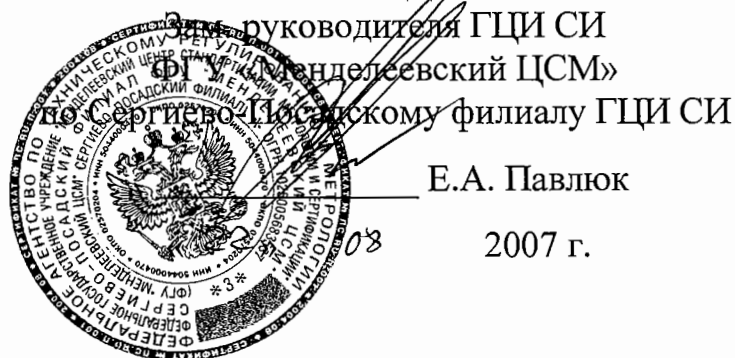


УТВЕРЖДАЮ



руководителя ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИМ им. Менделеевский ЦСМ»

по Сергею Владимировичу Мосискину филиалу ГЦИ СИ

Е.А. Павлюк

2007 г.

Измерители LCR модели 4263В фирмы Agilent Technologies (Малайзия)

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Методика поверки», распространяется на измерители LCR модели 4263В (далее измеритель LCR) фирмы Agilent Technologies (Малайзия), предназначенные для автоматического измерения при синусоидальном напряжении параметров конденсаторов, катушек индуктивности и резисторов, представляемых параллельной или последовательной двухэлементной схемой замещения, в лабораторных и промышленных условиях.

Документ устанавливает методику первичной и периодической поверки в соответствии с требованиями ГОСТ 8.294-85 «ГСИ. Мосты переменного тока уравновешенные. Методика поверки».

Межповерочный интервал 1 год.

1 Операции и средства поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

| № п/п | Операция поверки | Номер пункта методики поверки | Проведение операции при поверке | |
|-------|---|-------------------------------|---------------------------------|---------------|
| | | | первичной | периодической |
| 1 | Внешний осмотр | 5.1 | Да | Да |
| 2 | Определение сопротивления изоляции и цепей защитного заземления | 5.2 | Да | Нет |
| 3 | Опробование | 5.3 | Да | Да |
| 4 | Определение метрологических характеристик | 5.4 | | |
| 4.1 | Определение основной погрешности установки частоты испытательного сигнала | 5.4.1 | Да | Да |

| | | | | |
|-------|--|---------|----|----|
| 4.2 | Определение основной погрешности измерений | 5.4.2 | | |
| 4.2.1 | Определение основной погрешности измерений сопротивления | 5.4.2.1 | Да | Да |
| 4.2.2 | Определение основной погрешности измерений емкости | 5.4.2.2 | Да | Да |
| 4.2.3 | Определение основной погрешности измерений индуктивности | 5.4.2.3 | Да | Да |
| 4.2.4 | Определение основной погрешности измерений производных параметров D, Q, θ | 5.4.2.4 | Да | Да |

Таблица 2 – Средства поверки

| № п/п методики поверки | Наименование средств поверки | Метрологические и основные технические характеристики средств поверки |
|------------------------|---|--|
| 5.2 | Мегаомметр Ф4101 | Выходное напряжение 500 В, кл. 2,5. |
| | Миллиомметр Е6-15 | Диапазон измерений 0,3 Ом, кл. 1,5. |
| 5.3 | Магазин сопротивлений Р4834 | Сопротивление (0,01-10 ⁶) Ом, кл. 0,02. |
| 5.4.1 | Частотомер ЧЗ-63/1 | Диапазон измерений от 0,1 Гц до 1500 МГц, погрешн. $\pm 5 \times 10^{-7} f$ |
| 5.4.2.1 | Меры сопротивления Е1-5. | Номинальные значения 1, 10, 100, 1000, 10000 Ом, 2 разряд. |
| | Магазин сопротивлений Р4834. Мера сопротивления Р4017. | Сопротивление (0,01-10 ⁶) Ом, кл. 0,02. Сопротивление 10 ⁷ Ом, кл. 0,05. |
| 5.4.2.2 | Меры емкости Р597. | Номинальные значения 1000 пФ, 10 и 100 нФ, 1 мкФ, 2 разряд. |
| 5.4.2.3 | Меры индуктивности Р596. | Номинальные значения 100 мкГн, 1, 10 и 100 мГн, 1 Гн, 2 разряд. |
| | Мера индуктивности и добротности LQ-2300 | Номинальные значения (1-3000) Гн, 2 разряд. |
| 5.4.2.4 | Меры емкости Р597. | Номинальные значения 1, 10 и 100 нФ, 2 разряд. |
| | Магазин сопротивлений Р4834. | Сопротивление (0,01-10 ⁶) Ом, кл. 0,02. |

Примечания:

1. Допускается применять другие средства поверки, метрологические и технические характеристики которых не хуже приведенных в таблице 2.
2. Все средства поверки должны быть исправны и поверены.

2 Требования безопасности

При проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80.

Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки и поверяемый измеритель LCR.

3 Условия поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха (20 ± 2) °С;
- относительная влажность воздуха (30...80) %;
- атмосферное давление (84...106) кПа (630...795 мм рт. ст.);
- напряжение питания (220 ± 22) В.

4 Подготовка к поверке

Прибор и средства поверки должны быть выдержаны в помещении, где проводят поверку не менее 8 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;
- отсутствие механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления, соединительных элементов, индикаторных устройств, нарушающих работу измерителя LCR или затрудняющих поверку;
- отсутствие повреждений измерительных проводов и их наконечников.

5.2 Определение сопротивления изоляции и цепи защитного заземления

5.2.1. Определение сопротивления изоляции.

Измерение сопротивления изоляции электрических цепей сетевого питания, проводится с помощью мегомметра с рабочим напряжением 500 В между закороченными штырями сетевой вилки и заземляющим контактом сетевой вилки при включенном сетевом выключателе. Измерение проводят после достижения установившегося показания, но не ранее, чем через 5 с. Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм.

