

**Е.И.Бочаров¹, В.А.Ермаков¹, Н.И. Глухов¹,
В.О. Михальчевский², Э.Ю.Седышев¹**

¹Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

²ФГУП НИИ радио Санкт-Петербургский
филиал "Ленинградское отделение НИИ радио"

Широкополосная слабонаправленная спиральная антенна.

В работе представлен материал по синтезу слабонаправленной широкополосной антенны. Приведены сравнительные результаты математического моделирования «проволочных» эквивалентов, а также результаты макетирования и эксперимента.

Активное развитие широкополосных систем радиотехники требует принципиально новых подходов в конструировании устройств СВЧ, а также модернизации элементов радиотехнических систем: перестраиваемых генераторов, широкополосных усилителей, фильтров и антенн. Принципы построения сверхширокополосных систем хорошо изучены, но реальная реализация в элементах пока ограничена. Начинать построение таких систем целесообразно с конечных элементов приема-передающих трактов, например, антенн и фильтров. С середины 60-х годов прошлого века в литературе большое внимание уделялось сверхширокополосным антеннам, так как суммирование узкополосных устройств с помощью различных мостовых схем всё же позволяло увеличивать рабочие полосы в разы, а создание сверхширокополосных антенн представляло собой чрезвычайно сложную задачу. Распространенными широкополосными антеннами являются спиральные, их многообразие велико, характеристики удовлетворительны в огромной полосе частот (перекрытие по частоте более 10), но управление характеристиками практически невозможно. Спиральная антенна, как правило, имеет довольно широкий главный лепесток, а также чисто активное входное сопротивление порядка несколько сотен Ом.

Одна из наиболее актуальных задач при синтезе объемных спиральных антенн состоит в том, чтобы научиться управлять диаграммой направленности при постоянном входном импедансе устройства. Было предложено развернуть рабочую поверхность спиральной антенны ортогонально поверхности намотки, таким образом, была предложена принципиально новая конструкция спиральной антенны, для которой нарушался ряд граничных условий, выполняемых для обычных спиралей с плоской намоткой.

Классической объемной спиралью (ОС) считается спираль Архимеда (рис. 1), с ленточными витками, лежащими на поверхности цилиндра. ОС является широкополосной антенной с круговой поляризацией и главным рабочим лепестком ДН направленным вверх.

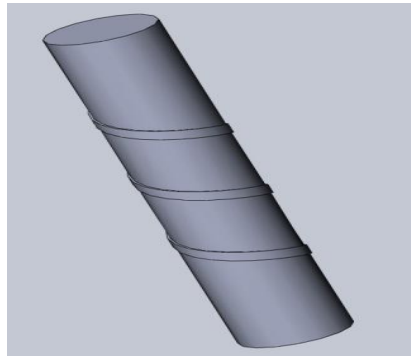


Рисунок 1. Традиционная спираль.

Нарушив граничные условия для вектора E по отношению к плоскости витка (для традиционных цилиндрических спиралей вектор E всегда «смотрит» по нормали к поверхности цилиндра), мы получим совершенно новую конструкцию с неизвестными свойствами. Изменим это расположение вектора напряженности E поворотом ленты на некоторый угол к поверхности цилиндра, этот угол может меняться от 0 до 90 градусов. Для простоты рассмотрим предельный случай, то есть случай с витками ортогональными поверхности намотки (рис. 2).

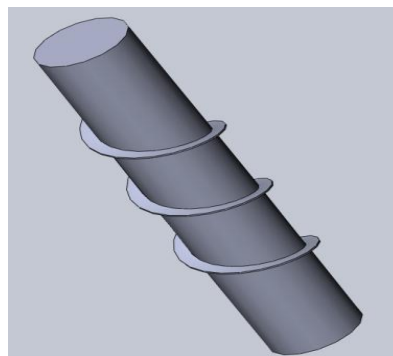


Рисунок 2. Спираль с измененным углом токопроводящей полоски.

