

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

Секция 2 ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

УДК 621.396

А. АЛХАДЖ ХАСАН, мл. науч. сотр., ТУСУР, Томск,
С. П. КУКСЕНКО, доцент каф. ТУ, ТУСУР, Томск

ТЕСТОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИПОЛЕЙ В СИСТЕМЕ TALGAT

Сравниваются опубликованные результаты моделирования полуволнового и волнового диполей с результатами, полученными в системе TALGAT. Представлены распределения тока и частотные зависимости реальной и мнимой частей входного импеданса. Результаты показали хорошее совпадение.

Одной из развивающихся отечественных систем компьютерного моделирования является TALGAT [1]. Она предназначена для моделирования различных электромагнитных задач, включая задачи электромагнитной совместимости, методом моментов (МоМ) [2]. Это объясняется тем, что МоМ непрерывно эволюционирует, так как способен дать приемлемые результаты, используя меньше ресурсов, чем другие методы. Однако для уверенности в результатах моделирования необходимо как можно более полное тестирование программной реализации модели [3]. В системе TALGAT реализована модель для вычисления токов в произвольной проводной структуре. В ней используются тонкопроводная аппроксимация, ступенчатые функции в качестве базисных и дельта-функции в качестве тестовых. Имеются результаты верификации данной реализации [3], но без учета равенства нулю токов на концах проводов.

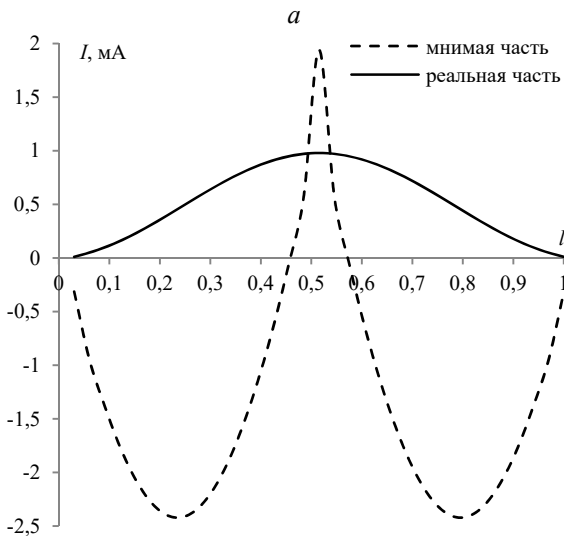
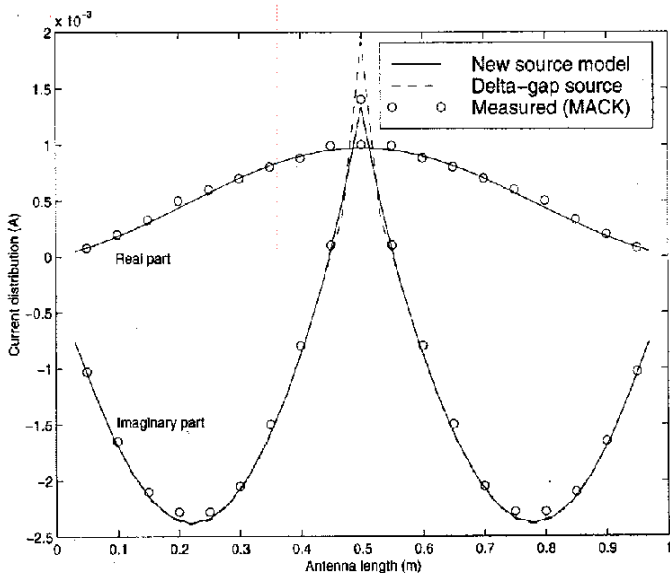
Цель работы – сравнить результаты, полученные в системе TALGAT, учитывая условия равенства нулю токов на концах диполя, с опубликованными в научной литературе результатами, использованными для верификации в [3].

Для анализа выбраны работы, в которых наиболее полно приведены исходные данные [4, 5]. Однако не всегда этих данных было достаточно, поэтому значения некоторых параметров устанавливали самостоятельно, что обуславливало неопределенность. Опубликованные в [4] и полученные в системе TALGAT составляющие тока для волнового ($L = \lambda$) и полуволнового ($L = \lambda/2$) диполей на частоте 300 МГц при радиусе проводов 7,022 мм в зависимости от $l = \lambda/2$ приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. Длина каждого сегмента $s = L/k$, где k принято равным 31 и 15 соответственно. На концах диполя добавлены два сегмента длиной $s/2$ для равенства нулю токов. Результирующая длина сегмента $(L - s)/k$. Видно, что в первом случае совпадение можно считать отличным, а во втором – удовлетворительным.

