

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Измерители LCR высокочастотные E4991A

#### Назначение средства измерений

Измерители LCR высокочастотные E4991A (далее – измерители) предназначены для измерений импеданса различных компонентов и характеристик материалов в диапазоне частот от 1 МГц до 3 ГГц.

#### Описание средства измерений

Принцип действия измерителей основан на формировании измерительного сигнала и его анализе после прохождения через объект измерения, с последующим вычислением импеданса и его составляющих на основании вносимых изменений в измерительный сигнал объектом измерения.

Конструктивно измерители выполнены в ударопрочном пластмассовом корпусе, имеют жидкокристаллический цветной дисплей, встроенный накопитель на гибких магнитных дисках.

Функциональные возможности измерителей определяются составом опций и аксессуаров входящих в комплект измерителей. Состав опций и аксессуаров, их функциональные возможности приведены в таблице 1.

Таблица 1

Название опции или аксессуара	Описание опции или аксессуара
800	Стандартный опорный источник частоты
1D5	Высокостабильный опорный источник частоты
001	Источник смещения напряжения постоянного тока
002	Опция для измерения электрических характеристик материалов
007	Устройства для измерения компонентов и материалов в широком температурном диапазоне (от минус 55 до 150 °С) с аксессуарами
010	Зондовая станция с аксессуарами для подключения
16092A	Устройство для измерения двухвыводных компонентов и чип – компонентов. Частотный диапазон от 0 до 2 ГГц
16190B	Набор для калибровки измерителей
16192A	Устройство для измерения чип - компонентов размерами более 1 мм. Частотный диапазон от 0 до 2 ГГц
16194A	Устройство для измерения компонентов с аксиальными и радиальными выводами, а так же чип – компонентов при температуре окружающей среды от минус 55 до 150 °С. Частотный диапазон от 0 до 500 МГц.
16195B	Набор нагрузок для калибровки измерителя
16196A	Устройство для измерения чип – компонентов 1608 (мм). Частотный диапазон от 0 до 3 ГГц
16196B	Устройство для измерения чип – компонентов 1005 (мм). Частотный диапазон от 0 до 3 ГГц
16196C	Устройство для измерения чип – компонентов 0603 (мм). Частотный диапазон от 0 до 3 ГГц
16196D	Устройство для измерения чип – компонентов 0402 (мм). Частотный диапазон от 0 до 3 ГГц
16197A	Устройство для измерения чип – компонентов с вертикальным расположением выводов 3325, 1005 (мм). Частотный диапазон от 0 до 3 ГГц

16197A Опт. 001	Устройство для измерения чип – компонентов с вертикальным расположением выводов 0603 (мм). Частотный диапазон от 0 до 3 ГГц
16200В	Устройство для подачи внешнего напряжения смещения постоянного тока. Ток до 5 А, напряжение до 40 В, частотный диапазон от 1 МГц до 1 ГГц
16453А	Устройство для измерения диэлектрической проницаемости материалов. Частотный диапазон от 1 МГц до 1 ГГц
16454А	Устройство для измерения магнитной проницаемости материалов тороидальной формы (размеры материала: толщина не более 8,5 мм; диаметр внутренний не менее 3,1 мм; диаметр внешний не более 20 мм). Частотный диапазон от 1 кГц до 1 ГГц.

Измерители обладают возможностью калибровки по внешним мерам, самодиагностики, выбора вида эквивалентной измерительной цепи. Измерители являются микропроцессорными приборами.

Внешний вид измерителей приведен на рисунке 1.

Схема пломбировки измерителей от несанкционированного доступа приведена на рисунке 2.