5.2.2. Определение сопротивления цепи защитного заземления

Сопротивление цепи защитного заземления измеряется миллиомметром между заземляющим контактом сетевой вилки и любыми элементами измерителя LCR, соединенными с его корпусом и не имеющими лакокрасочных покрытий. Сопротивление цепи защитного заземления должно быть не более 0,2 Ом.

5.3 Опробование

Опробование проводят следующим образом: к измерителю LCR подключить кабель 16089А (В, С, D). Включить измеритель LCR. На индикаторе на несколько секунд должны появиться надписи:

4263В xxxx OPT0
 (дата)

затем измеритель LCR должен перейти в режим измерений.

Измеритель LCR должен быть выдержан во включенном состоянии не менее 15 минут и откалиброван в режиме разомкнутой цепи (XX) и короткозамкнутой цепи (KЗ) в соответствии с руководством по эксплуатации.

Опробование проводят в режиме автоматического выбора диапазона измерений и запуска, длина кабеля в соответствии с используемым (1 м для 16089А), скорости измерения – LONG, на частотах испытательного сигнала: 100 Гц, 1 кГц, 100 кГц для режима измерений параметров R/X, с помощью магазина сопротивлений P4834.

Измеритель LCR подключают к зажимам «5» и «9» магазина. 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.

5.4 Определение метрологических характеристик

Если специально не оговорено, перед поверкой измеритель LCR устанавливается в следующий режим:

- частота испытательного сигнала 1 кГц;
- напряжение испытательного сигнала 1 В;
- смещение выключено;
- выбор предела измерений автоматический;
- запуск автоматический;
- скорость измерения LONG.

Измеритель LCR перед поверкой должен быть выдержан во включенном состоянии не менее 15 минут и откалиброван в режиме XX и K3 на рабочей частоте совместно с кабелем, используемым для подключения эталонных мер.

5.4.1. Определение основной погрешности установки частоты испытательного сигнала.

Определение основной относительной погрешности установки частоты испытательного сигнала производится с помощью частотомера ЧЗ-63, подключенного в соответствии со схемой рис. 1. Измерения проводят для всех частот испытательного сигнала в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

| Значение частоты испытательного сигнала, кГц | Пределы допустимых значений частоты, кГц | |
|--|--|--------------|
| | минимальное | максимальное |
| 100 Гц | 99,99 Гц | 100,01 Гц |
| 120 Гц | 118,8 Гц | 121,2 Гц |
| 1 | 0,9999 | 1,0001 |
| 10 | 9,999 | 10,001 |
| 20* | 19,999 | 20,001 |
| 100 | 99,99 | 100,01 |

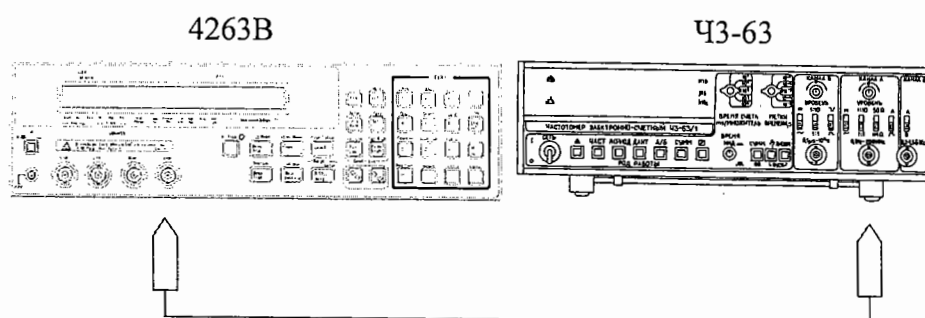


Рис. 1 Схема подключения частотомера

Основная относительная погрешность установки частоты испытательного сигнала вычисляется по формуле:

$$\delta_F = (F_{уст} - F_{изм}) / F_{уст} \times 100$$

где $F_{уст}$ – установленная частота испытательного сигнала;

$F_{изм}$ – частота, измеренная частотомером.

δ_F для всех измерений кроме 120 Гц не должна превышать $\pm 0,01$ %.

δ_F для 120 Гц не должна превышать ± 1 %.

5.4.2. Определение основной погрешности измерений.

5.4.2.1. Определение основной относительной погрешности измерения сопротивления.

Определение основной относительной погрешности измерения сопротивления производится с помощью мер сопротивления Е1-5 с использованием кабеля из комплекта Е1-5 и магазина сопротивлений Р4830/1. При калибровке измерителя LCR в режимах ХХ и КЗ с кабелем из комплекта Е1-5 для его попарного и полного закорачивания использовать тройники типа СР-50-95 ФВ.

Режим измерения - R/X.

Определение основной относительной погрешности измерения сопротивления с помощью мер сопротивления Е1-5 осуществляется на частотах испытательного сигнала 100 Гц и 1 кГц.

Определение основной относительной погрешности измерения сопротивления с помощью магазина сопротивлений Р4834 выполняется для значений сопротивления 0,1 Ом на частотах испытательного сигнала 100 Гц и 1 кГц, 100 кОм, 1 МОм на частоте испытательного сигнала 100 Гц и с помощью меры Р4017 10 МОм на частоте испытательного сигнала 100 Гц.

