаимную индуктивность и коэффициент трансформации;

- 4263B-002 – с дополнительной частотой испытательного сигнала 20 кГц.

Внешний вид измерителей LCR с указанием места нанесения знака утверждения типа и мест пломбировки от несанкционированного доступа приведен на рисунках 1 и 2. При оформлении внешнего вида измерителей LCR могут использоваться логотипы компаний «Agilent Technologies» или «Keysight Technologies».



Рисунок 1 – Внешний вид измерителей

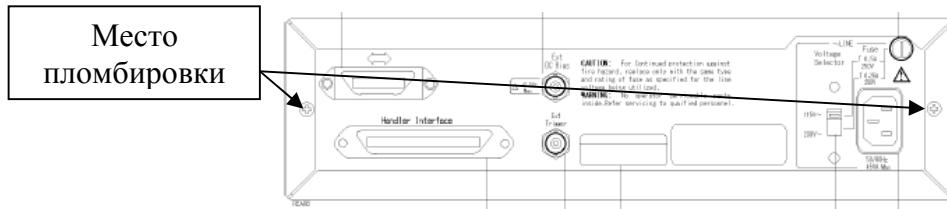


Рисунок 2 – Внешний вид измерителей (задняя панель)

Программное обеспечение

Управление режимами работы и настройками измерителей осуществляется с помощью внутреннего программного обеспечения (ПО), которое встроено в защищенную от записи память микроконтроллера, что исключает возможность его несанкционированных настройки и вмешательства, приводящим к искажению результатов измерений.

Идентификационные данные ПО измерителей LCR представлены в таблице 1.

Таблица 1

Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
Agilent 4263B Firmware	Rev. 01.06	4C47	MD5

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «А» по МИ 3286-2010.

Метрологические и технические характеристики

Основные измеряемые параметры и диапазоны их измерений приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Основные измеряемые параметры	Производные измеряемые параметры
Модуль полного сопротивления Z	Фазовый угол θ
Модуль полной проводимости Y	Фазовый угол θ
Активное сопротивление R	Реактивное сопротивление X
Активная проводимость G	Реактивная проводимость B
Емкость в параллельной схеме замещения C_p	Тангенс угла потерь D, добротность Q, активная проводимость G, активное сопротивление в параллельной схеме замещения R_p
Емкость в последовательной схеме замещения C_s	Тангенс угла потерь D, добротность Q, активное сопротивление в последовательной схеме замещения R_s
Индуктивность в параллельной схеме замещения L_p	Тангенс угла потерь D, добротность Q, активная проводимость G, активное сопротивление в параллельной схеме замещения R_p , сопротивление по постоянному току $R_{dc}^{1)}$
Индуктивность в последовательной схеме замещения L_s	Тангенс угла потерь D, добротность Q, активное сопротивление в последовательной схеме замещения R_s , сопротивление по постоянному току $R_{dc}^{1)}$
Индуктивность трансформатора L2	Коэффициент трансформации $N^{1)}$, обратное значение коэффициента – коэффициент трансформации $1/N$, взаимная индуктивность трансформатора M $^{1)}$, коэффициент трансформации R2 $^{1)}$

Примечание – ¹⁾ – только для исполнения 4263B-001

Таблица 3

Параметр	Диапазон измерений
Z, R, X	от 1 мОм до 100 МОм
Y, G, B	от 10 нСм до 1000 См
C	от 1 пФ до 1 Ф
L	от 1 нГн до 100 кГн
D	от 0,0001 до 9,9999
Q	от 0,1 до 9999,9
θ	от минус 180° до плюс 80°

Пределы основной относительной погрешности измерений основных параметров (R, Z, Y, X, G, B, C, L):

$$\begin{aligned} \text{– для } |Z_X| > 100 \text{ Ом} & \quad \delta_e = A + B \cdot C \cdot |Z_X| / Z_S + D / |Z_X| + |Z_X| / E; \\ \text{– для } |Z_X| < 100 \text{ Ом} & \quad \delta_e = A + B \cdot C \cdot Z_S / |Z_X| + D / |Z_X| + |Z_X| / E, \end{aligned}$$

где

$|Z_X|$ – модуль полного сопротивления измеренной величины,

Z_S – поддиапазон измерений по таблице 4,

A, B, C – значения коэффициентов по таблице 4,

D – значение коэффициента по таблице 5,

E – значение коэффициента по таблице 6.