В [5] приведены зависимости модуля тока вдоль полуволнового диполя ($L = \lambda_0/2$) при радиусе провода $a = 0,003369 \lambda_0$ от $l = L/\lambda_0$ и частотные зависимости реальной и мнимой частей входного импеданса от f/f_0 . Эти результаты, а также полученные в системе TALGAT при разных сегментациях приведены на рисунках 3 и 4 соответственно.

Следует отметить, что в [5] не указано значение частоты f_0 , относительно которой рассчитывалась длина диполя. Поэтому использовано значение 300 МГц. Число k было фиксированным при изменении частоты и равнялось 15, 31, 61. Также добавлены два сегмента для равенства нулю токов на концах диполя. Из полученных результатов определена оптимальная длина сегмента $(L-s)/61$, меньшее значение которой становится меньше радиуса провода, что приводит к некорректным вычислениям.

При сравнении результатов видна сходимость данных моделирования с ростом k . Совпадение с опубликованными результатами в целом удовлетворительное. Результаты проведенного моделирования ближе к опубликованным, чем представленные в работе [3]. Расхождение с опубликованными, по всей видимости, объясняется различными исходными данными. В частности, нет данных о зазоре источника и числе сегментов. Кроме того, использовали различные подходы к моделированию источника.



б

Рисунок 1 – Зависимости реальной и мнимой частей тока в сегментах диполя длиной $L=\lambda$ от l из [4] (*а*) и полученные в системе TALGAT (*б*)

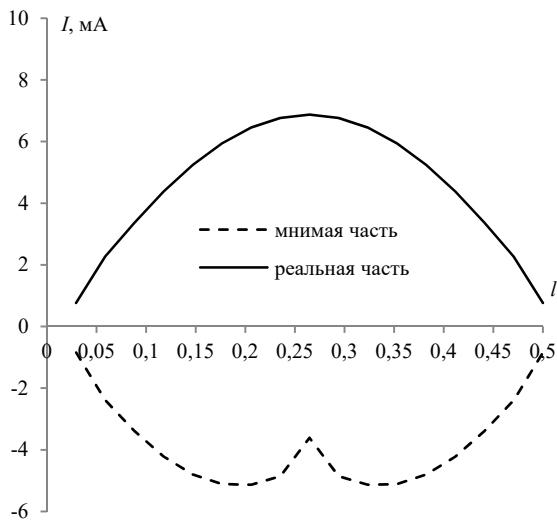
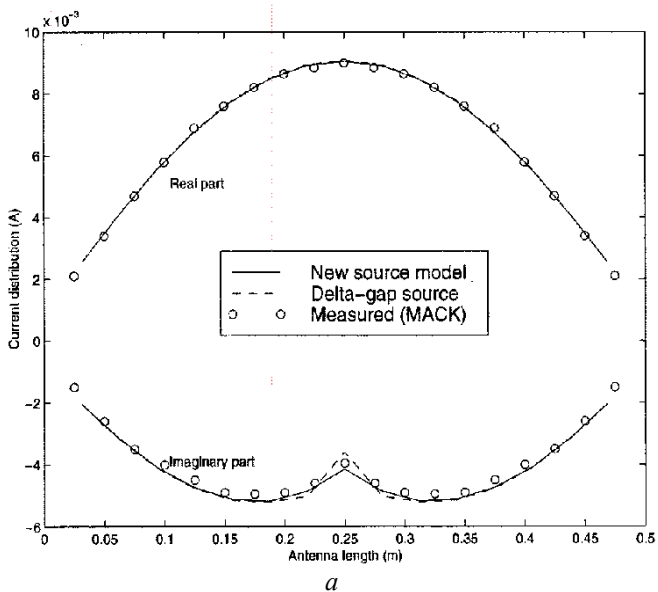


Рисунок 2 – Зависимости реальной и мнимой частей тока в сегментах диполя длиной $L=\lambda/2$ от l из [4] (а) и полученные в системе TALGAT (б)

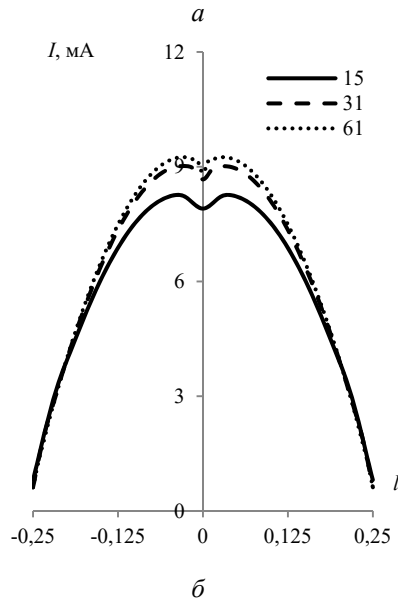
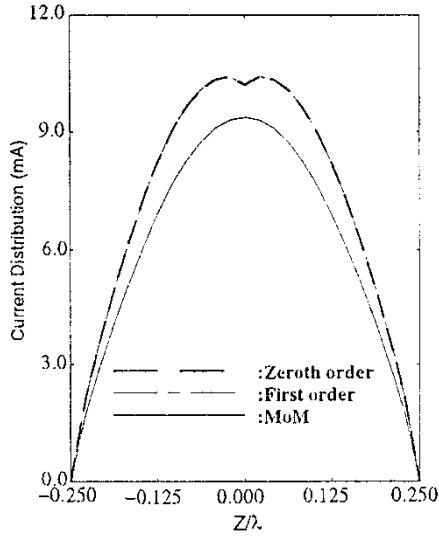