Можно предположить, что у данного типа антенн будет преобладать уже не индуктивная межвитковая связь, а ёмкостная. Это также должно изменить диаграмму направленности всей структуры в целом при аналогичных волновых режимах.

Для оценки электродинамических свойств спирали было выбрано расчетное ядро NEC. Как и во всех программах моделирования антенн методом моментов, антенна в выбранном нами пакете, описывается как набор одиночных линейных токов. Из литературы известно, что стоячая волна в обычных спиральных антеннах формируется при числе витков намотки не менее трех ($n=3$). Выберем угол «атаки» традиционным для спиральных антенн (примерно 30^0). На рис.3.1 представлен проволочный эквивалент антенны с $f_{\text{мин}} = 500\text{МГц}$, на рис.3.2 проволочный эквивалент с $f_{\text{мин}} = 2\text{ГГц}$. «Проволочное» представление справедливо и для сплошных спиралей, этому посвящена работа, выполненная в 2012 году в Лаборатории синтеза СВЧ устройств СПбГУТ (3).

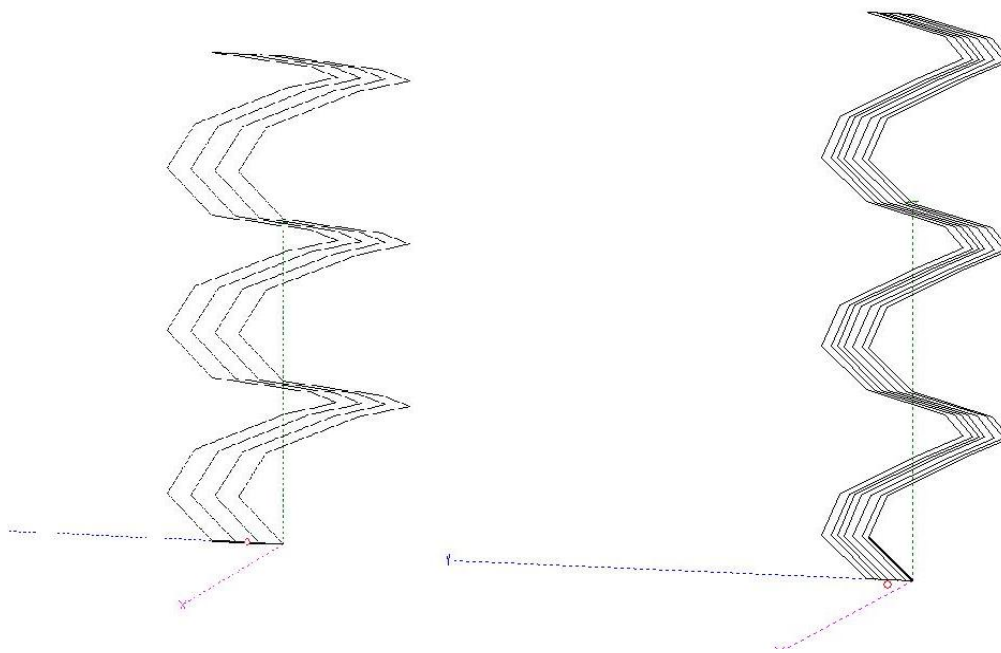


Рисунок 3. «Проволочные» представления сплошных спиральных антенн.

Результаты расчета для антенны 2 приведены в таблице 1, шаг по частоте был выбран 100 МГц. Приведена лишь часть расчетного диапазона, схожие результаты имеем и во всей полосе частот до 10 ГГц.

Таблица 1.