Основная относительная погрешность измерения сопротивления не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

| Значение сопротивления, Ом | Значение частоты испытательного сигнала, Гц | Пределы допустимых значений сопротивления, Ом | |
|----------------------------|---|---|--------------|
| | | минимальное | максимальное |
| 0,1 | 100 | 0,0994 | 0,1006 |
| | 1000 | 0,0994 | 0,1006 |
| 1 | 100 | 0,9957 | 1,0043 |
| | 1000 | 0,9957 | 1,0043 |
| 10 | 100 | 9,9810 | 10,019 |
| | 1000 | 9,987 | 10,013 |
| 100 | 100 | 99,83 | 100,17 |
| | 1000 | 99,90 | 100,10 |
| 1 кОм | 100 | 0,9983 кОм | 1,0017 кОм |
| | 1000 | 0,9990 кОм | 1,0010 кОм |
| 10 кОм | 100 | 9,983 кОм | 10,017 кОм |
| | 1000 | 9,990 кОм | 10,010 кОм |
| 100 кОм | 100 | 99,83 кОм | 100,17 кОм |
| 1 МОм | 100 | 0,9982 МОм | 1,0018 МОм |
| 10 МОм | 100 | 9,9790 МОм | 10,021 МОм |

Основная относительная погрешность измерения сопротивления вычисляется по формуле:

$$\text{для } |R_x| > 100 \text{ Ом} \quad \delta R = A + B \times C \times |R_x| / Z_s + D / |R_x| + |R_x| / E$$

$$\text{для } |R_x| \leq 100 \text{ Ом} \quad \delta R = A + B \times C \times Z_s / |R_x| + D / |R_x| + |R_x| / E$$

где $|R_x|$ - модуль измеренной величины сопротивления R_x ;

Z_s – поддиапазон измерений по таблице 5

A, B, C – коэффициенты по таблице 5

D – коэффициент по таблице 6

E – коэффициент по таблице 7

Таблица 5 Значения коэффициентов A, B и C для формулы основной погрешности

| $ Z_x $ | Z_s | Значения коэф. A, % [Short/Medium, Long] Значения коэф. B, % [Short/Medium, Long] | | | |
|---|---------|--|---------------------------------------|-------------------------|--|
| | | Частота испытательного сигнала | | | |
| | | Пост. ток | 100/120 Гц | 1 кГц | 10 кГц |
| $1 \text{ МОм} \leq Z_x \leq 100 \text{ МОм}$ | 1 МОм | 0,85/0,85 0,075/0,025 | 0,48/0,15 0,075/0,025 ¹ | 0,13/0,1 0,04/0,02 | 0,48/0,48 0,04 ² /0,02 ² |
| $100 \text{ кОм} \leq Z_x < 1 \text{ МОм}$ | 100 кОм | 0,85/0,85 0,055/0,02 | 0,48/0,15 0,055/0,02 ³ | 0,13/0,095 0,02/0,01 | 0,36/0,36 0,02 ² /0,015 ² |
| $10 \text{ кОм} \leq Z_x < 100 \text{ кОм}$ | 10 кОм | | | 0,11/0,09 0,02/0,01 | 0,16/0,16 0,02/0,015 |
| $1 \text{ кОм} \leq Z_x < 10 \text{ кОм}$ | 1 кОм | | | | |
| $100 \text{ Ом} \leq Z_x < 1 \text{ кОм}$ | 100 Ом | | | | |
| $10 \text{ Ом} \leq Z_x < 100 \text{ Ом}$ | 100 Ом | | | | |
| $1 \text{ Ом} \leq Z_x < 10 \text{ Ом}$ | 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 | |
| $100 \text{ мОм} \leq Z_x < 1 \text{ Ом}$ | 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 |
| $1 \text{ МОм} \leq Z_x < 100 \text{ мОм}$ | 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 |

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

Продолжение таблицы 5

| $ Z_x $ | Z_s | Значения коэф. A, % [Short/Medium, Long] Значения коэф. B, % [Short/Medium, Long] | | Значения коэф. C (при напряж. испыт. сигнала) |
|---|---------|--|---|---|
| | | Частота испытательного сигнала | | |
| | | 20 кГц | 100 кГц | |
| $1 \text{ МОм} \leq Z_x \leq 100 \text{ МОм}$ | 1 МОм | 1,9/1,9 0,12 ¹ /0,06 ¹ | не нормируется | 1 (1 В, пост. ток); 5 (500 мВ); 10 (250 мВ); 25 (100 мВ); 50 (50 мВ); |
| $100 \text{ кОм} \leq Z_x < 1 \text{ МОм}$ | 100 кОм | 1,4/1,4 0,05 ¹ /0,03 ¹ | 1,15 ² /1,15 ² 0,11 ² /0,1 ² | 1 (1 В, пост. ток); 2 (500 мВ); 4 (250 мВ); 8 (100 мВ); 15 (50 мВ); |
| $10 \text{ кОм} \leq Z_x < 100 \text{ кОм}$ | 10 кОм | 0,8/0,8 0,05/0,03 | | |

| | | | | |
|--|---------|----------------------|------------------------|--|
| $1 \text{ кОм} \leq Z_x < 10 \text{ кОм}$ | 1 кОм | 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) 5 (100 мВ) 10 (50 мВ) |
| $100 \text{ Ом} \leq Z_x < 1 \text{ кОм}$ | 100 Ом | 0,7/0,7 0,05/0,03 | 1,12/1,12 0,11/0,1 | |
| $10 \text{ Ом} \leq Z_x < 100 \text{ Ом}$ | 100 Ом | 0,5/0,5 0,05/0,03 | 0,83/0,83 0,11/0,1 | |
| $1 \text{ Ом} \leq Z_x < 10 \text{ Ом}$ | 10 Ом | 0,6/0,6 0,05/0,03 | 0,97/0,97 0,11/0,12 | |
| $100 \text{ мОм} \leq Z_x < 1 \text{ Ом}$ | 1 Ом | 0,6/0,6 0,05/0,03 | 0,97/0,97 0,11/0,12 | |
| $1 \text{ мОм} \leq Z_x < 100 \text{ мОм}$ | 100 мОм | 0,6/0,6 0,14/0,06 | 0,97/0,97 0,14/0,12 | 1 (1 В, пост. ток); 2 (500 мВ) |

¹ – при длине измерительного кабеля:

- 1 м умножить на 2,5;

- 2 м умножить на 4.

