

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАЗИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ RLC-КОМПОНЕНТОВ

MEASURING STRAY PARAMETERS OF RLC COMPONENTS

Причиной большинства дефектов радиоэлектронной аппаратуры являются неисправные конденсаторы. Поиск таких конденсаторов с помощью обычных измерителей ёмкости довольно затруднителен, т.к. ёмкость неисправного конденсатора может незначительно отличаться от номинальной, а значение ESR (эквивалентного последовательного сопротивления) может быть довольно большим. Поэтому именно ESR является важнейшим параметром определения неисправного конденсатора. В катушках индуктивности помимо основного эффекта взаимодействия тока и магнитного поля наблюдаются паразитные эффекты, вследствие которых сопротивление катушки не является чисто реактивным. Наличие паразитных эффектов ведёт к появлению потерь в катушке, оцениваемых сопротивлением потерь, с которым тесно связана другая характеристика — добротность.

Для выявления этих и других параметров RLC-компонентов применяются профессиональные лабораторные RLC-метры (измерители иммитанса), позволяющие измерять следующие параметры:

ESR — Equivalent Series Resistance — один из параметров конденсатора, характеризующий его активные потери в цепи переменного тока. В эквиваленте его можно представить, как включенный последовательно с конденсатором резистор, сопротивление которого определяется, главным образом, диэлектрическими потерями, а так же сопротивлением обкладок, внутренних контактных соединений и выводов конденсатора. В русскоязычной аббревиатуре — Эквивалентное Последовательное Сопротивление — ЭПС.

$$ESR = R_{al} + R_e + R_{ox} + R_b,$$

где: R_{al} — сопротивление алюминиевой обкладки, R_e — сопротивление электролитической обкладки, R_{ox} — сопротивление диэлектрика, R_b — сопротивление выводов. Потери в диэлектрике, обусловленные особенностями его поляризации, составляют основную часть потерь в конденсаторе и определяются материалом, а так же толщиной слоя диэлектрика. В электролитических конденсаторах значимой частью ESR является сопротивление жидкого электролита, который используется в качестве составляющей одной из обкладок для обеспечения максимальной площади соприкосновения с диэлектриком.

По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info)



- эквивалентное последовательное (ESR) и параллельное активное, реактивное и полное (комплексное) сопротивление (импеданс);
- сопротивление постоянному току (Rdc);

- эквивалентная последовательная и параллельная ёмкость и индуктивность;
- действительная, мнимая и полная комплексная проводимость (адмиттанс);
- индуктивность рассеяния (Lk, Lx);
- число витков катушки индуктивности (Turn);

С теоретической точки зрения, индуктивность рассеяния (относительно первичной обмотки) определяется путем измерения индуктивности первичной обмотки при коротком замыкании вторичной обмотки трансформатора. На практике точно измерить величину индуктивности рассеяния достаточно сложно, так как измерение, проведенное только на одной частоте, всегда искажается на других частотах за счет паразитных емкостей. Тем не менее, индуктивность рассеяния является важной теоретической предпосылкой, так как она определяет высокочастотный предел нормальной работы трансформатора.

Индуктивность рассеяния зависит от размеров (q), квадрата отношения количества витков в обмотках (N²), геометрического параметра (k) трансформатора, но совершенно не зависит от магнитной проницаемости сердечника μ:

$$L_{\text{рассеяния}} \propto qN^2k$$

Из приведенного выражения следует, что при условии работы на конкретной частоте трансформатор, рассчитанный на более высокую мощность, будет иметь более высокое значение индуктивности рассеяния, поскольку он будет иметь более крупные размеры по сравнению с трансформатором, рассчитанным на меньшее значение мощности.

Так как индуктивность рассеяния пропорциональна значению N², при разработке трансформатора всегда необходимо стремиться получить параметр, характеризующий соотношение количества витков обмоток трансформатора, как можно меньший по величине. По этой причине использование параллельной работы выходных ламп в ламповом усилителе имеет дополнительное преимущество, заключающееся в том, что при этом уменьшается отношение необходимого числа витков в его обмотках (поскольку выходное сопротивление ламп при параллельном включении уменьшается).

Геометрический параметр k зависит от двух основных определяющих: типа и конструкции сердечника и его характеристик, а также конструкции и технологии изготовления обмоток трансформатора.

По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info)



Измеритель RLC АКТАКОМ АМ-3016

- добротность и тангенс угла диэлектрических потерь;
- фазовый сдвиг.

Бюджетным решением для измерения параметров RLC-компонентов является измеритель RLC АКТАКОМ АМ-3016. АМ-3016 предназначен для входного контроля при производстве RLC компонентов, контроля качества на производственной линии. RLC-метр АМ-3016 также может применяться в



Анализатор компонентов АКТАКОМ АМ-3018

высокоточных лабораторных исследований. Этот прибор позволяет измерять эквивалентное последовательное (ESR) и параллельное активное, реактивное и полное (комплексное) сопротивление (импеданс), действительную, мнимую и полную комплексную проводимость (адмиттанс), добротность и тангенс угла диэлектрических потерь, фазовый сдвиг.



