

***ПРЕЦИЗИОННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ИМПЕДАНСА (RLC МЕТРЫ):
СОСТОЯНИЕ РЫНКА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ***

Лабузов А.Е., Ламеко А.Л., Сурду М.Н.

Высокоточное измерение импеданса – задача, которую решают ученые и инженеры на протяжении нескольких веков. На современном этапе актуальность этой задачи не снижается. Только под высокой точностью измерения уже понимается погрешность не в несколько процентов или даже в десятые доли процента, а погрешность в сотые доли процента.

Ведущие мировые фирмы, которые специализируются на разработке и производстве измерителей импеданса, уверенно чувствуют себя на рынке измерительных приборов и постоянно расширяют номенклатуру выпускаемых RLC метров, совершенствуя их метрологические параметры и функциональные возможности. На сегодня известно более 30 фирм, ведущих исследования и разработки в рассматриваемой области. Большинство фирм сегодня специализируется на выпуске аппаратуры класса 0,1% и лишь немногие создают аппаратуру более высокого класса точности.

Рассмотрим характеристики некоторых моделей RLC метров ведущих мировых производителей.

Одним из лидеров в разработке и производстве прецизионных RLC метров является фирма QuadTech Inc., США, которая была создана в 1991 году на основе приборостроительного департамента фирмы GenRad. Наиболее близкими для рассматриваемого класса приборов являются производимые фирмой QuadTech прецизионный RLC тестер (видео мост) модель 1693 и прецизионные RLC метры серии 7000.

RLC тестер (видео мост) 1693 является универсальным прибором, который обеспечивает широкий диапазон программируемых измерительных частот, выходных напряжений, а также выбор нескольких режимов скорости измерения при проведении испытаний электронных компонентов и материалов. Внешний вид прибора показан на рис.1. Тестер измеряет 10 параметров с базовой погрешностью $\pm 0,02\%$ в диапазоне частот от 12 Гц до 200 КГц и выходным напряжением от 5 мВ до 1.275 В, программируемого с шагом 5 мВ. Автоматический выбор предела измерения и характера измеряемого параметра, наличие интерфейса IEEE-488, а также другие метрологические и функциональные возможности модели 1693 (см. данные в Табл.1) делают прибор достаточно удобным при проведении автоматического контроля.



Рис.1 RLC тестер (видео мост) 1693 фирмы QuadTech

Серия 7000 RLC метров фирмы QuadTech обеспечивает проведение измерений более 10 параметров комплексного сопротивления в широком диапазоне частот, высокую функциональную гибкость, графическое и табличное представление информации, содержит встроенный дисковод 3.5" флоппи диска. Прибор может быть использован как для контроля электронных компонентов, так и для сложного анализа диэлектрических свойств материалов при проведении научных исследований. В серии 7000 есть две модели: модель 7400 с частотным диапазоном от 10 Гц до 500 КГц и модель 7600 с частотным диапазоном от 10 Гц до 2 МГц. По всем остальным техническим характеристикам модели сходны (см. Табл.1).



Рис.2 Прецизионный RLC метр серии 7000 фирмы QuadTech

Приборы обеспечивают автоматический запуск измерений для проведения последовательно 6 видов испытаний с индивидуальными программами, имеют удобное пользовательское меню и возможность введения корректировки результатов измерений программным путем, могут быть откалиброваны самостоятельно оператором в автоматическом режиме с использованием калибровочного комплекта (дополнительная опция).

Модель 4284А, представленная на рис.3, и идущая ей на смену модель нового поколения Е4980А (рис.4) - прецизионные RLC метры производства фирмы Agilent Technologies Inc., США. Фирма была образована в 1999 г. в результате стратегического структурного преобразования одного из ведущих мировых приборостроительных концернов Hewlett-Packard Company.

Прецизионный RLC метр 4284А предназначен для измерения параметров импеданса пассивных элементов электрических цепей, анализа электрических свойств электротехнических материалов и полупроводников.



