

СОВМЕСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ И СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ

А.М. Бобрешов¹, И.И. Мещеряков, Г.К. Усков

(¹ Воронеж, Воронежский государственный университет, bobreshov@phys.vsu.ru)

ULTRA SHORT PULSES GENERATOR AND ULTRA WIDE BAND ANTENNA CO-MODELING

A.M. Bobreshov, I.I. Meshcheryakov, G.K. Uskov

Введение

При проектировании сверхширокополосных (СШП) радиосистем на основе сверхкоротких импульсов (СКИ) субнаносекундной длительности генератор сигнала и излучающую антенну следует рассматривать как единое целое. Формирователь работает на нагрузку, которая определяется входным сопротивлением антенны и имеет как активную составляющую, существенно зависящую от частоты и отличающуюся от 50 Ом, так и реактивную. Включение в схему генератора антенны, представленной в виде матрицы S -параметров, дает возможность рассматривать формирователь и антенну как единую систему. Параметры антенны рассчитываются в полосе частот, перекрывающей спектр генерируемого сигнала, что позволяет получить оценку сигнала на входе антенны, а также форму сигнала в дальней зоне (ДЗ). Ниже рассматривается совместное моделирование генератора, описанного в работе [1], со сверхширокополосным ТЕМ-рупором [2,3].

Модель антенны

С помощью метода конечных разностей во временной области (FDTD – finite-difference time-domain method) построена модель ТЕМ-рупора с экспоненциальным продольным распределением волнового сопротивления от 50 до 120π Ом у раскрыва [3]. Длина антенны 300 мм, величина воздушного заполнения меняется по экспоненциальному закону от 2 мм до 300 мм у апертуры.

Для определения параметров системы на вход антенны посредством точечного источника с выходным сопротивлением 50 Ом подается СКИ, представляющий собой гауссиан единичной амплитуды и длительностью 100 пс по уровню 0,1. В ДЗ антенны рассчитывается электрическая составляющая поля $E_\gamma(t, \theta, \varphi)$, где $\gamma \in \{\varphi, \theta\}$. На входе антенны – напряжение $U_a(t)$ и ток $I_a(t)$. Для согласования размерностей напряженность $E_\gamma(t, \theta, \varphi)$ приводится к фиктивному напряжению той же величины:

$$U_\gamma(t, \theta, \varphi) = E_\gamma(t, \theta, \varphi) \cdot 1 [M].$$

Эквивалентный ток рассчитывается в предположении, что согласование в выбранной точке пространства идеально:

$$I_\gamma(t, \theta, \varphi) = U_\gamma(t, \theta, \varphi) / 50.$$

Падающий $a_1(t)$, прошедший $b_2(t)$ и отраженный $b_1(t)$ сигналы рассчитываются следующим образом:

$$\begin{cases} a_1(t) = \frac{U_a(t) + 50I_a(t)}{2\sqrt{50}}, \\ b_1(t) = \frac{U_a(t) - 50I_a(t)}{2\sqrt{50}}, \end{cases} \begin{cases} a_2(t) = 0, \\ b_2(t) = \frac{U_\gamma(t, \theta, \varphi) + 50I_\gamma(t, \theta, \varphi)}{2\sqrt{50}}. \end{cases}$$

Компоненты матрицы S -параметров для моделирования процесса излучения могут быть найдены по формулам: $\dot{S}_{11}(f) = \dot{b}_1(f) / \dot{a}_1(f)$, $\dot{S}_{12}(f) = 0$, $\dot{S}_{21}(f) = \dot{b}_2(f) / \dot{a}_1(f)$, $\dot{S}_{22}(f) = 0$. Здесь $\dot{a}_1(f)$, $\dot{b}_1(f)$ и $\dot{b}_2(f)$ – преобразование Фурье от $a_1(t)$, $b_1(t)$ и $b_2(t)$ соответственно в полосе, перекрывающей спектральный диапазон генерируемого СКИ.

Совместная модель генератора и антенны

На рис. 1 представлена схема генератора, нагруженного на четырехполюсник, описываемый S -параметрами, которая используется для моделирования временных составляющих поля в ДЗ на расстоянии 30 м на резисторе R_2 номиналом 50 Ом. Сигнал на входе антенны приведен на рис. 2.а, а электрическая составляющая поля в ДЗ приведена на рис. 2.б. Сигнал в ДЗ близок по форме к производной от входного.

