

## Приборы для измерения импеданса, RLC и комбинированные анализаторы.

Для решения задачи измерения импеданса в НИР и ОКР, на производстве, при обеспечении качества или при входном контроле, компания Agilent Technologies предлагает полный ряд импедансных контрольно-измерительных приборов и испытательного оборудования, разграничив их по функциональным особенностям на три типа:

| Параметры прибора     | Тип прибора   |  |   |
|-----------------------|---|--|---|
|                       | Измеритель LCR  | Анализатор импеданса   | Комбинированный анализатор  |
| Свиппирование частоты | Дискретные частоты  | Непрерывное свиппирование  |   |
| Индикатор             | Только цифровой   | Графический  |   |
| Функциональность      | Интерфейс манипулятора  | Встроенный анализ эквивалентных схем                                   | Встроенный анализ эквивалентных схем, несколько функций в одном приборе |
| Достоинства           | Недорогое решение, лёгкость в использовании, высокая скорость | Анализ частотных характеристик, резонансный анализ, моделирование схем | Рентабельный, экономит место и время                                    |

Выбор лучшего технического решения для измерения параметров определяется методикой измерения:

- **Автобалансные мосты** - имеют самый широкий диапазон измерения импеданса в типовом диапазоне частот от 20 Гц до 110 МГц. Лучше всего подходят для проведения испытаний общего назначения в низкочастотном диапазоне.
- Методика **I-V** (высокочастотное преобразование тока в напряжение **RF I-V**) - разработана для повышения точности измерений. Превосходна для анализа ВЧ компонентов, особенно для небольших значений индуктивности и емкости.
- **Анализ четырехполюсников** - предлагает самое высокое перекрытие по частоте, но работает лучше всего, когда диапазон измерений близок к 50  $\Omega$ . В этой методике измерения значения полного сопротивления получают из коэффициентов отражения.

### Приборы компании Agilent Technologies для измерения импеданса

| Тип прибора                | Назначение  | Модель                 | Частотный диапазон                       | Основная погрешность | Диапазон измерения                          | Функции | Метод измерения | Основные объекты измерения   |
|----------------------------|---|------------------------|--|----------------------|---|---------|-----------------|--|
| Анализаторы импеданса      | Высокая производительность, многофункциональность | <b>E4491A</b>          | 1 МГц - 3 ГГц                            | 0,8%                 | 200 м $\Omega$ - 20 к $\Omega$              | A, B    | RF I-V          | LCR компоненты, материалы, полупроводники                                      |
|                            |   | <b>E4294A</b>          | 40 Гц - 110 МГц                          | 0,08%                | 25 м $\Omega$ - 40 М $\Omega$               | A, B    | ABB             | LCR компоненты, материалы, полупроводники                                      |
|                            | Зондовые измерения                                | <b>E4294A с 42941A</b> | 40 Гц - 110 МГц                          | 1%                   | 50 м $\Omega$ - 4 М $\Omega$                | A, B    | I-V             | LCR компоненты, материалы, полупроводники                                      |
| Комбинированный анализатор | Измерение параметров цепей - спектра - импеданса  | <b>4395A</b>           | 100 кГц - 500 МГц                        | 3%                   | 2 $\Omega$ - 5 к $\Omega$                   | A, B    | RF I-V          | LCR компоненты, другие пассивные компоненты, активные компоненты, анализ цепей |
| Измерители LCR             | Высокая производительность, многофункциональность | <b>4287A</b>           | 1 МГц - 3 ГГц                            | 1%                   | 200 м $\Omega$ - 3 к $\Omega$               | C       | RF I-V          | LCR компоненты,  |
|                            |   | <b>4285A</b>           | 75 кГц - 30 МГц                          | 0,1%                 | 0,01 м $\Omega$ - 100 М $\Omega$            | D       | ABB             | материалы, полупроводники  |
|                            |   | <b>E4980A</b>          | 20 Гц - 2 МГц                            | 0,05%                | 0,001 ф $\Omega$ - 1000 Т $\Omega$          | D       | ABB             | LCR компоненты, материалы, полупроводники                                      |
|                            | Низкая стоимость, многофункциональность           | <b>4263B</b>           | 100 Гц - 100 кГц                         | 0,1%                 | 0,01 м $\Omega$ - 100 М $\Omega$            | D       | ABB             | LCR компоненты, трансформаторы   |
| Специальные измерители     | Измерения конденсаторов                           | <b>E4981A</b>          | только на частотах 120 Гц, 1 кГц и 1 МГц | 0,07%                | 0 Ф - 2 мФ                                  | D       | ABB             | Керамические конденсаторы  |
|                            | Сверхмалые сопротивления                          | <b>4338B</b>           | только на частоте 1 кГц                  | 0,4%                 | 10 мк $\Omega$ - 100 к $\Omega$             | D       | другое          | Соединители, резисторы   |
|                            | Сверхбольшие сопротивления                        | <b>4339B</b>           | только на постоянном токе                | 0,6%                 | 10 к $\Omega$ - 1x10 <sup>16</sup> $\Omega$ | D       | другое          | Трансформаторы, конденсаторы   |
|                            |   | <b>4349B</b>           | только на постоянном токе                | 2%                   | 10 к $\Omega$ - 1x10 <sup>16</sup> $\Omega$ | D       | другое          | Трансформаторы, конденсаторы   |

Код функции:

A - Встроенный анализ эквивалентных схем.  
B - Свиппирование частоты, цветной ЖК дисплей.  
C - Дискретные частоты, цветной ЖК дисплей.

