

КОМПАКТНЫЕ ВЫСОКОНАПРАВЛЕННЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ СВЕРХКОРОТКИХ РАДИОИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Шостко И.С.

Харьковский национальный университет радиозлектроники
61166, Харьков, пр.Ленина 14, каф. ТКС, т. 702-13-20
e-mail: tkc@kture.kharkov.ua)

The method of synchronous feeding of microwave oscillations in linear lattices of spark radiators based on application of voltage - multiplication circuits is considered.

The influence of an the growing over voltage along a lattice, and switching time of dischargers in a lattice on performances of the directional diagram is studied.

The results of experimental probing of parameters of linear lattices of spark radiators are given.

Введение. В последние годы в печати широко обсуждаются вопросы создания устройств для электромагнитного подавления радиоэлектронных систем. В первую очередь речь идет о создании и применении электромагнитного оружия на основе взрывомагнитных генераторов и виркаторов [1, 2], которые обеспечивают подавление всех радиоэлектронных средств, находящихся на значительной площади.

С появлением возможности применения таких глобальных средств поражения радиоэлектронной аппаратуры возникает необходимость проверки устойчивости функционирования уже эксплуатируемых телекоммуникационных систем. Для ее проведения необходимы компактные высоконаправленные излучающие системы сверхкоротких радиоимпульсов. Требования к высокой направленности излучения обусловлена необходимостью предотвращения влияния излучающей системы на сопутствующее оборудование или находящиеся поблизости другие телекоммуникационные средства.

В данном докладе рассматриваются возможности построения компактных переносных излучающих систем на основе применения решеток искровых излучателей, позволяющих обеспечить повышение направленности и мощности излучения за счет когерентного сложения сверхкоротких радиоимпульсов.

Сущность работы. К наиболее компактным источникам сверхкоротких микроволновых импульсов следует отнести искровые полосковые излучатели [3, 4]. Принцип действия таких излучателей заключается в том, что в результате заряда емкости, образуемой,

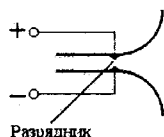


Рис. 1. Полосковый искровой излучатель

например, пластинами полоскового искрового излучателя (рис. 1) [3], до величины пробойного напряжения происходит их закорачивание искрой и возникает колебательный процесс перезарядки этих пластин. Колебания быстро затухают из-за низкой добротности, что обеспечивает получение сверхкоротких радиоимпульсов. Длина волны несущей частоты определяется линейными размерами пластин. Ширина диаграммы направленности (ДН) такого излучателя достаточно большая

(порядка 60°), что не позволяет обеспечить избирательного воздействия на радиоэлектронные средства. Для сужения ДН предлагается создание решеток таких излучателей на основе использования схем умножения напряжения (генератора Маркса). Электрическая схема синхронного возбуждения полосковых излучателей линейной решетки представлена на рис. 2, где: r_0 - зарядное сопротивление; R_0 и C_0 - сопротивления и емкости каскадов умножения напряжения; C_p - емкости полосковых излучателей; C_3 - паразитные емкости каскадов умножения на землю.

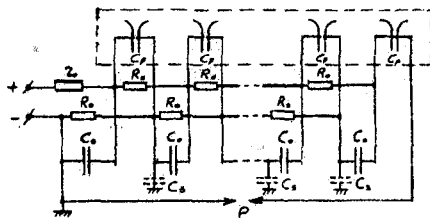


Рис. 2. Схема синхронного возбуждения искровых излучателей

Величина перенапряжения зависит от соотношения емкостей. Так, например, величина перенапряжения на втором искровом разряднике после зажигания первого определяется величиной

$$\Delta U_2 = k U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

где k - коэффициент относительной амплитуды перенапряжения, $k = \frac{C_3}{C_3 + C_p}$; U_0 - напряжение

источника высокого напряжения; τ - постоянная времени, $\tau = \frac{R_0(C_3 + C_p)}{2}$.

Влияние нарастания напряжения вдоль решетки и временного запаздывания за счет конечного времени срабатывания разрядников на ДН решетки рассмотрено в работе [5].

Это влияние сводится к тому, что в результате изменения амплитуды возбуждаемых колебаний вдоль решетки ДН не должна иметь нулевых провалов, а запаздывание по времени срабатывания разрядников должно привести к смещению максимума ДН.

