

Окончание. Начало в № 3'2002.

Обзор современных измерителей импеданса (измерители RLC)

Александр Дедюхин

prist@prist.com

Измеритель RLC 41 и 41R производства компании CHY (Тайвань)

Это портативные измерители RLC, обладающие достаточно широкими функциональными возможностями, особенно в направлении допускового контроля по различным параметрам. Отличия между моделями состоят в наличии возможности связи с ПК (модель с буквой R) или ее отсутствии (без буквы R).

Внешний вид прибора представлен на рис. 3.

Приборы обладают следующими функциональными особенностями:

1. Выбор частоты измерения (120 Гц или 1 кГц).
2. Выбор параллельной или последовательной схемы замещения.
3. Автоматический выбор пределов измерения с возможностью фиксации выбранного предела.
4. Два индикатора: для индикации основных и вспомогательных параметров.
5. Возможность выбора измерения и индикации таких вспомогательных параметров, как добротность (D), тангенс потерь (Q) и омическое сопротивление (R).
6. Фиксация минимальных, максимальных или средних значений.
7. Определение среднего значения из измеренного массива.
8. Относительные измерения.
9. Функция допускового контроля.
10. Программная компенсация режимов короткого замыкания (КЗ) и холостого хода (ХХ).

Некоторые особенности и функциональные возможности измерителя RLC 41R не имеют аналогов даже в более дорогих и сложных моделях измерителей RLC, что делает его очень популярным не только среди рядовых пользователей, но и среди конструкторов-разработчиков радиоэлектронной аппаратуры.

(Для чего применяются различные частоты измерения, чем обусловлен выбор схемы замещения или что такое добротность и тангенс потерь, было рассмотрено в первой части статьи.)

Автоматический выбор пределов измерения

Если измерения параметров компонентов производятся в широком диапазоне или значение измеряемой величины неизвестно, возникает необходимость правильного выбора предела измерения.

В измерителях с ручным выбором предела измерения это приводит к увеличению времени измерения из-за необходимости выбора правильного предела. Но индикация результата измерения еще не означает, что выбран правильный предел измерения. Известно, что более достоверным является тот результат, который находится ближе к концу шкалы измерения. Например, выбран предел измерения 10 мкФ, на индикаторе отображается значение 0,1 мкФ. При выборе предела измерения 1 мкФ на индикаторе также отображается значение 0,1 мкФ. Какой результат измерения будет более точным? Естественно, полученный на пределе 1 мкФ! Так как полученное в результате измерения значение 0,1 мкФ находится ближе к 1, чем к 10 мкФ. Это, конечно, упрощенный подход к оценке погрешности, но он указывает на необходимость правильного выбора пределов измерения. В средствах измерения с ручным выбором пределов измерения получение достоверного результата сводится к последовательному перебору пределов измерения от максимального к минимальному по принципу «недолет... недолет... перелет!». «Перелет» — это значение предела измерения, при котором прибор показывает, что поданная на вход величина превышает выбранный предел. Предшествующий этому предел и был оптимальным для получения наиболее достоверного результата измерения.

Ручной выбор увеличивает время измерения параметров компонентов с неизвестными параметрами. При автоматическом выборе пределов измерения внутренняя схема анализа самостоятельно выбирает наиболее оптимальный с точки зрения погрешности предел измерения, и этот процесс проходит гораздо быстрее, чем в ручном режиме. Но выбор предела измерения происходит также по принципу перебора пределов, и в случае проведения измерения на однотипных компонентах предел измерения каждый раз выбирается заново и все равно останавливается на том, который был до этого! Это уже не сокращает, а увеличивает время измерения. Как быть в этом случае? Необходима фиксация предела измерения. Технически это выглядит так: первое измерение производится в автоматическом режиме, после этого производится фиксация предела измерения и последующие измерения уже проводятся на фиксированном пределе. Большинство современных средств измерения реализует именно этот принцип, не исключение и измеритель RLC 41 (R).



Рис. 3. Измеритель RLC 41R

Фиксация минимальных, максимальных или средних значений

Этот вид измерений широко распространен в цифровых мультиметрах (при подключении к цепи фиксируются экстремальные значения измеряемого параметра), но очень редко встречается в измерителях RLC. Какие же преимущества он дает при использовании в измерителях RLC? Несколько примеров.

