

Международная академия наук высшей школы
Академия наук высшей школы Российской Федерации
Сибирская академия наук высшей школы
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,
Омский, Томский научные центры САН ВШ
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021)

27-я международная
научно-практическая конференция

16 ноября 2021 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2021

М. И. КАТКОВА, магистрант, ТУСУР, Томск,
А. АЛХАДЖ ХАСАН, аспирант, ТУСУР, Томск
С. П. КУКСЕНКО, доцент каф. ТУ, ТУСУР, Томск

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ В ФОРМЕ ЧАЙКИ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ

Сравниваются опубликованные экспериментальные и аналитические результаты для диаграммы направленности и частотной зависимости адмиттанса антенны в форме чайки с результатами, полученными с помощью метода моментов. Показана сходимость результатов с уменьшением длины сегмента. Получено хорошее совпадение.

Известно, что использование систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет значительно сократить время проектирования и уменьшить цену создаваемого объекта. Численные методы, на которых основаны САПР, развивались с эволюцией компьютеров, но невозможно сказать, что существует универсальный метод, подходящий для решения всех задач электродинамики. Поэтому оптимален тот метод, который способен дать приемлемые результаты при имеющихся ресурсах [1].

Метод моментов (МоМ) [2] широко используется в САПР и считается эффективным, несмотря на его ограничения. Он является численным методом формирования матричных уравнений. В нем исследуемое интегральное уравнение, которое описывает исходное поле проводной антенны, раскладывается по полной системе базисных ортогональных функций. Далее задача сводится к тому, чтобы решить систему линейных алгебраических уравнений с N неизвестными, как правило, представляющими собой коэффициенты некоторого разложения тока. Хотя существуют другие методы, такие как метод конечных элементов и метод конечных разностей во временной области, МоМ предпочтительней для ряда решаемых задач. Он имеет простой алгоритм и малые затраты на дискретизацию и поэтому развивается [3].

Однако, когда речь идет о моделировании антенн, существуют методы, основанные на упрощении решения интегрального уравнения антенны [4, 5]. Например, метод, формулирующий одно интегральное уравнение с ядром замкнутой формы, исключив граничные условия, для получения распределения тока в кусочно-линейной антенне [6]. Этот способ отличается от других, например [7], тем, что он не вводит дополнительные ограничения и дает точные результаты без обычных двойных численных интегрирований, что подтверждено хорошим совпадением теоретических и экспериментальных результатов.

Для САПР важно расширять базу тестовых структур с оптимальными параметрами их моделирования. В частности, такая работа начата для отечественной системы TALGAT [8]. При этом важно сравнение с опубликованными результатами измерений или моделирования. Цель работы – исследовать влияние длины сегмента на характеристики антенны в форме чайки с помощью МоМ в TALGAT и сравнить результаты с полученными в [6].

Геометрия антенны представлена на рисунке 1,а. Антенна имеет длину L , причем $L/\lambda = 0,75$, и радиус провода $a = 0,005\lambda$ на частоте $f_0=3$ ГГц; $h_1 = 0,0714\lambda$, $h_2 = 0,4286\lambda$, $h_3 = 0,25\lambda$; $\alpha = 50^\circ$. В TALGAT данная антенна моделировалась при тех же параметрах, но длина зазора, не указанная в [6], взята $0,005\lambda$ (рисунок 1,б, в).

Полученные авторами [6] и наши результаты для диаграммы направленности (ДН) антенны в плоскости XY представлены на рисунке 2, а для частотной зависимости адмиттанса – на рисунке 3. Моделирование выполнялось при изменении длины сегмента λ/k , где $k=10, 20, 40, 80, 160, 180$, до сходимости (рисунок 4). В результате выявлена оптимальная длина сегмента $\lambda/180$, меньшее значение которой становится меньше радиуса провода, что приводит к некорректным вычислениям.

Из рисунка 2 видно, что результаты хорошо согласуются между собой. Сходимость в максимуме ДН наблюдалась в TALGAT при $k = 40$ и выше, а различие в минимуме боковых лепестков менее 3 дБ. Рисунок 4 показывает, что при $k = 20, 40, 80, 160, 180$ различие в значениях максимума напряженности поля антенны составило 33, 10, 6, 2, 0 %.