² – в случае $100 \text{ кОм} \leq |Z_x| < 1 \text{ МОм}$ использовать $Z_s=10 \text{ кОм}$

Таблица 6 Значение коэффициента D для формулы основной погрешности

| Длина кабеля, м | Значения коэф. D, Ом | | | | |
|--------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | Частота 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 7 Значение коэффициента E для формулы основной погрешности

| Значения коэф. E, Ом | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Частота испытательного сигнала | | | | |
| Пост. ток; 100/120 Гц | 1 кГц | 10 кГц | 20 кГц | 100 кГц |
| $2,8 \times 10^8$ | $2,8 \times 10^7$ | $2,8 \times 10^6$ | $1,48 \times 10^6$ | $2,8 \times 10^5$ |

5.4.2.2. Определение основной погрешности измерений емкости.

Определение основной погрешности измерений емкости производится методом прямого измерения при помощи мер емкости P597 и магазина емкости P5025. Для мер емкости P597 поверка производится для значений емкости 1000 пФ, 0,01; 0,1 и 1 мкФ на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режим измерения Ср/D.

Основная относительная погрешность измерения емкости не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 8.

Таблица 8

| Значение емкости | Частота испытательного сигнала, Гц | Пределы допустимых значений емкости | |
|---------------------|--|--|--------------|
| | | минимальное | максимальное |
| 1000 пФ | 1000 | 998,80 пФ | 1001,2 пФ |
| 10 нФ | 1000 | 9,9890 нФ | 10,011 нФ |
| 100 нФ | 1000 | 99,890 нФ | 100,11 нФ |
| 1 мкФ | 1000 | 0,9989 мкФ | 1,0011 мкФ |

Основная относительная погрешность измерений емкости определяется по формуле:

$$\text{для } |Z_x| > 100 \text{ Ом} \quad \delta_C = A + B \times C \times |Z_x| / Z_s + D / |Z_x| + |Z_x| / E$$

$$\text{для } |Z_x| \leq 100 \text{ Ом} \quad \delta_C = A + B \times C \times Z_s / |Z_x| + D / |Z_x| + |Z_x| / E$$

где $|Z_x|$ - модуль полного сопротивления Z измеренной емкости;

C_x необходимо преобразовать в модуль сопротивления $|Z_x|$ по диаграмме рис. 2 или по формуле $|Z_x| = 1 / (2\pi \times f \times C_x)$, где f - частота испытательного сигнала.

Z_s - поддиапазон измерений по таблице 5

A, B, C - коэффициенты по таблице 5

D - коэффициент по таблице 6

E - коэффициент по таблице 7

Для C_x в случае $D_x > 0,1$ рассчитанное значение δ_C умножается на $\sqrt{1 - D_x^2}$

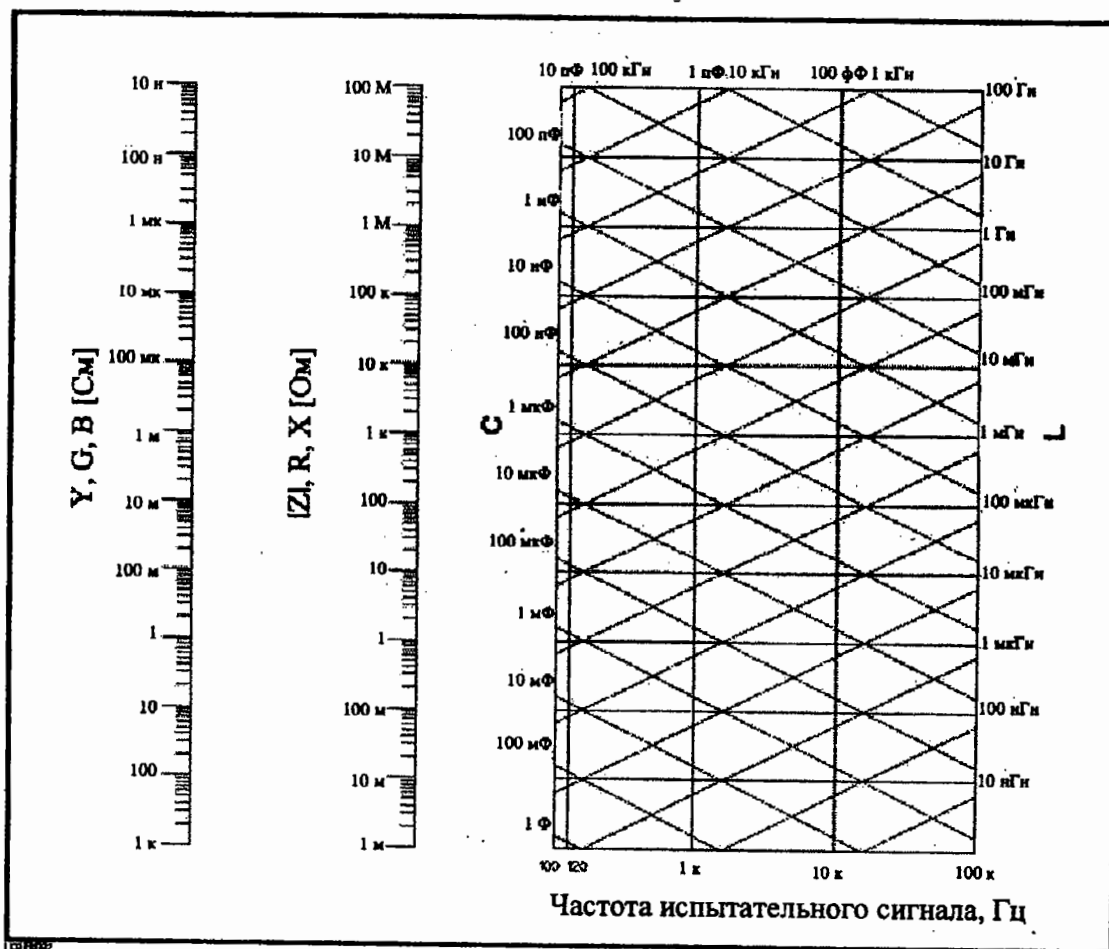


Рис. 2 Диаграмма преобразования измеренных параметров $|Y|, G, B, C, L$ в модуль сопротивления $|Z_x|$.

