

ИЗМЕРИТЕЛИ ИМПЕДАНСА АКТАКОМ IMPEDANCE METERS AKTAKOM

Афонский А.А.

В модельном ряду АКТАКОМ в настоящее время представлено несколько самых разнообразных приборов для измерения параметров линейных компонентов с сосредоточенными параметрами. К таким элементам, как известно, относятся резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности. При определенных допущениях, эти пассивные элементы принято характеризовать идеальными параметрами: сопротивлением R , емкостью C , индуктивностью L . Поэтому приборы для измерения этих параметров часто называют RLC-метрами.

При измерении далеко не всегда удается измерить значение того или иного параметра, соответствующего идеальному, поэтому требуется знать ряд вторичных параметров элементов, таких, как добротность Q , тангенс угла потерь $tg\delta$, характеристическое сопротивление ρ .

Среди измерителей параметров

RLC в модельном ряду АКТАКОМ следует отметить настольные модели RLC-метров AM-3001, AM-3002 и AM-3004 и ручные модели приборов — AM-3003 и AM-3005.

Настольные модели AM-3002 и AM-3004 (рис. 1) представляют собой цифровые лабораторные измерители LCR, предназначенные для измерения емкости, индуктивности и сопротивления на частотах от 100 Гц до 10 кГц. Благодаря использованию 4-проводной схемы измерения исключается погрешность, связанная с переходным сопротивлением контактов. Режим сортировки элементов по допуску позволяет применять приборы в производстве изделий электронной тех-

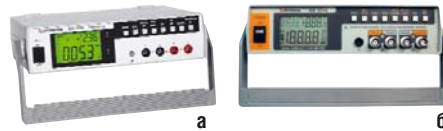


Рис. 1. Настольные RLC-метры AM-3002 (а) и AM-3004 (б)



Рис. 2. Портативные RLC-метры AM-3003 (а) и AM-3005 (б)

ники. Портативные модели AM-3003 и AM-3005 (рис. 2) обладают почти полным набором функциональных возможностей своих настольных собратьев, но при этом имеют меньшие габаритные размеры и массу. Основные характеристики приборов приведены в таблице 1.

Все эти приборы обеспечивают работу в режиме относительных измерений, удержания показаний, фиксации максимального и среднего значений, а также сортировку элементов по допуску. Модели AM-3002, AM-3003 и AM-3004 имеют двойной жидкокристаллический дисплей, позволяющий отоб-

Электрический импеданс характеризует комплексное (полное) сопротивление электрической цепи для гармонического сигнала.

Если сопротивление реактивных элементов (катушки индуктивности и конденсатора) рассматривается при постоянном токе, то есть на нулевой частоте, то тогда их реактивные свойства не проявляются: сопротивление идеальной катушки индуктивности стремится к нулю, а сопротивление идеального конденсатора — к бесконечности. Однако в случае переменного тока свойства реактивных элементов существенно иные: напряжение на катушке индуктивности и ток через конденсатор не равны нулю. То есть реактивные элементы на переменном токе ведут себя как элементы с неким конечным «сопротивлением», которое и получило название электрический импеданс (или просто импеданс). При рассмотрении импеданса используется комплексное представление гармонических сигналов, поскольку именно оно позволяет одновременно учитывать и амплитудные, и фазовые характеристики сигналов.

Импедансом $\hat{z}(j\omega)$ называется отношение комплексной амплитуды напряжения гармонического сигнала к комплексной амплитуде тока:

$$\hat{z}(j\omega) = \frac{\hat{u}(j\omega, t)}{\hat{i}(j\omega, t)} = \frac{\hat{U}(j\omega)}{\hat{I}(j\omega)}$$

Для резистора импеданс всегда равен его сопротивлению R и не зависит от частоты: $z_R = R$.

Для конденсатора импеданс равен

$$\hat{z}_C(j\omega) = \frac{1}{j\omega C}.$$

Для катушки индуктивности импеданс равен $\hat{z}_L(j\omega) = j\omega L$.

Добротность колебательной системы — это отношение энергии, запасенной в колебательной системе, к энергии, теряемой системой за один период колебания. Добротность характеризует качество колебательной системы: чем выше добротность, тем меньше потери энергии в системе в течение каждого периода. Добротность Q связана с логарифмическим декрементом затухания δ и обратно пропорциональна

скорости затухания собственных колебаний в системе. В колебательном контуре с индуктивностью L , емкостью C и омическим сопротивлением R добротность Q равняется

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega RC},$$

где ω — собственная частота контура.

