

Малогабаритная спиральная антенна диапазона увч

Рассматривается конструкция и радиотехнические характеристики малогабаритной спиральной антенны для диапазона частот 0,3-1,2 ГГц. Приведен анализ возможных конструкций с различными вариантами радиопоглощающего материала зарубежных фирм.

Ключевые слова: спиральная антенна, круговая поляризация, радиопоглощающий материал, СВЧ

Малогабаритная спиральная антенна диапазона УВЧ разрабатывалась для станции радиотехнического контроля, поэтому при проектировании особое внимание уделялось следующим требованиям:

- возможность размещения антенны на металлической платформе, рядом с другими антеннами диапазона СВЧ;
- круговая (эллиптическая) поляризация антенны;
- широкий диапазон частот (в данной работе рассматривается антенна с перекрытием 4:1);
- минимальные габариты и масса;
- однонаправленные диаграммы направленности с минимальным уровнем побочного излучения;
- максимальный коэффициент усиления для данного типа антенны.

Наиболее подходящий к этим требованиям тип конструкции – спиральная антенна.

При использовании плоской спирали, работающей на частоте 0,3 ГГц, ее окружность должна быть соизмерима с длиной волны на данной частоте (не менее 1000 мм), поэтому было принято решение применить комбинированный вариант антенны (диэлектрическая полусфера с плоской спиралью). Полусферическая часть антенны, выполненная на диэлектрическом ($\epsilon=4,2$) корпусе, формирует диаграммы направленности в области нижних частот, в то время как плоская спираль позволяет реализовать нормальные диаграммы направленности в области верхних частот. Этот тип конструкции выигрывает в размере, но возникает другая проблема – значительный уровень задних лепестков. Антенна в целом представляет собой усеченную полусферу диаметром 133 мм ($D/\lambda_{\text{нижняя}}=0,133$) с металлическим основанием, переходящую в плоскую спираль. Вершина полусферического корпуса срезается и вместо нее устанавливается плоская спираль. Соответствующие ветви плоской и полусферической спирали контактно соединяются. Для формирования однонаправленной диаграммы и уменьшения уровня задних лепестков антенна устанавливается на металлическом экране. При этом применяется поглощающий материал на основе тонкого (6,3 мм) ферритового плиточного абсорбера типа C-RAMFT фирмы «Cuming Microwave» (США) или материал Francosorb F006 толщиной 6 мм. фирмы «Frankonia» (Германия). Поглощающий материал располагается между диэлектрическим корпусом антенны и металлическим основанием. Эти материалы имеют очень низкий коэффициент отражения на рабочих частотах антенны (рис. 1), что позволяет обеспечить уверенный прием сигнала в требуемом секторе

углов. Возбуждение излучающей структуры осуществляется с помощью коаксиального согласующего симметрирующего трансформатора.