5.4.2.3. Определение основной относительной погрешности измерений индуктивности.

Определение основной погрешности измерений индуктивности производится методом прямого измерения при помощи мер индуктивности P596. Поверка производится для значений индуктивности 100 мкГн; 1, 10, и 100 мГн, 1 Гн на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режим измерения L_s/D .

Определение основной относительной погрешности измерений индуктивности с помощью меры индуктивности и добротности LQ-2300 выполняется для значений

индуктивности 10, 100 и 1000 Гн на частоте испытательного сигнала 100 Гц, режим измерения L_s/D .

Основная относительная погрешность измерения индуктивности не должна превышать для всех результатов измерений значений, указанных в таблице 9.

Таблица 9

| Значение индуктивности | Частота испытательного сигнала, Гц | Пределы допустимых значений индуктивности | |
|------------------------|------------------------------------|---|--------------|
| | | минимальное | максимальное |
| 100 мкГн | 1000 | 99,56 мкГн | 100,44 мкГн |
| 1 мГн | 1000 | 0,9986 мГн | 1,0014 мГн |
| 10 мГн | 1000 | 9,9890 мГн | 10,011 мГн |
| 100 мГн | 1000 | 99,850 мГн | 100,15 мГн |
| 1 Гн | 1000 | 0,9985 Гн | 1,0015 Гн |
| 10 Гн | 100 | 9,9972 Гн | 10,028 Гн |
| 100 Гн | 100 | 99,972 Гн | 100,28 Гн |
| 1000 Гн | 100 | 997,20 Гн | 1002,8 Гн |

Основная относительная погрешность измерений индуктивности определяется по формуле:

$$\text{для } |Z_x| > 100 \text{ Ом} \quad \delta_L = A + B \times C \times |Z_x| / Z_s + D / |Z_x| + |Z_x| / E$$

$$\text{для } |Z_x| \leq 100 \text{ Ом} \quad \delta_L = A + B \times C \times Z_s / |Z_x| + D / |Z_x| + |Z_x| / E$$

где $|Z_x|$ - модуль полного сопротивления Z измеренной индуктивности;

L_x необходимо преобразовать в модуль сопротивления $|Z_x|$ по диаграмме рис. 2 или по формуле $|Z_x| = 2\pi \times f \times L_x$, где f - частота испытательного сигнала.

Z_s - поддиапазон измерений по таблице 5

A, B, C - коэффициенты по таблице 5

D - коэффициент по таблице 6

E - коэффициент по таблице 7

Для L_x в случае $D_x > 0,1$ рассчитанное значение δ_L умножается на $\sqrt{1 - D_x^2}$

5.4.2.4. Определение основной относительной погрешности измерений тангенса угла потерь, добротности, полного сопротивления и фазового угла.

Определение основной относительной погрешности измерений указанных параметров производится методом прямого измерения при помощи составных мер из последовательно соединенных меры емкости P597 и магазина сопротивлений P4834 по схеме рис. 3.

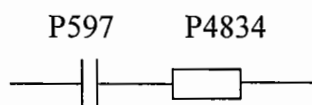


Рис. 3. Схема составной меры.

Определение основной относительной погрешности измерения производных параметров выполняется для значений составной меры в соответствии с таблицей 10 на частоте испытательного сигнала 1 кГц, режимы измерения - C_p/D , C_p/Q , Z/θ .

Таблица 10

| Параметры компонентов составной меры | Измеряемый параметр | Номинальное значение параметра | Пределы допустимых значений параметра | |
|--|------------------------|--------------------------------------|--|--------------|
| | | | минимальное | максимальное |
| P597 – 1 нФ; P4834 – 1591,6 Ом | D | 0,0100 | 0,0088 | 0,0112 |
| | Q | 100,00 | 86,800 | 113,20 |
| | Z | 159,163 кОм | 158,98 кОм | 159,35 кОм |
| | θ | 89,43° | 89,36 | 89,50 |
| P597 – 10 нФ; P4830/2 – 1591,6 Ом | D | 0,1000 | 0,0989 | 0,1011 |
| | Q | 10,000 | 9,8923 | 10,108 |
| | Z | 15,995 кОм | 15,978 кОм | 16,012 кОм |
| | θ | 84,29° | 84,23 | 84,35 |
| P597 – 100 нФ; P4834 – 1591,6 Ом | D | 1,0000 | 0,9977 | 1,0023 |
| | Q | 1,0000 | 0,9977 | 1,0023 |
| | Z | 2,251 кОм | 2,2483 кОм | 2,2534 кОм |
| | θ | 45,00° | 44,94 | 45,06 |
| P597 – 100 нФ; P4834 – 14324,0 Ом | D | 9,0000 | 8,9895 | 9,0105 |
| | Q | 0,1111 | 0,1110 | 0,1112 |
| | Z | 14,412 кОм | 14,397 кОм | 14,427 кОм |
| | θ | 6,34° | 6,28 | 6,40 |

Основная относительная погрешность измерений полного сопротивления определяется по формуле:

$$\text{- для } |Z_x| > 100 \text{ Ом} \quad \delta_z = A + B \times C \times |Z_x| / Z_s + D / |Z_x| + |Z_x| / E$$

$$\text{- для } |Z_x| \leq 100 \text{ Ом} \quad \delta_z = A + B \times C \times Z_s / |Z_x| + D / |Z_x| + |Z_x| / E$$

где $|Z_x|$ - модуль полного сопротивления измеренной величины Z;

Z_s – поддиапазон измерений по таблице 5

A, B, C – коэффициенты по таблице 5

D – коэффициент по таблице 6

E – коэффициент по таблице 7.

