

Модель практического балуна Guanella 1:1.

Гуанелла описал несколько балунов и унунов в 1944 году в своей статье, озаглавленной «Новые методы согласования импедансов в радиочастотных цепях».

Одна конкретная конфигурация, балун 1:1, представляет особый интерес из-за его популярности в различных формах в антенных приложениях.

Рисунок 1:

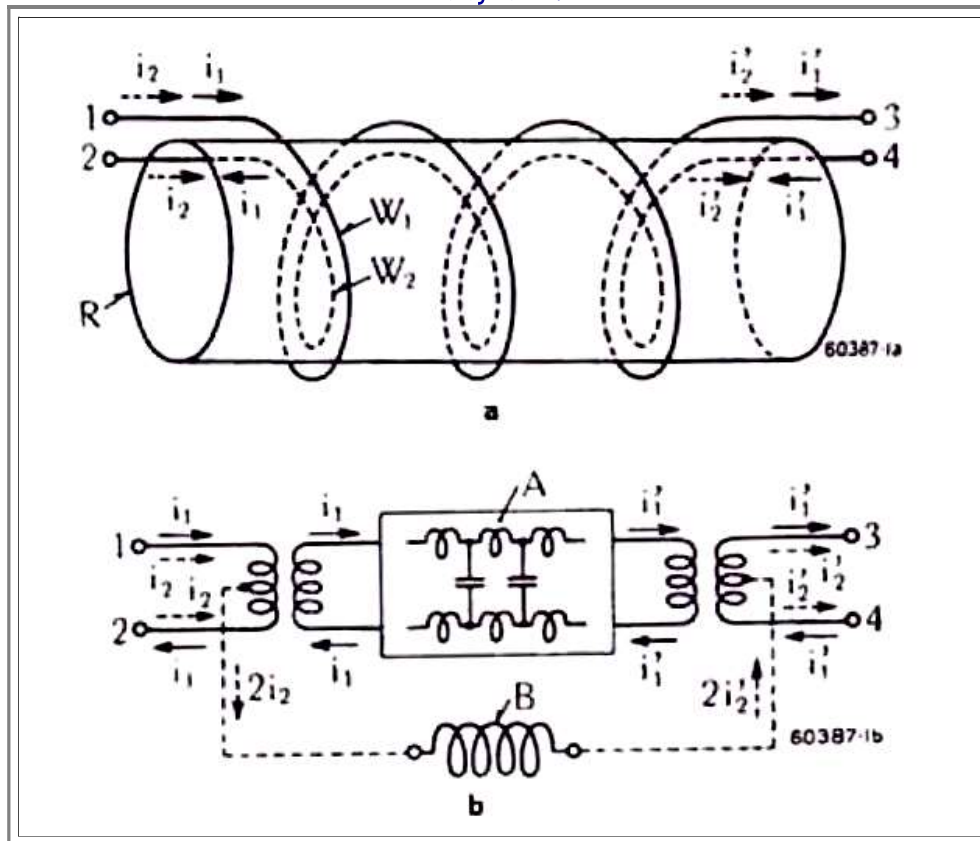


Рис. 1 взят из статьи Гуанеллы и показывает его разработку модели линии передачи для пути дифференциального тока и катушки индуктивности для пути синфазного тока.

В этой статье предлагается модель линии передачи с потерями практического балуна Guanella 1: 1, которая эффективна для всех частот в пределах полосы пропускания и непосредственно рядом с ней. Модель представляет собой двухпроводную или коаксиальную линию передачи, намотанную на тороидальный ферритовый сердечник, и включает в себя:

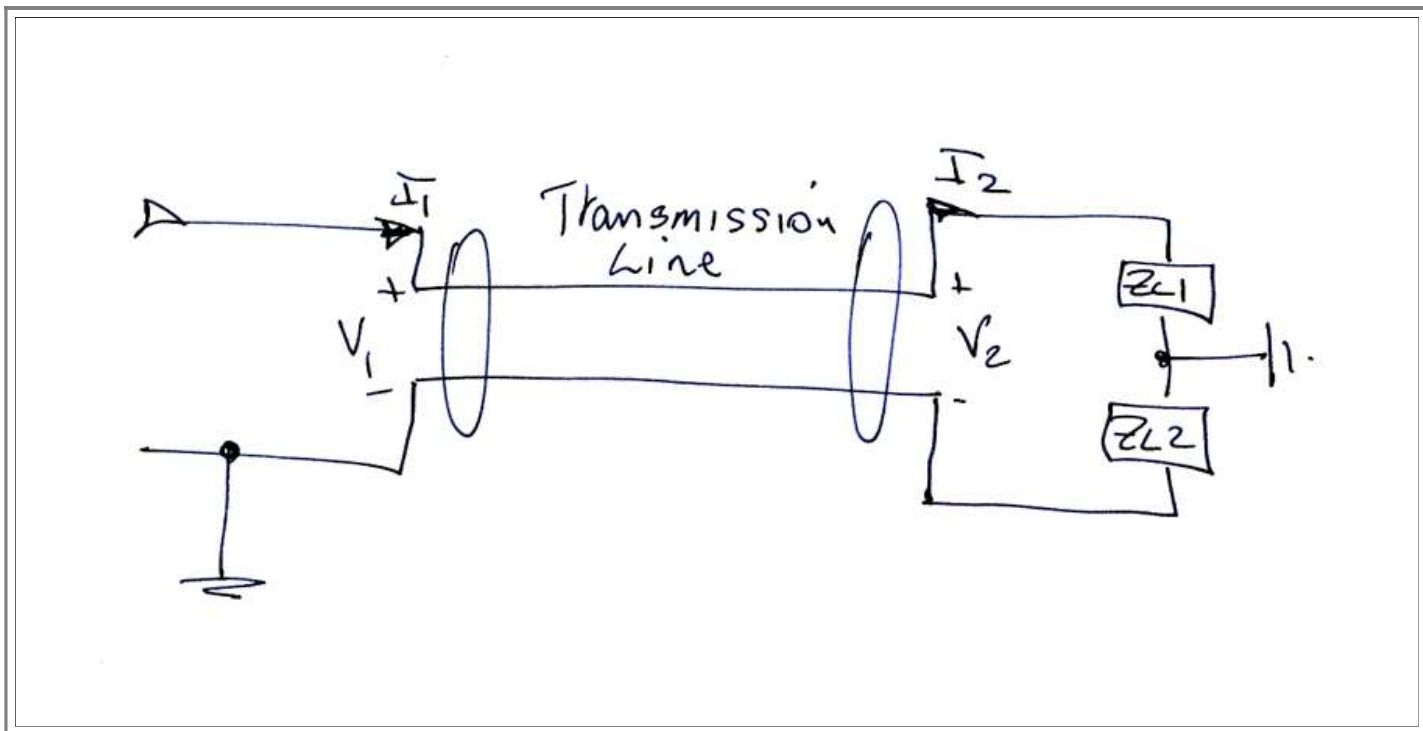
- ◆ ВЧ-сопротивление проводника, включая зависящие от частоты скин-эффекты и эффекты близости;
- ◆ характеристический импеданс линии передачи, рассчитанный по радиочастотному сопротивлению проводника, коэффициенту диэлектрических потерь и включая частотно-зависимый эффект близости; и
- ◆ Полное сопротивление синфазного дросселя, рассчитанное по материалу сердечника μ' и μ'' , зависящему от частоты, или измеренное сопротивление R и X в зависимости от частоты.

Такая модель может быть использована не только для изучения вариантов конструкции, таких как различные материалы сердечника, толщина и расстояние между проводниками, количество витков и т. д., но и для исследования нагрузок, отличных от номинально согласованной сбалансированной нагрузки.

