

Элемент антенной решетки для излучения мощных сверхкоротких импульсов.

А.В. Кочетов

ОАО «НПП «Радар ммс», Санкт-Петербург, Новосельковская,37, radar@radar-mms.com.

Разработана конструкция элемента антенной решетки для излучения мощных сверхкоротких импульсов. На основе математического моделирования определяются основные характеристики элемента АР СКИ: - согласование с генератором СКИ; напряженность электрического поля в дальней зоне.

Antenna array element construction to emit high-power ultrashort pulse is designed. Basic characteristic of element (matching with ultrashort pulse generator, electric field density in the far field) are defined by mathematical modeling.

Разработка элемента антенной решетки для излучения мощных сверхкоротких импульсов должна учитывать особенности формирования мощных импульсов генератором СКИ.

Типовая форма импульса, генератора СКИ, приведена на рис.1.

Импульс условно можно разбить на три участка: относительно медленное формирование пьедестала, собственно короткий перепад напряжения и медленный спад амплитуды импульса.

Формирование излучения электромагнитной волны в свободное пространство производится в основном на срединном участке импульса в момент короткого перепада напряжения на антенне. Оставшаяся энергия импульса рассеивается на элементах конструкции излучателя и генератора.

Энергию, которая не излучается в свободное пространство желательно отфильтровать и отвести в балластную нагрузку, иначе переотражения, на элементах конструкции антенны могут существенно исказить форму излучаемого импульса, а рассеяние тепла вызовет дополнительную нагрузку на элементы генератора СКИ.

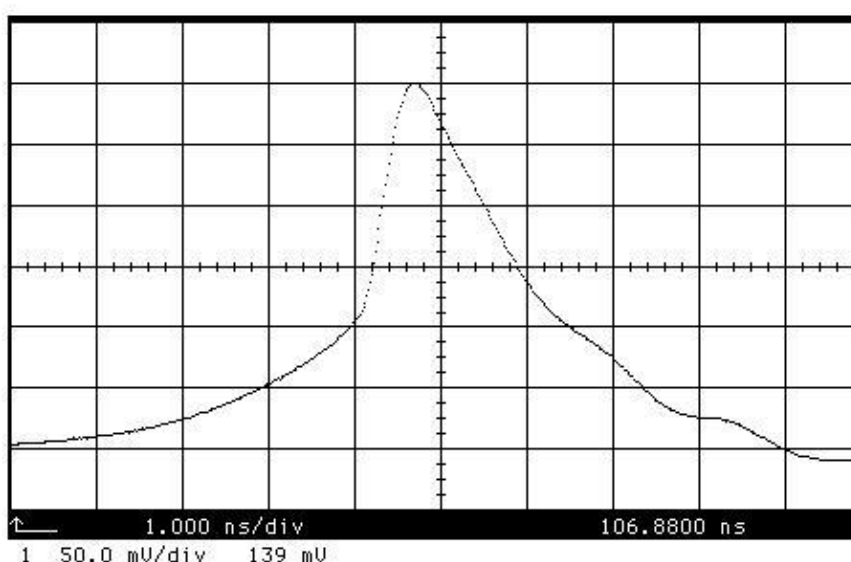


Рис.1. Типовая форма импульса генератора СКИ.

С этой целью можно ввести полосовой фильтр между генератором СКИ и антенной, на котором отсеять спектральные компоненты сигнала, не излучаемые

передающей антенной в свободное пространство. Но к недостаткам этого решения можно отнести следующее:

- фильтр вносит дополнительные потери в излучаемый сигнал;
- для излучения мощных СКИ он должен обладать определенной электрической прочностью;
- отраженная от фильтра энергия сигнала генератора СКИ будет рассеиваться на элементах конструкции самого генератора.

Другим решением может быть введение балластной нагрузки в конструкцию элемента АР для излучения мощных СКИ.

На рис. 2 приведена конструкция элемента АР СКИ, в которую введена балластная нагрузка для спектральных компонент сигнала, не излучаемых в свободное пространство.

