

Коническая спиральные антенна для излучения мощных СШП импульсов

В. П. Лисицын

ЗАО НПП «Эра». Московская обл. г. Истра E-mail: lisitsyn@istranet.ru

Приведены результаты разработки спиральной антенны для излучения мощных СШП импульсов. На основе численных расчётов исследованы характеристики различных спиральных антенн и найдены оптимальные форма и размеры антенны.

The design results of a spiral antenna for the radiation power UWB pulses are described. The characteristics of various spiral antennas are investigated on the base of numerical calculations and the optimal shape and dimensions of the antenna are found.

Выбор спиральной антенны в качестве излучателя мощных СШП импульсов основан на том, что спиральные антенны являются широкодиапазонными антеннами, а их разновидность – логарифмические спиральные антенны считаются частотно-независимыми антеннами. Рассматривались только проволочные конические спиральные антенны с постоянным шагом намотки, поскольку они достаточно просты конструктивно и пригодны для высоковольтных устройств. Свойства спиральных антенн в частотной области достаточно хорошо изучены теоретически и экспериментально [1]. Однако во временной области спиральные антенны изучены слабо, поскольку они не применяются в линиях связи для излучения и приёма сверхширокополосных импульсных сигналов из-за того, что недопустимо сильно искажают форму сигналов [2,3]. Тем не менее, они могут применяться, например, для радиоподавления.

Характеристики конических спиральных антенн зависят от ряда факторов: числа заходов, способа возбуждения, шага намотки, осевой длины и диаметров оснований усечённого конуса, на который намотана спираль. Задачей исследований являлось изучение влияния этих факторов на характеристики антенны с помощью численных расчётов по разработанной программе [4] и выбор по возможности оптимальной геометрии антенны.

Опираясь на рекомендации руководства по проектированию спиральных антенн [1], сначала были рассмотрены двухзаходные конические спиральные антенны, работающие в противофазной моде. Согласно [1], преимуществом двухзаходных конических спиральных антенн является большая стабильность всех их параметров и характеристик по диапазону. Поскольку антенна разрабатывалась для импульсного генератора, который имеют коаксиальный выход, то для возбуждения двухзаходной антенны требовался переход с коаксиала на двухпроводную линию. Было рассмотрено несколько способов возбуждения такой антенны: с вершины или с основания, с внутренней двухпроводной линией, проходящей вдоль оси антенны или без неё. Один из вариантов геометрии антенны совместно с переходом показан на рисунке 1. Антенна возбуждалась из коаксиала бегущей импульсной ТЕМ волной, временная форма которой один период синусоиды длительностью 2 нс и амплитудой 1В.

Спиральные антенны излучают электромагнитное поле круговой (точнее эллиптической) поляризации. На рисунке даны импульсы излучения для двух поляризаций: вертикальной (вектор электрического поля лежит в плоскости рисунка) и горизонтальной. Импульсы излучения в основном направлении имеет характерную форму синусоидальных колебаний с увеличивающимся периодом, причём импульсы различных поляризаций сдвинуты относительно друг друга на четверть периода. Период колебаний примерно соответствует времени, которое требуется току, чтобы

«пробежать» по витку спирали. Наибольшую величину имеет излучение витков, длина которых примерно равна основной волне возбуждающего импульса. В данном случае это витки с наименьшим диаметром, расположенные вблизи перехода. Граница частотного диапазона в области низких частот определяется размерами витков у основания конуса.