D - Дискретные частоты, монохромный ЖК дисплей.  
ABB - Автобалансный мост.

I-V - метод I-V.  
RF I-V - метод ВЧ I-V.

Далее будут приведены краткие сведения о приборах для лучшего выбора технического решения. В начале дадим пояснения к обозначениям

$|Z|$  - модуль полного сопротивления  
 $|Y|$  - модуль полной проводимости  
 $|\Gamma|$  - модуль группового времени задержки  
 $\theta$  - фазовый угол импеданса  
 $R$  - активное сопротивление

$X$  - реактивное сопротивление  
 $G$  - активная проводимость  
 $B$  - реактивная проводимость  
 $C$  - емкость  
 $L$  - индуктивность

$D$  - фактор потерь (тангенс угла потерь)  
 $Q$  - добротность  
 $\epsilon_r, \epsilon_r', \epsilon_r''$  - диэлектрические постоянная, проводимость  
 $\mu_r, \mu_r', \mu_r''$  - магнитная постоянная, проводимость

## Анализаторы импеданса

Приборы данного типа обеспечивают высокую точность измерения и усовершенствованные функции измерения:

- Возможности свипирования частоты, смещения по постоянному току, переменного напряжения или тока позволяют выбирать, где и как получать экспериментальные данные.
- Встроенный анализ эквивалентных схем рассчитывает многоэлементную модель схемы проверяемого устройства.
- Индикатор может воспроизводить множество графиков измерения одновременно.
- Усовершенствованная калибровка и компенсационные методы уменьшают погрешность измерения.



### Высокочастотный анализатор импеданса / материалов E4991A.

- Обеспечивает наилучшее решение для измерения импеданса в полосе частот от 1 МГц до 3 ГГц, с дополнительной функцией испытания материалов.
- Идеальный прибор для высокочастотных катушек индуктивности, конденсаторов для поверхностного монтажа, материалов для печатных плат и кольцевых магнитных сердечников.
- В стандартной комплектации прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ ,  $R$ ,  $X$ ,  $G$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $Q$ .
- Дополнительные измеряемые параметры материалов:  $\epsilon_r, \epsilon_r', \epsilon_r'', \mu_r, \mu_r'$  и  $\mu_r''$
- Интерфейсы GPIB, LAN.



### Прецизионный анализатор импеданса 4294A.

- Высокоточное четырёхпарное измерение импеданса в полосе от 40 Гц до 100 МГц.
- Разработан не только для наиболее массовых измерений конденсаторов, индуктивностей, резонаторов и полупроводников, но и для оценки материалов печатных плат, тороидальных сердечников и других узлов.
- Базовая погрешность 0,08% позволяет оценить очень малые изменения в характеристиках компонентов.
- Улучшает эффективность оценки благодаря различным функциям анализа.
- С помощью импедансного пробника 42941A возможны внутрисхемные и заземленные измерения.
- В стандартном варианте прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ ,  $R$ ,  $X$ ,  $G$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $Q$ .
- Интерфейсы: два порта ввода/вывода на 8 и 24 бит, Centronix, VGA, GPIB, LAN.

## Комбинированный анализатор Анализатор цепей – спектра - импеданса 4395A.



Прибор позволяет экономить время и деньги, а также очень нужную рабочую площадь.

- Анализатор на 500 МГц с управляемым временем спектрального анализа со стробированием во временной области.
- Цифровое разрешение полосы пропускания для более быстрого свипирования.
- Встроенная функция IBASIC.
- Возможность комплектации источником смещения по постоянному току.
- В стандартном варианте прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ ,  $|\Gamma|$ ,  $X$ ,  $G$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $Q$ .
- Интерфейсы: два порта ввода/вывода на 8 и 24 бит, Centronix, GPIB.

## Измерители LCR

Они идеально подходят для проведения недорогих испытаний общего назначения: проверки компонентов с обычными выводами, компонентов для поверхностного монтажа, материалов и многого другого.



### Высокочастотный измеритель LCR 4287A.

Работает в диапазоне до 3 ГГц, Метод ВЧ I-V обеспечивает широкий диапазон импедансов.