Рисунок 3 – Зависимости модуля тока в сегментах диполя длиной $L=\lambda_0/2$ от l , приведенные в [5] (а) и полученные в системе TALGAT при $k = 15, 31, 61$ (б)

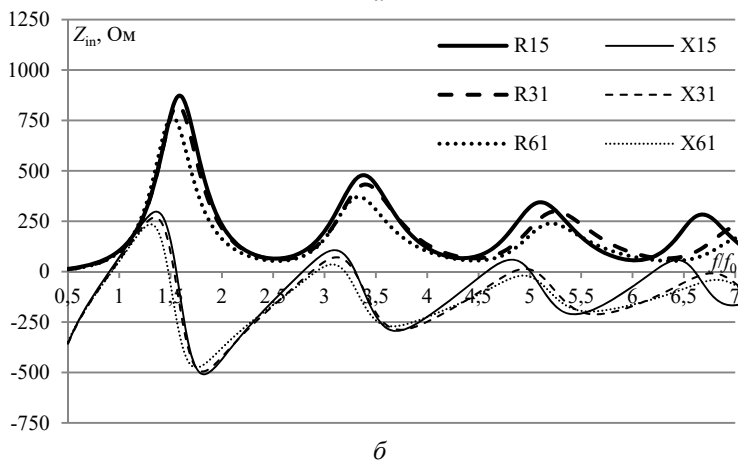
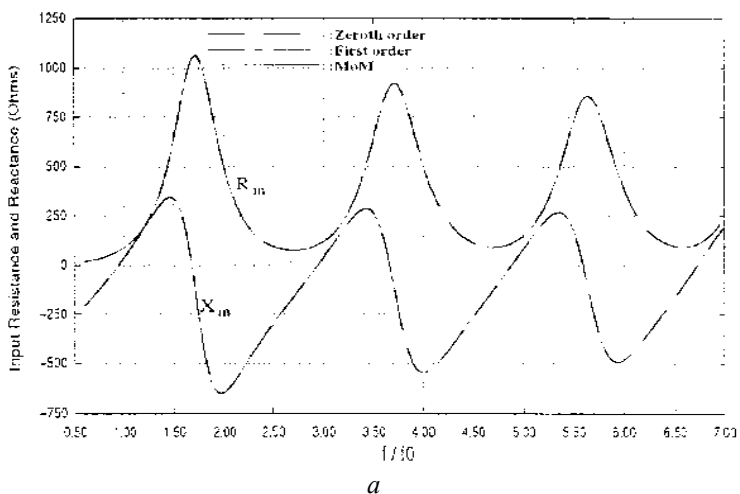


Рисунок 4 – Зависимости реальной (Rk) и мнимой (Xk) частей импеданса диполя длиной $L=\lambda_0/2$ от f/f_0 , полученные в [5] (а) и в системе TALGAT при $k = 15, 31, 61$ (б)

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

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Harrington, R.F. *Field computation by moment methods*. NY: Macmillan, 1968. 240 p.
3. Газизов, Т.Р. Уменьшение искажений электрических сигналов в межсоединениях и преднамеренных электромагнитных помех: дис. ... д-ра техн. наук. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010.
4. Cui, T.J., Chew, W.C. Accurate model of arbitrary wire antennas in free space, above or inside ground // *Electrical and Computer Engineering*. 2000, April. Vol. 48. P. 482–493.
5. Wei, C., Inagaki, N., Di, W. A new numerical technique with application to analysis of wire antennas // *Proc. of Int. Symp. on Antennas and Propagation*, Chiba, Japan, September 24–27, 1996. P. 1157–1160.

A. Alhaj Hasan, S. P. Kuksenko

Test simulation of dipoles in the TALGAT system

The published results for half-wave and wave dipoles are compared with the results obtained in the TALGAT system. The results of current distribution and frequency dependences of the real and imaginary parts of the input impedance are obtained. The results were in good agreement.

alhaj.hasan.adnan@tu.tusur.ru