Основная абсолютная погрешность измерений дополнительных параметров определяется по формулам:

$$\Delta D = \pm \delta_z / 100 \text{ для } D \leq 0,1$$

$$\Delta D = \pm (\delta_z / 100) \times (1 + D_x) \text{ для } D > 0,1;$$

$$\Delta Q = \pm (Q_x^2 \times \Delta D) / (1 \pm Q_x \times \Delta D) \text{ для } (Q_x \times \Delta D) < 0,1;$$

$$\Delta \theta = (180 / \pi) \times (\delta_z / 100).$$

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты поверки измерителя LCR модели 4263В оформляют свидетельством о поверке в соответствии с ПР 50.2.006.

6.2 При несоответствии результатов поверки измерителя LCR модели 4263В требованиям любого из пунктов настоящей методики измеритель LCR модели 4263В к дальнейшей эксплуатации не допускают и выдают извещение о

непригодности в соответствии с ПР 50.2.006. В извещении указывают причину непригодности.

Руководитель группы аттестации
методик выполнения измерений
Сергиево-Посадского филиала
ФГУ «Менделеевский ЦСМ»



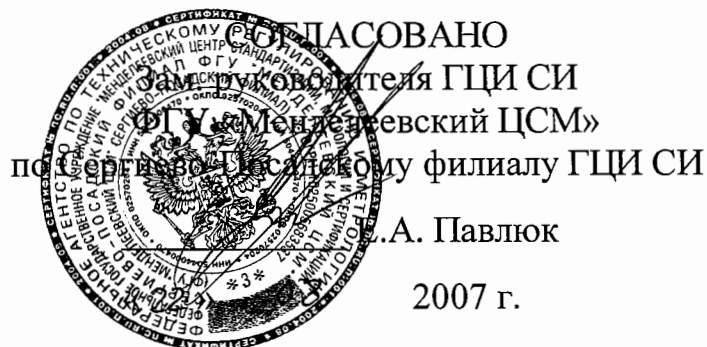
В.А. Маслов

Главный метролог
Сергиево-Посадского филиала
ФГУ «Менделеевский ЦСМ»



С.В. Киселев

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ



| | |
|-----------------------------|---|
| Измерители LCR модели 4263В | Внесены в Государственный реестр средств измерений Регистрационный № _____ Взамен № _____ |
|-----------------------------|---|

Изготавливаются по технической документации фирмы «Agilent Technologies, Inc.» (США).

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Измерители LCR модели 4263В (далее 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

В измерителях LCR 4263В 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 4263В обеспечивает высокую надежность и точность измерения в широком диапазоне измерения 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 модели 4263В кроме основного имеют два дополнительных исполнения:

- 4263В-001 измеритель параметров трансформаторов, дополнительно измеряющий: активное сопротивление по постоянному току, взаимную индуктивность и коэффициент трансформации;

- 4263В-002, имеет дополнительную частоту испытательного сигнала 20 кГц.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Измеряемые параметры:

| Основные | Производные |
|----------|------------------|
| Z | θ |
| Y | θ |
| R | X |
| G | B |
| Cp | D, Q, G, Rp |
| Cs | D, Q, Rs |
| Lp | D, Q, G, Rp, Rdc |
| Ls | D, Q, Rs, Rdc |
| L2 | N, 1/N, M, R2 |

где: Z – модуль полного сопротивления;

Y – модуль полной проводимости;

R – активное сопротивление;

G – активная проводимость;

Cp – емкость в параллельной схеме замещения;

Cs – емкость в последовательной схеме замещения;

Lp – индуктивность в параллельной схеме замещения;

Ls – индуктивность в последовательной схеме замещения;

L2 – индуктивность трансформатора¹;

θ – фазовый угол;

X – реактивное сопротивление;

B – реактивная проводимость;

D – тангенс угла потерь;

Q – добротность;

G – активная проводимость;

Rp – активное сопротивление в параллельной схеме замещения;

Rs – активное сопротивление в последовательной схеме замещения;

Rdc – сопротивление по постоянному току¹;

N – коэффициент трансформации¹;

1/N – обратное значение коэффициента трансформации¹;

M – взаимная индуктивность трансформатора¹;

R2 – сопротивление по постоянному току обмотки трансформатора¹.

¹ – только для исполнения 001.

Диапазон измерений

| Параметр | Диапазон измерений | Параметр | Диапазон измерений |
|----------|----------------------|----------|---------------------|
| Z, R, X | от 1 МОм до 100 МОм | D | от 0,0001 до 9,9999 |
| Y, G, B | от 10 нСм до 1000 См | Q | от 0,1 до 99,999 |
| C | от 1 пФ до 10 мкФ | Θ | от -180° до +180° |
| L | от 10 нГн до 10 кГн | | |

Базовая погрешность 0,1 %.

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

- для $|Z_x| > 100 \text{ Ом}$ $\delta_e = A + B \times C \times |Z_x| / Z_s + D / |Z_x| + |Z_x| / E$

- для $|Z_x| \leq 100 \text{ Ом}$ $\delta_e = A + B \times C \times Z_s / |Z_x| + D / |Z_x| + |Z_x| / E$

где $|Z_x|$ - модуль полного сопротивления измеренной величины,

Z_s - поддиапазон измерений по таблице 1

A, B, C - коэффициенты по таблице 1

D - коэффициент по таблице 2

E - коэффициент по таблице 3

при измерении Y, G, B, C, L для расчета погрешности их значения необходимо преобразовать в модуль сопротивления $|Z_x|$ по диаграмме рис. 1 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 $|Z_x| = 1 / (2\pi \times f \times C_x)$;

- для L $|Z_x| = 2\pi \times f \times L_x$ 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 $\sqrt{1 - Q_x^2}$