Измеритель RLC АКТАКОМ AM-3026

Расширенными возможностями исследования катушек индуктивности и трансформаторов обладает анализатор компонентов АКТАКОМ AM-3018. Дополнительно этот прибор позволяет измерять сопротивление постоянному току (Rdc), комплексную проводимость (адмиттанс), индуктивность рассеяния (Lk, Lx), число витков катушки индуктивности (Turn), а также производить графический анализ АЧХ.



Анализатор компонентов АКТАКОМ AM-3028

Также для решения данной задачи подходит измеритель RLC АКТАКОМ AM-3026. Высокочастотный RLC-метр AM-3026 с поддержкой LXI стандарта предназначен для измерения параметров пассивных компонентов (конденсаторов, катушек индуктивности, магнитных сердечников, резисторов, трансформаторов, модулей микросхем и сетевых компонентов); полупроводников (параметрических диодов и анализа паразитных параметров транзисторов); диэлектриков

Тангенс угла потерь — угол, на который отличается сдвиг фаз между током и напряжением в реальных радиоэлементах относительно идеальных элементов. Из-за наличия потерь в различного рода емкостных и индуктивных компонентах 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.

С ростом частоты значение $\text{tg}\delta$ увеличивается. Величина, обратная $\text{tg}\delta$, называется добротностью. Термины добротности и тангенса угла потерь применяются и для индуктивностей, и для конденсаторов. По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info)



(диэлектрическая проницаемость, коэффициент рассеяния); магнитных материалов (магнитная проводимость и потери в ферритах); оценки сопротивления в печатных платах, реле, выключателях, кабелях и батареях. Этот прибор обладает возможностью измерения на частотах

ский анализ АЧХ. Кроме того, у AM-3026 есть функция относительных измерений.

При необходимости прецизионных измерений отличным инструментом является анализатор компонентов АКТАКОМ AM-3028. Автоматический анализатор компонентов AM-3028 предназначен

Электрическая проводимость (электропроводность, проводимость) в цепи постоянного тока — это величина, обратная электрическому сопротивлению.

В цепях переменного тока существует активное R , реактивное X и полное Y сопротивление. По аналогии с этим введено и три типа проводимостей: активная G , реактивная B и полная Y .

Адмиттанс (англ. admittance от лат. *admittere* пропускать, впускать) — это полная комплексная проводимость. В отечественной литературе этот термин обычно не применяется — употребляется «комплексная проводимость».

В цепи переменного тока только полная проводимость Y (адмиттанс) является величиной, обратной полному сопротивлению $y=1/z$.

Комплексная проводимость рассчитывается по формуле $Y=\sqrt{G^2+B^2}$, где: G — активная проводимость или действительная часть комплексной проводимости, B — реактивная проводимость или её мнимая часть.

Активная и реактивная проводимости определяются из условия равенства углов сдвига фаз $G = y \cdot \cos \phi$, $B = y \cdot \sin \phi$.

По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info)



до 5 МГц. Из особенностей AM-3026 также можно выделить высокую скорость измерений (до 200 измерений в секунду), измерение сопротивления постоянному току (Rdc), комплексной проводимости (адмиттанса), индуктивности рассеяния (Lk), а также графиче-

для автоматического анализа и измерения индуктивности, электрической емкости, сопротивления, тангенса угла потерь, добротности, комплексного сопротивления, фазового сдвига и других параметров SMD-компонентов при разработке, на производстве, а так же при настройке, проверке и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры. Он обладает высокой точностью измерений (до 0,05%). Кроме того, AM-3028 позволяет измерять комплексную проводимость (адмиттанс), и производить графический анализ АЧХ. ☑

Фазовый сдвиг — разность между начальными фазами двух переменных величин, изменяющихся во времени периодически с одинаковой частотой. Сдвиг фаз является величиной безразмерной и может измеряться в радианах (градусах) или долях периода. При неизменном, в частности нулевом сдвиге фаз говорят о синхронности двух процессов, или о выполненной синхронизации двух источников переменных величин.

Фазой (фазовым углом) называется угол оля периода смещения по фазе при наложении синусоид друг на друга.

Фазовый сдвиг — явление, когда некоторые частоты (обычно ниже 100 Гц) слегка запаздывают после прохождения сигнала через прибор. Обычно фазовый сдвиг увеличивается чрезмерной эквализацией, и в высшей степени нежелателен.

По материалам Энциклопедии измерений (www.kipis.ru/info)



For users' convenience we do our best to find out the most suitable solutions for various measurement tasks they may face. This time we would like to provide a suggestion of how to measure stray characteristics and other additional parameters of capacitors, inductance coils and resistors.