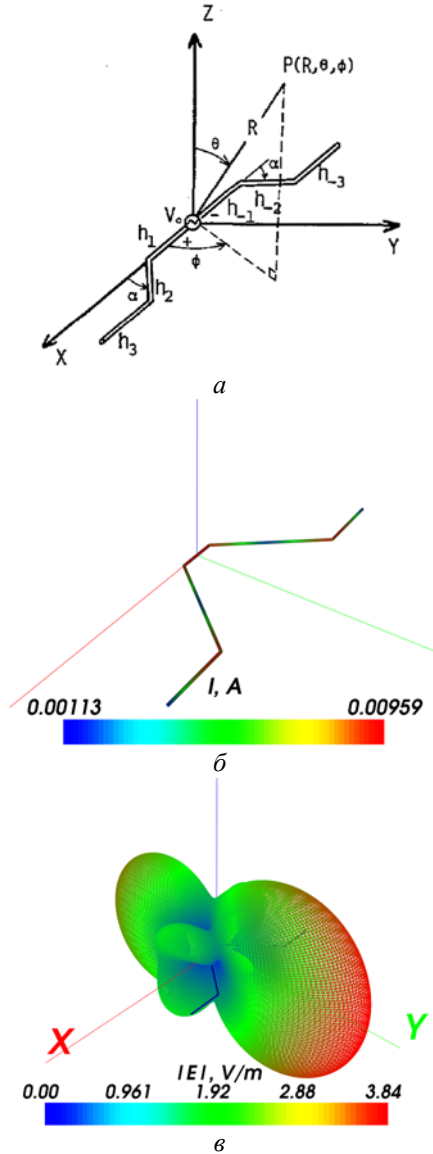
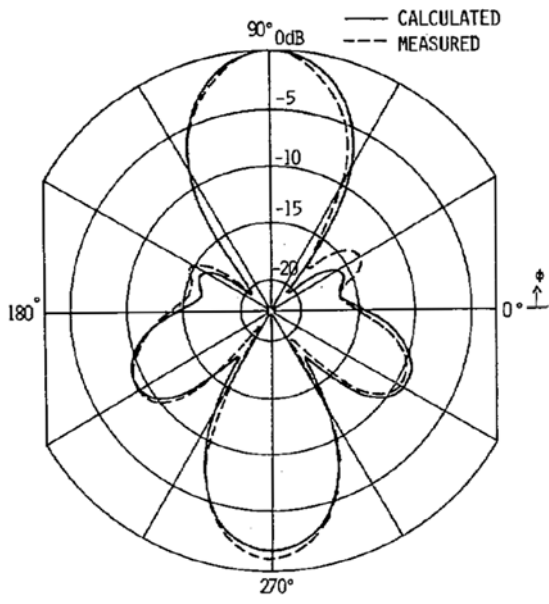
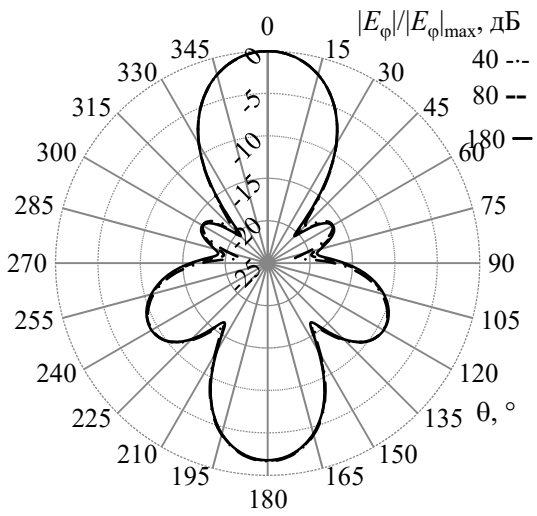


Рисунок 1 – Антенна в форме чайки [6] (а),
 распределения тока в антенне (б) и трехмерной ДН (в),
 полученные в системе TALGAT при $k=180$