При измерении Y, G, B, C, L для расчета погрешности их значения необходимо преобразовать в модуль сопротивления $|Z_X|$ по диаграмме (рисунок 3) или по формулам:

- для Y, G, B $|Z_X|=1/|E_X|$, где E_X – модуль одной из измеренных величин Y, G, B;
- для C $|Z_X|=1/(2\pi \cdot f \cdot C_X)$;
- для L $|Z_X|=2\pi \cdot f \cdot L_X$, где f – частота испытательного сигнала.

Для измеряемых величин L, C, X и B в случае D_x (тангенс угла потерь) > 0 , 1 рассчитанное значение δ_e умножается на $\sqrt{1-D_x^2}$, для измеряемых величин R и G в случае Q_x (добротность) $> 0,1$ рассчитанное значение δ_e умножается на $\sqrt{1-Q_x^2}$.

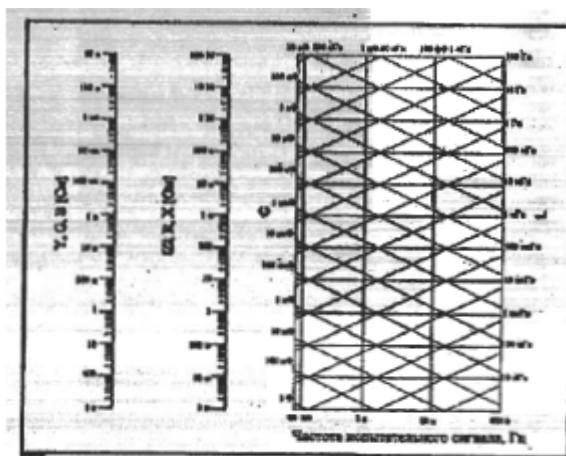


Рисунок 3 – Диаграмма преобразования измеренных основных параметров $|Y|, G, B, C, L$ в модуль сопротивления $|Z_X|$

Таблица 4 – Значения коэффициентов А, В и С для формулы основной погрешности.

Значение $ Z_x $	Значение Z_s	Значение коэффициентов А (1-я строка) и В (2-я строка), % [Short/Medium, Long], при частоте испытательного сигнала						Значение коэф. С (при напряж. испытательного сигнала)
		пост. ток	100/120 Гц	1 кГц	10 кГц	20 кГц	100 кГц	
1 МОм $\leq Z_x \leq 100$ МОм	1 МОм	0,85/0,85 0,75/0,025	0,48/0,15 0,75/0,025 ¹⁾	0,13/0,1 0,04/0,02	0,48/0,48 0,04 ²⁾ /0,02 ²⁾	1,9/1,9 0,12 ²⁾ /0,06 ²⁾	не нормиру-ется	1 (1 В пост.ток) 5 (500 мВ) 10 (250 мВ) 25 (100 мВ) 50 (50 мВ)
100 кОм $\leq Z_x < 1$ МОм	100 кОм			0,13/0,095 0,02/0,01	0,36/0,36 0,02 ²⁾ /0,015 ²⁾	1,4/1,4 0,05 ²⁾ /0,03 ²⁾		1 (1 В пост.ток) 2 (500 мВ) 4 (250 мВ) 8 (100 мВ) 15 (50 мВ)
10 кОм $\leq Z_x < 100$ кОм	10 кОм					0,8/0,8 0,05/0,03		
1 кОм $\leq Z_x < 10$ кОм	1 кОм	0,85/0,85 0,055/0,02	0,48/0,15 0,055/0,02 ³⁾	0,11/0,09 0,02/0,01	0,16/0,16 0,02/0,015	0,7/0,7 0,05/0,03	1,12/1,12 0,11/0,1	
100 Ом $\leq Z_x < 1$ кОм	100 Ом					0,7/0,7 0,05/0,03	1,12/1,12 0,11/0,1	1 (1 В пост.ток) 1 (500 мВ) 2 (250 мВ)
10 Ом $\leq Z_x < 100$ Ом	100 Ом					0,5/0,5 0,05/0,03	0,83/0,83 0,11/0,1	5 (100 мВ) 10 (50 мВ)
1 Ом $\leq Z_x < 10$ Ом	10 Ом		0,5/0,17 0,055/0,02	0,13/0,12 0,02/0,01	0,2/0,2 0,02/0,015	0,6/0,6 0,05/0,03	0,97/0,97 0,11/0,12	
100 мОм $\leq Z_x < 1$ Ом	1 Ом	0,85/0,85 0,09/0,02	0,5/0,4 0,09/0,02	0,4/0,4 0,03/0,01	0,4/0,4 0,03/0,015	0,6/0,6 0,05/0,03	0,97/0,97 0,11/0,12	
1 мОм $\leq Z_x < 100$ мОм	100 мОм	0,85/0,85 0,29/0,1	0,5/0,4 0,29/0,1	0,4/0,4 0,095/0,03	0,4/0,4 0,075/0,03	0,6/0,6 0,14/0,06	0,97/0,97 0,14/0,12	1 (1 В пост.ток) 2 (500 мВ)

