

**ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕНН ДЛЯ СИСТЕМЫ ДАЛЬНОПОЛЬНОЙ
БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ**

**Кузьмичев А.М. (ИТМО), Терентьева П.В. (ИТМО),
Капитанова П.В. (ИТМО)**

**Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Корешин Е.В.
(ИТМО)**

Введение. Системы беспроводной передачи энергии, передающие энергию на расстояния большие или сравнимые с длиной волны известны в литературе как системы беспроводной передачи энергии в дальней зоне [1]. В них перенос энергии обеспечивается за счет распространяющихся электромагнитных волн. Со стороны передатчика находится генератор и передающая антенна, со стороны приемника находится приемная антенна, выпрямитель и блок накопления энергии, а излучаемая электромагнитная волна характеризуется частотой и постоянной во времени амплитудой. В литературе описаны системы, в составе которых находится один излучатель с широкой диаграммой направленности [2]. Зачастую, рабочая частота системы находится в диапазоне 915–920 МГц. За счет широкой диаграммы направленности обеспечивается одновременная зарядка нескольких маломощных устройств в достаточно большой области пространства. К недостаткам такого решения можно отнести низкую эффективность передачи энергии и ограниченную дальность зарядки (не более 1 метра).

В данной работе проводится разработка передающих антенн системы беспроводной передачи энергии в дальней зоне, отличительными особенностями которых является круговая поляризация. Предложен подход масштабирования количества передающих антенн для увеличения области пространства, в которой данная система будет работоспособна, то есть амплитуда напряжения на приёмнике будет достаточной для эффективной работы выпрямителя и блока накопления энергии приемника.

Основная часть. В качестве антенного элемента, как для передатчика, так и для приёмника, разработана антенна с круговой поляризацией, рабочая частота которой находится в свободном частотном диапазоне 915–920 МГц. Такое решение позволяет сделать систему беспроводной передачи энергии устойчивой к азимутальным поворотам приемника относительно передатчиков [3]. Предложено частотное разнесение рабочих частот передающих антенн в заданном диапазоне с шагом 0.7 МГц, что позволяет преодолеть интерференционные эффекты и увеличить сектор пространства, в котором происходит зарядка приемников. В соответствии с результатами численного моделирования в пакете CST microwave Studio, получена ширина диаграммы направленности антенны 118° , коэффициент усиления 4.32 дБ. Численно доказано, что при наличии двух передающих антенн размер плоскости, в котором обеспечивается, достаточный уровень питания составляет $2 \times 1.8 \text{ м}^2$.

В ходе работ изготовлен макет системы дальнопольной передачи энергии, состоящий из двух передающих антенн и одной приемной. Проведены измерения диаграмм направленности как отдельных антенн, а также выполнены измерения уровня электромагнитного излучения, создаваемого системой в сборе. Измеренный коэффициент усиления антенн равен 4.2 дБ, а размер области беспроводной зарядки составляет $1.7 \times 1.6 \text{ м}^2$, что на 17% меньше размера области, предсказанной в ходе численного моделирования. Измеренные уровни электрических и магнитных полей, а также плотности потока энергии удовлетворяют нормам регламентируемым стандартом безопасности IEEE Std C95.1TM-2019.

Выводы. Разработаны передающие и приемные антенны с круговой поляризацией для системы беспроводной передачи энергии в дальней зоне. Показано, что при масштабировании числа передатчиков в системе можно увеличить область зарядки до $1.7 \times 1.6 \text{ м}^2$. Данная область

характеризуется мощностью сигнала на приёмном антенном элементе, от -8 до -18 дБм, что соответствует нормам безопасности. Полученная система имеет большой потенциал для использования в качестве составной части для различных систем умного дома.

Список использованных источников:

1. Jawad A. M. и др. Opportunities and Challenges for Near-Field Wireless Power Transfer: A Review // *Energies*. 2017. Т. 10. № 7. С. 1022.
2. Abou Houran M., Yang X., Chen W. Magnetically Coupled Resonance WPT: Review of Compensation Topologies, Resonator Structures with Misalignment, and EMI Diagnostics // *Electronics*. 2018. Т. 7. № 11. С. 296.
3. Hosseini A., et al. 3D triple linear antenna that acts as heat sink. Patent US, no. 10027180, 2018