Экспериментальная проверка возможности обеспечения когерентного суммирования сверхкоротких микроволновых импульсов проводилась на макетах 4-х, 5-ти и 9-ти элементных решеток полосковых искровых излучателей, работающих на несущей длине волны $\lambda = 12$ см. Внешний вид 5-ти элементной решетки приведен на рис. 3. Нормированные ДН излучения 4-х, 5-ти и 9-ти элементных решеток приведены на рис. 4.



Рис. 3. Внешний вид 5-ти элементной решетки искровых излучателей

Сужение диаграммы направленности с ростом числа элементов решетки свидетельствует о том, что имеет место синфазное сложение колебаний отдельных излучателей, а отсутствие заметного сдвига максимума ДН от нормали к решетке

показывает, что влиянием запаздывания по времени срабатывания разрядников можно пренебречь.

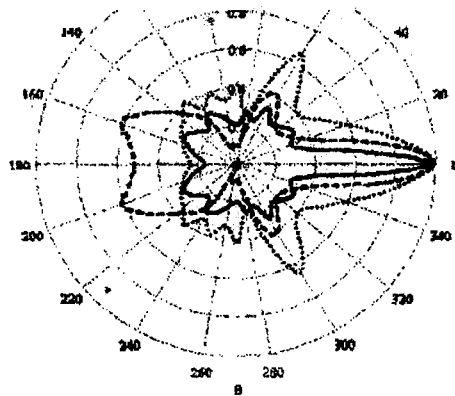


Рис. 4. Нормированные диаграммы направленности 4-х, 5-ти и 9-ти элементных решеток искровых излучателей для $\lambda = 12$ см

- 9-ти элементная решетка,
- 5-ти элементная решетка
- · — 4-х элементная решетка

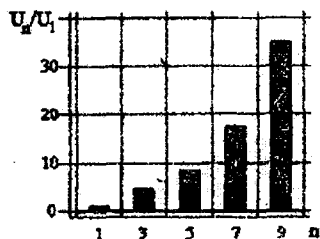


Рис. 5. Зависимость нормированных значений регистрируемой суммарной амплитуды колебаний от числа искровых излучателей в решетке

Экспериментальная зависимость нормированной суммарной амплитуды излучаемых колебаний от числа искровых излучателей в решетке приведена на рис. 5.

Из рисунка видно, что с ростом числа излучателей увеличение суммарной амплитуды колебаний происходит нелинейно. Это объясняется тем, что нарастание амплитуды в каждом последующем элементе решетки с учетом перенапряжения должно определяться арифметической прогрессией:

$$E_n = E_1 + d(n-1),$$

где E_n - поле, формируемое n-м элементом

решетки;

E_1 - поле, формируемое первым излучателем;

d - разность прогрессии, $d = kE_1$, $k < 1$;

n - число излучающих элементов в решетке.

При этом суммарное поле вдоль нормали к решетке при условии, что величиной запаздывания по времени срабатывания разрядников можно пренебречь, будет определяться выражением:

$$E_{\Sigma} = \frac{(E_1 + E_n)n}{2} = E_1 \left[n^2 \frac{k}{2} + n \left(1 - \frac{k}{2} \right) \right]$$

Из этого выражения следует, что суммарное поле должно возрастать с ростом числа излучателей нелинейно.

Выводы. Таким образом, имеется реальная возможность создания компактных высоконаправленных излучателей сверхкоротких импульсов на основе использования решеток полосковых искровых излучателей, обеспечивающих когерентное суммирование излучаемых колебаний. Такие излучатели могут использоваться для лабораторных и полигонных испытаний телекоммуникационных систем.

Литература:

1. M. Abrams. Dawn of the E-bomb // IEEE Spectrum. - 2003. - November.
2. Kopp. Carlo. The electromagnetic bomb - a weapon of Electrical Mass Destruction // Air Chronicles Paper, USAF CADRE Air Chronicles. -1996. -October.
3. Грачев К.П., Грицов Н.Н., Есаков И.И., Ходатаев К.В. Искровой сверхвысокочастотный генератор-излучатель высокой пиковой мощности // Радиотехника и электроника. - 1994. - Вып. 12. - С. 2044 - 2049.
4. Шостко С.Н., Шостко И.С., Авчинников Е.А., Гулак В.П. Дисковый искровой генератор СВЧ импульсов наносекундной длительности // Прикладная радиоэлектроника. - 2002. - Т. 1, №1. - С. 104 - 107.
5. Шостко С.Н., Шостко И.С. Синфазные решетки искровых излучателей // Прикладная радиоэлектроника. -2004. - Т. 2, №2. - С. 91-93.