Примечания

¹⁾ При наличии постоянного напряжения смещения 0,075/0,045;

²⁾ При длине измерительного кабеля:

1 м умножить на 2,5;

2 м умножить на 4.

³⁾ При наличии постоянного напряжения смещения 0,055/0,040;

⁴⁾ В случае 100 кОм $\leq |Z_x| < 1$ МОм использовать $Z_s=10$ кОм

Таблица 5 – Значение коэффициента D для формулы основной погрешности

Длина кабеля, м	Значения коэффициента D, Ом, при частоте испытательного сигнала				
	пост. ток; 100/120 Гц	1 кГц	10 кГц	20 кГц	100 кГц
0	0,002	0,0045	0,025	0,05	0,25
1	0,01	0,0165	0,075	0,15	0,75
2	0,018	0,0285	0,125	0,25	-
4	0,034	0,0525	-	-	-

Таблица 6 – Значение коэффициента Е для формулы основной погрешности

Значение коэффициента Е, Ом, при частоте испытательного сигнала				
пост. ток, 100/120 Гц	1 кГц	10 кГц	20 кГц	100 кГц
$2,8 \cdot 10^8$	$2,8 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^6$	$1,48 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^5$

Значения основной погрешности измерений дополнительных параметров приведены в таблице 7.

Таблица 7

Наименование параметра	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности
Тангенс угла потерь D	$\Delta D = \pm \delta_e / 100$ для $D \leq 0,1$ $\Delta D = \pm (\delta_e / 100) \cdot (1 + D_x)$ для $D > 0,1$
Добротность Q	$\Delta Q = \pm (Q_x^2 \cdot \Delta D) / (1 \pm Q_x \cdot \Delta D)$ для $(Q_x \cdot \Delta D) < 0,1$
Фазовый угол θ	$\Delta \theta = (180 / \pi) \cdot (\delta_e / 100)$
Активная проводимость G для параметров L_P и C_P	$\Delta G = \pm B_x \cdot \Delta D$ для $D_x \leq 0,1$ где $B_x = 2\pi \cdot f \cdot C_x = 1 / (2\pi \cdot f \cdot L_x)$ соответственно для C_x и L_x
Активное сопротивление в последовательной схеме замещения R_S	$\Delta R_S = \pm X_x \cdot \Delta D$ для $D_x \leq 0,1$ где $X_x = 2\pi \cdot f \cdot L_x = 1 / (2\pi \cdot f \cdot C_x)$ соответственно для L_x и C_x
Активное сопротивление в параллельной схеме замещения R_P	$\Delta R_P = \pm (R_{P_x} \cdot \Delta D) / (D_x \pm \Delta D)$ для $D_x \leq 0,1$

Температурный коэффициент увеличения погрешности измерений в диапазоне температуры окружающей среды:

$K = 2$ при $8^\circ\text{C} \leq t < 18^\circ\text{C}$ и $28^\circ\text{C} < t \leq 38^\circ\text{C}$;

$K = 4$ при $0^\circ\text{C} \leq t < 8^\circ\text{C}$ и $38^\circ\text{C} < t \leq 45^\circ\text{C}$.

Значения частоты испытательного сигнала 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 20 кГц (только для исполнения 4263B-002), 100 кГц.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности установки частоты испытательного сигнала $\pm 0,001\%$ ($\pm 1\%$ на частоте 120 Гц).

Значения напряжения испытательного сигнала от 0,020 до 1,000 В с шагом 0,005 В (с помощью цифровой клавиатуры); 0,05 В (с помощью клавиш – «стрелок»).