Тангенс угла потерь — угол, на который отличается сдвиг фаз между током и напряжением в реальных радиоэлементах относительно идеальных элементов. Из-за наличия потерь разного рода в конденсаторах и катушке реальный сдвиг фаз φ между током и напряжением отличается от 90° . Разность между идеальным сдвигом фаз 90° и реальным называется углом потерь δ , который часто выражают через его тангенс. Чем меньше тангенс угла потерь, тем качественнее радиоэлемент. При отсутствии потерь $\delta = 0$. Тангенс угла потерь определяется отношением активной мощности P_a к реактивной P_p при синусоидальном напряжении определенной частоты.

$$tg\delta = \frac{P_a}{P_p} = \frac{U \cdot I \cdot \cos\varphi}{U \cdot I \cdot \sin\varphi} = \frac{\cos(90 - \delta)}{\sin(90 - \delta)} = \frac{\sin\delta}{\cos\delta}$$

С ростом частоты значение $tg\delta$ увеличивается. Величина, обратная $tg\delta$, называется добротностью. Термины добротности и тангенса угла потерь применяются и для индуктивностей, и для конденсаторов.

Одним из наиболее важных параметров колебательного контура являются его **характеристическое сопротивление**. Характеристическим сопротивлением контура ρ называется величина модуля реактивного сопротивления емкости и индуктивности контура на резонансной частоте: $\rho = |X_L| = |X_C|$ при $\omega = \omega_p$. В общем случае характеристическое сопротивление может быть вычислено по формуле:

$$\rho = \frac{U_{Lp}}{I_p} = \frac{U_{Cp}}{I_p} = \omega_p L = \frac{1}{\omega_p C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Характеристическое сопротивление ρ является количественной мерой оценки энергии, запасенной реактивными элементами контура: катушкой индуктивности (энергия магнитного поля) и конденсатором (энергия электрического поля).

ражать сразу две измеряемые величины (например, индуктивность и добротность). Они обеспечивают измерение по параллельной и последовательной схемам, измерение тангенса угла потерь конденсаторов и добротности катушек. Измерители импеданса AM-3003, AM-3004 и AM-3005, кроме того, позволяют передавать измеренные данные в компьютер по интерфейсу RS-232 для регистрации результатов измерений.

В данной статье мы рассмотрим более подробно основные возможности и особенности работы с измерителем импеданса AM-3001 (рис. 3). Эта модель является самой функционально насыщенной среди аналогичных приборов



Рис. 3. Стационарный лабораторный измеритель импеданса AM-3001

ройство стационарного типа, обладающее широкими функциональными возможностями по измерению параметров различных электронных устройств и проведения разбраковки радиокомпонентов по этим параметрам.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ RLC-МЕТРОВ

Таблица 1

Модель		AM-3002	AM-3003	AM-3004	AM-3005
Индуктивность	Диапазон	0,1 мкГн...10 кГн	0,1 мкГн...2 кГн	0,1 мкГн...1 кГн	1 мкГн...20 Гн
	Разрешение	0,1 мкГн	0,1 мкГн	0,1 мкГн	1 мкГн
	Погрешность	0,3 %	0,7 %	0,3 %	2 %
Емкость	Диапазон	0,1 пФ...10 мФ	0,1 пФ...20 мФ	0,01 пФ...10 мФ	1 пФ...1 мФ
	Разрешение	0,01 пФ	0,1 пФ	0,01 пФ	1 пФ
	Погрешность	0,4 %	0,7 %	0,4 %	2 %
Сопротивление	Диапазон	1 МОм...10 МОм	1 МОм...20 МОм	1 МОм...10 МОм	0,1 Ом...20 МОм
	Разрешение	1 МОм	1 МОм	1 МОм	0,1 Ом
	Погрешность	0,3 %	0,5 %	0,3 %	0,8 %
Частота тестового сигнала		120 Гц, 1 кГц	100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц	100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц	5 Гц, 50 Гц, 250 Гц

на российском рынке измерительной техники и при этом имеет вполне приемлемую цену.

Высокоточный LCR-метр AM-3001 представляет собой лабораторное уст-

Помимо измерения сопротивления, емкости и индуктивности, прибор позволяет измерять тангенс угла потерь конденсаторов и добротность катушек. Он обеспечивает проведение измерений

Таблица 2
ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ AM-3001

Режим измерений	Изменяемые параметры	Диапазон
R+Q	R	0,0001 Ом...2000 МОм
	Q	0,00001...50
L+Q	L	0,0001 мкГн...99999 Гн
	Q	0,0001...50
C+D	C	0,0001 пФ...99999 мкФ
	D	0,00001...10
C+R	C	0,0001 пФ...99999 мкФ
	R	0,00001...99999 кОм

при последовательной или параллельной схеме замещения, автоматический выбор пределов измерения, сортировку элементов по заданному допуску, вычисление абсолютного и относительного отклонения измеренного значения, режим относительных измерений, усреднение результатов измерений и ряд других функций. Пользователь может установить одно из 5 значений частоты измерительного сигнала: 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц. Предусмотрена плавная регулировка величины напряжения измерительного сигнала в пределах от 0,1 В до 1,0 В с шагом 50 мВ.