Для статистики и определения качества изготовления, из партии емкостей необходимо определить минимальные и максимальные значения емкостей. Очевидно, что если прибор не оборудован функцией фиксации минимальных и максимальных значений, сотруднику, отвечающему за контроль компонентов, придется фиксировать измеренные значения всех компонентов, а после этого проводить анализ. В приборе, имеющем такую функцию, номинальные значения емкости не имеют большого значения для оператора, записей вести не надо. После проведения измерений достаточно только считать с индикатора экстремальные значения и сравнить их с паспортными данными для этой партии.

Второй пример: необходимо определить изменение емкости от температуры (температурный коэффициент емкости). Наличие функции фиксации экстремальных значений облегчит процесс измерения.

Другая интересная функция измерителя RLC 41(R), отсутствующая в приборах аналогичного класса, — это вычисление средних арифметических значений. В этом режиме прибор фиксирует до 3000 различных результатов измерений (разница между последующими значениями должна превышать 50 единиц младшего разряда, это защита от фиксации ложных значений, вызванных флуктуацией цифровых преобразователей). В этом случае на основном индикаторе индицируется среднее арифметическое значение, а на вспомогательном — количество проведенных измерений.

Относительные измерения

В современных средствах измерения этот режим сочетает два назначения.

1. Компенсация начальных параметров соединительных проводов и выходных цепей измерителя RLC. Очевидно, что при измерении малых значений сопротивления, емкости, индуктивности паразитное влияние оказывают цепи, по которым происходит подключение измеряемого элемента к измерителю RLC, поскольку эти цепи имеют собственное сопротивление, емкость и индуктивность. При значении паразитных параметров, близких к значениям измеряемых параметров элементов, погрешность измерения будет велика, поскольку к измеряемому значению будет добавлено паразитное влияние соединительных цепей. О достоверности измерения в этом случае говорить не приходится. Компенсация начальных параметров сводится к измерению их значе-

ний и вычитанию из результата измерения этого измеренного значения. При включении режима относительных измерений последнее измеренное значение записывается в память как эталонное (*Нэталон.*),

В режиме относительных измерений на цифровой шкале отображается величина *Нотобр.*:

$$\text{Нотобр.} = N_{вх.} - \text{Нэталон.},$$

где $N_{вх.}$ — измеренное текущее значение.

Видно, что компенсация начальных параметров измерителя RLC аналогична вращению регулятора «установка 0» в аналоговых измерителях.

2. Поскольку, как было указано выше, в память измерителя заносится некоторое значение измеренной величины, присутствующее на индикаторе, и впоследствии оно используется как эталонное, к измерителю RLC может быть подключен некоторый компонент, измеренное значение которого может быть использовано как эталонное. То есть, подключив к входу некоторое сопротивление и включив режим относительных измерений, в дальнейшем представляется возможным производить измерения относительно этого сопротивления, а результатом измерения будет некоторое положительное число — в случае если второе сопротивление больше опорного, или отрицательное — если второе сопротивление будет меньше. Эта функция позволяет производить измерения по отношению к значению любого реального элемента (емкость, индуктивность или сопротивление), подключенного к входным гнездам измерителя RLC 41(R).

3. В измерителе RLC 41(R) реализован и третий тип относительных измерений. В память измерителя возможно в цифровом виде с клавиатуры ввести номинальное значение, которое впоследствии будет использоваться как опорное при относительных измерениях. То есть этот режим аналогичен описанному в п. 2, с той лишь разницей, что в качестве опорного используется значение не реального радиоэлемента, подключенного к входным гнездам, а идеального с определенным пользователем значением.

Практическое применение режима относительных измерений — это, как уже было сказано, компенсация влияния соединительных проводников и гнезд измерителя RLC при проведении измерений малых значений радиокомпонентов и определение разброса параметров емкостей, индуктивностей и сопротивлений.