Постоянное напряжение смещения:

- внешнее от 0 до 2,5 В;
- внутреннее 0; 1,5 и 2 В.

Время измерения в режимах:

- LONG 500 мс;
- MEDIUM 65 мс;
- SHORT 25 мс.

Время установления рабочего режима, не более 15 минут.
Напряжение питания от сети переменного тока частотой (50 – 60) Гц (110±11) В, (220±22) В.
Потребляемая мощность, не более 45 В·А.
Время непрерывной работы 8 ч.
Условия эксплуатации:
- нормальные
 температура окружающего воздуха от 18 до 22 °C;
 относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- рабочие
 температура окружающего воздуха от 0 до 45 °C;
 относительная влажность окружающего воздуха при температуре 40 °C, не более 95 %.
Условия хранения:
- температура окружающего воздуха от минус 40 до плюс 70 °C;
 относительная влажность окружающего воздуха при температуре 65 °C, не более 90 %.
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), не более 320 x 100 x 300 мм.
Масса, не более 4,5 кг.

Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом (в верхнем правом углу) и маркируется на передней панели в виде голограммической наклейки.

Комплектность средств измерений

Комплект поставки приведен в таблице 8.

Таблица 8

Наименование	Количество, шт.
Измерители LCR типа 4263В (или 4263В-001, или 4263В-002)	1
Сетевой шнур	1
Устройство подключения для измерения параметров (по заказу)	1
Руководство по эксплуатации	1
Методика поверки МП-317/447-2012	1
Паспорт	1

Проверка

осуществляется в соответствии с документом МП-317/447-2012 «Измерители LCR типа 4263В, 4263В-001, 4263В-002. Методика поверки», утвержденным руководителем ГЦИ СИ ФГУ «РОСТЕСТ-МОСКВА» 12 января 2012 года.

Основные средства поверки:

- набор мер сопротивлений образцовые 2-го разряда Е1-5 (рег. № 8175-81): номинальные значения сопротивлений 1, 10, 100 и 1000 Ом; пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,1\%$;
- магазин электрического сопротивления Р4834 (рег. № 11326-90): диапазон воспроизведения сопротивления от 0,01 до 10^6 Ом, класс точности 0,02;
- мера электрического сопротивления измерительная Р4017 (рег. № 7791-80): диапазон воспроизведения сопротивления от 0,01 до 10^7 Ом, класс точности 0,05;
- меры емкости образцовая Р597 (рег. № 2684-70): номинальные значения емкости 0 и 2 мкФ, класс точности 0,1;

- мера индуктивности и добротности многозначная LQ-2300 (рег. № 34593-07): диапазон воспроизведения индуктивности от 1 до 3000 Гн, пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm 0,05\%$ на частоте 1000 Гц и $\pm 0,25\%$ на частотах 100 и 120 Гц.

Сведения о методиках (методах) измерений

Измерители LCR типа 4263B, 4263B-001, 4263B-002. Руководство по эксплуатации.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к измерителям LCR типа 4263B, 4263B-001, 4263B-002

1 ГОСТ 8.028-86 «ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений электрического сопротивления».

2 ГОСТ 8.019-85 «ГСИ. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения тангенса угла потерь».

3 ГОСТ 8.498-98 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической добротности».

4 ГОСТ 8.029-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений индуктивности».

5 ГОСТ 8.371-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости».

6 МИ 1935-88 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот $1 \cdot 10^{-2} \div 3 \cdot 10^9$ Гц».

7 МИ 1949-88 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений угла фазового сдвига между двумя электрическими напряжениями в диапазоне частот $1 \cdot 10^{-2} \div 2 \cdot 10^7$ Гц».

8 Техническая документация изготовителя.

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Осуществление деятельности в области выполнения работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям.

Изготовитель

Компания «Keysight Technologies Microwave Products (M) Sdn.Bhd.», Малайзия
Bayan Lepas Free Industrial Zone
PG 11900 Bayan Lepas
Penang Malaysia

Испытательный центр

Государственный центр испытаний средств измерений Федеральное бюджетное учреждение «РОСТЕСТ-МОСКВА» (ГЦИ СИ ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»).

Юридический (почтовый) адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 31

Тел: +7(495) 544-00-00

<http://www.rostest.ru>

Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФБУ «Ростест-Москва» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30010-10 от 15.03.2010 г.

Заместитель Руководителя
Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.П. «_____» 2014 г.