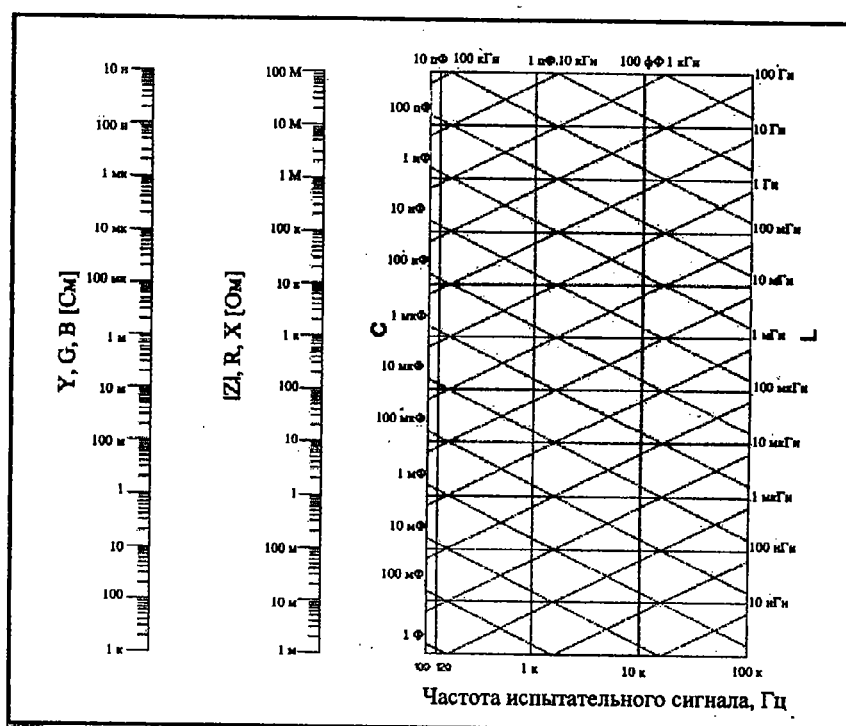


Рис. 1 Диаграмма преобразования измеренных основных параметров $|Y|$, G, B, C, L в модуль сопротивления $|Z_x|$.

Таблица 1 Значения коэффициентов А, В и С для формулы основной погрешности

| Z _x | Z _s | Значения коэф. А, % [Short/Medium, Long] Значения коэф. В, % [Short/Medium, Long] | | | |
|-------------------------------------|----------------|--|---------------------------------------|-------------------------|--|
| | | Частота испытательного сигнала | | | |
| | | Пост. ток | 100/120 Гц | 1 кГц | 10 кГц |
| 1 МОм ≤ Z _x ≤100 МОм | 1 МОм | 0,85/0,85 0,075/0,025 | 0,48/0,15 0,075/0,025 ¹ | 0,13/0,1 0,04/0,02 | 0,48/0,48 0,04 ² /0,02 ² |
| 100 кОм ≤ Z _x < 1 МОм | 100 кОм | 0,85/0,85 0,055/0,02 | 0,48/0,15 0,055/0,02 ³ | 0,13/0,095 0,02/0,01 | 0,36/0,36 0,02 ² /0,015 ² |
| 10 кОм ≤ Z _x < 100 кОм | 10 кОм | | | 0,11/0,09 0,02/0,01 | 0,16/0,16 0,02/0,015 |
| 1 кОм ≤ Z _x < 10 кОм | 1 кОм | | | | |
| 100 Ом ≤ Z _x < 1 кОм | 100 Ом | | | | |
| 10 Ом ≤ Z _x < 100 Ом | 100 Ом | | | 0,5/0,17 0,055/0,02 | 0,13/0,12 0,02/0,01 |
| 1 Ом ≤ Z _x < 10 Ом | 10 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 |
| 100 мОм ≤ Z _x < 1 Ом | 1 Ом | 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 |

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

Продолжение таблицы 1

| Z _x | Z _s | Значения коэф. А, % [Short/Medium, Long] Значения коэф. В, % [Short/Medium, Long] | | Значения коэф. С (при напряж. испыт. сигнала) |
|-------------------------------------|----------------|--|---|---|
| | | Частота испытательного сигнала | | |
| | | 20 кГц | 100 кГц | |
| 1 МОм ≤ Z _x ≤100 МОм | 1 МОм | 1,9/1,9 0,12 ¹ /0,06 ¹ | не нормируется | 1 (1 В, пост. ток); 5 (500 мВ); 10 (250 мВ); 25 (100 мВ); 50 (50 мВ); |
| 100 кОм ≤ Z _x < 1 МОм | 100 кОм | 1,4/1,4 0,05 ¹ /0,03 ¹ | 1,15 ² /1,15 ² 0,11 ² /0,1 ² | 1 (1 В, пост. ток); 2 (500 мВ); 4 (250 мВ); 8 (100 мВ); 15 (50 мВ); |
| 10 кОм ≤ Z _x < 100 кОм | 10 кОм | 0,8/0,8 0,05/0,03 | | |
| 1 кОм ≤ Z _x < 10 кОм | 1 кОм | 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) 5 (100 мВ) |
| 100 Ом ≤ Z _x < 1 кОм | 100 Ом | 0,7/0,7 0,05/0,03 | 1,12/1,12 0,11/0,1 | 5 (100 мВ) |
| 10 Ом ≤ Z _x < 100 Ом | 100 Ом | 0,5/0,5 0,05/0,03 | 0,83/0,83 0,11/0,1 | 10 (50 мВ) |

| | | | | |
|--|---------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|
| $1 \text{ Ом} \leq Z_x < 10 \text{ Ом}$ | 10 Ом | 0,6/0,6 0,05/0,03 | 0,97/0,97 0,11/0,12 | |
| $100 \text{ мОм} \leq Z_x < 1 \text{ Ом}$ | 1 Ом | 0,6/0,6 0,05/0,03 | 0,97/0,97 0,11/0,12 | |
| $1 \text{ мОм} \leq Z_x < 100 \text{ мОм}$ | 100 мОм | 0,6/0,6 0,14/0,06 | 0,97/0,97 0,14/0,12 | 1 (1 В, пост. ток); 2 (500 мВ) |

¹ – при длине измерительного кабеля:

1 м умножить на 2,5;

2 м умножить на 4.