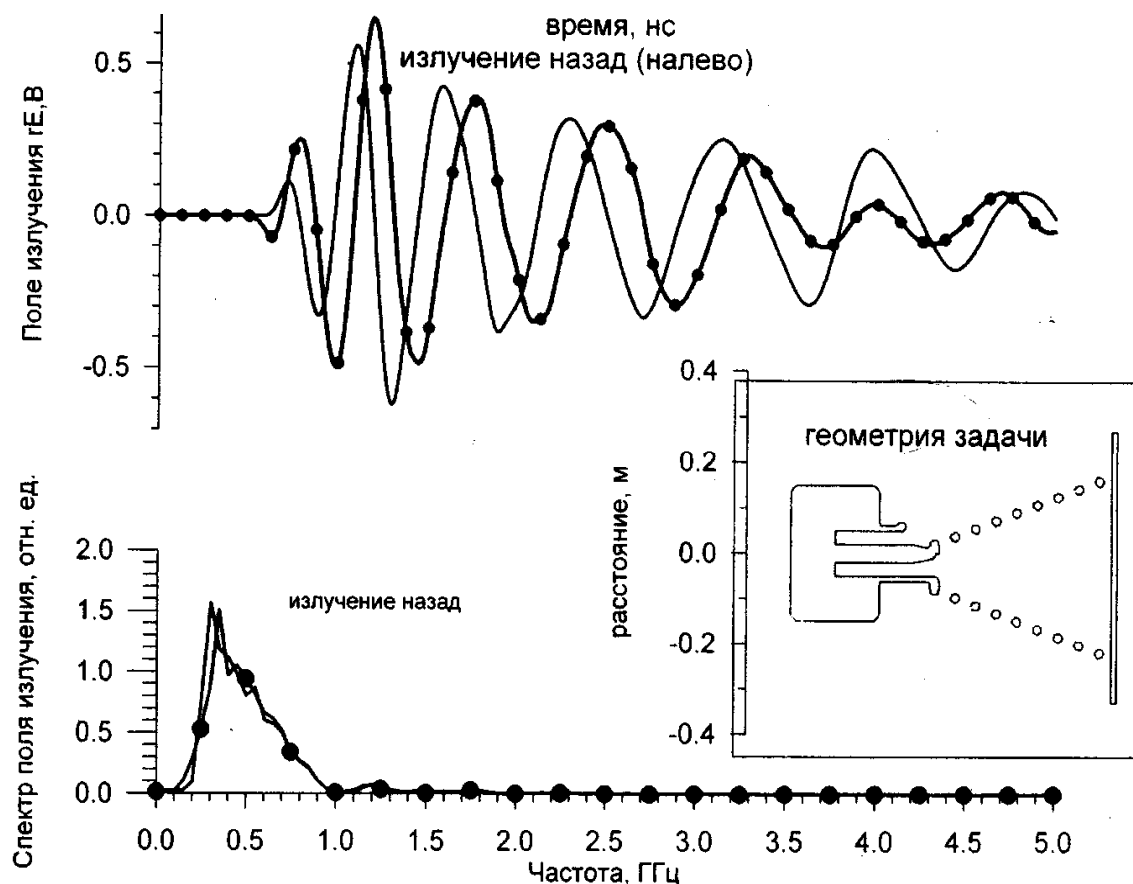


Рис. 1 – Расчётная геометрия и поля излучения конической двухзаходной спиральной антенны

Поскольку двухзаходные конические спиральные антенны с противофазным возбуждением излучают всегда в сторону вершины конуса, то в данном варианте генератор находится в зоне основного излучения.

Кроме вариантов размещения генератора в зоне основного излучения были рассмотрены варианты размещения генератора вне этой зоны - у основания конуса. В этом случае при возбуждении конической спирали с вершины требуется прокладывать вдоль оси конуса двухпроводную линию. Направленные свойства антенны от присутствия осевой линии практически не изменяются. Но этот вариант конструктивно более сложен и неудобен для высоковольтных устройств. Кроме того, внутренняя линия ограничивает минимальный диаметр спирали у вершины, что затрудняет излучение высоких частот.

При возбуждении конической спирали с основания возникает сильное дополнительное излучение от подводящих проводов, которые представляют собой по существу вибратор. Направленные свойства антенны ухудшаются – амплитуды импульсов излучения в основном направлении и в обратном ему близки.

Конические однозаходные спиральные антенны, хотя имеют несколько худшие характеристики, чем двухзаходные, однако конструктивно более просты и не требуют дополнительных переходов при возбуждении от генератора с коаксиальным выходом.

Однозаходные конические спиральные антенны также могут возбуждаться со стороны вершины и со стороны основания. Поскольку они всегда используются с дисковым отражателем, к которому подключается внешний проводник возбуждающего коаксиала, то основное излучение направлено всегда в сторону, противоположную отражателю.

Вначале были исследованы спирали, возбуждаемые с вершины. Во всех предыдущих расчётах были использованы широкополосные антенны с относительно мелким шагом и большим углом при вершине конуса (диаметры верхнего и нижнего оснований отличаются в три раза). Ширина полосы антенн была достаточна для излучения основной части спектра подводимого импульса. Однако однозаходные антенны с такой геометрией не обладают хорошей направленностью.