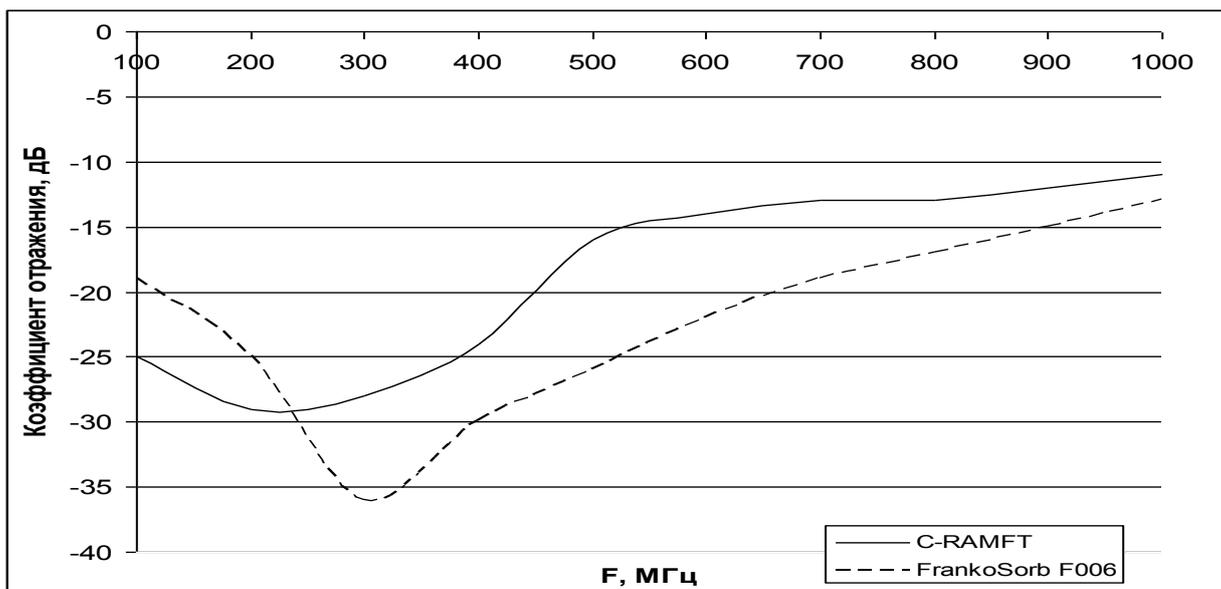


Рисунок 1

На первом этапе работы проведен анализ литературы по данному типу антенны, выполнены моделирование и расчет радиотехнических характеристик (РТХ) с использованием программы математического моделирования (рис. 2, 3).

