

УДК 621.373.1

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВИБРАТОРА С АКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ИЗЛУЧАЮЩЕГО АВТОГЕНЕРАТОРА

Зайцев В.В., Карлов А.В.
ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ–Прогресс»,
Самарский государственный университет, г. Самара

В последние годы в зарубежной и отечественной литературе появились сообщения об экспериментальных исследованиях активных антенн, представляющих собой симметричные микрополосковые электрические вибраторы, к плечам которых подключены активные элементы – диоды Ганна [1], лавинно-пролетные диоды или полевые транзисторы [2]. Активные антенны сравнительно просты в изготовлении, и позволяют суммировать в пространстве мощности большого числа источников излучения, что является одним из способов решения проблемы снижения мощности твердотельных активных элементов в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн. Математическое моделирование колебательно-волновых процессов в активных антеннах позволяет определить пути повышения мощности, спектральной частоты и других характеристик генерации.

В сообщении представлена математическая модель и приведены результаты численного моделирования автоколебаний в автогенераторе с резонатором, выполненном на основе симметричного электрического вибратора, возбуждаемого током активного двухполюсника [1]. Схематически такая активная антенна изображена на рисунок 1.

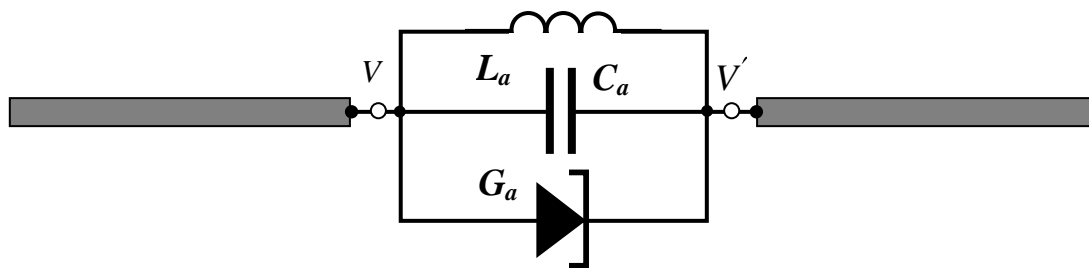


Рисунок 1. Активная антенна

Анализ частотной зависимости входного импеданса вибратора $Z(\omega)$, полученной путем численного решения интегрального уравнения Поклингтона, показал, что в широком диапазоне частот ее можно приблизить суммой резонансных слагаемых вида

$$Z(\omega) = \frac{\kappa_0 \omega_1 Z_1}{j\omega} + \sum_{n=1}^N \frac{j\omega \omega_n Z_n}{\omega_n^2 - \omega^2 + j\omega \omega_n / Q_n}.$$

Данной аппроксимации соответствует эквивалентная схема вибратора, изображенная на рис. 2 правее точек VV' . Параметры последовательно включенных модовых резонаторов ω_n , Z_n и Q_n для каждого конкретного вибратора определяются путем решения соответствующей аппроксимационной задачи.

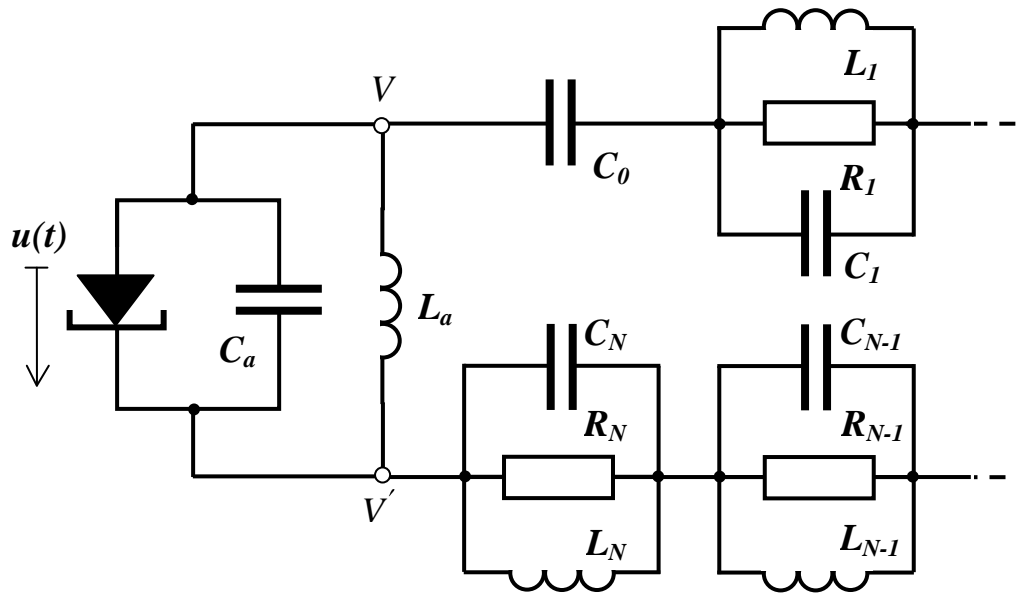


Рисунок 2. Эквивалентная электрическая схема активной антенны

По эквивалентной схеме (Рисунок 2) удастся составить следующую систему дифференциальных уравнений движения автогенератора

$$\frac{d^2 U_n}{dt^2} + \frac{\omega_n}{Q_n} \frac{dU_n}{dt} + \omega_n^2 U_n = \omega_n \rho_n \frac{dV}{dt}, \quad \frac{dU_0}{dt} = \kappa_0 \omega_1 V, \quad \frac{dU}{dt} = -\kappa_a \omega_1 V - \kappa_a \omega_1 Z_1 I_a(U), \quad U = \sum_{n=0}^N U_n,$$

где $U_n(t)$ – напряжения на модовых резонаторах, $I_a(U)$ – ток активного нелинейного двухполюсника, $\rho_n = Z_n / Z_1$, $\kappa_0 = C_1 / C_0$, $\kappa_a = C_1 / C_a$. Система уравнений движения решается численно. Результаты моделирования показывают, в частности, что без дополнительной индуктивности L_a возбуждение автоколебаний происходит на частоте, близкой к частоте ω_1 параллельного резонанса в контуре первой моды. Введение в систему индуктивности L_a позволяет реализовать генерацию на частоте, близкой к частоте первого последовательного резонанса вибратора. При этом повышается мощность излучения активной антенны. Для кубической нелинейности $I_a(U)$ применима трехмодовая модель вибратора.

Список литературы

1. Любченко В.Е., Котов В.Д., Юневич Е.О. Активная микрополосковая антенна с диодом Ганна // Изв. вузов – Радиофизика. Т. 46. № 8–9. С. 799–804.
2. Генерация сверхвысокочастотных колебаний в логопериодической антенне, интегрированной с полевым транзистором / Любченко В.Е [и др.] // Радиотехника и электроника. 2008. Т. 53. № 11. С. 117–119.
3. Зайцев В.В., Карлов А.В., Хлопков П.С. Интегральная модель излучающего автогенератора. // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2009. Т. 12. № 4. С. 56–61.