

Электрически перестраиваемая антенна для сотовых телефонов

Представлены первые результаты разработки перестраиваемой антенны для сотовых телефонов, работающих в стандарте LTE. Перестройка осуществляется с помощью переменного конденсатора с цифровым управлением. Антенна перестраивается на один из четырех низкочастотных диапазонов, при этом сохраняя настройку на высокочастотный диапазон. Компьютерное моделирование антенны проводилось с помощью программы RFS.

Ключевые слова: антенны, сотовые телефоны, переменные конденсаторы, компьютерное моделирование

Современные сотовые телефоны (смартфоны) являются одними из самых сложных радиоэлектронных устройств. В них остается очень мало места для размещения антенны – одного из наиболее важных элементов, определяющих качество телефона и удобство пользования им. В то же время антенна должна обеспечивать прием и передачу сигналов в нескольких диапазонах частот, иметь в каждом диапазоне заданную ширину полосы пропускания, высокий КПД и низкую мощность, рассеиваемую в голове и руках пользователя. Учитывая, что в телефоне нет места для размещения нескольких антенн, целесообразно использовать электрически перестраиваемую антенну, способную работать в нескольких частотных диапазонах.

Электрически перестраиваемые антенны сотовых телефонов появились сравнительно недавно. Так, в работе [1] предложена антенна, для перестройки которой на 2 частоты используются отрезки линий передачи разной длины, подключаемые к антенне с помощью переключателя на полевом транзисторе. Антенна, перестраиваемая варактором в диапазоне 1,8...2.4 ГГц, описана в работе [2]. Однако, эти антенны не совместимы со стандартом LTE.

В таблице 1 приведены параметры некоторых диапазонов связи стандарта LTE. Проектируемая антенна должна перестраиваться на один из низкочастотных диапазонов (B17...B8), сохраняя настройку на высокочастотный диапазон B7.

Таблица 1

№ п/п	Название диапазона	Центральная частота, МГц	Диапазон частот, МГц
1	B17	725	704-746
2	B13	766.5	746-787
3	B20	826.5	791-862
4	B5-B8	892	824-960
5	B7	2595	2500-2690

Для достижения этой цели была сконструирована антенна типа PIFA содержащая две ветви, одна из которых настроена на высокочастотный диапазон B7, а другая – на низкочастотные диапазоны B5...B20 (см. рис. 1). Антенна возбуждается источником напряжения (портом) с внутренним сопротивлением 50 Ом, который включен между металлизацией печатной платы и антенной. Последовательная LC цепь служит для

согласования антенны с источником. Согласующая цепь подключена к низкочастотной антенне. Высокочастотная ветвь соединяется с источником напряжения узкой полоской, ширина которой определяет связь ВЧ антенны с генератором.