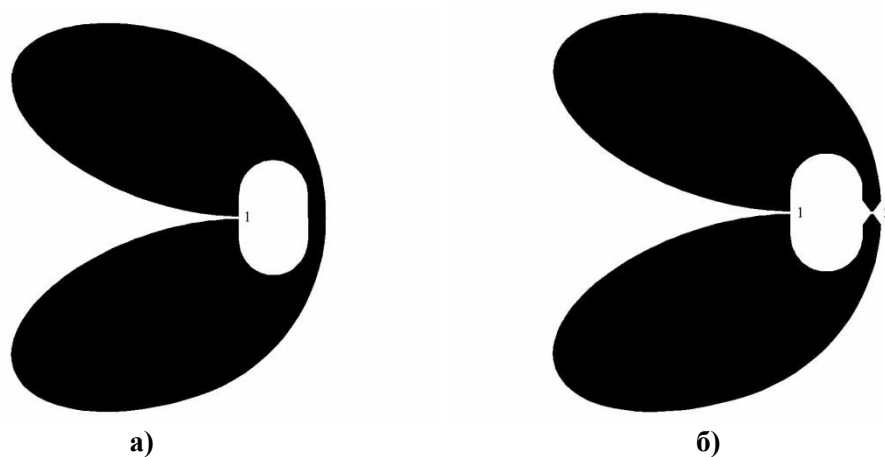


Рис. 2. Антенна Вивальди, а - без балластной нагрузки, б - с балластной нагрузкой.

Антенный элемент представляет собой антенну Вивальди, форма которой оптимизирована для излучения сигнала, вырабатываемого генератором СКИ. Критерием при оптимизации формы антенного элемента было минимальное значение нижней граничной частоты спектра импульса электрического поля, создаваемого антенной при ее возбуждении сигналом генератора СКИ. Антенна возбуждается генератором СКИ в точке питания 1 (рис. 2 а,б). В точке 2 (рис. 2 б) подключена согласованная нагрузка, таким образом, чтобы в ней поглощалась энергия сигнала, не излученная в свободное пространство.

Антенны Вивальди имеют сложную форму поверхности, поэтому для исследования характеристик такой антенны целесообразно воспользоваться пакетом программ для трехмерного электродинамического моделирования [1].

Анализ характеристик излучения антенны Вивальди с балластной нагрузкой и их сравнение с характеристиками такой же антенны без балластной нагрузки проводится в гауссовом приближении импульса возбуждения, подаваемого на вход антенны. Для импульса возбуждения, приведенного на рис.1, длительность переднего фронта составляет приблизительно 0.5 нс. Таким образом, длительность импульса возбуждения при электродинамическом моделировании в пакете программ XFDTD 6.0 выбираем 1.0 нс. Из условия излучения антенной полосы частот от 300 МГц, габаритные размеры антенны Вивальди составляют 600x700 мм. На рис. 3 – рис. 9 приведены характеристики импульса возбуждения антенны, импульса напряженности электрического поля, создаваемого антенной в дальней зоне, спектральная

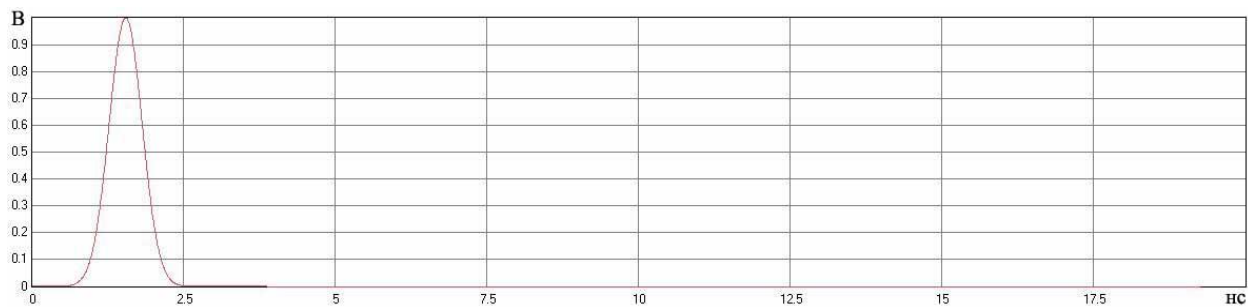


Рис.3. Импульс возбуждения.

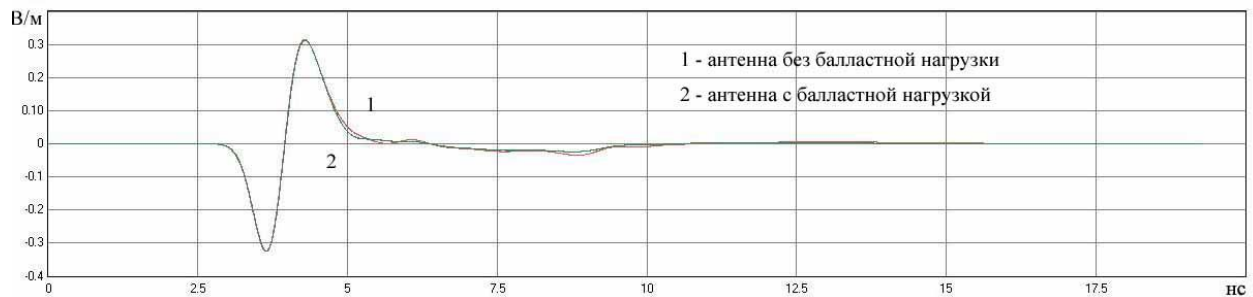


Рис. 4. Импульс напряженности электрического поля в дальней зоне.