Функция допускового контроля

Основное назначение функции допускового контроля — обеспечить быструю проверку соответствия номиналов и отбраковку тестируемых компонентов при сравнении с заранее заданной величиной. В измерителях RLC 41(R) реализованы два вида допускового контроля:

1. Допусковый контроль по верхнему и нижнему пределу. Так называемый режим «годен — не годен». В режиме программиро-

вания в память измерителя записываются два предельных значения. Одно соответствует нижнему пределу, второе — верхнему. В процессе измерения происходит сравнение измеренного значения подключенного к входным гнездам компонента с записанным в память. Если оно выходит за пределы нижней или верхней границы, раздается звуковой сигнал. В этом случае у пользователя нет необходимости контролировать измеренное значение по индикатору измерителя RLC, поскольку интерес представляет сам факт соответствия, а не реальный номинал радиокомпонента. В качестве примера можно привести входной контроль партии емкостей с номинальным значением

$$470 \text{ мкФ} \begin{matrix} +20\% \\ -10\% \end{matrix}.$$

Нижний предел в этом случае составит 423 мкФ, верхний — 564 мкФ. В процессе тестирования емкости, значения которых лежат в пределах от 423 до 564 мкФ, будут признаны годными, вне этих пределов — будут браковаться по звуковому сигналу.

2. Сравнение с заданной опорной величиной и отбраковка элементов, значения которых превышают отклонения на 1, 5, 10 и 20%. Такой режим удобен при отборе из партии наиболее прецизионных компонентов с номинальным отклонением, которое, например, не должно превышать 5%. Остальные компоненты с большим отклонением могут быть использованы при производстве других изделий.

Программная компенсация режимов короткого замыкания (КЗ) и холостого хода (ХХ)

Выполнение этой процедуры характерно для измерителей RLC, обладающих высокой точностью измерения, и необходимо как раз для обеспечения точности измерения. Физически выполнение этой процедуры является «установкой нуля» при подключенных измерительных проводниках и отсутствии измеряемого компонента и схоже с описанной ранее процедурой относительных измерений для компенсации начальных параметров. Отличие состоит в том, что при такой компенсации происходит калибровка на всех доступных частотах и уровнях измерения, а область памяти, выделенная для относительных измерений, остается свободной для дальнейшего использования. Компенсация КЗ необходима при прецизионном измерении сопротивления и индуктивности, поскольку на постоянном токе и при нулевых значениях эти компоненты представляют собой короткое замыкание. Компенсация ХХ необходима при прецизионном измерении емкости, поскольку на постоянном токе и при нулевых значениях емкость представляет собой обрыв.

Хочется отметить, что все описанные выше функции измерителя RLC 41(R) реализованы аппаратно в приборе весом всего 365 грамм, а не программно на внешнем компьютере,

Таблица 2

Характеристики	Параметры	Значения
Активное сопротивление (Rac)	Предел измерения	20/200/2000 Ом/20/200/2000 кОм/10 Мом
	Разрешение	1/10/100 Мом/1/10/100 Ом/1 кОм
	Погрешность измерения на частоте 1 кГц, 120 Гц	± (0.5 % + 3 ед. мл. разряда) 2000 Ом/20/200/2000 кОм ± (0.8 % + 5 ед. мл. разряда) 200 Ом ± (1.2 % + 8 ед. мл. разряда) 20 Ом ± (2 % + 8 ед. мл. разряда) 10 Мом
Емкость	Предел измерения	2000 пФ/20/200/2000 нФ/20/200/2000 мкФ/20 мФ
	Разрешение	0.1/1/10/100 пФ/1/10/100 нФ/1 мкФ
	Погрешность измерения на частоте 1 кГц	± (0.7 % + 3 ед. мл. разряда) 20/200/2000 нФ/20 мкФ, (D < 0.5) ± (1 % + 5 ед. мл. разряда) 2000 пФ/200 мкФ, (D < 0.1) ± (5 % + 5 ед. мл. разряда) 2000 мкФ, (D < 0.1) Не нормируется на пределе 20 мФ
Индуктивность	Предел измерения	2000 мкГ/20/200/2000 мГ/20/200/2000/10000 Г
	Разрешение	0.1/1/10/100 мкГ/1/10/100 мГ/1 Г
	Погрешность измерения на частоте 1 кГц	± (0.7 % + 5 ед. мл. разряда) 200/2000 мГ/20 Г ± (1 % + 5 ед. мл. разряда) 20 мГ/200 Г ± (2 % + 5 ед. мл. разряда) 2000 мкГ Не нормируется на пределе 2000/10000 Г
Измерение RLC	Предел измерения	Автоматический или ручной по основной шкале Автоматический по дополнительной шкале
	Скорость измерения	1 измерение/сек
	Индикация результатов измерения	Шкала основная/дополнительная: Ls/Q, D, Rs; Lp/Q, D, Rp; Cs/Q, D, Rs; Cp/Q, D, Rp; Rac/--- (s – последовательная, p – параллельная, ac – переменный ток)
Схема измерения	Параллельная / последовательная (ручной выбор)	
Тестовый сигнал	Частота тестового сигнала	120 Гц, 1 кГц, (ручной выбор)
Дистанционное управление	Интерфейс	Последовательный инфракрасный порт по стандарту RS-232C

