

является критически важным для обеспечения стабильного и бесперебойного электроснабжения железнодорожного транспорта.

Для согласования выходного напряжения инвертора с уровнем контактной сети используется стандартный силовой тяговый трансформатор электровоза, который выполняет функцию согласующего элемента в данной системе.

Проверка работоспособности предлагаемого устройства проведена на имитационной модели в программе MATLAB Simulink. Данная модель позволяет не только анализировать работу системы в установившихся режимах при различных уровнях мощности, но и исследовать ее динамические реакции на переходные процессы, такие как запуск, резкое изменение нагрузки, а также подключение и отключение от сети. Это обеспечивает надежную теоретическую базу для оптимизации стратегий управления и выбора параметров системы.

Результаты моделирования показали, что система обладает чрезвычайно высокой эффективностью рекуперации энергии. При испытании на имитационной модели локомотива ТЭ10 на номинальной мощности 1210 кВт в сеть возвращается большая часть энергии – КПД рекуперации достигает 91 %. Оставшиеся потери в основном приходятся на преобразователь, трансформатор и линии передачи.

Благодаря высокому КПД рекуперации (91 %), экономическая выгода от использования устройства является весьма значительной. По сравнению с традиционными реостатными испытаниями, прямые затраты для проведения одного испытания могут быть снижены примерно на 57 %. По оценкам, основанным на среднегодовом количестве испытаний в типичном локомотивном депо, внедрение данного энергосберегающего устройства может обеспечить ежегодную экономию на электроэнергии в размере от нескольких десятков до сотен тысяч рублей.

Литература

1. Руководство по ТО и ТР тепловозов. Технические требования на реостатные испытания тепловозов при выпуске из текущих ремонтов. – М. : РЖД, 2004 – 87 с.
2. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96–103.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ДВОЙНОЙ НАКЛОННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ

Ли Дэцян, В. П. Кудин

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Представлена разработка широкополосной фазированной антенной решетки с двойной наклонной поляризацией $\pm 45^\circ$. Конструкция антенны на основе металлических перекрестных диполей дополнена металлическим паразитным слоем и широкоугольным согласующим слоем для расширения рабочей полосы частот (0,96–2 ГГц) и улучшения характеристик при больших углах сканирования ($\pm 30^\circ$). Применение коаксиального балуна и металлического отражающего корпуса обеспечивает сбалансированное питание и снижает взаимную связь между элементами. Антенна отличается простотой конструкции, высокой мощностной стойкостью и перспективна для применения в системах связи и подавления помех.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, двойная поляризация, перекрестный диполь, широкополосная антенна, широкоугольное согласование.

DESIGN OF A PHASED ARRAY ANTENNA WITH DUAL SLANT POLARIZATION

Li Deqiang, V. P. Kudin

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

This paper presents the development of a wideband phased array antenna (PAA) with dual slant polarization of $\pm 45^\circ$. The antenna design, based on metal cross-dipoles, incorporates a metal parasitic layer and a wide-angle matching layer to expand the operating frequency range (0.96–2 GHz) and improve performance at large scanning angles ($\pm 30^\circ$). The use of a coaxial balun and a metal reflector ensures balanced feeding and reduces mutual coupling between elements. The antenna features a simple structure, high power tolerance, and shows promise for applications in communication and jamming systems.

Keywords: phased array antenna, dual polarization, cross dipole, wideband antenna, wide-angle matching.

Антенны с двойной поляризацией востребованы в системах мобильной связи и электронной борьбы для повышения надежности каналов и идентификации поляризационных характеристик сигналов. Существующие решения, такие как микрополосковые и волноводные щелевые антенны, обладают ограниченной полосой пропускания. В данной работе предлагается структура на основе перекрестного диполя, решающая проблему широкополосности и сохранения стабильной двойной поляризации [1, 2].