Рис.3 Модель 4284А прецизионного RLC метра фирмы Agilent Technologies

Прибор позволяет измерять процентные отклонения параметра по отношению к задаваемому значению, обеспечивает автоматический и ручной выбор диапазона измерения, четырехпарное подключение объекта измерения, обладает тремя режимами усреднения результата измерения.

Новый прецизионный RLC метр E4980A разработан на основе последних технологий импедансометрии и обеспечивает наилучшую комбинацию точности, быстродействия и универсальности при измерении широкого спектра измеряемых величин. Модель E4980A снабжена рядом интерфейсов, в том числе USB портом, что позволяет управлять его работой от внешнего компьютера и передавать данные на внешнее запоминающее устройство. Прибор обеспечивает измерение кроме пассивных параметров также постоянного напряжения и постоянного тока.



Рис.4 Модель E4980A прецизионного RLC метра фирмы Agilent Technologies

Модели 6430В и 6440В (рис.4) – прецизионные анализаторы компонентов фирмы Wayne Kerr Electronics, Великобритания. Анализаторы обеспечивают тестирование любых пассивных компонентов с высокой разрешающей способностью. Кроме того, приборы могут быть использованы не только для автоматического контроля, но и в процессе конструирования пассивных электронных компонентов, для получения их полных характеристик. При базовой погрешности 0,02% анализаторы обеспечивают измерение 12 параметров с частотой выходного сигнала: модель 6430 – от 20 Гц до 500 КГц, модель 6440 – от 20 Гц до 3 МГц. Кроме того, обе модели позволяют измерять сопротивление постоянному току Rdc.

Приборы имеют четыре режима по быстродействию и обеспечивают проведение до 20 изм/с при частоте ≥ 100 Гц. Наличие специального устройства (дополнительная опция) для защиты приборов от влияния заряда конденсаторов, а также возможность подачи постоянного напряжения смещения от специального источника (внутреннего – до 2В и внешнего – до 60В) позволяет использовать приборы при контроле параметров электролитических конденсаторов.



Рис.5 Прецизионные анализаторы компонентов 6430В и 6440В
фирмы Wayne Kerr Electronics

Следует отметить, что в качестве характеристики одного из основных метрологических параметров RLC метров в Таблице 1 используется понятие «базовой погрешности». Под этим понятием понимается погрешность измерения одного из основных измеряемых параметров (например, активного сопротивления R или емкости C) на основной частоте (например, 1 кГц). При этом погрешность измерения изменяется (увеличивается) в зависимости от измеряемого параметра, диапазона измерения, значения выходного напряжения и частоты.

Для потребителя немаловажной характеристикой RLC метра является его цена. В Таблице 1 приведены минимальные цены на RLC метры на условиях EXW. В комплект поставки прибора при минимальной цене, как правило, включается инструкция по эксплуатации и сетевая кабель. Измерительные кабели с необходимыми разъемами, устройства калибровки и другие необходимые аксессуары выбираются из дополнительных опций и оплачиваются дополнительно. При расчете цены закупки необходимо, кроме того, учитывать стоимость доставки, банковских и таможенных процедур, а также НДС.

Анализируя характеристики рассмотренных моделей прецизионных RLC метров можно отметить, что к основным тенденциям в разработке и производстве подобных приборов можно отнести:

- расширение их функциональных возможностей при увеличении количества измеряемых и вычисляемых по результатам измерения пассивных параметров электрических цепей;
- ориентирование приборов на применение в составе автоматических систем контроля и управления с изменением конструктивных характеристик и расширением числа используемых интерфейсов;
- уменьшение весогабаритных характеристик RLC метров.

Необходимо отметить, что в бывшем СССР выпускались прецизионные RLC метры, которые разрабатывались в известных научных школах. К таким школам можно отнести школу профессора, доктора технических наук Кнеллера В.Ю. (Москва), школу академика НАН Украины, доктора технических наук Гриневича Ф.Б. В частности, именно представители

последней школы разработали в 1985 г. под руководством доктора технических наук профессора Сурду М.Н. автоматический мост Р 5083, который в течение ряда лет серийно выпускался заводом «Точэлектроприбор», г.Киев. Характеристики моста также приведены в Таблице 1.