² – в случае $100 \text{ кОм} \leq |Z_x| < 1 \text{ МОм}$ использовать $Z_s=10 \text{ кОм}$

Таблица 2 Значение коэффициента D для формулы основной погрешности

| Длина кабеля, м | Значения коэф. D, Ом | | | | |
|--------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | Частота 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 3 Значение коэффициента E для формулы основной погрешности

| Значения коэф. E, Ом | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Частота испытательного сигнала | | | | |
| Пост. ток; 100/120 Гц | 1 кГц | 10 кГц | 20 кГц | 100 кГц |
| $2,8 \times 10^8$ | $2,8 \times 10^7$ | $2,8 \times 10^6$ | $1,48 \times 10^6$ | $2,8 \times 10^5$ |

Основная абсолютная погрешность измерений дополнительных параметров

| Параметр | Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности |
|--|---|
| Тангенс угла потерь | $\Delta D = \pm \delta_e / 100$ для $D \leq 0,1$ $\Delta D = \pm (\delta_e / 100) \times (1 + D_x)$ для $D > 0,1$ |
| Добротность Q | $\Delta Q = \pm (Q_x^2 \times \Delta D) / (1 \pm Q_x \times \Delta D)$ для $(Q_x \times \Delta D) < 0,1$ |
| Фазовый угол θ | $\Delta \theta = (180/\pi) \times (\delta_e / 100)$ |
| Активная проводимость G для параметров Lp и Cp | $\Delta G = \pm B_x \times \Delta D$ для $D_x \leq 1$ где $B_x = 2\pi \times f \times C_x = 1 / (2\pi \times f \times L_x)$ соответственно для Cx и Lx |
| Активное сопротивление в последовательной схеме замещения Rs | $\Delta R_s = \pm X_x \times \Delta D$ для $D_x \leq 0,1$ где $X_x = 2\pi \times f \times L_x = 1 / (2\pi \times f \times C_x)$ соответственно для Lx и Cx |
| Активное сопротивление в параллельной схеме замещения Rp | $\Delta R_p = \pm (R_{px} \times \Delta D) / (D_x \pm \Delta D)$ для $D_x \leq 0,1$ |

Температурный коэффициент увеличения погрешности измерений в диапазоне температуры окружающей среды:

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

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

Значения частот испытательного сигнала: 100, 120 Гц, 1, 10, 20*, 100 кГц.

* 20 кГц – только для исполнения 4263В-002.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности установки частоты испытательного сигнала: $\pm 0,01\%$ ($\pm 1\%$ для 120 Гц).

Напряжение испытательного сигнала изменяется от 0,020 до 1,000 В с шагом 0,005 В с помощью цифровой клавиатуры и с шагом 0,05 В с помощью клавиш – «стрелок».

Пределы допускаемой основной относительной погрешности установки напряжения испытательного сигнала: $\pm(10\% + 10\text{ мВ})$ для диапазона от 0,05 до 1 В.

Постоянное напряжение смещения: от 0 до 2,5 В внешнее и 0; 1,5 и 2 В внутреннее.

Время измерения в режиме:

LONG ~500 мс;

MEDIUM ~65 мс;

SHORT ~25 мс.

Время установления рабочего режима: не более 15 минут.

Питание измерителей LCR от сети переменного тока частотой (50...60) Гц, напряжением (120, 220) В $\pm 10\%$.

Мощность, потребляемая измерителем LCR от сети при номинальном напряжении, не более 45 ВА.

Время непрерывной работы в рабочих условиях эксплуатации 8 часов.

Условия эксплуатации:

- нормальные - температура окружающего воздуха $(23\pm 5)^\circ\text{C}$, относительная влажность не более 70 %;
- рабочие - температура окружающего воздуха от 0 до 45°C ,
- максимальная относительная влажность 95 % при 40°C .

Условия хранения:

- температура окружающего воздуха от минус 40 до $+70^\circ\text{C}$;
- относительная влажность до 90 % при 65°C .

Габаритные размеры, не более 320×100×300 мм.

Масса, не более 4,5 кг.

ЗНАК УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА

Знак утверждения типа наносят на обложку Руководства по эксплуатации.

КОМПЛЕКТНОСТЬ

1. Измеритель LCR 4263В.
2. Сетевой шнур.
3. Руководство по эксплуатации.
4. Методика поверки.
5. Устройство подключения для измерения параметров – в соответствии с заявкой.

ПОВЕРКА

Поверка проводится по методике поверки «Измерители LCR модели 4263В фирмы Agilent Technologies (Малайзия). Методика поверки», разработанной и утвержденной Сергиево-Посадским филиалом ГЦИ СИ ФГУ «Менделеевский ЦСМ» 22 августа 2007 г.

Основные средства поверки:

- частотомер ЧЗ-63/1 0,1 Гц...1000 МГц, погрешность 5×10^{-7} ;
- меры сопротивления Е1-5 2 разряд;
- магазин электрического сопротивления Р4834 ($0,01-10^6$) Ом класс точности 0,02;
- мера электрического сопротивления Р4017 10^7 Ом, класс точности 0,05;
- меры емкости Р597 2 разряд;
- меры индуктивности Р596 2 разряд;
- мера индуктивности и добротности LQ-2300 (1-3000) Гн, 2 разряд.

Межповерочный интервал 1 год.

НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

ГОСТ 25242-93 "Измерители параметров иммитанса цифровые. Общие технические требования и методы испытаний".

Техническая документация фирмы изготовителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тип измерители LCR модели 4263В фирмы Agilent Technologies (Малайзия) утверждены с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечены при выпуске из производства и в эксплуатации согласно государственной поверочной схеме.

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Фирма Agilent Technologies (Малайзия), по технической документации фирмы «Agilent Technologies, Inc.» (США)

Bayan Lepas, Free Industrial Zone, 11900 Penang, Malaysia

тел. (65) 6375-8100.

URL: <http://www.agilent.com/>

Заявитель: ООО «Гарлэнд Оптима»

Генеральный директор



С.В. Багровский