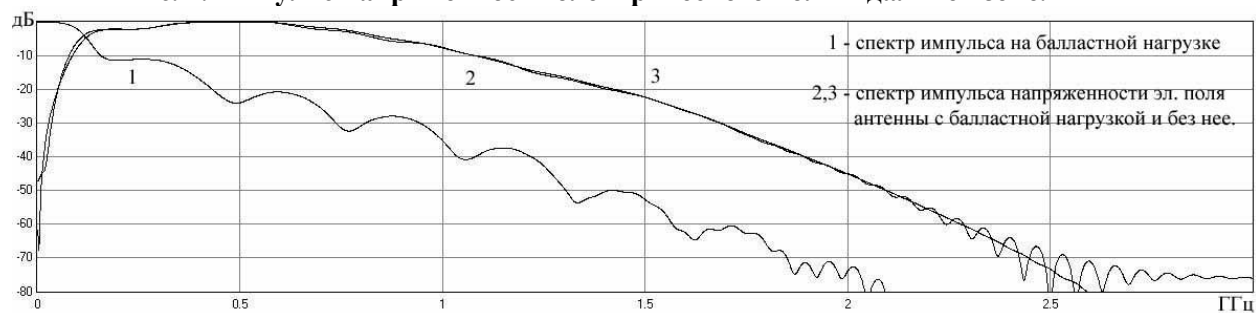


Рис. 5. Спектральные характеристики импульса напряженности электрического поля в дальней зоне.

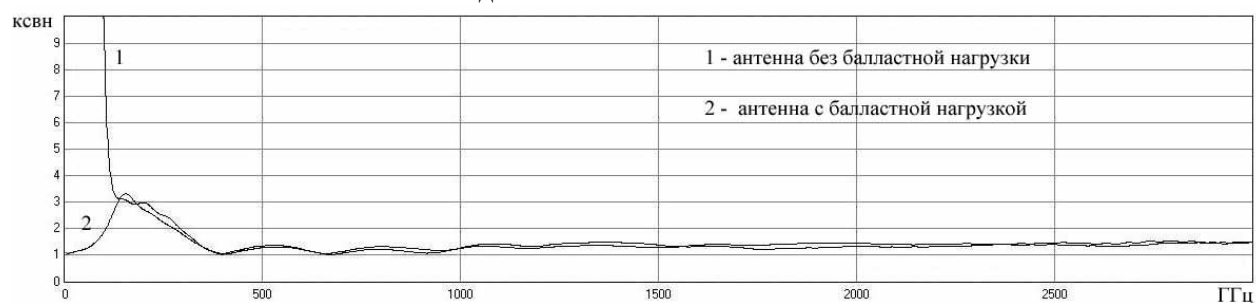


Рис. 6. КСВН антенны: без балластной нагрузки (1), при наличии балластной нагрузки (2).