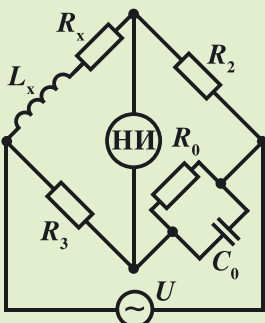
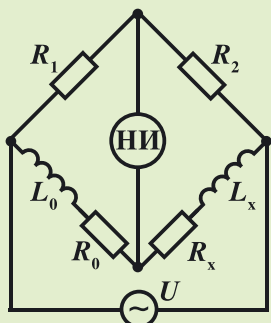
Широкий диапазон измеряемых величин (табл. 2) сочетается с высоким разрешением и точностью измерений.

Обратите внимание на разрешающую способность прибора при измерении емкости конденсаторов: она равна всего 0,1 фемтофард ($1 \cdot 10^{-16}$ Ф)!

Продолжение следует

ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ, ДОБРОТНОСТИ, ЕМКОСТИ И ТАНГЕНСА УГЛА ПОТЕРЬ

Наиболее распространенные схемы мостов на переменном токе для измерения индуктивности и добротности катушек представлены на рис. а и б. В них используются источники гармонического тока с амплитудой напряжения U и угловой частотой ω . Эквивалентные схемы замещения для катушек индуктивности с потерями могут быть последовательными или параллельными.



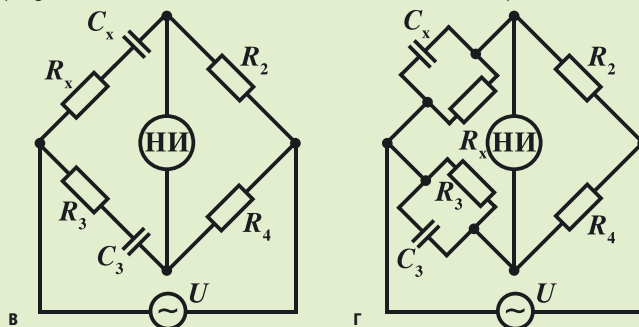
Схемы мостов для измерения индуктивностей и их добротностей с образцовыми элементами: а — катушкой; б — конденсатором

Опуская промежуточные вычисления, для схемы рис. а имеем: $L_x = L_0 R_2 / R_1$; $R_x = R_0 R_2 / R_1$, где L_x и R_x — измеряемые индуктивность и сопротивление омических потерь в катушке; L_0 и R_0 — образцовые индуктивности и сопротивление.

Поскольку изготовление высокочастотных образцовых катушек вызывает определенные трудности, часто в качестве образцовой меры в мостах переменного тока применяется конденсатор (рис. б). Для этой схемы имеем: $L_x = C_0 R_2 R_3$; $R_x = R_2 R_3 / R_0$.

$$\text{Добротность катушки } Q_x = \omega L_x / R_x = R_0 \omega C_0.$$

Для измерения емкости и тангенса угла потерь конденсаторов с малыми потерями применяют мостовую схему, представленную на рис. в (последовательное соединение элементов C_x и R_x), а с большими потерями — на рис. г (параллельное соединение элементов C_x и R_x).



Схемы мостов для измерения емкости и угла потерь конденсаторов: в — с малыми потерями; г — с большими потерями

Для схемы рис. в имеем следующие формулы для определения параметров конденсатора: $C_x = C_3 R_4 / R_2$; $R_x = R_3 R_2 / R_4$. Тангенс угла потерь конденсатора $\text{tg} \delta_x = \omega C_x R_x = \omega C_3 R_3$.

Для моста с параллельным соединением C_x и R_x (рис. г) $C_x = C_3 R_2 / R_4$; $R_x = R_3 R_4 / R_2$.

Тангенс угла потерь конденсатора при параллельной схеме замещения: $\text{tg} \delta_x = 1 / (\omega C_x R_x) = 1 / (\omega C_3 R_3)$.

Поскольку условия уравнивания моста зависят от частоты, мостовые схемы измерения предназначены для работы на одной из определенных частот.

Уравновешенные мосты переменного тока обеспечивают погрешность измерения от 0,5 до 5%.

ИЗМЕРИТЕЛИ ИМПЕДАНСА АКТАКОМ IMPEDANCE METERS AKTAKOM

Афонский А.А. (Afonsky A. A.)

(Продолжение, начало см. № 4-2007)

Точностные характеристики АМ-3001 приведены на диаграммах (рис. 4). Минимальная погрешность измерения прибора составляет 0,05%, но на краях диапазонов она может достигать 0,4%.