как в измерителях RLC других производителей! И этот измеритель является на сегодняшний день наиболее удачным в соотношении цена—качество—функциональность. Использование программного обеспечения для измерителя RLC 41(R) позволяет не только расширить его функциональные возможности, но и документировать измерения, производить анализ и вести статистику.

Технические характеристики измерителя RLC 41(R) приведены в таблице 2.

Измеритель MT 4080A и MT 4080D компании MOTESH (Тайвань). Включен в Госреестр средств измерения № 21509-01

Портативный измеритель RLC, обладающий широкими функциональными возможностями, расширенным частотным диапазоном и повышенной точностью измерения. Отличия между моделями с литерами «А» и «D» состоят в частоте тестового сигнала. В измерителе MT 4080A верхняя частота тестового сигнала составляет 10 кГц, в измерителе MT-4080D — 100 кГц. Как уже упоминалось в первой части статьи, более высокая частота тестового сигнала позволяет снизить погрешность измерения малых величин емкости и индуктивности, более низкая частота тестового сигнала позволяет уменьшить погрешность измерения больших величин емкости и индуктивности. Измерители RLC MT-4080 имеют уникальный для портатив-

ных измерителей RLC набор частот тестового сигнала.

Внешний вид прибора представлен на рис. 4.

Приборы обладают следующими функциональными особенностями:

1. Выбор частоты измерения: 100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц, и для MT-4080A 100 кГц.
2. Выбор уровня тестового сигнала.
3. Выбор скорости измерения.
4. Относительные измерения.
5. Выбор параллельной или последовательной схемы замещения.



Рис. 4. Измеритель RLC MT 4080

6. Автоматический выбор пределов измерения с возможностью фиксации выбранного предела.
 7. Два индикатора: один для индикации основных параметров, второй для индикации вспомогательных параметров.
 8. Возможность выбора измерения и индикации таких вспомогательных параметров, как добротность (D), тангенс потерь (Q) и последовательное эквивалентное сопротивление (R), при установке последовательной схемы замещения.
 9. Программная компенсация режимов короткого замыкания и холостого хода.
 10. Беспроводный инфракрасный интерфейс для связи с компьютером.
 11. Внутренний аккумулятор, обеспечивающий автономную работу и автоматически заряжающийся при работе от сети 220 В.
- Эти особенности в основном аналогичны возможностям измерителя RLC 41(R) и в дополнительных комментариях не нуждаются. Но измерители MT-4080 обладают рядом уникальных возможностей, аналогов которым не существует в других моделях измерителей RLC:
1. Базовая погрешность измерения составляет 0,2%! Такой низкой погрешностью измерения не обладает ни один портативный измеритель RLC в мире!

2. Это единственный в своем роде измеритель RLC, позволяющий производить измерения не только емкости и индуктивности на различных частотах тестового сигнала, но и омическое сопротивление постоянному току. Это, например, позволяет не только производить измерение емкости электролитических конденсаторов, но и определять внутренние утечки при постоянном напряжении.
3. Этот измеритель RLC позволяет в прямом виде производить измерения комплексного сопротивления цепи. Из формулы (4) в первой части статьи следует, что для определения комплексного сопротивления цепи необходимо занять активное и реактивное сопротивление (включая емкостную и индуктивную составляющие), только после этого представляется возможным рассчитать характер цепи. Измеритель RLC MT-4080 позволяет не только в прямом виде произвести измерения комплексного сопротивления цепи, но произвести измерения и отобразить на дополнительном индикаторе фазовый сдвиг между током и напряжением, выраженный в градусах, что позволяет оперативно определять характер измеряемой цепи: емкостный, индуктивный или активный.