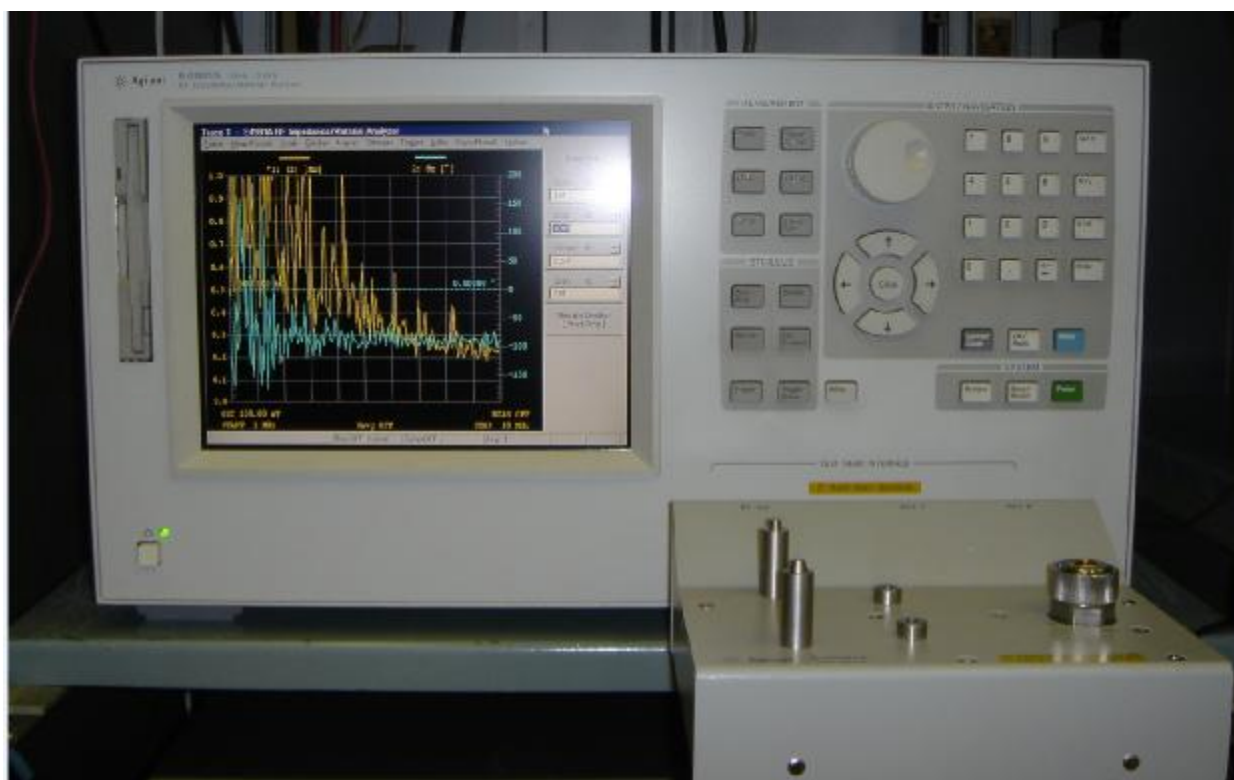


Рисунок 1 - Внешний вид лицевой панели измерителей

Места  
пломби-  
ровки от  
несанкцио-  
нированно-  
го доступа

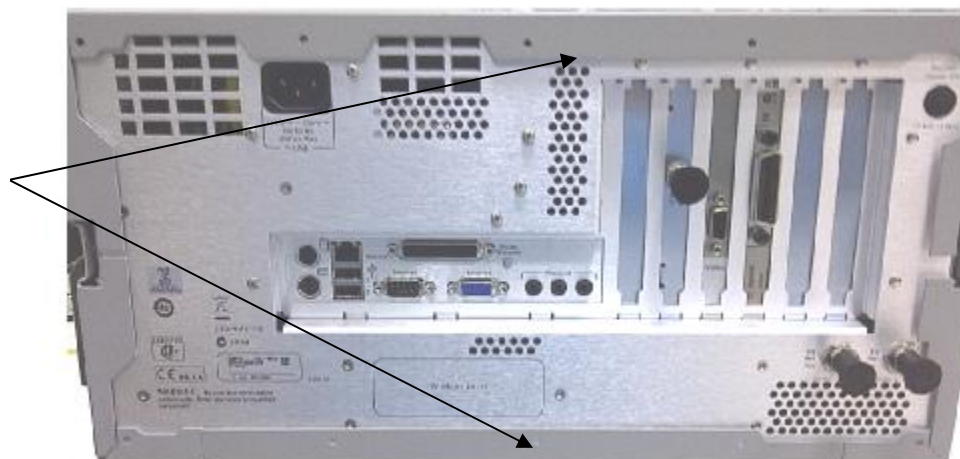


Рисунок 2 – Внешний вид задней панели измерителей

### Программное обеспечение

Измерители имеют встроенное программное обеспечение (ПО). Метрологически значимая часть ПО генераторов представляет собой программный продукт «RF Impedance Analyzer Firmware». Идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО указаны в таблице 2.

