

ОВСЯНИКОВ Вик. В., КРЮКОВ А. В., ОВСЯНИКОВ Вл. В.

МАЛОГАБАРИТНАЯ СПИРАЛЬНАЯ КОНИЧЕСКАЯ АНТЕННА ДЛЯ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Развит метод расчета спиральных антенн с направленной диаграммой излучения и уменьшенными габаритами. Исследован способ оптимизации поглощающей нагрузки в основании антенны, позволяющий регулировать уровень обратного излучения антенны при одновременной оценке активных потерь в этой нагрузке.

Изменение взаимной ориентации в пространстве телекоммуникационных низко- и среднеорбитальных космических аппаратов и их абонентов не должно влиять на качество связи между ними. Наилучшим образом это условие обеспечивается с помощью слабонаправленных антенн круговой (эллиптической) поляризации, к которым можно отнести спиральные антенны [1]. В метровом и дециметровом диапазонах длин волн особенно остро встает проблема уменьшения размеров и массы бортовых спутниковых антенн при сохранении или улучшении требуемых характеристик. С ее решением и связано содержание данной статьи, посвященной расчету спиральных антенн с уменьшенными габаритами.

Спиральные антенны рассмотрены, например, в [2—4]. В [2, 3] в строгой постановке решена задача об обычном спиральном коническом равноугольном излучателе с определением комплексного распределения тока вдоль его ветвей и соответствующих диаграмм направленности (ДН). Как следует из [3], укорочение ветвей спирального излучателя, то есть, уменьшение его размеров, приводит к увеличению уровня обратного излучения (в связи с увеличением амплитуд отраженных волн от концов ветвей спирали), что зачастую недопустимо.

Одно из направлений уменьшения размеров спиральных антенн связано с включением в их излучающие ветви распределенных поглощающих импедансных нагрузок [5, 6]. В [5] предложена плоская спиральная антенна Архимеда. Последние витки спирали выполнены с шагом намного меньшим шага основной излучающей части спирали и поэтому представляют собой мало излучающую нагрузку, обеспечивающую подавление отраженной волны тока от концов антенны. Это позволяет уменьшить уровень обратного излучения антенны. В [6] концы спиральной антенны соединены с внешними нагрузками,

которые почти не влияют на излучение, но подавляют отраженные от концов антенны сигналы. Две нагрузки представляют собой одинаковые спиральные линии, помещенные на подложки с потерями. Это позволяет уменьшить размеры антенны при уменьшении уровня обратного излучения. Однако, представленные в патентах [5, 6] конструкции нуждаются в теоретическом обосновании и исследовании. Кроме того, предложенное в [6] несимметричное расположение нагрузок в азимутальной плоскости искажает ее характеристику излучения в этой плоскости, что часто неприемлемо.

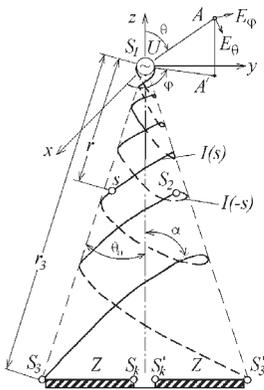


Рис. 1

Ниже приведены результаты исследований подобных малогабаритных излучателей с лучшим размещением поглощающей нагрузки — осесимметричной относительно оси излучателя в азимутальной плоскости, что позволяет исключить указанный недостаток и обеспечивать равномерные ДН антенны.

На рис. 1. представлена схема малогабаритной спиральной антенны с поглощающими нагрузками Z в основании. Основными участками антенны считаем переходной участок S_1, S_2 и участок интенсивного излучения S_2, S_3 . Кроме того, вводим в рассмотрение участок антенны S_3, S_k , на котором плавно ослабляется ток излучателя за счет джоулевых потерь в нагрузках Z .

Осесимметричные нагрузки Z подключены к концам S_3, S'_3 излучающих спиралей с плавным переходом от конической формы спирали в плоскую. Они выполнены в виде двухзаходной спирали Архимеда в полосковом исполнении на подложке из диэлектрика с потерями и размещены на металлическом диске, служащем одновременно основанием антенны. Это позволяет, при некотором снижении коэффициента полезного действия (КПД) антенны уменьшить ее физические размеры, при сохранении характеристик направленности, присущих обычным электрически большим спиральным излучателям.

При расчете малогабаритных спиральных антенн с поглощающими нагрузками вначале формулируем исходные данные (ИД) к параметрам разрабатываемой антенны. Ограничимся требованиями к ДН в осевом направлении и к КПД антенны. Пусть ДН однонаправлена с раскрытием главного лепестка $\pm 70^\circ$, поляризация излучаемого поля — круговая (эллиптическая). Уровень обратного излучения должен быть не хуже -10 дБ относительно уровня главного лепестка, КПД излучателя — не менее 85%. Габариты и масса излучателя должны быть минимально-возможными, высота конуса — не более $0,45\lambda$, диаметр основания — не более $0,3\lambda$, где λ — рабочая длина волны антенны.