Каждый раз при включении прибора автоматически выполняется тест самоконтроля. Прохождение теста самоконтроля проходит с индикацией на экране дисплея.

По окончании теста на дисплее отображается надпись «test pass» (прохождение теста) и «over range» (выход за пределы диапазона). После этого можно проводить измерения и производить установки значений параметров измерительного прибора и подсоединять различные детали в оснастку.

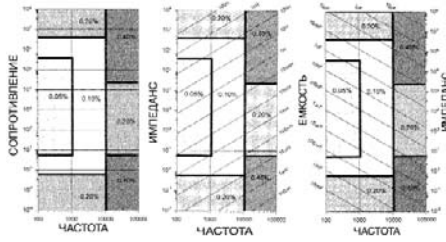


Рис. 4. Величина погрешности АМ-3001 в различных режимах работы: а — в режиме R+Q, б — в режиме L+Q, в — в режиме C+D

Для измерений параметров разнообразных элементов в различных условиях и для достижения при этом высокой точности в комплектацию прибора входят:

- адаптер для подключения выводных элементов АМ-3001-АЕ (рис. 5);
- четырехпроводный зажим-адаптер АМ-3001-КС (рис. 6);
- четырехпроводный адаптер-пинцет АМ-3001-ТЕ (рис. 7).

Эта зажимная оснастка обеспечивает четырехпроводное подсоединение самых различных элементов (рис. 8) по схеме Кельвина для минимизации паразитного импеданса, вносящего ошибки в результаты измерений.

Перед началом измерений требуется выбирать нужный режим работы. Он выбирается на клавиатуре расположенной непосредственно под дисплеем. Возможны следующие варианты: AUTO, R+Q, L+Q, C+D, C+R.

В автоматическом режиме AUTO логика выбора режима измерения прибора следующая:

- при $0 < Q < 0,125$ включается режим «R+Q»;
- при $Q > 0,125$ включается режим «L+Q»;
- при $Q < -0,125$ включается режим «C+R»;



Рис. 5. Адаптер АМ-3001-АЕ

- при $0 > Q > -0,125$ включается режим «C+D».

Если измеряемый элемент или цепь имеет сложный комплексный импеданс, то предпочтительней воспользоваться ручным выбором режима измерения.

Дисплей прибора (рис. 9) имеет две цифровые шкалы, на которых отображается одновременно два измеряемых параметра и при выборе, например, режима L+Q в левой части дисплея отображается измеренное значение индуктивности L, а в правой — значение добротности Q. При выборе режима «C+R» на левом цифровом индикаторе отображается значение емкости C, а на правом — значение сопротивления R.

Кроме измеренных значений на дисплее отображается единицы измерения и параметры разбавки.

После выбора режима измерения необходимо задать параметры измерительного сигнала. А их несколько. Частота может быть выбрана из значений 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц или 100 кГц. Кроме того, необходимо задать амплитуду и, при необходимости, постоянное напряжение смещения.

Эти параметры устанавливаются с клавиатуры, расположенной справа от дисплея (рис. 10).

Выходное напряжение для проведения измерений может устанавливаться в диапазоне от 0,1 В до 1,0 В (СКЗ) с шагом 50 мВ. Вы можете выбрать три фиксированных значения выходного напряжения с помощью клавиши VOLT на передней панели прибора. Для установки выходного напряжения необходимо выполнить следующие действия:

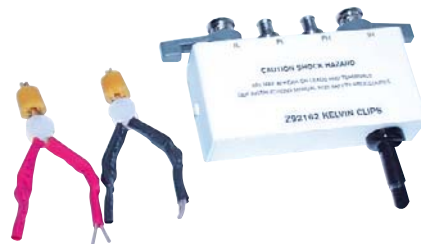


Рис. 6. Зажим-адаптер АМ-3001-КС

Нажмите VOLT для того, чтобы индикатор засветился.

1) Нажмите CAL. При этом дисплей переключится в режим ввода данных ENTRY и на его экране отобразится надпись «vtest» и значение установленного напряжения.

2) Введите три цифры, соответствующие устанавливаемому значению напряжения (0,2–0,9) и нажмите клавишу ввода ENTER.

3) Выходное напряжение устанавливается с шагом 50 мВ. Затем световой индикатор DRIVE VOLT выключается.

Выходное напряжение подается к тестируемому элементу через выходное сопротивление, таким образом, напряжение на нем всегда ниже или почти равно значению выходного напряжения. Значение выходного сопротивления равно 25 Ом (R3), 400 Ом (R2), 6,4 кОм (R1), 100 кОм с точностью до 2%. Источник напряжения зависит от диапазона измерения, если не установлен режим постоянного напряжения. В режиме постоянного напряжения выходное сопротивление источника напряжения всегда равно 25 Ом.