- Высокая скорость измерения 9 мс.
- Погрешность в 1% соответствует проверкам на производстве.
- Высокостабильные измерения малых индуктивностей и измерения добротности с точностью 6% при Q=100, 100 МГц.
- В стандартном варианте прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ , R, X, G, B, C, L, D, Q.
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB, LAN.



### Прецизионный измеритель LCR E4980A.

Обеспечивая высокоточные и стабильные измерения, как на нижних, так и верхних пределах измерения импеданса, прибор является одним из основных инструментов, предназначенных как для разработки, исследований, так и производственных испытаний компонентов и материалов, в полосе частот от 20 Гц до 2 МГц.

- Высокая скорость измерения до 5,6 мс.
- Базовая погрешность в 0,05% при превосходной повторяемости измерений.
- Доступна опция экономичной модели начального уровня, с тем же уровнем точности, но меньшей скоростью измерений.
- Несколько режимов отображения результатов измерений, исходя из конкретных задач: просмотра данных, сравнения результатов, статистической оценки...
- Доступны варианты комплектации, обеспечивающие внутреннее постоянное напряжение смещения до +/- 40 В, и постоянный ток смещения до 40 А с внешним источником.
- В стандартном варианте прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ , R, X, G, B, C, L, D, Q,  $R_{DC}$ ,  $I_{DC}$ ,  $V_{DC}$ .
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB, LAN, USB.



### Прецизионный измеритель LCR 4285A.

Оптимальное соотношения рабочего диапазона от 75 кГц до 30 МГц и точности 0.1%.

- Доступны варианты комплектации, обеспечивающие внутреннее постоянное напряжение смещения до +/- 40 В, и постоянный ток смещения до 10 А с внешним источником.
- В стандартном варианте прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ , R, X, G, B, C, L, D, Q.
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB.



### Измеритель LCR 4263B.

Компактный и простой в эксплуатации, обеспечивает недорогую проверку компонентов на фиксированных частотах 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц (дополнительно 20 кГц).

- В стандартном варианте прибор измеряет:  $|Z|$ ,  $|Y|$ ,  $\theta$ , R, X, G, B, C, L, D, Q.
- Дополнительно – возможность измерения параметров трансформаторов.
- Интерфейсы: GPIB.

## Специальные измерители.

Представленные ниже приборы обладают функциональностью определённого направления. Их свойства оптимизированы для достижения максимальных характеристик при конкретных применениях.



### Измеритель ёмкости E4981A.

Широкий диапазон измерений керамических конденсаторов от 0 Ф до 2 мФ. Обладая высокой скоростью измерений и выдающейся точностью, является новым стандартом в отрасли.

- Измерения производятся на частотах 120 Гц, 1 кГц и 1 МГц.
- Высокая скорость измерения до 2,3 мс.
- Основная погрешность измерений ёмкости 0,07%, тангенса угла потерь +/-0,0005.
- Возможность определения до 9 допусковых групп по результатам измерения параметров C-D, Q, R, G.
- Возможности обнаружения нарушений контактов.
- Синхронный источник – испытательный сигнал не прикладывается к измерительным контактам когда устройство подключается или отключается.
- Возможность смещения частоты +/-2% для устранения помех между двумя соседними измерительными контактами.
- Совместимость со старыми измерителями 4268A и 4288A.
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB, LAN, USB.



### Миллиомметр 4338В.

Разработан для измерения сверхнизких сопротивлений выключателей, батарей, реле, кабелей, соединителей и печатных плат.

- Диапазон измеряемых величин от 10 мкΩ до 100кΩ.
- Измерения производятся на частоте 1 кГц с выбираемым испытательным током от 1 мкА до 10 мА.
- Функция контроля контакта для достоверности проверок.
- Выбор числа отображаемых разрядов (3, 4 или 5).
- В стандартном варианте прибор измеряет: |Z|, R, X, L, Q.
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB.



### Измеритель больших сопротивлений 4339В.

Отличное решения для оценки значения величины тока утечки и сопротивления изоляции комплектующих.

- Один измерительный канал.
- Диапазон измерения сопротивления от  $1 \times 10^3 \Omega$  до  $1 \times 10^{16} \Omega$ .
- Диапазон измерения тока от 60 фА до 100 мА.
- Основная погрешность измерений 0,6%.
- Функция контроля контакта для достоверности проверок.
- Возможность программирования.
- Прибор измеряет: I, R, поверхностное и объёмное удельное сопротивление.
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB.



### 4-х канальный измеритель больших сопротивлений 4349В.

- Одновременная проверка по 4-м каналам.
- Диапазон измерения сопротивления от  $1 \times 10^3 \Omega$  до  $1 \times 10^{15} \Omega$ .
- Диапазон измерения тока от 1 пА до 100 мА.
- Основная погрешность измерений 2%.
- Функция контроля контакта для достоверности проверок.
- Возможность программирования.
- Прибор измеряет: I, R.
- Интерфейсы: интерфейсы манипулятора, GPIB.