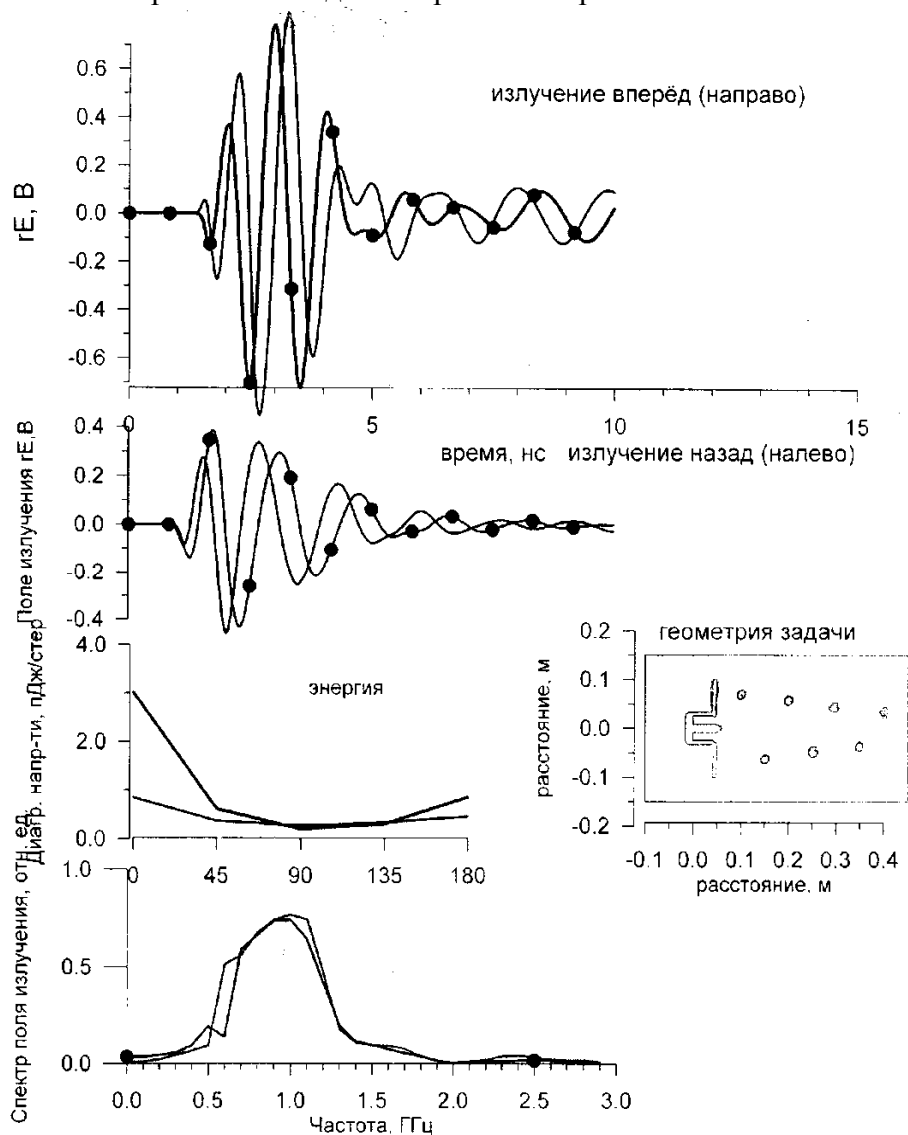


Рис. 2 – Расчётная геометрия и поля излучения конической однозаходной спиральной антенны с крупным шагом при возбуждении с основания

Лучшие характеристики имеют антенны с малым углом при вершине и относительно редкими витками. Наилучшие характеристики направленности были получены для однозаходных спиральных антенн, возбуждаемых с основания с малым углом при вершине конуса (рисунки 2 и 3). Возбуждающий импульс – один период синусоиды длительностью 1 нс и амплитудой 1В.

Количество колебаний в импульсе излучения зависит от количества витков спирали, то есть шага спирали. С уменьшением шага увеличивается длительность излучаемого импульса и содержащаяся в нём энергия.

Некоторым недостатком спиральных антенн с малым углом при вершине конуса является их относительно узкая полоса частот, которая может быть уже спектра возбуждающего импульса (рисунок 3).