Мост обеспечивает автоматический выбор характера реактивности объекта измерений по критерию “превалирующий параметр”; четырехзажимное подключение объекта измерений; автоматический выбор схемы замещения; учет начальных параметров; усреднение результатов измерений; имел два режима измерений (разовый - для измерения неизвестных величин, следящий - для непрерывного измерения изменяющихся во времени величин) и два вида запуска: автоматический - с регулируемой в пределах от 0,1 до 99 сек длительностью цикла запуска, и ручной.

Таким образом, прибор имеет достаточно широкие функциональные возможности. Выпуск прибора прекращен в 1994 году. Поэтому в Таблице 1 не указана его цена.

В настоящее время в Укрметрестандарте проходят государственные приемочные испытания прецизионного RLC метра МНС 1100 (рис.6), который разработан научно-технической группой ООО «КПФ «ПРОМИКС» под руководством доктора технических наук профессора Михаила Николаевича Сурду.



Рис.6 Прецизионный RLC метр МНС 1100 ООО «КПФ «ПРОМИКС»

Отечественный прибор построен на самых современных методах и предназначен для замены моста Р 5083. Характеристикам RLC метра МНС 1100 и описанию принципов его работы будет посвящена отдельная статья.

Производитель	QuadTech		Agilent Technologies		Wayne Kerr Electronics	Точэлектрoприбор
Модель	1693	7400/7600	4284A	E4980A	6430B/6440B	P5083
Базовая погрешность R/C	0,02%/0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,02%/0,05%	0,02%
Диапазон частот	12Гц-200кГц	10Гц-500кГц/2МГц	20Гц-1МГц	20Гц-2МГц	20Гц-500кГц/3МГц	0,1Гц-100кГц
Выходное напряжение	5мВ-1,275В	20мВ-5В	5мВ-2В		1мВ-10В	10мВ-30В
Измеряемые параметры	L,C,R,D,Q,O,Y,G,X	L,C,R,D,Q,O,Y,G,B	Z , Y ,L,C,R,D,Q,G,B...	Z , Y ,L,C,R,D,Q,G,B...	Z , Y ,L,C,R,D,Q,G,B...	L,C,R,tgδ,tgφ
Диапазоны измерения	0,0001мГц-99999Гц	0,001нГц-9,9999Гц	0,01нГц-99,9999КГц	0,01нГц-99,9999КГц	0,1нГц-2КГц	0,001мкГц-10МГц
	0,0001пФ-99999мкФ	0,01фФ-9,9999Ф	0,01фФ-9,99999Ф	0,01фФ-9,99999Ф	1фФ-1Ф	0,1аФ-10Ф
	0,0001Ом-99999кОм	0,01МОм-99,9999МОм	0,01Ом-99,9999МОм	0,01Ом-99,9999МОм	0,01МОм-2ГОм	0,1 мкОм-100ТОм
	1ppm-9999	0,1ppm-9999999	1ppm-99,99999	1ppm-99,99999	10ppm-1000	20ppm-65535
Быстродействие	до 50 изм/с	25 изм/с	4 изм/с	до 20 изм/с		2 изм/с
Источник напряжения смещения	встроенный 2В	встроенный 5В	встроенный 2В	встроенный 2В	встроенный 2В	
	внешний до 60В	внешний до 200В	внешний до 40В	внешний до 40В	внешний до 60В	
Автомат-ий выбор параметров	Есть	доп. опция	Есть	Есть	Есть	Есть
Автомат-ий выбор диапазона	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Усреднение	от 1 до 256	от 1 до 1000	от 1 до 256	от 1 до 999		Есть
Калибровка	доп. опция	Есть	доп. опция	Есть	Есть	Есть
Самодиагностика	Есть	Есть	доп. опция	Есть	Есть	
Интерфейс	Опция IEEE-488	RS232, IEEE-488	IEEE-488	IEEE-488, USB, LAN	IEEE-488	IEEE-488
Габариты, мм	142x385x438	150x360x410	177x426x498	105x370x390	150x440x525	180x400x450
Масса, кг	6,4	8	15	5,3	11	16
Мин. стоимость EXW, USD	9500	9900	16800	14900	7230/10280	