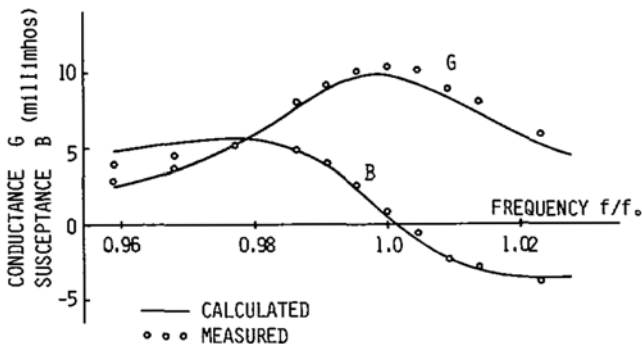


a

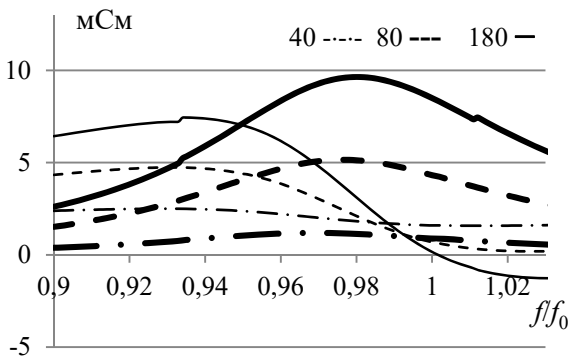


b

Рисунок 2 – Диаграммы направленности антенны в плоскости XY, полученные теоретически (—) и экспериментально (---) в [6] (a) и в системе TALGAT при разных k (b)



a



б

Рисунок 3 – Действительная и мнимая части адмиттанса антенны в зависимости от частоты f/f_0 , полученные теоретически (—) и экспериментально (°) в [6] (a) и в системе TALGAT при разных k (б)

Сходимость адмиттанса гораздо хуже, лишь при $k=160-180$, как видно из рисунка 3. Даже при оптимальной длине сегмента результаты отличаются от результатов измерения, например, на частоте f_0 различие составило примерно 20 % для действительной части и выше 100 % для мнимой. Это может объясняться тем, что длина зазора была фиксирована и это привело к сдвигу по частоте.

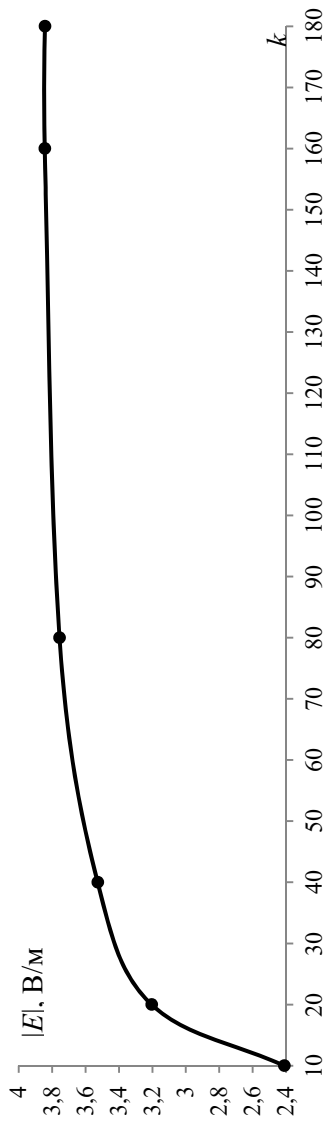


Рисунок 4 – Сходимость максимального модуля напряженности поля антенны

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0039.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко, А.П., Никишин, В.Н. Аналитические и численные методы прочностного анализа и проектирования автомобильных конструкций: учеб. пособие. Казань: Казанский федеральный университет, 2015. 130 с.
2. Harrington, R.F. Field computation by moment methods. NY: Macmillan, 1968. 240 p.
3. Куксенко, С.П. Электромагнитная совместимость: численные методы решения задач : учеб. пособие. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. С. 152–161.
4. Mei, K. On the integral equations of thin wire antennas // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1965. Vol. 13, N 3. P. 374–378.
5. Simpson, T. The theory of top-loaded antennas: Integral equations for the currents // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1971. Vol. 19, N 2. P. 186–190.
6. Kominami, M., Rokushima, K. On the integral equation of piecewise linear antennas // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1981. Vol. 29, N 5. P. 787–792.
7. Egashira, S., Taguchi, M. On the analysis of the umbrella antennas using the Hallen-type integral equation // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1980. Vol. 28, N 3. P. 393–397.
8. Моделирование элементов критичной радиоэлектронной аппаратуры: новые подходы, модели и алгоритмы, их реализация и применение / Т.Р. Газизов [и др.] // Наноиндустрия. 2020. Т. 13, № S5-2 (102). С. 425–432.

M. I. Katkova, A. Alhaj Hasan

Modeling a seagull antenna method of moments

The published experimental and analytical results for the radiation pattern and frequency dependence of the admittance of a gull-shape antenna are compared with the results obtained using the method of moments. The convergence of the results with decreasing segment length is shown. A good match is obtained.

alhaj.hasan.adnan@tu.tusur.ru