Применение измерителя RLC MT-4080 выходит за рамки банального измерения емкости и индуктивности. Прибор был разработан не только для тестирования компонентов на производственной линии, но и для фундаментальных исследований в лаборатории. Прибор обеспечивает непосредственное подключение элементов с длинными выводами к входным гнездам измерителя. Если компонент невозможно подключить, используя собственные выводы, это можно осуществить, используя 2-проводные или 4-проводные внешние кабе-

	<p>Измерение ЭПС В современных импульсных источниках питания использование высоких частот преобразования позволяет уменьшить размер изделия и повысить удельную мощность. Для обеспечения требуемых характеристик электронной схемы необходимо учитывать эквивалентное последовательное сопротивление (ЭПС) конденсаторов, которое может стать основной причиной, определяющей эффективность разработанной принципиальной схемы. Используя измерители RLC MT 4080A и MT4080D, вы можете быстро измерить ЭПС конденсаторов на частоте до 100 кГц или 10 ГГц соответственно.</p>
	<p>Встроенный инфракрасный порт Все измерители RLC MT 4080A и MT4080D выпускаются со встроенным ИК-портом, обеспечивающим связь с персональным компьютером. В режиме полного дистанционного управления возможно использовать оба измерителя в автоматизированной системе тестирования RLC-параметров. Пользователь может контролировать процесс измерения, менять параметры измерения и получать результаты, используя ИК-порт. Используя режим измерителя «только передача» и соответствующее программное обеспечение, очень легко реализовать режим сортировки электронных компонентов по принципу «годен – не годен».</p>
	<p>Тестирование SMD-компонентов Компоненты для поверхностного монтажа обычно небольшого размера и не имеют выводов, это делает более тяжелым их тестирование по сравнению с обычными компонентами. Специальный щуп для SMD-компонентов – T108A дает пользователю возможность легкого подключения SMD-компонентов к измерителю. Этот же щуп позволяет подключать и обычные компоненты, если их выводы очень коротки для непосредственного подключения к гнездам измерителя.</p>
	<p>Калибровка КЗ и ХХ При измерении RLC калибровка короткого замыкания (КЗ) и холостого хода (ХХ) имеет очень важное значение при подготовке к измерениям, особенно когда пользователь меняет частоту, на которой проводятся измерения. Скорость проведения калибровки КЗ и ХХ немаловажна для пользователя. При измерении частоты и уровня измерения измерители RLC MT 4080A и MT4080D обеспечивают калибровку в течение 10 с.</p>
	<p>Измерение параметров трансформаторов Оценивая качество изготовления трансформаторов xDSL, в первую очередь вы можете измерить индуктивность или паразитную емкость на частотах 10 кГц или 100 кГц, а также индукцию саморассеивания на низких уровнях тестового сигнала. Вы можете также провести измерения сопротивления обмоток трансформатора постоянному току.</p>

ли. Использование специального щупа для тестирования SMD-компонентов делает измерения быстрыми и удобными.

Технические характеристики измерителей RLC MT 4080A и MT 4080D приведены в таблице 3.

Измеритель LCR 816, LCR 817, LCR 827, LCR 819 и LCR 829 компания GOOD WILL (Тайвань). Включен в Госреестр средств измерения № 20187-00

Это стационарные лабораторные высокопрецизионные измерители RLC. Они предназначены прежде всего для фундаментальных лабораторных исследований или высокоточных измерений на производственной линии. Отличия между моделями:

1. Различные частоты тестового сигнала. Для измерителя LCR 816 верхняя частота составляет 2 кГц, для измерителей LCR 817 и LCR 827 — 10кГц, для LCR 819 и LCR 829 верхняя частота составляет 100 кГц. Нижние частоты измерения для всех приборов одинаковы и составляют 12 Гц.
2. Измерители LCR 827 и LCR 829 модифицированы для использования в промышленности. Модификация заключается в уменьшении времени измерения, что

позволило ускорить процесс обработки измерения компонентов на конвейере, но в то же время увеличило погрешность измерения (но позволило ей остаться в пределах 0,1%). Второе изменение касается возможности применения механического манипулятора для сортировки радиокомпонентов при производстве или входном контроле. Сортировка осуществляется загрузкой соответствующего программного обеспечения как в измеритель RLC, так и в манипулятор. Сортировка может производиться по различным критериям — по абсолютному отклонению, относительному отклонению и т. д.