Основная структура элемента антенны с двойной поляризацией $\pm 45^\circ$ включает ромбовидный металлический компонент, широкоугольный согласующий слой и металлический отражающий желоб. Конструкция основана на перекрестном диполе, при этом размер одного элемента массива установлен в 105 миллиметров. Как показано на рис. 1, элемент антенны использует коаксиальный балун для реализации функций питания и механической поддержки. Инновационная схема питания с перекрестным подвесным полосовым линией эффективно решает проблему синхронного питания двухполяризационного излучающего элемента. Два поляризационных плеча вибратора расположены симметрично в ромбовидной конфигурации и поддерживаются на определенном расстоянии от отражающей пластины. Концы плеч вибратора вытянуты вдоль вертикальной оси Z для регулировки степени связи между элементами и оптимизации широкополосных характеристик согласования по импедансу. Широкоугольный согласующий слой выполнен из материала FR4 и поддерживается пластиковыми стойками, что существенно улучшает характеристики активного коэффициента стоячей волны антенны при больших углах сканирования.

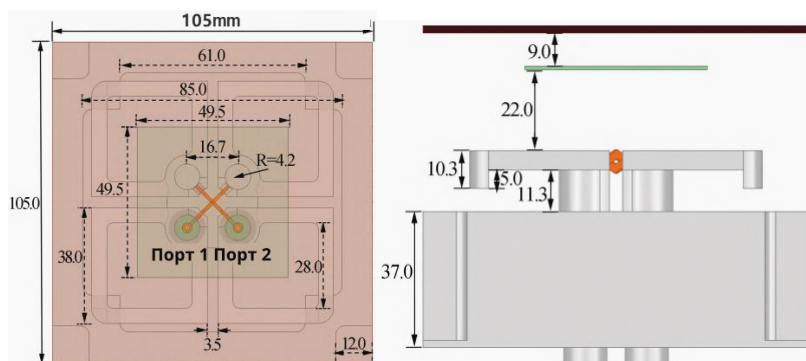


Рис. 1. Модель элемента антенны

Для проверки точности моделирования с периодическими граничными условиями была построена крупномасштабная модель фазированной антенной решетки, охватывающая ограниченную область, с целью сравнительного анализа. Данная модель выполнена в структуре массива 14×16 с виртуальными элементами, расположенными по периметру; фактическая сеть излучающих элементов сокращена до 12×14 столбцов. Конкретная конфигурация массива представлена на рис. 2.

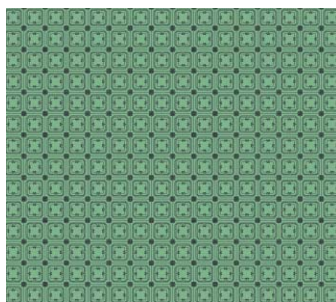


Рис. 2. Схема конструкции фазированной антенной решетки

Фазированная антенная решетка с ромбовидным крестовидным дипольным элементом улучшает коэффициент стоячей волны источника при широкоугольном сканировании за счет интеграции металлического паразитного слоя, а дальнейшая оптимизация достигается с помощью широкоугольного согласующего слоя. Одновременно введен металлический отражающий резонатор для регулировки граничных условий между соседними элементами решетки с целью точного контроля эффекта взаимной связи элементов и повышения общей эффективности.

Литература

1. Проектирование и изготовление широкополосной двухполяризованной дипольной решетки для систем 5G / S. Hussain, S. W. Qu, W. L. Zhou [и др.] // IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 65155–65163.
2. Антенна миллиметрового диапазона с расширенной полосой пропускания для беспроводных приложений 5G / Y. Ghazaoui, A. E. Alami, M. E. Ghzaoui [и др.] // Journal of Instrumentation. – 2020. – Т. 15, № 1. – Ст. T01003.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИНИАТЮРНОЙ АНТЕННЫ С УЛЬТРАШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ И МНОЖЕСТВЕННЫМ ВХОДОМ И ВЫХОДОМ

Ли Чонг, В. П. Кудин

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Представлена конструкция миниатюрной двухэлементной антенны для систем сверхширокополосной связи с множественными входами и выходами (UWB-MIMO). Антенна состоит из двух симметрично расположенных монополярных излучателей семиугольной формы с S-образными ответвителями и щелевой структурой в фидере для расширения полосы. Для повышения изоляции между портами в заземляющем слое выполнены прямоугольные щели с T-образными и изогнутыми ответвителями. Результаты измерений показывают, что антенна с размерами $25 \times 33 \times 1$ мм³ имеет рабочую полосу частот 2,5–10,8 ГГц и изоляцию между портами >17 дБ.

Ключевые слова: UWB, MIMO, миниатюрная антенна, изоляция между портами.