График на рис. 11 показывает зависимость напряжения, подаваемого на тестируемое устройство (DUT — device under test) от полного сопротивления DUT для различных диапазонов измерения. Значения нормированы относительно выходного напряжения 1,0 В для различных значений подаваемого напряжения. Заметьте, что напряжение,

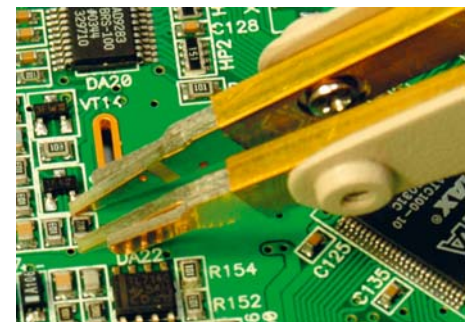


Рис. 7. Адаптер-пинцет АМ-3001-ТЕ

подаваемое на тестируемое устройство почти равно выходному напряжению в верхних значениях диапазона измерения. Если измерительный прибор работает в режиме постоянного напряжения (CV), выходное напряжение источника всегда равно 25 Ом. Для любого сопротивления, значительно превышающего 25 Ом, напряжение, подаваемое на DUT, почти равно выходному напряжению прибора.

Для большинства устройств, включая резисторы, большинство конденса-

торов, и многие катушки индуктивности, установка 1,0 В (СКЗ) наиболее предпочтительна. Для некоторых катушек индуктивности и активных устройств, таких как диоды, транзисторы, наиболее предпочтительной является установка 0,25 или 0,10 В (СКЗ). Тестирование некоторых устройств требует установки специальных значений напряжения, например, керамические дисковые конденсаторы Z5U требуют установки 0,5 В (СКЗ). В этих случаях следует применить дискретный режим установки для выборки точного значения требуемого напряжения.

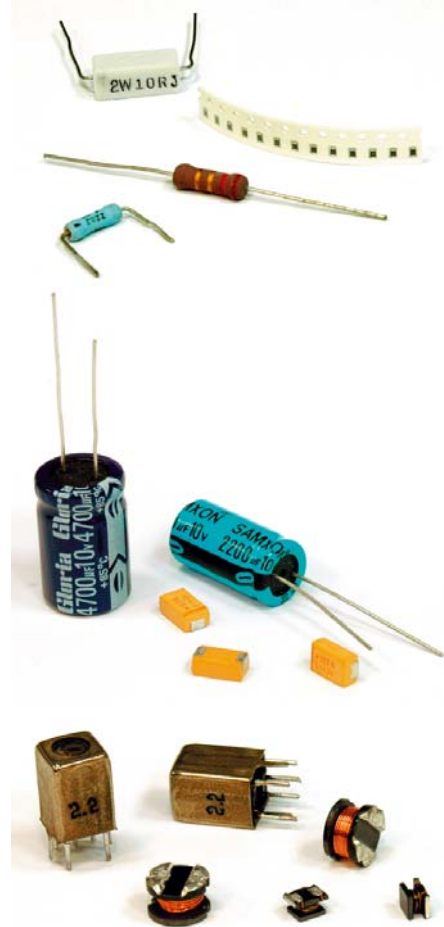


Рис. 8

Обычно более высокие значения напряжения устанавливаются для достижения более высокого отношения сигнал/шум и получения более стабильных показаний. Например, это можно использовать для повышения точности при измерениях емкости конденсаторов малой емкости.

Возвращаясь к установке параметров измерительного сигнала, следует напомнить о возможности подачи на элемент постоянного напряжения смещения.

Его можно задать от внутреннего или внешнего источника. Этот режим обычно используется при тестировании электролитических и танталовых конденсаторов, которые требуют установить положительное смещение для по-

лучения условий работы элемента, близких к реальным.

Подача напряжения смещения возможна в двух режимах: внутреннего и внешнего смещения. При этом, если выбран режим внутреннего смещения, то напряжение будет фиксированным и равным двум вольтам.

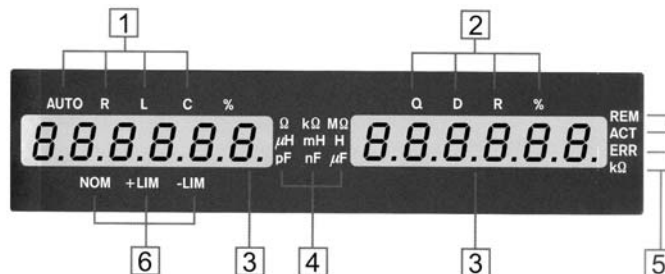


Рис. 9. Дисплей прибора 1 — индикаторы основных параметров; 2 — индикаторы дополнительных параметров; 3 — цифровые индикаторы для отображения значения измеряемого параметра, установочных значений параметров, функционального состояния прибора; 4 — индикаторы единиц измерения; 5 — индикаторы текущего состояния измерительного процесса; 6 — индикаторы параметров разбраковки

Для использования напряжения внутреннего смещения 2,0 В нужно нажать кнопку INT для подачи напряжения смещения на подключенный к прибору конденсатор. При этом показания прибора могут несколько меняться в течение одной-двух секунд. Затем показания прибора стабилизируются.