Таблица 2

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии ПО (идентификационный номер)	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления идентификатора ПО
RF Impedance Analyzer Firmware	Программное обеспечение измерителя ВЧ импеданса	Модель E4991A: не менее 1.11	-	MD5

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

### Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики измерителей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование характеристики	Значение
Характеристики источника сигнала	
Диапазон частот	от 1 МГц до 3 ГГц
Разрешающая способность установки частоты, МГц	1

<p>Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- без опции 1D5 при температуре окружающей среды от 18 до 28 °С</li> <li>при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С</li> <li>- с опцией 1D5 при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 10 \cdot 10^{-6}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 20 \cdot 10^{-6}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 1 \cdot 10^{-6}</math></p>
<p>Диапазон установки выходного уровня мощности (в режиме 50 Ом нагрузки на тестовом порту), дБм:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- частота не более 1 ГГц</li> <li>- частота более 1 ГГц</li> </ul>	<p style="text-align: center;">от минус 40 до 1</p> <p style="text-align: center;">от минус 40 до 0</p>
<p>Диапазон установки среднеквадратического значения (СКЗ) тока (в режиме короткого замыкания на тестовом порту), мА:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- частота не более 1 ГГц</li> <li>- частота более 1 ГГц</li> </ul>	<p style="text-align: center;">от 0,0894 до 10</p> <p style="text-align: center;">от 0,0894 до 8,94</p>
<p>Диапазон установки СКЗ выходного напряжения (в режиме холостого хода на тестовом порту), мВ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- частота не более 1 ГГц</li> <li>- частота более 1 ГГц</li> </ul>	<p style="text-align: center;">от 4,47 до 502</p> <p style="text-align: center;">от 4,47 до 447</p>
<p>Разрешающая способность установки выходного сигнала, дБ</p>	<p style="text-align: center;">0,1</p>
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности установки выходного уровня мощности (в режиме 50 Ом нагрузки на тестовом порту), дБ:</p> <p>без опции 010:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- частота не более 1 ГГц</li> <li>при температуре окружающей среды от 18 до 28 °С</li> <li>при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С</li> <li>- частота более 1 ГГц</li> <li>при температуре окружающей среды от 18 до 28 °С</li> <li>при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С</li> </ul> <p>с опцией 010:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- частота не более 1 ГГц</li> <li>при температуре окружающей среды от 18 до 28 °С</li> <li>при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С</li> <li>- частота более 1 ГГц</li> <li>при температуре окружающей среды от 18 до 28 °С</li> <li>при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 2</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 4</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 3</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 5</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 3,5</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 5,5</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 5,6</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\pm 7,6</math></p>

Измеряемые величины	
<p>Z: модуль полного сопротивления (импеданса)            Y: модуль полной проводимости (адмитанса)            R: активное сопротивление            G: активная проводимость            C: ёмкость            L: индуктивность            θ: фазовый угол            X: реактивное сопротивление            B: реактивная проводимость            D: тангенс угла потерь            Q: добротность</p>	
<p>Погрешности измеряемых величин при измерении зондовой станции (Опция 010) при использовании для калибровки мер ХХ, КЗ и нагрузки и температуре окружающей среды (23±5) °С</p>	
Измеряемая величина	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений
$ Z ,  Y $	$\pm (E_a + E_b) [\%]$
$\theta$	$\pm (E_a + E_b)/100$ [рад],
<p>где:            E<sub>a</sub> (при выходном уровне генератора более минус 33 дБм),            %            от 1 до 100 МГц            от 100 до 500 МГц            от 500 МГц до 1 ГГц            от 1 до 1,8 ГГц            от 1,8 до 3 ГГц</p>	<p><math>\pm 0,65</math>  <math>\pm 0,8</math>  <math>\pm 1,2</math>  <math>\pm 2,5</math>  <math>\pm 5</math></p>
<p>E<sub>a</sub> (при выходном уровне генератора менее минус 33 дБм),            %            от 1 до 100 МГц            от 100 до 500 МГц            от 500 МГц до 1 ГГц            от 1 до 1,8 ГГц            от 1,8 до 3 ГГц</p>	<p><math>\pm 1</math>  <math>\pm 1,2</math>  <math>\pm 1,2</math>  <math>\pm 2,5</math>  <math>\pm 5</math></p>
<p><math>E_b = \pm (Z_s /  Z_x  + Y_o \cdot  Z_x ) [\%]</math>,            где <math> Z_x </math> - абсолютная величина импеданса</p>	
<p>Z<sub>s</sub> (при выходном уровне генератора менее минус 3 дБм,            минус 13 дБм и минус 23 дБм)            количество точек усреднения – не менее 8            количество точек усреднения – менее 8</p>	<p><math>\pm (13 + 0,5 \cdot f) [\%]</math>  <math>\pm (25 + 0,5 \cdot f) [\%]</math>,            де f – частота источника сигнала в МГц</p>
<p>Z<sub>s</sub> (при выходном уровне генератора более минус 33 дБм)            количество точек усреднения – не менее 8            количество точек усреднения – менее 8</p>	<p><math>\pm (25 + 0,5 \cdot f) [\%]</math>  <math>\pm (50 + 0,5 \cdot f) [\%]</math></p>