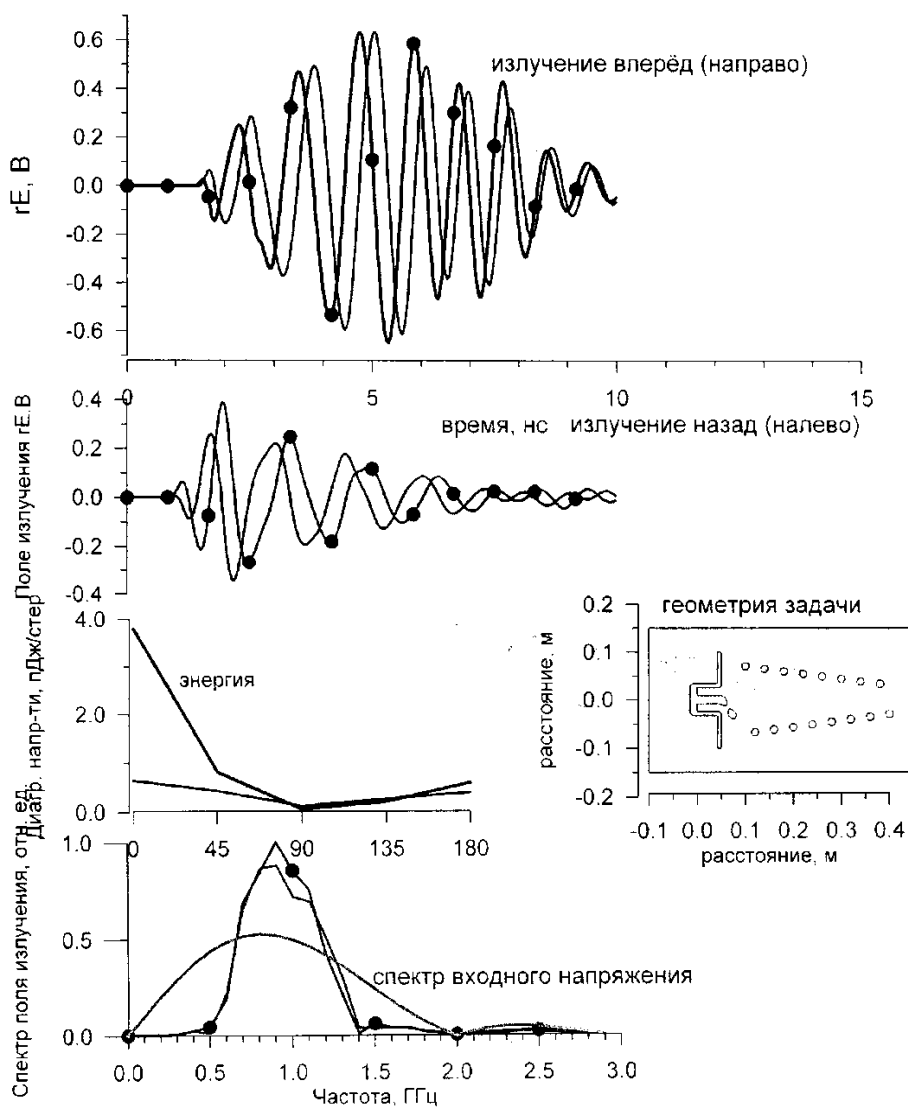


Рис. 3 – Расчётная геометрия и поля излучения конической однозаходной спиральной антенны с мелким шагом при возбуждении с основания

На основе численных расчётов была разработана конструкция реальной антенны (рис.4).

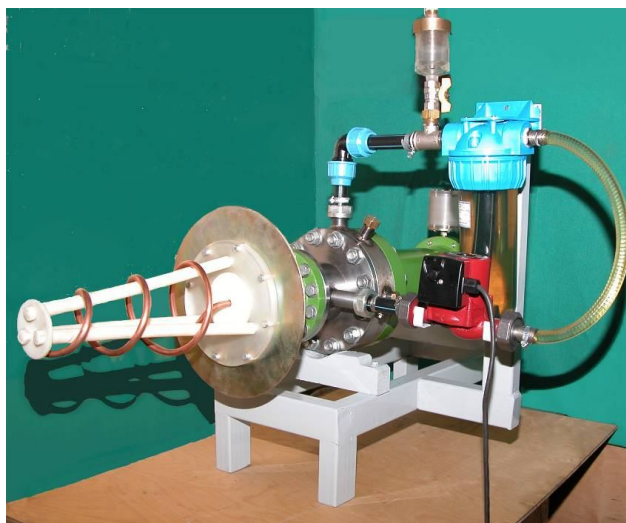


Рис. 4. Внешний вид источника СШП излучения со спиральной антенной и системой прокачки трансформаторного масла

Литература

1. Жук М. С. и Молочков Ю. Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. М. «Энергия», 1973, с.168-197.
2. Hertel T.W.and Smith G. S. On the Dispersive Properties of the Conical Spiral Antenna and Its Use for Pulsed Radiation IEEE Transactions On Antennas And Propagation, Vol. 51, No. 7, July 2003, pp. 1426-1433.
3. Hertel T.W.and Smith G. S. Analysis and Design of Two-Arm Conical Spiral Antennas IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility, Vol. 44, No. 1, February 2002, pp. 25-37.
4. Лисицын В. П. Расчёт генераторов и излучателей мощных электромагнитных импульсов. // Материалы конференции «Излучение и рассеяние электромагнитных волн ИРЭМВ 2001» . Таганрог.2001, стр. 264-265.