F, МГц	КСВ	F, МГц	КСВ
3100	2.89	5200	2.59
3200	3.23	5300	2.4
3400	2.57	5400	3.43
3500	2.94	5500	2.65
3600	1.24	5600	2.0
4000	5.64	5700	1.28
4100	1.58	5900	1.16
4200	293	6000	3.64
4300	3.1	6100	2.61
4400	1.53	6200	1.03
4600	2.24	6400	2.22
4700	1.42	6500	1.08
5000	1.01	6700	1.92

График зависимости КСВН от частоты представлен на рисунке 4, следует отметить тот факт, что «выбросы» КСВН объясняются несовершенством программы, так как от выбора размера сегмента и их количества зависит точность и правильность

результата расчета. Однако правильно выбрать сегментацию в широком диапазоне практически невозможно.

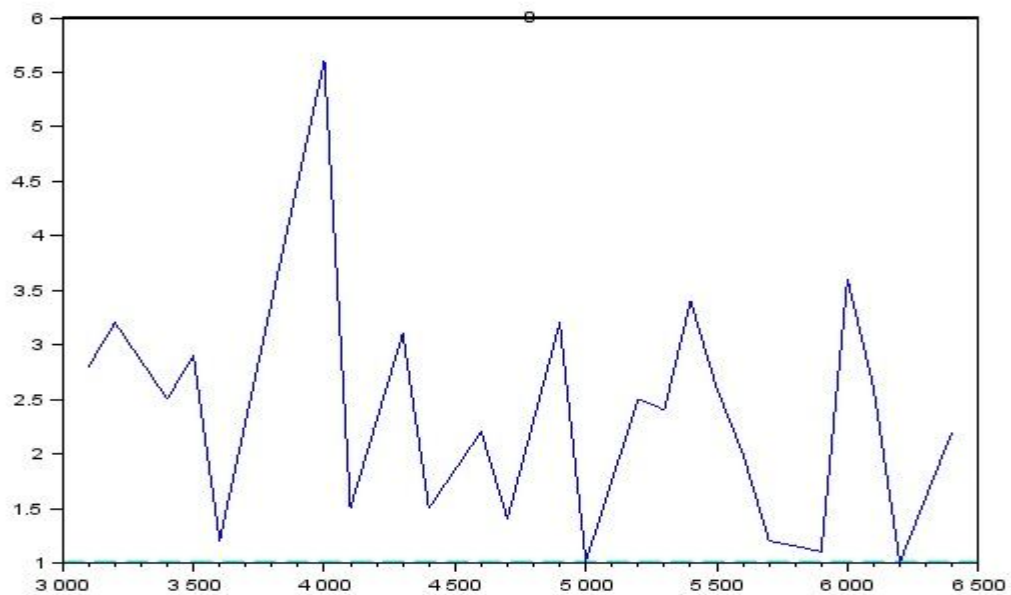


Рисунок 4. Зависимость КСВН от частоты.

Компьютерное моделирование спиральных антенн носит оценочный характер, это объясняется сложностью построения эквивалентной модели и возможностью программных продуктов. Но такое моделирование позволяет оценить распределение токов по проволочным эквивалентам токопроводящей полоски, зависимость КСВН и направленность излучения. Получившаяся диаграмма направленности на одной из частот (типичная для всего диапазона) представлена на рис. 4.

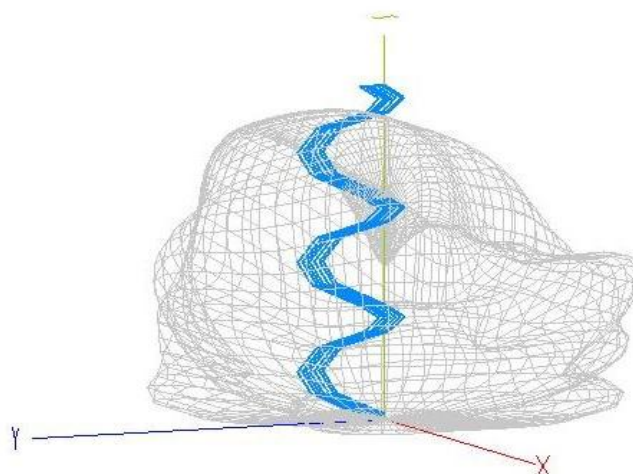


Рисунок 5. Диаграмма направленности спиральной антенны с развернутой токопроводящей полоской.