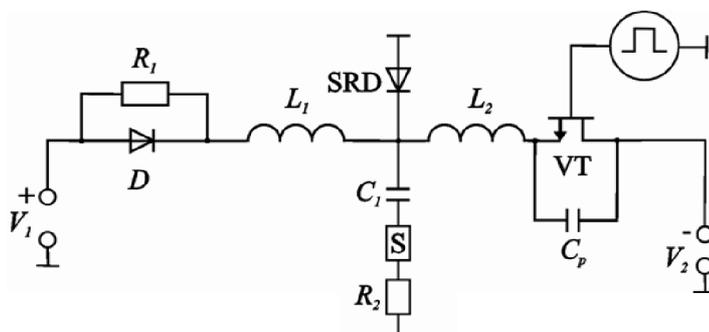


Рис. 1. Схема совместного моделирования генератора СКИ и антенны.

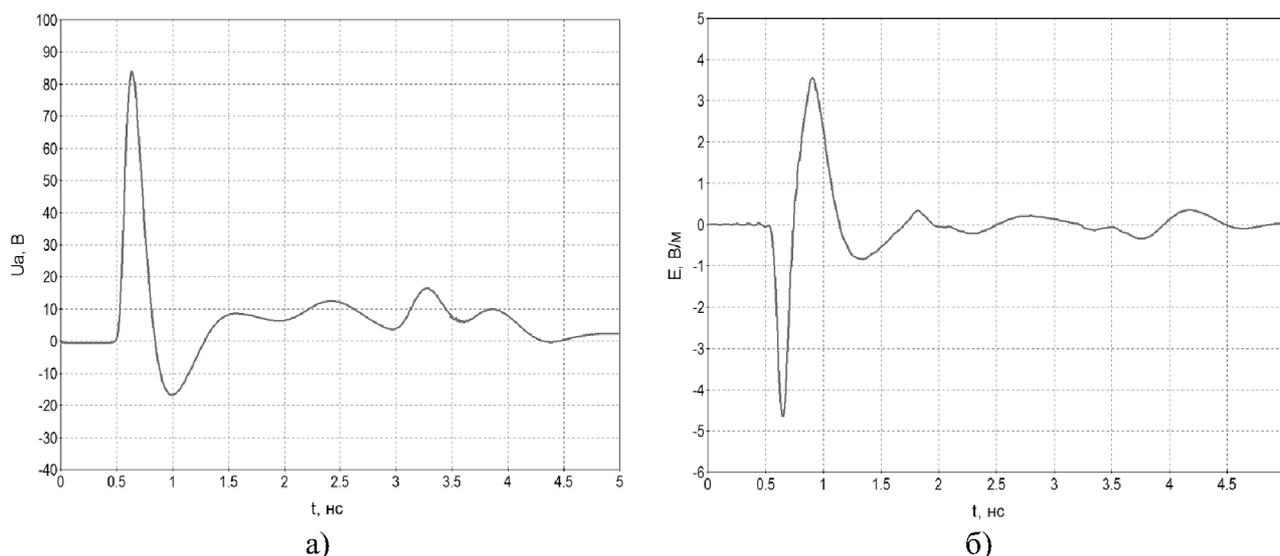


Рис. 2. Сигнал на входе антенны (а) и в ДЗ (б).

Выводы

Полученная модель позволяет получить сигнал на входе антенны и в дальней зоне для различных угловых направлений, что может быть использовано для расчета энергетических диаграмм направленности антенны. Полученные таким образом значения составляющих электромагнитного поля более точные, так как при моделировании учитывается взаимное влияние антенны и генератора.

Литература

1. Бобрешов А.М. и др. Генерация сверхкоротких импульсных сигналов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2011. Т.14. №3. С. 103-108.
2. Ашихмин А.В. Проектирование и оптимизация сверхширокополосных антенных устройств и систем для аппаратуры радиоконтроля: Монография. М.: Радио и Связь, 2005. 486 с.
3. Бобрешов А.М., Мещеряков И.И., Усков Г.К. Оптимизация угла раскрытия ТЕМ-рупора для эффективного излучения сверхкоротких импульсов // Радиотехника и электроника. 2012. Т.57. № 3. С. 320.