

Анализ вариантов построения антенн для излучения сверхкоротких импульсов

К.О. Коровин, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), заведующий кафедрой, доцент, к.ф.-м.н.; korovin.ko@sut.ru
П.А. Межевов, СПбГУТ, старший преподаватель; mezhevov.pa@sut.ru
А.Г. Владыко, СПбГУТ, декан, доцент, к.т.н.; vladuko@sut.ru
Р.В. Киричек, СПбГУТ, ректор, профессор, д.т.н.; kirichek@sut.ru

УДК 621.396.13

DOI: 10.34832/ELSV.2026.79.5.008

Аннотация. Работа посвящена анализу и расчету вариантов построения излучателей коротких сверхширокополосных импульсов. Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения эффективности излучения коротких импульсов для различных применений, например для проверки устойчивости работы электронного оборудования в сложной помеховой обстановке. Проведен анализ требований для выбранного генератора импульсов, обеспечивающих сохранение длительности фронта импульса и амплитуды сигнала. Рассмотрены варианты излучателей на основе антенны Вивальди, экспоненциального рупора и рупора с комбинированным возбуждением. Для рупора с комбинированным возбуждением проведена оптимизация размеров излучателя, осуществлен расчет поля излучения для заданного импульса возбуждения в программе электродинамического моделирования. Результаты расчета показывают существенный рост эффективности излучения по сравнению с существующими решениями.

Ключевые слова: сверхкороткие импульсы, диаграмма направленности, антенна, энергетический потенциал, эффективность излучения.

Для цитирования: Коровин, К.О. Анализ вариантов построения антенн для излучения сверхкоротких импульсов / К.О. Коровин, П.А. Межевов, А.Г. Владыко, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2026. – №5. – С. 70–76.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое использование автоматизированных и роботизированных систем на производстве, а также систем с дистанционным радиоуправлением в гражданской и военной инфраструктурах может сопровождаться проблемами в их правильном функционировании вследствие наличия высокого уровня электромагнитных помех (electromagnetic interference, EMI) от промышленных источников, а также, возможно, и преднамеренных электромагнитных помех (intentional electromagnetic interference, IEMI). В этой связи важным аспектом проверки оборудования является проверка устойчивости к EMI и IEMI. При этом для тестирования, как правило, в качестве источников IEMI используются излучатели мощных сверхкоротких электромагнитных импульсов. Сверхкороткие униполярные электромагнитные импульсы, имеющие длительность переднего фронта 100–150 пс при общей длительности 1000–2000 нс, соответствуют спектру излучения частот 150...6000 МГц, перекрывающему рабочий диапазон современного цифрового оборудования. Таким образом, излучатели таких импульсов могут использоваться для тестирования устойчивости оборудования к различного вида помехам.

При постановке задачи синтеза излучателя сверхширокополосных импульсов должны учитываться следующие требования. С одной стороны, излучатель должен обладать удовлетворительным согласованием в сверхширокой полосе рабочих частот, включая низкочастотную часть рабочего диапазона, где его поперечные размеры могут быть существенно меньше половины длины волны. С другой — накладываются жесткие ограничения на габаритные размеры антенного устройства, которое должно функционировать как в составе антенной решетки, так и в режиме одиночного излучателя. Классические варианты, представленные в работах [1–6], не удовлетворяют данным условиям вследствие больших габаритных размеров и специальной конструкции генератора импульсов.

В этой связи в качестве перспективных должны рассматриваться излучатели с высокой направленностью и широкой полосой излучения, например, различные конструктивные реализации антенн типа Вивальди и TEM-рупора.

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ

Одним из вариантов направленного сверхширокополосного излучателя является антенна Вивальди, построенная на основе расширяющейся щелевой линии. Рабочая полоса такого излучателя обычно