Эквивалентная схема

Схема балуна Guanella 1: 1

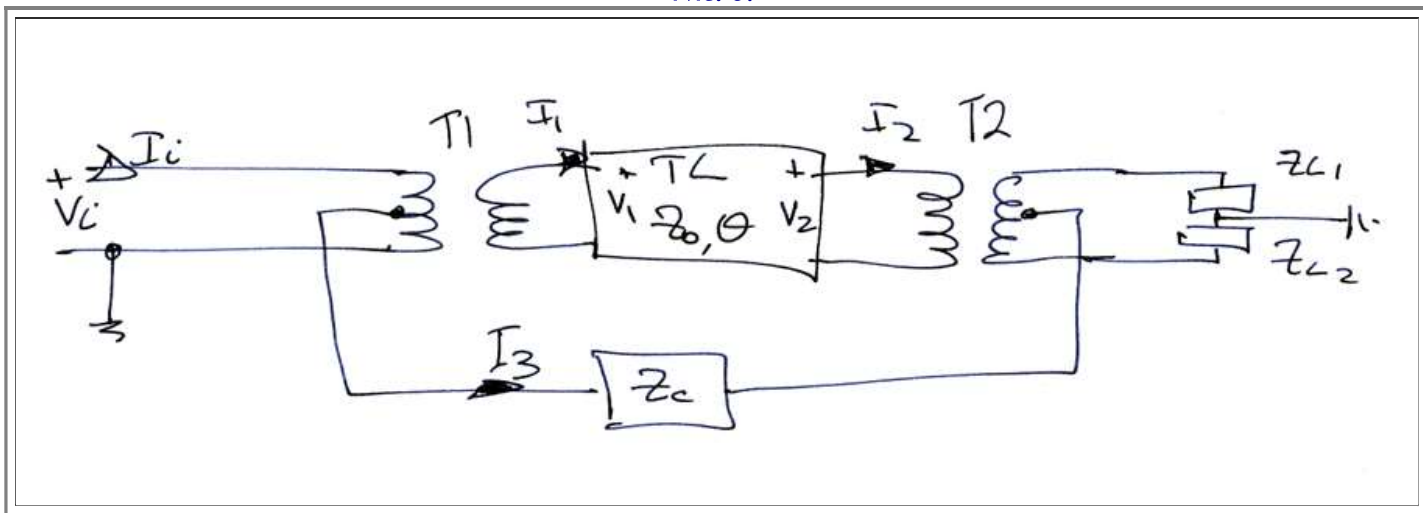
Рис. 2:



На рис. 2 показан трансформатор линии передачи Guanella Order-1, сконфигурированный как дроссель синфазного тока. Обратите внимание, что текущие обозначения не связаны с обозначениями Guanella, показанными на рис. 1.

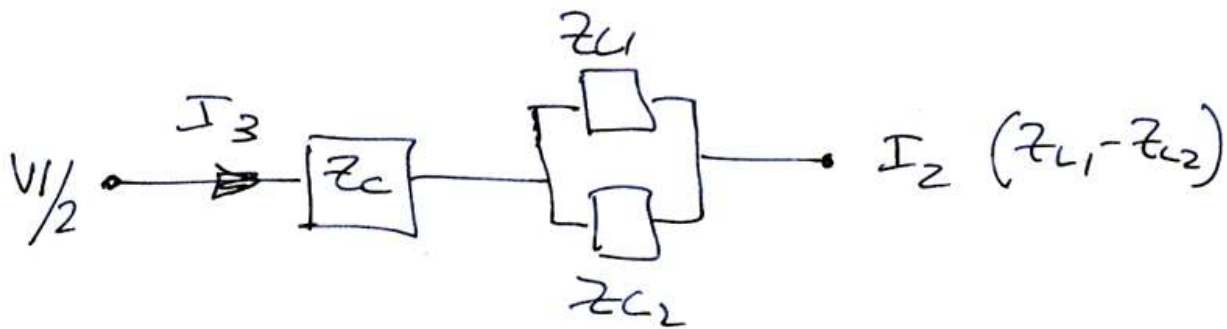
Предлагаемая эквивалентная схема

Рис. 3:



На рис. 3 показана предлагаемая эквивалентная схема. Трансформаторы T1 и T2 являются идеальными трансформаторами, которые введены с целью разделения синфазных и дифференциальных токов. Синфазный ток проходит через импеданс синфазного дросселя Z_c , а дифференциальный ток течет по линии передачи TL. Синфазный ток I_3 является результатом составляющих $I_3/2$, которые втекают в оба конца левой обмотки T1 и выходят из обоих концов правой обмотки T2. Ток дифференциального режима можно проанализировать с помощью уравнений линии передачи, а ток синфазного режима можно проанализировать с помощью анализа цепей с сосредоточенными компонентами.

Рис. 4:



На рис. 4 показан путь тока I_3 .

Решение эквивалентной схемы

Рис. 5:

$$V_1 = V_2 \cosh(\theta) + I_2 Z_0 \sinh(\theta) \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_l} \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1)...

$$V_1 = V_2 \cosh(\theta) + \frac{V_2}{Z_l} Z_0 \sinh(\theta)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \cosh(\theta) + \frac{Z_0}{Z_l} \sinh(\theta)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{\cosh(\theta) + \frac{Z_0 \sinh(\theta)}{Z_l}}$$

Рис. 5 представляет собой решение предложенной эквивалентной схемы. Величина θ является произведением γ , комплексного коэффициента распространения линии передачи и длины линии передачи. Все другие токи, напряжения и мощности могут быть получены из зависимости V_2/V_1 . Обратите внимание, что величины на рис. 5 могут быть комплексными значениями, и многие из них зависят от частоты.

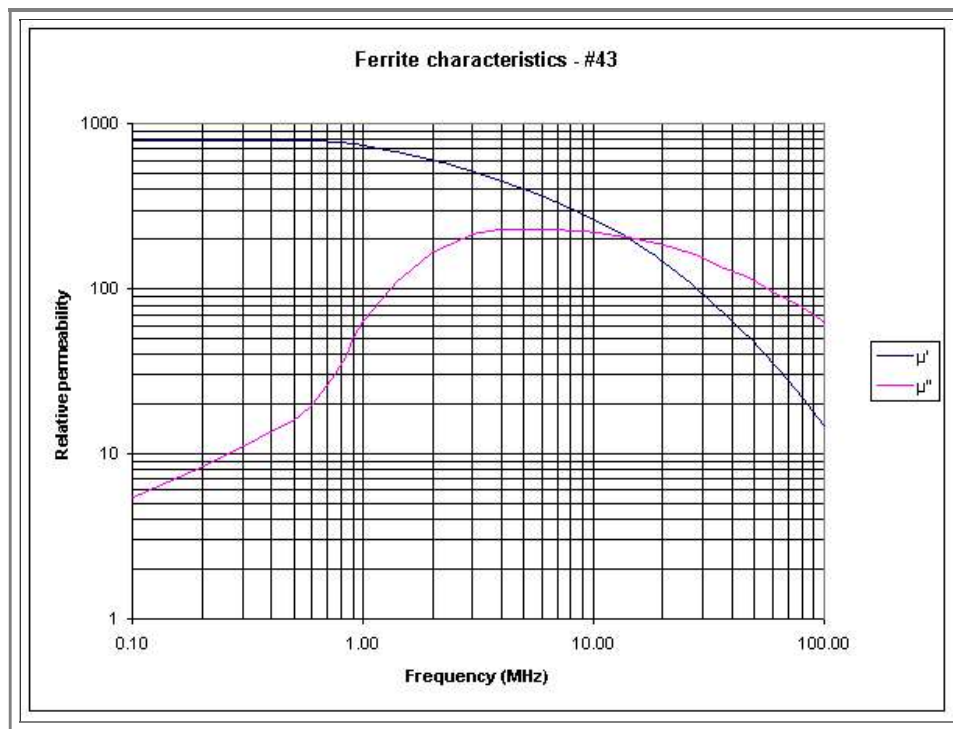
Многие модели этого балуна рассматривают V_2 как равный V_1 , т.е. как если бы θ равно нулю, что является приближением, более подходящим для низких частот.