На задней панели имеются гнезда, позволяющие подавать внешнее напряжение смещения на тестируемое устройство. Сигнал смещения должен быть плавающим и отфильтрованным. Ни один разъем не должен быть заземлен или подключен к опорному сигналу. Значение напряжения должно быть 40 В (пост.) или менее. В приборе есть ограничение по току до 250 мА.

Подключение к источнику смещения осуществляется со стороны задней панели двумя штекерами (рис. 12)

Красный штекер подсоединяется к положительному гнезду источника, а черный — к отрицательному. Внутри прибора установлен диод для защиты от подачи отрицательного напряжения. В контуре смещения установлен плавкий предохранитель на 250 мА, он размещен на задней панели рядом с выходными гнездами. Для разряда конденсатора после подачи на него напряжения смещения и перед изъятием его из оснастки необходимо выполнить определенные операции. Обычно, это производится внешними переключателями или разрядными резисторами, которые обеспечивают безопасное обращение с устройствами.

Для подачи внешнего напряжения смещения убедитесь, что источник напряжения смещения подключен правильно. Затем проверьте, что конденсатор установлен в оснастку с правильной полярностью («+» справа). Нажмите EHT для подачи внешнего напряжения смещения. Через одну-две секунды показания прибора стабилизируются.

При измерении конденсаторов малой емкости (<500 мкФ) и использовании низкого напряжения смещения (<20 В пост.), разрядка конденсаторов происходит за счет утечки заряда по внутренним цепям прибора через некоторое время после нажатия EHT для отключения напряжения смещения. Затем конденсатор разрядится через внутреннюю схему прибора, как это происходит в режиме внутреннего смещения. Для больших значений напряжения смещения и/или конденсаторов больших емкостей следует использовать разрядный резистор. Отключите источник напряжения смещения и дайте время конденсатору разрядиться

через резистор перед его изъятием из оснастки.

Убедитесь, что разрядный резистор обеспечивает нормальное прохождение и величину тока, создаваемого в нем напряжением смещения, и что источник напряжения смещения выдерживает

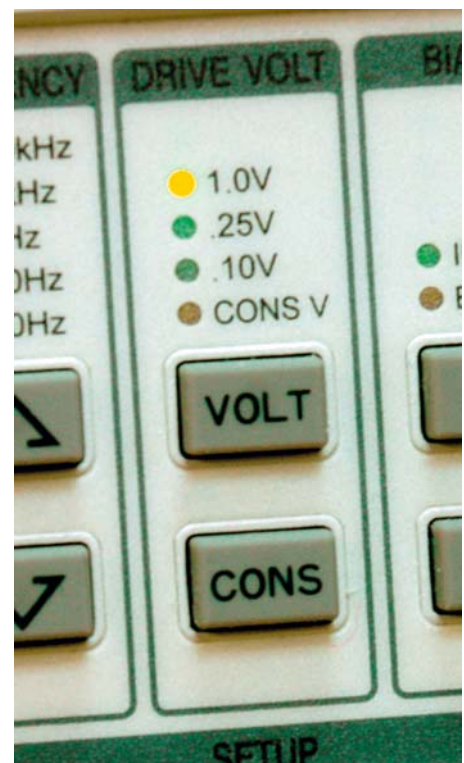


Рис. 10. Клавиатура установки параметров измерительного сигнала

этот ток. Для больших конденсаторов или высоких значений напряжения смещения необходимо наличие внешних переключающих устройств для управления напряжением смещения и разрядом конденсатора.

Продолжение следует

ИЗМЕРИТЕЛИ ИМПЕДАНСА АКТАКОМ

IMPEDANCE METERS AKTAKOM

Афонский А.А. (А. Afonskiy), доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

(Окончание, начало см. № 4, 5-2007)

Измерительный прибор имеет внутреннюю защиту от разряда конденсаторов с запасенной энергией до 1 Дж. Напомню, что такой энергией обладает конденсатор емкостью 1000 мкФ, заряженный до напряжения 44,7 В.

Прибор АКТАКОМ АМ-3001 обеспечивает возможность выбора времени измерения. Этот параметр задается при помощи кнопки «MEAS RATE».