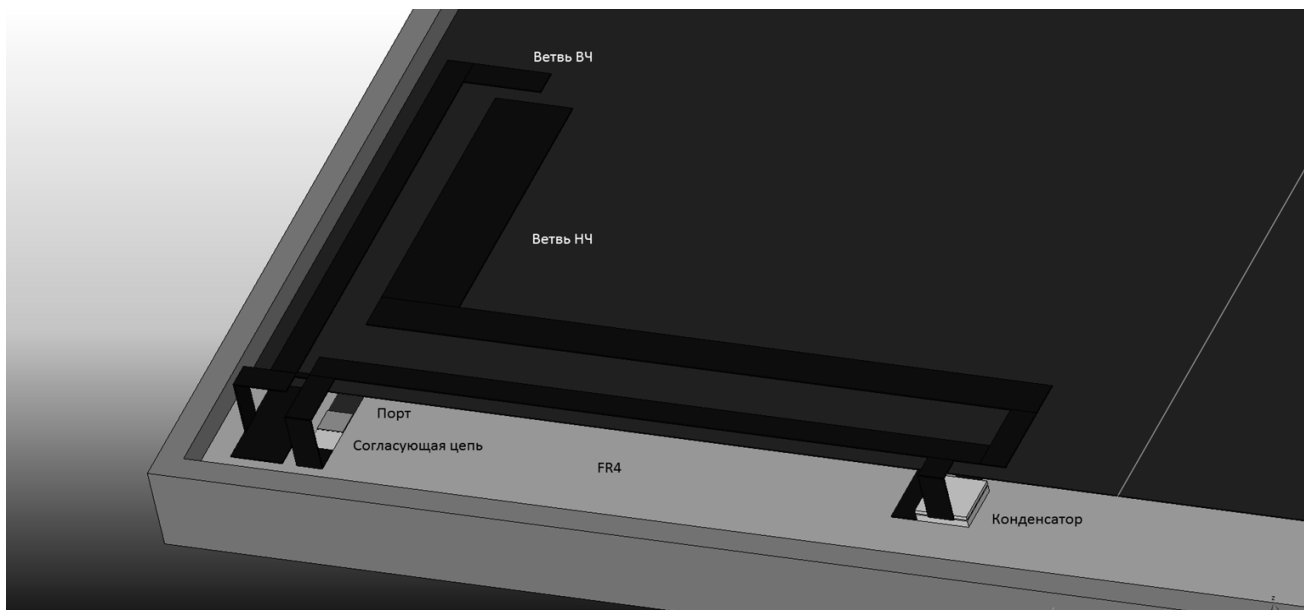


Рисунок 1.

Изогнутая форма антенн выбиралась исходя из доступного места для них. К низкочастотной антенне подключен перестраиваемый конденсатор с цифровым управлением типа PE-62304 фирмы Peregrine Semiconductor.

Эквивалентная схема конденсатора показана на рис. 2. Значения параметров схемы

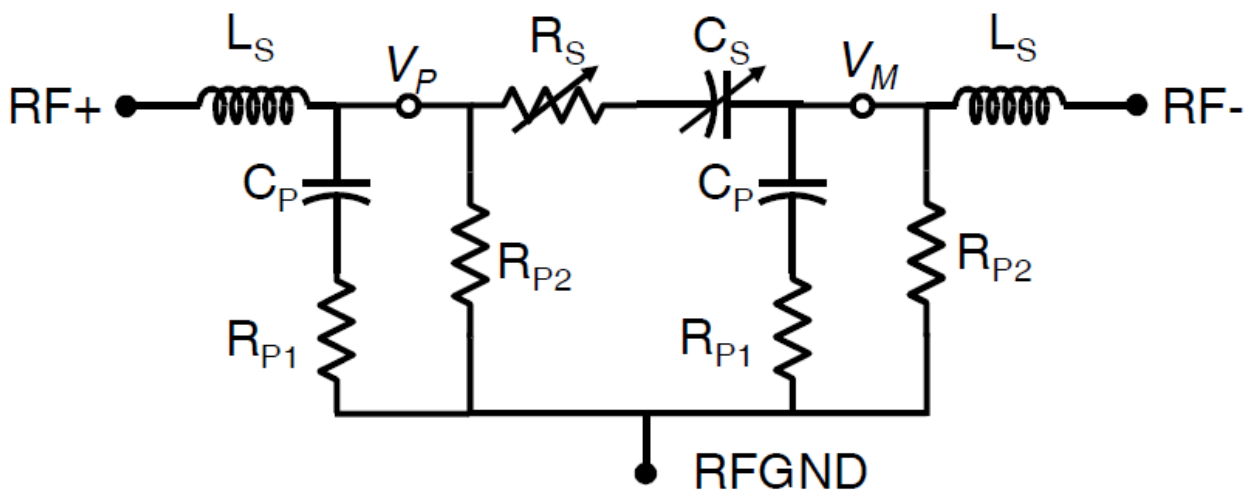


Рисунок 2.

приведены в таблице 2.

Таблица 2

Элемент	Размерность	Значение	Элемент	Размерность	Значение
C_s	пФ	$0,129s+0,6$	R_{p2}	кОм	10
R_s	Ом	$20/(s+20/(s+0,7))+0,7$	C_p	пФ	0,5
R_{p1}	Ом	7	L_s	нГн	0,27

Параметр s определяет состояние конденсатора и принимает значения $0...31$.

Описанная конструкция моделировалась в программе RFS [3]. Согласующая цепь и конденсатор моделировались схемой, состоящей из сосредоточенных элементов, причем линейные размеры схемы конденсатора соответствовали его физическим размерам $2 \times 2 \times 0.45$ мм³. Фрагмент модели телефона, построенной в программе, показан на рис. 1. Для удобства рассмотрения часть элементов конструкции, например, нижняя крышка, аккумулятор и ряд других сделаны невидимыми. Проводники антенны наносятся на нижнюю поверхность носитель из FR4, который также не виден. Моделирование проводилось с целью определить оптимальное место включения конденсатора, параметры согласующей цепи и геометрические параметры антенны.

