

ГИБРИДНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА АНТЕНН НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОМЕНТОВ И МЕТОДА Т-МАТРИЦ

Гапоненко Р.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук,
доцент Щербаков А.А. (ИТМО)

Введение. Современные задачи проектирования и оптимизации параметров антенн требуют применения эффективных методов численного моделирования. Традиционные методы, такие как метод конечных элементов, метод конечных разностей во временной или частотной области, хотя и обеспечивают высокую точность, но часто оказываются слишком ресурсоемкими для полноразмерного моделирования, особенно при увеличении размеров и сложности структур. В то же время специализированные методы, такие как метод моментов [1] и метод Т-матриц [2], демонстрируют высокую эффективность для отдельных типов задач, но их применение ограничено либо проводящими, либо диэлектрическими элементами.

Основная часть. В данной работе представлен гибридный метод расчета, объединяющий метод моментов и метод Т-матриц и изучается возможность его применения для моделирования антенн, состоящих из объемного диэлектрического резонатора и линейных металлических элементов, расположенных вне объема резонатора. Метод моментов основан на решении интегральных уравнений электромагнетизма и обеспечивает высокую точность при моделировании проводящих элементов, а метод Т-матриц основан на разложении электромагнитного поля по сферическим гармоникам и демонстрирует высокую эффективность при анализе диэлектрических объектов. Таким образом, решение задачи разделяется для разных материалов и связывается через граничные условия, что позволяет использовать преимущества каждого из этих методов. Для проверки достоверности результатов, получаемых с помощью предложенного метода, было выполнено сравнение с результатами статьи [3] и результатами полноразмерного численного моделирования в CST Studio. Показано что гибридный метод обеспечивает высокую точность результата и отмечено значительное ускорение расчета по сравнению с моделированием в CST Studio, особенно при увеличении размера и показателя преломления применяемых диэлектриков.

Выводы. Предложенный метод может применяться в задачах проектирования антенных систем, где требуется полноразмерное моделирование с учетом диэлектрических и металлических (проводящих) элементов. В частности, он может быть полезен для моделирования и анализа диэлектрических резонаторных одиночных антенн [4] и антенных решеток. Дальнейшие исследования будут направлены на расширение применимости метода для более сложных структур (например, когда металлические элементы частично расположены в диэлектрике).

Список использованных источников:

1. Harrington, R. F. (1968). Field Computation by Moment Methods. Macmillan.
2. Mishchenko, M. I., Travis, L. D., & Lacis, A. A. (2002). Scattering, Absorption, and Emission of Light by Small Particles. Cambridge University Press.
3. Losenicky V. et al. Method of Moments and T-Matrix Hybrid // IEEE Trans. Antennas Propag. IEEE, 2022. Vol. 70, № 5. P. 3560–3574.
4. Gaponenko R. et al. Experimental demonstration of superdirective spherical dielectric antenna // J. Appl. Phys. AIP Publishing LLC, 2023. Vol. 134, № 1. P. 014901.