Действительное время измерения может быть вычислено по следующей формуле.

$$T_{\text{meas}} = T_s + N_m(N_i/f + T_{\text{di}} + T_{\text{rs}} + T_d) + T_{\text{calc}}$$

где T_s — устанавливаемое время, N_i — число частотных циклов при измерении, f — частота измерения, T_{di} — время деинтеграции, $T_{\text{rs}} = 1/f$, T_d — время задержки, N_m — число субизмерений в течение одного измерения, T_{calc} — время, затрачиваемое на вычисления. Значения T_d , T_{di} и T_{calc} являются постоянными, величины T_{rs} и f устанавливаются по частоте измерения. Значения N_i и N_m определяются в соответствии со скоростью измерения и величиной T_s .

В таблице 3 приведены значения этих величин.

Иногда в процессе измерения имеет смысл ввести определенную задержку, пока произойдет переключение режимов измерительного прибора. Это позволяет стабилизироваться напряжению смещения на конденсаторе. Время согласования устанавливается в пределах от 2 мс до 99 мс с шагом 1 мс.

Для установки времени согласования необходимо:

- 1) Нажать клавишу CAL до тех пор, пока на правом экране дисплея не появится надпись «settle» (согласование), а на левом индикаторе — значение установленного ранее времени согласования.
 - 2) Установить новое значение времени согласования в пределах от 2 до 99 мс.
 - 3) Нажать клавишу ENTER (ввод).
- Если было введено значение, не со-

ответствующее указанным условиям, измерительный прибор подаст сигнал и на экране дисплея отобразится надпись «range error» (ошибка диапазона).

При выполнении различных работ часто бывает необходимо запомнить выставленные на приборе настройки с тем, чтобы в дальнейшем их можно было использовать вновь. Для этой цели в измерителе предусмотрена память настроек.

С помощью клавиш STO и RCL можно занести в память до 9 отдельных наборов установок параметров для проведения измерений. Все условия выполнения измерения, включая критерии разбраковки и калибровочные данные, будут сохранены в памяти прибора.

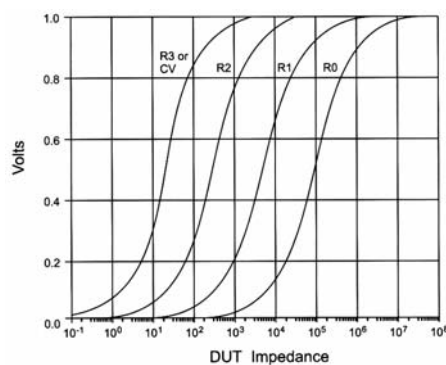


Рис. 11. Зависимость напряжения на тестируемом устройстве от полного сопротивления тестируемого устройства

Для сохранения в памяти прибора настроек необходимо нажать клавишу STO, при этом на экране дисплея отобразится надпись «store» (сохранение). Затем нужно нажать кнопку с цифрой от 1 до 9 для выбора порядкового номера ячейки памяти, в которую будут занесены данные. Для завершения процедуры нажать клавишу ENTER.

Для извлечения из памяти сохраненных ранее настроек нужно нажать кла-



Рис. 12. Гнезда для подачи внешнего напряжения смещения

вишу RCL, при этом на экране дисплея отобразится надпись «rcl». Нажав кнопку с цифрой от 1 до 9, выберите порядковый номер ячейки памяти, в которой сохранены подлежащие извлечению данные, а затем нажмите клавишу ENTER.

Следует отметить, что ячейка памяти 0 недоступна для сохранения пользовательских настроек. Она всегда занята данными с параметрами настроек, устанавливаемыми по умолчанию.

При нормальных условиях работы прибор автоматически переключает диапазон измерения из условия обеспечения наилучшей точности измерений. Когда прибором измеряется полное сопротивление, значение которого



Рис. 13. «Муравейник» элементов

выходит за пределы текущего диапазона измерения, то выполняется переключение диапазона на один уровень выше или ниже и производится повторное измерение. Если значение измеряемой характеристики находится в пределах диапазона, то оно отображается на дисплее, если нет, то диапазон (если возможно) переключается и процесс повторяется. Контур переключения пределов измерения обладает гистерезисом для исключения повторяющихся переключений диапазонов, если значение измеряемого параметра находится в соответствующих пределах. Переключение диапазона измерения на более высокий уровень выполняется, когда измеряемый импе-

ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ

Таблица 3

Переменная	Скорость измерений	Значение переменной			
		100/120 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц
N_m	медленная		8		
	средняя		8		
	быстрая		5		
N_i	медленная	20	40	400	4000
	средняя	4	4	40	400
	быстрая	2	2	20	200
T_{rs}			1/f		
T_{di}			2 мс		
T_d			2 мс		
T_{calc}			3 мс		
T_s			1-99 мс		

данс превышает 450% импеданса шкалы (т. е. сопротивления источника), или на 12,5% превышает номинальные пределы. В таблице 4 приведены действительные значения, при которых выполняется переключение диапазонов измерения.