Общими особенностями измерителей RLC компании GOOD WILL являются:



Рис. 5. Измеритель LCR 819

Таблица 3

Характеристики	Параметры	значения
Измерение RLC	Сопротивление (R)	0,01 Ом...20 Мом
	Емкость (C)	0,159 пФ...15,92 мФ
	Индуктивность (L)	0,159 мкГ...9999 Г
	Добротность (Q)	10 ⁻³ ...9999
	Тангенс угла потерь (D)	10 ⁻³ ...9999
	Фазового сдвига (φ)	-180°...+180°
	Погрешность измерения	Базовая ±0,2%
Скорость измерения		2,5 измерения/сек. (МЕДЛЕННО)
		4,5 измерений/сек. (БЫСТРО)
Схема измерения		Параллельная/последовательная
Тестовый сигнал	Частота тестового сигнала	100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц (MT 4080A)
	(фиксированная)	100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц, (MT 4080D)
	Уровень тестовый сигнала	50 мВ _{ср.кв.} , 250 мВ _{ср.кв.} , 1 В _{ср.кв.}
	(фиксированный)	1 В (при измерении сопротивления постоянному току)
Дополнительные функции	Режим индикации измерений	Абсолютное значение, Δ-измерение
	Интерфейс для связи с ПК	Последовательный инфракрасный порт RS-232C
Дисплей	Тип индикатора	ЖК индикатор содержит: основной экран (R, Z, L, C), дополнительный экран (Q, D, φ, ESR), индикатор параметров режима измерения
	Формат индикации	4 разряда на основном экране 4 разряда на дополнительном экране
Общие данные	Условия эксплуатации	0 °С...40 °С и относительная влажность до 85%
	Напряжение питания	Аккумуляторы типа Ni-Mh AA 2×1,2 В (непрерывная работа 2.5 ч) или сеть 220 В/50 Гц через адаптер
	Габаритные размеры	174×86×48 мм
	Масса	0.47 кг

1. Базовая погрешность измерения 0,05%.
2. 503 частоты тестового сигнала, что позволяет проводить измерения не только на стандартных частотах (110 Гц, 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц), как было раньше, но и формировать практически непрерывную сетку частот измерительного сигнала.
3. Регулировка уровня тестового сигнала от 5 мВ до 1,275 В с шагом 5 мВ, что также позволяет формировать практически непрерывную сетку уровней. Это особенно актуально при измерении параметров нелинейных компонентов, реактивные значения которых зависят от уровня сигнала. Причем измеритель RLC обеспечивает как режим стабилизации уровня тестового сигнала, то есть его стабилизацию при изменении сопротивления реактивного элемента, которое неизбежно зависит от частоты тестового сигнала, так и отключение его стабилизации.
4. Внутреннее смещение измерительного сигнала постоянным напряжением в пределах от 0 до 2 В или внешнее смещение до 30 В.

Таблица 4

Характеристики	Параметры	Значения	
Измерение RLC	Сопротивление (R)	10 мкОм – 100 Мом	
	Емкость (C)	10 ⁻⁸ пФ – 100 мФ	
	Индуктивность (L)	10 нГн – 100 кГн	
	Добротность (Q)	10 ⁻⁶ – 10 ⁴	
	Тангенс угла потерь (D)	10 ⁻⁶ – 10 ⁴	
	Эквивалентное сопротивление	100 мкОм – 10 Мом	
	Базовая погрешность измерения		± 0,05% (LCR-817/819) ± 0,1% (LCR-827/829)
		Время измерения	68 мс (LCR-817/819) 34 мс (LCR-827/829)
	Режимы измерения		Шкала основная/дополнительная: Ls/Q, Lp/Q; Cs/D, Rs; Cp/D, Rp; Rac/Q (s – последовательная, p – параллельная, ac – переменный ток). Автоматический или ручной запуск измерений
	Схема измерения	Параллельная/последовательная (ручной выбор)	
Тест-сигнал	Частота тестового сигнала	12 Гц – 10 кГц, 489 фиксированных установок (LCR-817/827) 12 Гц – 100 кГц, 503 фиксир. установки (LCR-819/829)	
	Уровень тестового сигнала	5 мВ – 1275 мВ (шаг 5 мВ)	
Источник постоянного смещения	Внутренний источник	2 В	
	Внешний источник	0 В – 30 В (максимальный ток 200 мА)	
Память	Функции	Запись/считывание установленных параметров измерения	
	Объем памяти	100 ячеек	
Дополнительные функции	Режим индикации измерений	Абсолютное значение, Δ-измерение, Δ-измерение в %	
	Режим усреднения	1... 255 измерений	
Дисплей	Тип индикатора	ЖКИ матрица (240×128 точек) с подсветкой и регулировкой контрастности. Матрица содержит: основной экран (R, L, C), дополнительный экран (Q, D, R _{эквив.} , Δ, Δ%), индикаторы параметров режима измерения, меню режимов настройки	
	Формат индикации	5 разрядов на основной шкале 4 разряда на дополнительной шкале	
Общие данные	Условия эксплуатации	10 °С...50 °С и относительная влажность до 85%	
	Напряжение питания	100 В...240 В, 50/60 Гц	
	Габаритные размеры	330×149×437 мм	
	Масса	5,5 кг	
	Комплект поставки	Шнур питания (1), измерительный 4-проводный кабель LCR-06A (1)	
Опции	Измерительные кабели LCR-05 (прямое подключение компонентов), LCR-07 (2-проводный), LCR-08 (для SMD компонентов), LCR-09 (регулировка длины зажима выводов)		