Zs (при выходном уровне генератора менее минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8	$\pm (50 + 0,5 \cdot f) [\%]$ $\pm (100 + 0,5 \cdot f) [\%]$
Yo (при выходном уровне генератора менее минус 3 дБм, минус 13 дБм и минус 23 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8	$\pm (5 + 0,1 \cdot f) [\text{мкСм}]$ $\pm (10 + 0,1 \cdot f) [\text{мкСм}]$
Yo (при выходном уровне генератора более минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8	$\pm (10 + 0,1 \cdot f) [\text{мкСм}]$ $\pm (30 + 0,1 \cdot f) [\text{мкСм}]$
Yo (при выходном уровне генератора менее минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8	$\pm (20 + 0,1 \cdot f) [\text{мкСм}]$ $\pm (60 + 0,1 \cdot f) [\text{мкСм}]$
L, C, X, B:	$\pm (Ea + Eb) \times \sqrt{1 + Dx^2} [\%]$
R, G	$\pm (Ea + Eb) \times \sqrt{1 + Qx^2} [\%]$
D: при $ Dx^1  \times \text{tg}((Ea + Eb)/100) < 1$ при $Dx \leq 0,1$	$\pm \left( 1 + Dx^2 \right) \text{tg} \left( \frac{Ea + Eb}{100} \right)$  $\pm (Ea + Eb)/100$
Q: при $ Qx^1  \times \text{tg}((Ea + Eb)/100) < 1$ при $10/(Ea + Eb) \geq Qx \geq 10$	$\pm \left( 1 + Qx^2 \right) \text{tg} \left( \frac{Ea + Eb}{100} \right)$  $\pm Qx^2(Ea + Eb)/100$
<sup>1)</sup> – Dx- измеренная величина D(тангенс угла потерь) Qx- измеренная величина Q (добротность)	
Погрешности измеряемых величин при измерении с опцией 007 при температуре окружающей среды (23±5) °С	
Измеряемая величина	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений
Z ,  Y	$\pm (Ea + Eb) [\%]$
$\theta$	$\pm (Ea + Eb)/100 [\text{рад}]$

<p>Еа (при выходном уровне генератора более минус 33 дБм), %</p> <p>от 1 до 100 МГц от 100 до 500 МГц от 500 МГц до 1 ГГц от 1 до 1,8 ГГц от 1,8 до 3 ГГц</p>	<p>± 0,8 ± 1 ± 1,2 ± 2,5 ± 5</p>
<p>Еа (при выходном уровне генератора менее минус 33 дБм), %</p> <p>от 1 до 100 МГц от 100 до 500 МГц от 500 МГц до 1 ГГц от 1 до 1,8 ГГц от 1,8 до 3 ГГц</p>	<p>± 1,2 ± 1,5 ± 1,5 ± 2,5 ± 5</p>
<p><math>E_b = \pm (Z_s /  Z_x  + Y_o \times  Z_x ) [\%]</math> где <math> Z_x </math> - абсолютная величина импеданса</p>	
<p>Zs (при выходном уровне генератора менее минус 3 дБм, минус 13 дБм и минус 23 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8</p>	<p>± (30 + 0,5·f) [%] ± (40 + 0,5·f) [%]</p>
<p>Zs (при выходном уровне генератора более минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8</p>	<p>± (35 + 0,5·f) [%] ± (70 + 0,5·f) [%]</p>
<p>Zs (при выходном уровне генератора менее минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8</p>	<p>± (50 + 0,5·f) [%] ± (150 + 0,5·f) [%]</p>
<p>Yо (при выходном уровне генератора менее минус 3 дБм, минус 13 дБм и минус 23 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8</p>	<p>± (12 + 0,1·f) [мкСм] ± (20 + 0,1·f) [мкСм]</p>
<p>Yо (при выходном уровне генератора более минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8</p>	<p>± (15 + 0,1·f) [мкСм] ± (40 + 0,·f) [мкСм]</p>
<p>Yо (при выходном уровне генератора менее минус 33 дБм) количество точек усреднения – не менее 8 количество точек усреднения – менее 8</p>	<p>± (35 + 0,1·f) [мкСм] ± (80 + 0,1·f) [мкСм]</p>
<p>Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм, не более: Е4991А устройство для тестирования опция 007 опция 010</p>	<p>425,6 x 221,6 x 421,7 160 x 162,9 x 64,3 152,4 (502 с кабелем) x 152,4 x 142,4 121 x 97,9 x 56,4</p>