Как правило, для любого тестируемого элемента значения характеристик при проведении измерений при последовательной или параллельной схеме замещения различаются. Например, понижение добротности Q для катушек индуктивности до 10 и увеличение добротности Q для резисторов или тангенса угла потерь D для конденсаторов до 0,1 означает, что значения параметров для параллельной и последовательной схем будут



Рис. 15. Дисплей прибора при работе в режиме разбраковки

мер сортировки резисторов номиналом 100 Ом.

Для программирования режима необходимо включить прибор и выбрать режим измерения $R+Q$, затем очистить старые значения режима сортировки нажатием кнопки «BIN#» до

УСЛОВИЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ДИАПАЗОНОВ ИЗМЕРЕНИЯ

Таблица 4

Переход на низший диапазон переключения диапазона		Переход на более высокий диапазон переключения диапазона	
сопротивление	сопротивление	сопротивление	сопротивление
2 → 3	$Z < 88 \text{ Ом}$	3 → 2	$Z < 115 \text{ Ом}$
1 → 2	$Z < 1,4 \text{ кОм}$	2 → 3	$Z < 1,8 \text{ кОм}$
0 → 1	$Z < 22,4 \text{ кОм}$	1 → 0	$Z < 29,9 \text{ кОм}$

различаться. Большинство устройств имеют характеристики, близкие к действительным, для последовательной схемы замещения. Производители обычно указывают, в каком режиме следует производить тестирование элемента.

Важно отметить, что LCR-метр АКТАКОМ АМ-3001, кроме прямого измерения значения импеданса, позволяет автоматически сравнивать результат измерения параметров того или иного элемента с эталонным значением и автоматически относить этот элемент к соответствующей группе допуска, т. е. работать в режиме сортировки элементов.

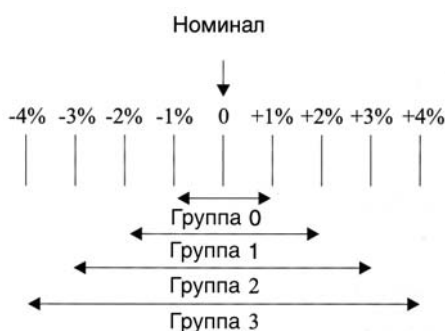


Рис. 14. Диаграмма групп допусков

Для сортировки «муравейника», изображенного на рисунке 13, с использованием прибора, не имеющего режима сортировки, понадобится затратить немало времени, да и ошибок не избежать.

Прибор АКТАКОМ АМ-3001 после несложного программирования позволит сделать это намного быстрее. На определение группы допуска каждого элемента Вы будете затрачивать считанные секунды! Рассмотрим при-

явления на индикаторе надписи «BIN CLEAR», а затем нажать кнопку «ENTER».

После этого необходимо записать значения допуска в процентах, соответствующие группам допуска в соответствии с приведенной на рисунке 14 диаграммой.

Для этого следует нажать кнопку «BIN#» до появления надписи «BIN 0», затем введите номер группы допуска и следует нажать «ENTER». Это будет номер группы, для которой в дальнейшем Вы введете номинальное значение и значение пределов допуска.

Для ввода номинального значения следует нажать клавишу «NOM» и введите значение 100 Ом.

Для ввода значения предела допуска следует нажать клавишу «LIM» и ввести значение соответствующее заданной ранее группы и «ENTER».

Далее повторяется ввод номинальных значений допусков для групп с номерами 1, 2 и 3.

Следует включить режим разбраковки последовательным нажатием клавиш «BIN» (sort off) и «ENTER» (sort on). Для начала работы в режиме сортировки элементов активируйте его нажатием клавиши «DISP».

Установите проверяемый элемент в адаптер

АКТАКОМ АМ-3001-АЕ и через доли секунды Вы увидите на дисплее, в какую группу допуска попадает резистор.

На рисунке 15 показана индикация при «попадании» проверяемого элемента в первую группу допуска, т. е. в допуск $\pm 2\%$.

В завершении следует отметить, что прибор успешно прошел сертификационные испытания и включен в Государственный реестр средств измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для ВУЗов / В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. М.: Высшая школа, 2001.

2. Измеритель ELC-131D — мультиметр с многострочным цифровым дисплеем. Контрольно-измерительные приборы и системы, 1996, № 1, с. 29.

3. Афонский А.А., Дьяконов В. П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. М.: СОЛОН-Пресс, 2007. ☑

In this article, the author tells about the devices for resistance, capacity and inductance measurements — so-called LCR-meters. The detailed description of impedance meter AKTAKOM AM-3001, its specifications, features, capabilities and modes of operation are represented.