В процессе исследования были изготовлены и прошли испытания масштабные макеты антенн, представленные на рисунке 6. Их можно исследовать в диапазоне 0.3ГГц.....10 ГГц. Угол «захода» спирали был выбран 30° , а общее число витков $n=5$.



Рисунок 6. Макеты сравниваемых антенн.

Измерения проводились с различными экранами (круглым и квадратным), зависимость КСВН от экрана двух спиральных антенн показана на рисунке 10.

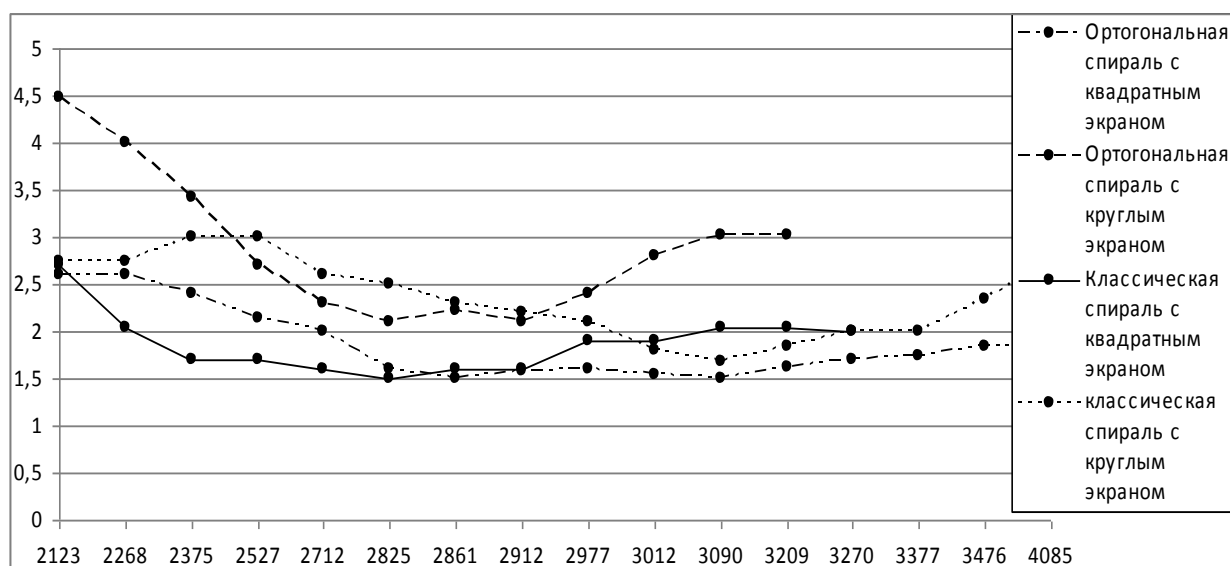


Рисунок 7. Зависимости КСВН ОС при различных экранах экрана.

Объемная спиральная антенна с ортогональной намоткой имеет КСВН примерно равный классической спирали и круговую поляризацию. В ходе исследований было установлено, что диаграмма направленности объемной спирали с ортогональными витками расширена до 180 градусов и представляет собой в объеме полусферу, у

классической объемной спирали излучения ортогональное поверхности цилиндра отсутствует. Таким образом, диаграмма направленности нашей антенны чем-то напоминает диаграмму направленности классического диполя Герца.

Библиографический список

1. В. Рамзай. "Частотно-независимые антенны". Изд. "МИР", Москва, 1968 г.
2. А. З. Фрадин. "Антенно – фидерные устройства". Изд. "Связь", Москва, 1977г.
3. Э.Ю.Седышев, А.В.Файт "Исследование спиральных антенн с помощью низкочастотной проволочной модели". Изд. СПбГУТ, 2012 г. Международная научно-техническая и научно - методическая конференция СПбГУТ (НТК ЛЭИС) №64.