Рабочий пример

Синфазный дроссель

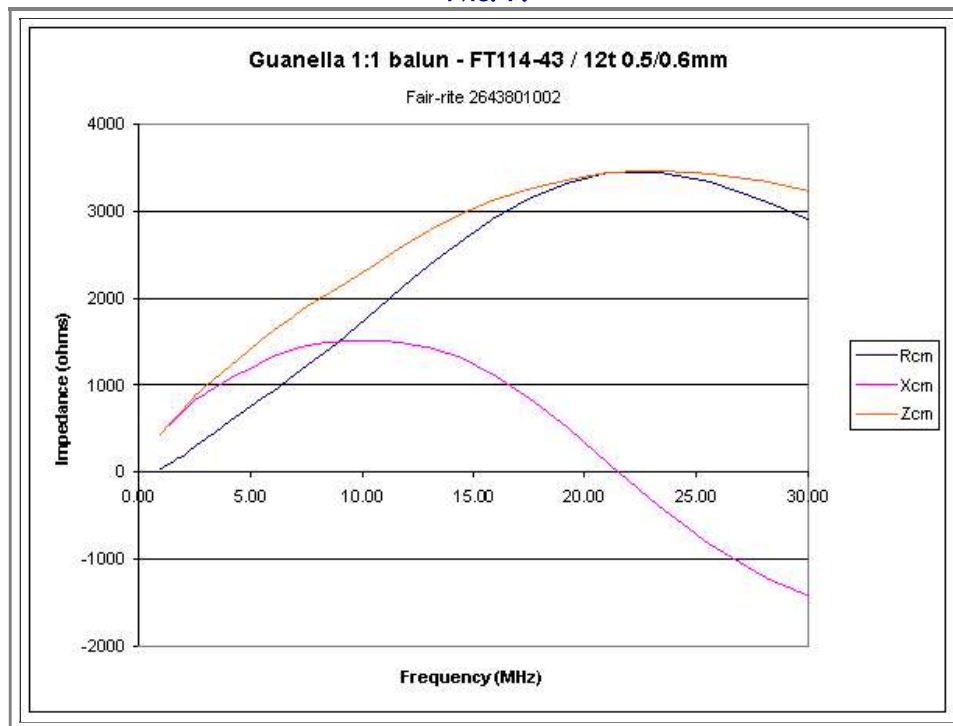
Импеданс дросселя зависит от ферритового сердечника, а его ферритовая проницаемость и потери зависят от частоты.

Рис. 6:



На рис. 6 показаны характеристики смеси Fair-rite #43. Импеданс дросселя нельзя просто смоделировать как фиксированную идеализированную катушку индуктивности. Модель должна рассчитывать эквивалентное последовательное индуктивное сопротивление и сопротивление потерь на каждой интересующей частоте. Полное сопротивление дросселя $Z_c = j\omega L + R_c$, где $L = \frac{\mu' A}{\mu'' l}$ индуктивность на 1 виток при $\mu_r = \mu'$, а μ'' - начальная проницаемость на низкой частоте.

Рис. 7:



На рис. 7 показано полное сопротивление 12-виткового дросселя, намотанного на сердечнике Fair-rite 2643801002 (или 5943001001) № 43 (29 мм x 19 мм x 7,5 мм), рассчитанное на основе размеров сердечника и характеристик материала с параллельной емкостью 1,6 пФ для калибровки модели по собственно дроссель. Величина Z_{cm} является величиной $R_{cm} + jX_{cm}$.