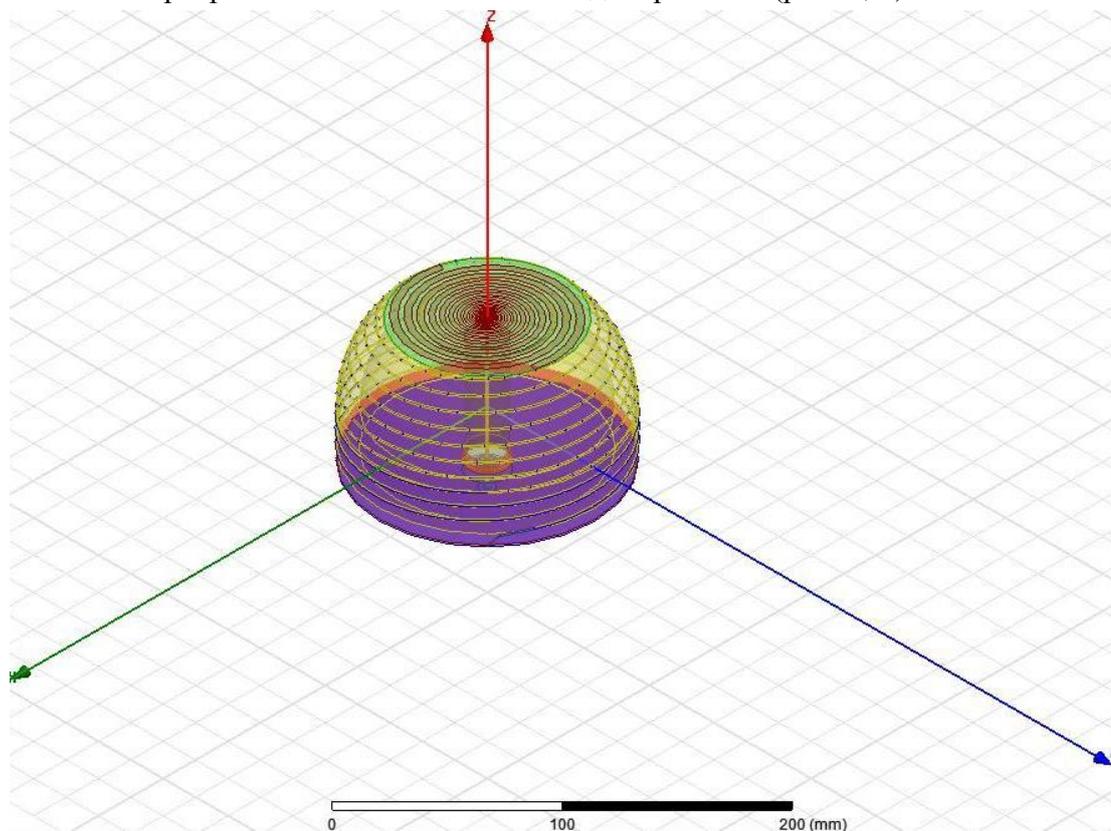


Рисунок 2

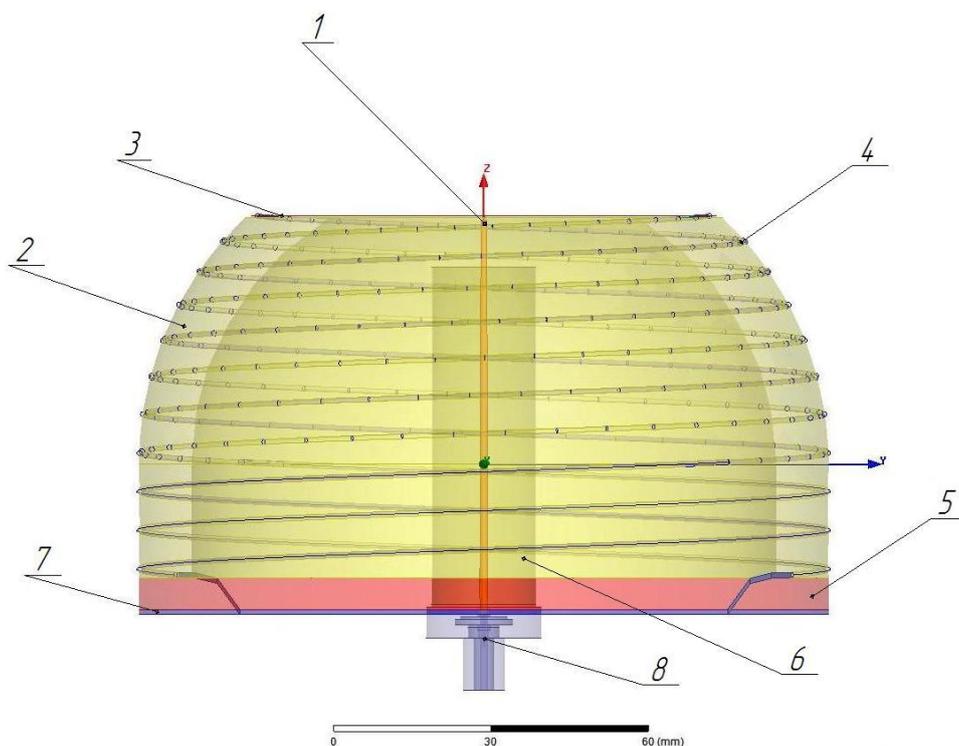


Рисунок 3

Здесь 1 - согласующий симметрирующий трансформатор, 2 - полусферический корпус антенны, 3 – плоская спиральная плата, 4 – полусферическая спираль, 5 – радиопоглощающий материал, 6 – металлический экран трансформатора, 7 – металлическое основание антенны, 8 – СВЧ разъем тип IX по ГОСТ РВ 51914-2002.

Проведенные расчеты позволили качественно оценить форму диаграмм направленности, входное сопротивление и коэффициент усиления антенны.

В расчетах преимущественно изменялись характеристики радиопоглощающего материала (ϵ , μ) с целью дальнейшего использования поглотителя отечественного производства на основе порошка АМАГ производства ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей». Разработка поглотителя на основе порошка АМАГ вызвана тем, что зарубежные ферритовые поглотители имеют следующие недостатки:

- верхняя частота их ограничивается 1ГГц;
- сложность механической обработки феррита (с помощью водно-абразивной резки);
- относительно высокая стоимость материала.

Также проводился расчет плоской спирали, отдельно от всей конструкции антенны, для определения оптимальных размеров контактных площадок, ширины печатных проводников и зазоров.

В результате моделирования были получены удовлетворительные результаты.

По результатам расчетов плоской спирали был выполнен фотошаблон для последующего изготовления плат. Также был изготовлен макет антенны.

Проведенные измерения макета антенны показали, что основные радиотехнические характеристики (ДН, КСВН, КУ, КЭ) при изменениях параметров радиопоглощающего материала остаются коррелированными и вполне приемлемыми. Одним из основных критериев при отработке конструкции явился уровень мощности побочного (заднего) излучения. Удовлетворительных результатов удалось добиться только с применением

дополнительной металлической платформы, что обуславливается малым размером получившейся антенны.