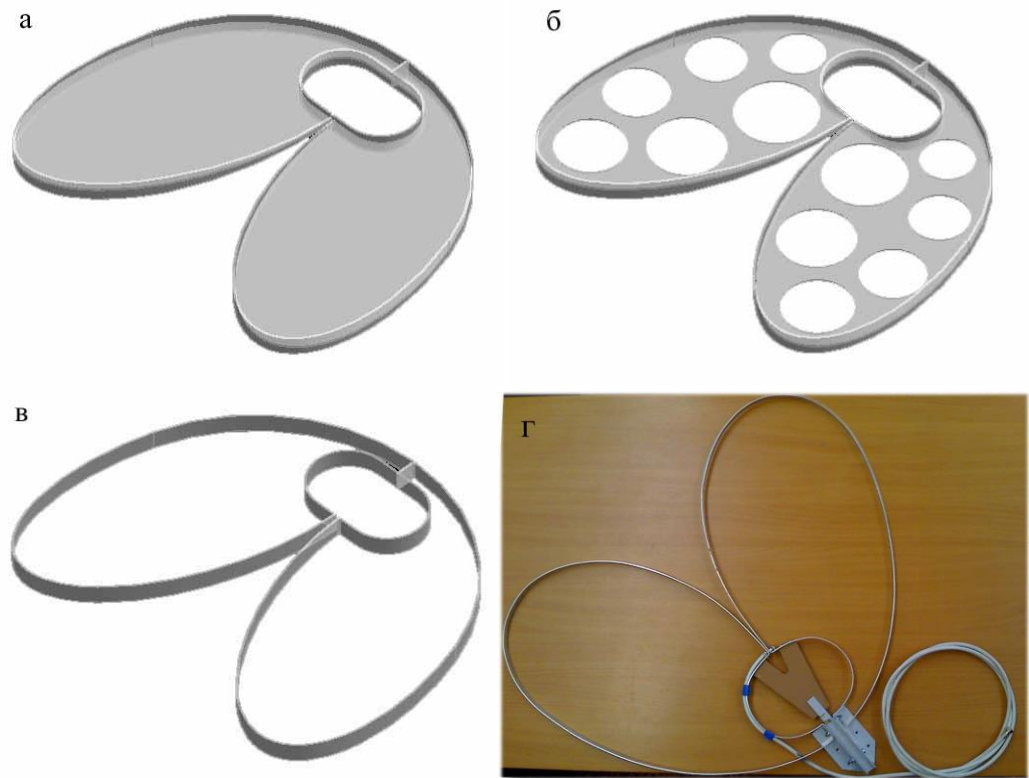


Рис. 7. Конструкция антенн Вивальди.

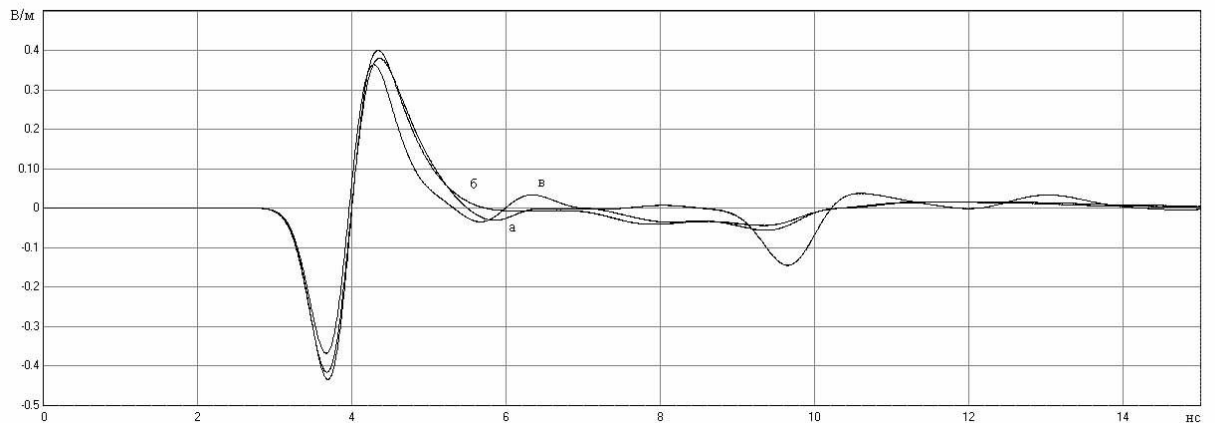


Рис.8. Сравнительные характеристики импульсных сигналов.

Характеристика импульса напряженности, КСВН со стороны входа возбуждения.

На характеристики импульса напряженности электромагнитного поля, формируемого антенной Вивальди, наличие или отсутствие балластной нагрузки практически не сказывается. Антенна излучает в свободное пространство импульс электромагнитной волны со спектром частот, начинающимся от 170 МГц (КСВН не хуже 3.0), в тоже время, при наличии балластной нагрузки антенна со стороны входа возбуждения оказывается практически согласованной от нуля до верхней границы частотного диапазона.

Антенна Вивальди представляет собой плоскую конструкцию, которая может быть выполнена печатным способом. Однако, вследствие малой толщины, такие антенны имеют высокое входное сопротивление – ориентировочно 100 – 150 Ом. Для согласования с питающим фидером, который имеет волновое сопротивление 50 или 75 Ом, необходимо

либо уменьшать зазор питающей щелевой линии, либо увеличивать толщину пластин раскрыва антенны. Чтобы существенно не увеличивать вес антенны и согласовать ее с волновым сопротивлением питающего фидера, по кромке антенны можно пустить металлическую ленту дополнительно для уменьшения веса можно выполнить перфорацию пластин или выполнить из ленты, как показано на рис. 7. Сравнительные характеристики импульсных сигналов, формируемых антеннами в дальней зоне, приведены на рис. 8.

Из анализа сравнительных характеристик поля в дальней зоне следует, что наилучшие характеристики имеют антенны Вивальди со сплошными лепестками. При изготовлении антенны из металлической ленты имеет место характерные, что приводит к провалам в области нижних частот спектральной характеристики импульсных сигналов, формируемых такой антенной в дальней зоне.

Литература

1. Пакет программ трехмерного электродинамического моделирования. Remcom XFDTD 6.0.