На рис. 3. показана зависимость коэффициента стоячей волны (КСВ) антенны для 4-х состояний конденсатора $s = 12, 15, 19, 25$, соответствующих значениям емкости $C_s = 2.15; 2.54; 3.05; 3.7$ пФ для оптимизированной антенны, а на рис. 4 изображены зависимости радиационного КПД антенны для тех же значений емкости. Как видно, в низкочастотном диапазоне значения резонансных частот практически совпадают с требуемыми значениями (см. табл. 1), хотя значения КСВ в резонансах несколько превышают максимально допустимые. При перестройке в низкочастотной части диапазона положение высокочастотного резонанса антенны практически не меняется, что и требуется по техническому заданию. Радиационный КПД антенны в низкочастотных диапазонах составляет 60..80 %, что превышает требуемый уровень 50 %. В высокочастотном диапазоне радиационный КПД составляет около 50 %, что также соответствует техническому заданию. Однако ширина рабочей полосы частот во всех диапазонах оказалась существенно меньшей требуемой.

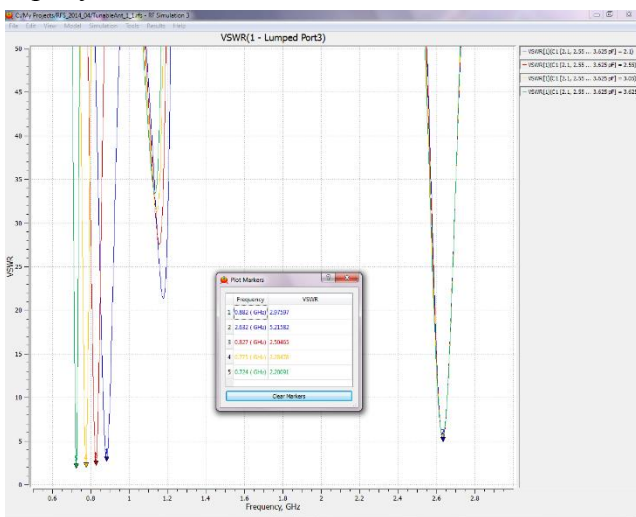


Рисунок 3.

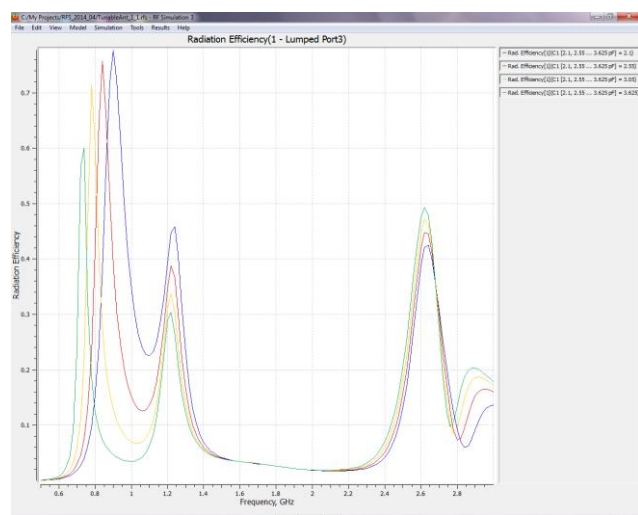


Рисунок 3.

Следует отметить, что при максимальной мощности передатчика около 100 мВт высокочастотное напряжение на элементе настройки по результатам моделирования составляет 6..10 В. Поэтому варакторы с малым напряжением пробоя не могут использоваться для перестройки частоты антенны.

Для расширения полосы частот необходимо уменьшать добротность антенны за счет дальнейшего увеличения радиационного КПД, а также за счет подбора места подключения

антенны к металлизации печатной платы. Работа по расширению рабочей полосы частот антенны в каждом из пяти диапазонов в настоящее время продолжается.

Библиографический список

1. Kivakas O., Ollikainen J., Vainikainen P.. Frequency-tunable internal antenna for mobile phones. Proc 12-th Int. Symp. on Antennas, 2002, No 2, pp. 53-56.
2. Nguyen V.-A., Bhatti R.-A., Park S.-O. A simple PIFA-based tunable internal antenna for personal communication handsets // IEEE Antennas and wireless propagat. letters, 2008, V. 7, pp 130-133.
3. Григорьев А.Д., Салимов Р.В., Тихонов Р.И. Моделирование антенн сотовых телефонов методом векторных конечных элементов. // РЭ, 2012, Т. 57, № 3, с. 261-270.