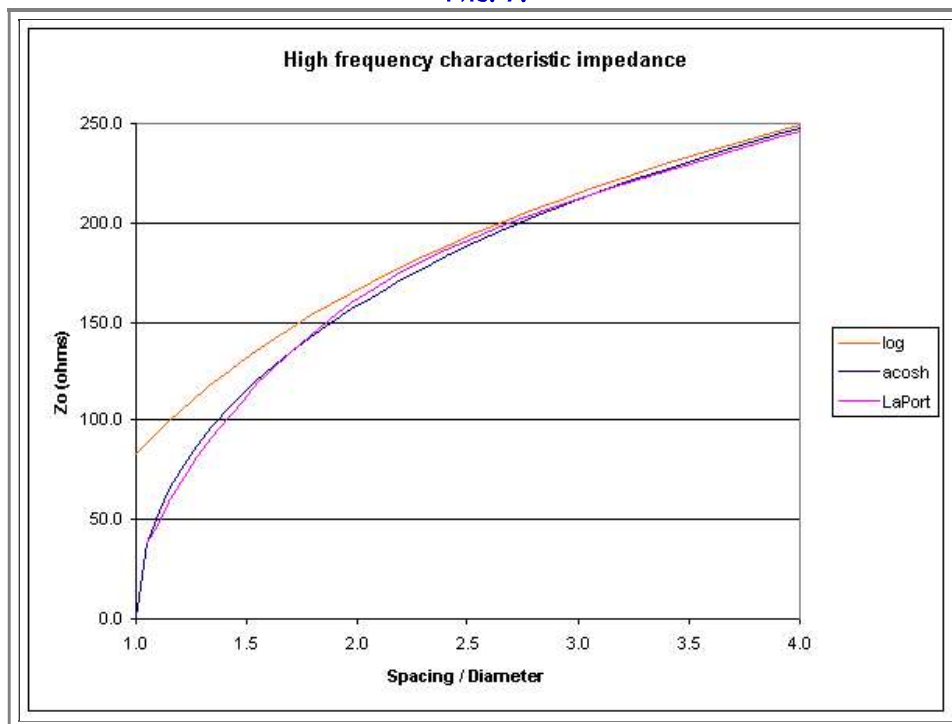
Измерение дросселя, вероятно, будет более точным, чем оценка по размерам сердечника, характеристикам материала и виткам. Поведение на высоких частотах сильно зависит от паразитной емкости.

Линия передачи

Другая проблема заключается в том, что линия передачи Z_0 и потери могут зависеть как от скин-эффекта, так и от эффекта близости. Скин-эффект заставляет ток течь в основном по поверхности проводников, а эффект близости

заставляет токи в противоположных направлениях течь в основном по прилегающим поверхностям проводника, которые расположены очень близко друг к другу.

Рис. 7:

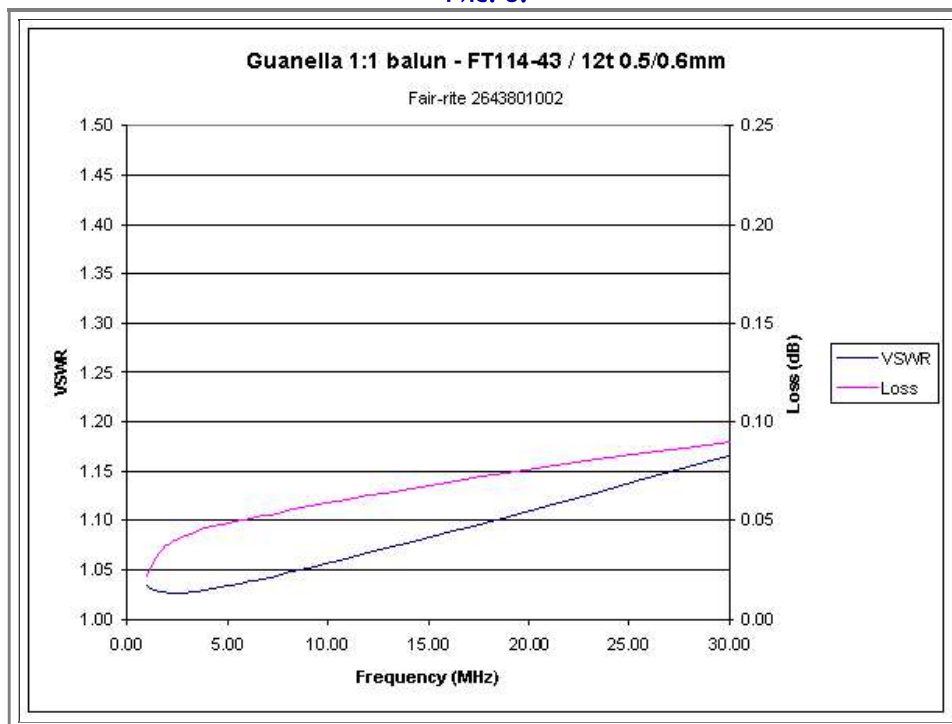


На рис. 7 показана оценка Z_o на основе логарифмической функции, функции акоса и кривой с поправкой на близость, полученной из рис. 4.23 книги Эдмунда ЛаПорта «Радиоантенная инженерия», 1952 г. Может показаться, что график ЛаПорта может быть поправкой к логарифмической функции, которую он дает в книге, и оценку кривой кош. Похоже, ни один из них не объясняет должным образом эффект близости Z_o . Chipman (Transmission Lines) предполагает, что ошибка в Z_o из-за эффекта близости невелика при $D/d > 2$ ($Z_o < 160$ Ом). Кривая acossh занижает Z_o при $D/d < 2$, и ошибка может стать значительной.

Поправка сопротивления близости вычисляется с использованием алгоритма из программы `line_zin.pas` Рега Эдвардса (G4FGQ).

Балун производительность

Рис. 8:



На рис. 8 показан график КСВ и потерь, смоделированный для балуна Guanella 1:1, изготовленного из 12 витков линии передачи, намотанной на сердечник Fair-rite 2643801002 (или 5943001001) #43 (29 мм x 19 мм x 7,5 мм). Линия

передачи состоит из медных проводников диаметром 0,5 мм, расположенных на расстоянии 0,6 мм от центра к центру. В согласованных условиях потери очень малы, в худшем случае 2%. При расчете того, что ядро, вероятно, может безопасно рассеивать до 5 Вт, балун, вероятно, способен поддерживать постоянную номинальную мощность 250 Вт.

На рис. 7 показано полное сопротивление синфазного сигнала. Полное сопротивление синфазного сигнала находится в диапазоне от среднего до высокого, что означает, что этот тип балуна обеспечивает значительное сопротивление току синфазного сигнала, например, на фидерной линии антенны, подключенной к симметричному порту.

Ссылки

- ◆ [Модель дроссельного балуна W2DU 1:1.](#)
- ◆ [Модель дроссельного балуна W2DU 1:1 с использованием сердечников Jaycar LF1258.](#)
- ◆ [Модель дроссельного балуна W2DU 1:1 с использованием сердечников Jaycar LF1260.](#)
- ◆ [Проверка модели - FT240-61-35t](#)

Выводы

Выводы:

- ◆ в сети происходит достаточно сложное взаимодействие компонентов;
- ◆ многие практические компоненты нельзя смоделировать просто как идеализированные компоненты;
- ◆ модель фиксирует спад на низких и высоких частотах, а также дает разумную оценку КСВ и потерь для различных импедансов нагрузки и баланса;
- ◆ модель должна включать все компоненты, которые могут способствовать повышению производительности;
- ◆ измерение штуцера, вероятно, будет более точным, чем оценка по размерам сердечника, характеристикам материала и виткам;
- ◆ Эмпирические правила (например, Z_0 должно быть равно удвоенному номинальному входу Z) не обязательно приводят к оптимальной производительности.

Изменения

Версия	Дата	Описание
1.01	02.08.2008	Исходный.
1,02	03.07.2008	В модель добавлена паразитная емкость.
1,03	04.04.2008	Опечатка на рис. 5 исправлена.
1,04		
1,05		

© Copyright: Оуэн Даффи, 1995, 2021. Все права защищены. [Отказ от ответственности](#) .