В результате разработки были получены следующие радиотехнические характеристики антенны:

- диапазон частот, ГГц	0,3 – 1,2
– КСВН, не более	3
– ширина ДН, град	
на нижних частотах	95
на верхних частотах	90
– поляризация	эллиптическая
– коэффициент эллиптичности, не менее	0,4
– коэффициент усиления в	
минимуме эллипса поляризации	0,05 – 0,8
– масса, кг	1,43
– диаметр антенны, мм	133
– высота антенны, мм	105
– волновое сопротивление, Ом	50
– рабочая температура, °С	минус 60 плюс 120

На рис. 4, 5, 6 приведены зависимости коэффициента усиления, коэффициента стоячей волны и коэффициента эллиптичности макета антенны от частоты.

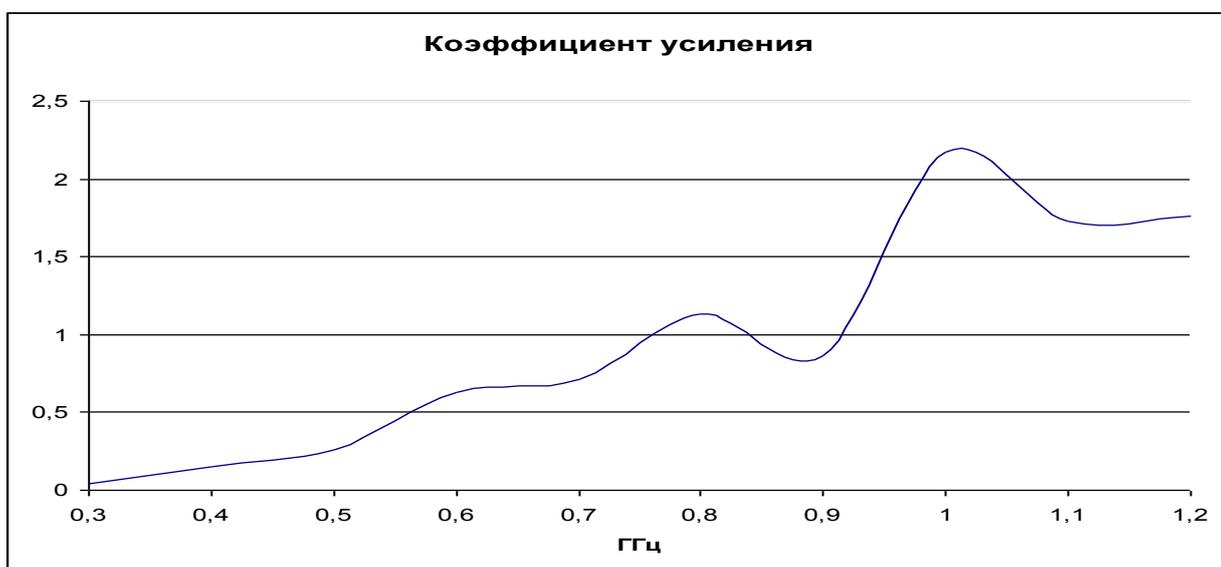


Рисунок 4

Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН)

