

УДК 621.3.095

Численное моделирование электромагнитного поля антенных систем на борту космического аппарата для обеспечения ЭМС

Сычев Кирилл Сергеевич^(*)

d.a.evseev@vpk.npomash.ru

Гюльмагомедов Несреддин Ханмагомедович

vpk@vpk.npomash.ru

Евсеев Дмитрий Алексеевич

vpk@vpk.npomash.ru

Харлампьев Кирилл Сергеевич

vpk@vpk.npomash.ru

АО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, Россия

Аннотация. Приведены результаты разработки и апробации методики расчета электромагнитного поля антенн, размещаемых на космическом аппарате с использованием программ электродинамического моделирования. Апробация методики расчета проведена на космическом аппарате. Изложены основные принципы моделирования, методы численного интегрирования, приведена последовательность расчета с использованием источника ближнего поля и способы снижения требуемой вычислительной мощности. Показана возможность автоматизированного моделирования и обработки результатов с использованием специализированных математических пакетов прикладных программ.

Ключевые слова: антенная система, радиотехнические характеристики, космический аппарат, электромагнитная совместимость, численное интегрирование

Введение. Антенные системы (АС) космических аппаратов (КА) выполняют различные функции, такие как радиосвязь, зондирование Земли, навигация и др. [1, 2]. Для удовлетворения постоянно возрастающих требований к АС КА создаются многофункциональные радиотехнические комплексы, включающие большое число АС. С увеличением числа антенн особенно важной становится проблема их непреднамеренного влияния друг на друга. При расположении АС на одном КА наиболее важными являются вопросы анализа именно внутрисистемной ЭМС. В этом случае анализ взаимного их влияния на основе аналитических расчетных оценок трудно разрешим из-за громоздкости расчета и приближенных результатов. Учитывая это, целесообразно применять численные методы, и в частности, электродинамическое моделирование [3], чему и посвящена данная работа.

Методы и материалы; результаты. Для оценки ЭМС АС, расположенных в ближней зоне, проводится расчет напряженности электрического поля в специализированных программах. В основе подобных расчетов лежат методы численного интегрирования [3]. Методика электродинамического моделирования рассматривается на примере моделирования КА с АС. Электродинамическое моделирование включает в себя несколько этапов:

– подготовка модели КА. На этапе подготовки модель упрощается: преобразование модели в совокупность простых геометрических форм;

– расчет ближнего поля АС. Для расчета ближнего поля и радиотехнических характеристик порты АС возбуждаются входными сигналами в соответствии с заданным амплитудно-фазовым распределением (АФР) [4]. Результатом такого расчета является пространственное распределение поля от АС в заданной расчетной области;

– расчет ближнего и дальнего поля структуры КА+АС. Так как расчетная область разбита на ячейки, значения векторов поля АС в виде матрицы могут быть экспортированы и использоваться в качестве независимого источника [3]. Расчет с помощью источника ближнего поля полностью эквивалентен расчету через возбуждение портов и дает те же результаты при использовании одинаковых мониторов и датчиков поля;

– анализ результатов. Полученные результаты расчета электрического поля используются с целью дальнейшего решения задач по анализу ЭМС, выбору оптимального расположения приборов, анализу искажений РТХ АС при размещении на изделии и др.

Заключение. Представленная в работе методика моделирования электромагнитного поля антенной системы на борту КА позволяет существенно сократить время расчета и требуемые вычислительные затраты с сохранением высокой точности. При этом точность и время расчета могут корректироваться и компенсироваться за счет упрощения геометрии моделей, укрупнения сетки интегрирования, изменения рассматриваемого частотного диапазона. Электродинамическое моделирование позволяет проанализировать характеристики, существенные для ЭМС, с учетом влияния корпуса изделия и решить ряд задач по размещению антенных систем радиотехнических комплексов на борту КА.

Список источников

- [1] Седельников Ю.Е., Веденькин Д.А. *Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств*. Москва, Юрайт, 2025, 318 с.
- [2] Бодров В.В. Исаков М.В., Пермяков В.А. *Внешняя электромагнитная совместимость и антенны*. Москва, Изд-во МЭИ, 2006, 79 с.
- [3] Алексейчик Л.В., Курушин А.А. *СВЧ косимуляция в CST SUITE*. Москва, Солон-пресс, 2023, 200 с.
- [4] Воскресенский Д.И. *Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток*. Москва, Радиотехника, 2008, 384 с.