Как уже ранее упоминалось, это необходимо при измерении таких компонентов, как варикапы, емкость которых зависит от приложенного постоянного напряжения или трансформаторов, параметры которых зависят от степени намагничивания постоянным напряжением.

- Отображение относительного или абсолютного результата измерения.
- Память на 100 профилей условий измерения.
- Усреднение результатов измерения для повышения точности измерения.
- Программная компенсация режимов короткого замыкания и холостого хода.
- Интерфейс RS-232 для связи с компьютером.
- Закрытая программная калибровка для обеспечения требуемой погрешности измерения в межповоротном интервале.

11. Большой высококонтрастный дисплей, на котором отображаются не только результаты измерения основных и дополнительных параметров, но и условия измерения.

12. Комплект дополнительных аксессуаров включает множество устройств и приспособлений для подключения различных радиоэлектронных компонентов и устройств с различной конструкцией выводов.

Технические характеристики измерителей RLC 817,819,827 и 829 приведены в таблице 4.

В заключение хочется дать несколько практических советов для пользователей измерителей RLC.

1. Перед приобретением измерителя RLC в первую очередь определите круг задач, изучите технические данные и возможности того или иного измерителя и только после этого принимайте решение о его покупке.

- При проведении измерений четко представляйте физические явления, возникающие в процессе измерений. Мы неоднократно встречались с тем, что после покупки того или иного измерителя возмущенные покупатели обращаются к нам с претензией: не работает! Я, мол, свою любимую емкость подключаю к обыкновенному мультиметру — и все нормально! Но как только подключаю к вашему дороговому прибору — врет со страшной силой! Начинаем разбираться, обычно любимой емкостью оказывается электролитический конденсатор емкостью 100 мкФ, а частота, на которой производилось измерение, — 100 кГц. Вежливо поинтересовавшись, а представляет ли господин, что происходит с этой емкостью на частоте 100 кГц и каково ее реактивное сопротивление, чаще всего получаем в ответ только невнятное мычание: мол, а какая разница? Ведь должен работать! Однако чудес не бывает! Правильно выбирайте частоту измерения! Читайте внимательно инструкцию по эксплуатации, там все написано, как для профессионалов, так и для новичков!
- Аналогичные ситуации возникают и у опытных пользователей, когда, казалось бы, вполне грамотно подключают образцовый магазин (емкости или сопротивления) к измерителю RLC и опять получают гигантскую погрешность измерения, даже для сопротивления. В чем дело? Оказывается, пытаются измерить 1 МОм на частоте 10 кГц. Но сопротивления магазина калиброваны только до частоты 100 Гц! А на более высоких частотах сопротивление магазина приобретает индуктивный характер, это и приводит к различию в измеренном значении и указанном на образцовом средстве! Чуда опять нет! Учитывайте технические данные для подключаемых цепей!
- Поступают жалобы, что вот «на стареньком дедовском измерителе RLC получали один результат, а на вашем как-то все не так!». Предыдущие поколения измерителей RLC чаще всего использовали косвенные способы измерения емкости, индуктивности и сопротивления. Современные используют более совершенные методы измерения с применением встроенной вычислительной техники, соответственно результат измерения получается более достоверный. Новые типы измерителей RLC обеспечивают меньшую погрешность измерения по сравнению со старыми моделями! Хотелось надеяться, что при выборе и эксплуатации измерителей RLC у наших читателей теперь не возникнет затруднений.