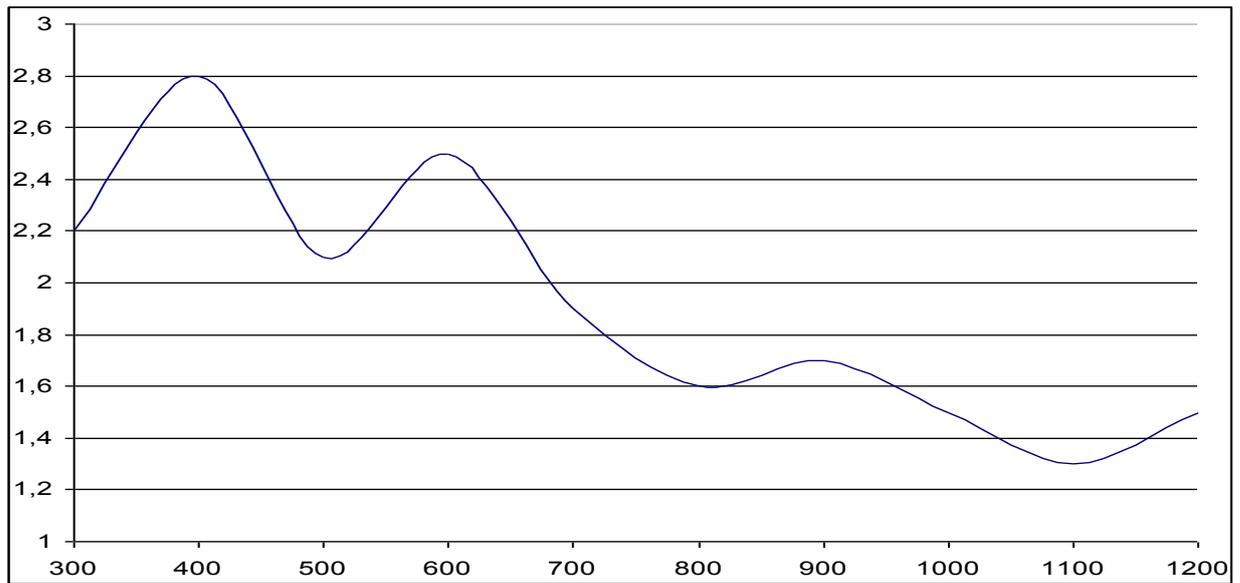


Рисунок 5

Коэффициент эллиптичности

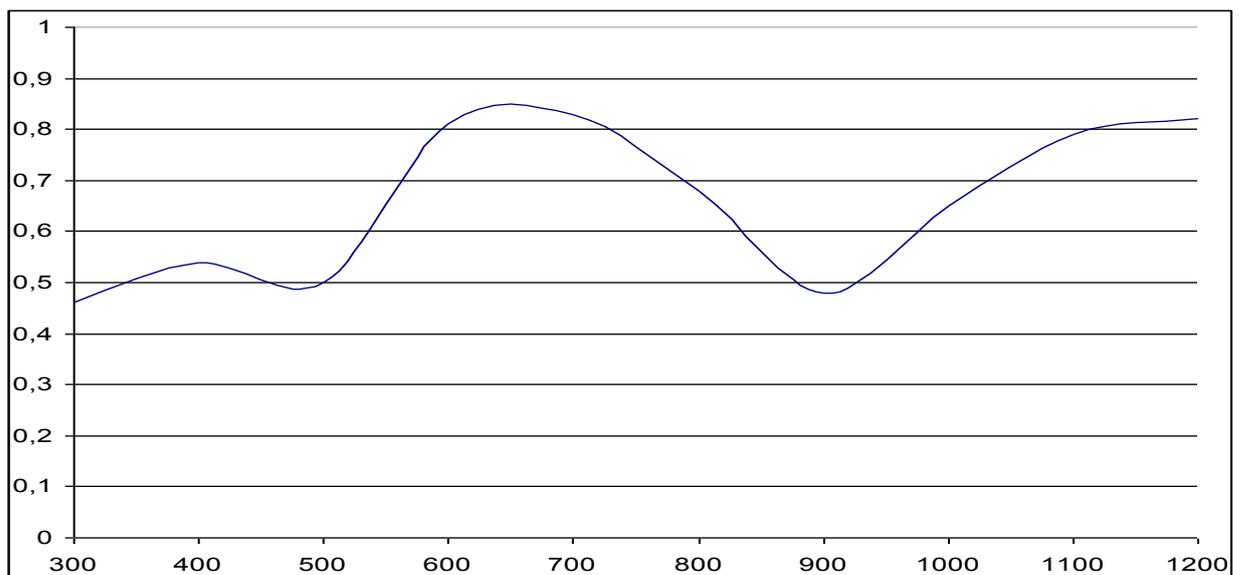


Рисунок 6

Библиографический список

1. Сверхширокополосные антенны. Перевод с англ. под ред. Бененсона Л. С. М.: Мир. – 371 с.
2. Рамзей В. Частотно-независимые антенны: М.: Мир, 1968 – 177 с.
3. Горошняя А. Б. Проектирование широкополосных антенн. Учебное пособие. - Омск, 1989. – 79 с.