Масса (без опций), кг, не более: E4991A устройство для тестирования опция 007 опция 010	17 1 1 1
Напряжение питания от источника переменного тока частотой от 47 до 63 Гц	от 90 до 132 В или от 198 до 264 В
Потребляемая мощность, В·А, не более	350
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °С - относительная влажность при температуре окружающего воздуха 40 °С, % - атмосферное давление, кПа	от 5 до 40  от 15 до 80 от 96 до 104

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа средства измерений наносится типографским способом на титульный лист руководства по эксплуатации и на корпус измерителя в виде наклейки.

### Комплектность средства измерений

Комплект поставки включает:

- измеритель импеданса высокочастотный E4991A – 1 шт.;
- набор для калибровки измерителей 16190В – 1 комплект;
- набор нагрузок 16195В – 1 комплект;
- опций и аксессуаров согласно таблице 1 - в зависимости от заказа;
- руководство по эксплуатации – 1шт.;
- методика поверки 651-13-72МП – 1 шт.

### Поверка

осуществляется по документу 651-13-72 МП «Инструкция. Измерители LCR высокочастотные E4991A. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИФТРИ» в январе 2014 г.

Основные средства поверки:

- частотомер электронно-счетный 53132А (Госреестр № 26211-03) с опциями 010, 030: диапазон измеряемых частот от 0 до 3 ГГц, относительная погрешность по частоте не более  $2,5 \cdot 10^{-9}$ ;
- мультиметр 3458А (Госреестр № 25900-03): диапазон измерений напряжения переменного тока от 10 мВ до 1000 В, диапазон частот от 1 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой погрешности измерений напряжения  $\pm 0,03\%$ ;
- измерители мощности с блоками измерительными и первичными измерительными преобразователями (Госреестр № 38915-08) E4418В с преобразователями E4412А, E9304А, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности  $\pm(4-6)\%$ .

### Сведения о методиках (методах) измерений

Измерители LCR высокочастотные E4991А. Руководство по эксплуатации.

### Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к измерителям импеданса высокочастотным E4991А

Техническая документация фирмы-изготовителя.



**Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений**

При выполнении работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством РФ обязательным требованиям.

**Изготовитель**

Фирма «Agilent Technologies», Малайзия  
Bayan Lepas, Free Industrial Zone, 11900 Penang, Malaysia,  
тел. (65) 6375-8100  
<http://www.agilent.com>

**Заявитель**

Общество с ограниченной ответственностью «Аджилент Технолоджиз» (ООО «Аджилент Технолоджиз»)  
Юридический адрес: 113054, г. Москва, Космодаминая наб., 52, стр 1  
Почтовый адрес: 113054, г. Москва, Космодаминая наб., 52, стр 1  
Телефон: (459) 274-14-88  
Факс: (495) 577-10-41

**Испытательный центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

Юридический адрес: 141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, городское поселение Менделеево, Главный лабораторный корпус.

Почтовый адрес: 141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, п/о Менделеево

Телефон (факс): (495) 526-63-00

E-mail: [office@vniiftri.ru](mailto:office@vniiftri.ru)

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИФТРИ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30002-13 от 07.10.2013 г.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства по техническому  
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

М.п. «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.