

УДК 520.27, 621.396

РАЗРАБОТКА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЮПИТЕРА

Бочаров Ф.А. (ИТМО), Карлин А.К. (ИТМО), Коломейцев А.М. (ИТМО), Сорвин Ю.С.
(ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Корешин Е.А.
(ИТМО)

Введение. Настоящая работа посвящена разработке антенно-фидерного устройства для регистрации электромагнитного излучения в декаметровом диапазоне, источником которого является ускоренное движение заряженных частиц в магнитосфере Юпитера. В работе была предложена и исследована конструкция устройства, основными узлами которого являются фазированная антенная решётка, делитель мощности Уилкинсона и симметрирующее устройство.

Было проведено численное моделирование и оптимизация основных узлов системы по отдельности, а также их совокупности. Для верификации численных результатов был изготовлен макет и измерены его характеристики. Параметры полученного прототипа удовлетворяли всем требованиям.

Основная часть. Из-за динамо-эффекта, возникающего в ядре планеты, состоящем из металлического водорода, Юпитер обладает вторым по мощности после Солнца магнитным полем и самой большой среди планет магнитосферой. Частицы солнечного ветра испытывают центробежное ускорение в магнитосфере под действием силы Лоренца, что приводит к синхротронному излучению. Радиоизлучение магнитосферы Юпитера впервые было обнаружено в 1955 году [1].

Для эффективного приёма радиоизлучения Юпитера рабочая частота приёмника должна равняться 21 МГц, а главный лепесток его диаграммы направленности должен быть направлен под углом 42° к горизонту, что определяется максимальным возвышением Юпитера на небе на широте 61° . Приём сигнала из такого положения позволяет минимизировать помехи и искажения, появляющиеся при прохождении излучения через атмосферу Земли.

Определение параметров составляющих устройства, обеспечивающих наличие у них необходимых свойств, производилось при помощи пакета программного обеспечения CST Studio. В качестве промежуточного результата была получена модель радиотелескопа, параметры которой совпадают с целевыми. Далее был собран прототип устройства и проведены лабораторные измерения части его составляющих: делителя мощности и симметрирующих устройств. Измерение параметров макета проводилось в безэховой камере.

Диаграмма направленности одиночной дипольной антенны не обладает необходимыми для приёма сигнала характеристиками, было решено использовать антенную решётку, состоящую из двух дипольных антенн расположенных на определенном расстоянии и обладающих заданной разностью фаз. Для соединения двух антенн с одним приёмником, необходим делитель мощности. В данном случае был использован делитель Уилкинсона, так как его конструкция является наиболее простой, аналогичная схема также может работать в качестве сумматора мощности [2]. Так как при частоте 21 МГц длина волны превышает 14 м, использование четвертьволновых проводников является нецелесообразным. Поэтому для делителя мощности были использованы эквивалентные цепи на сосредоточенных элементах, размеры которых много меньше длины волны — катушках индуктивности и конденсаторах [3]. При простейшей реализации дипольной антенны, первая её половина замыкается на центральную жилу коаксиального кабеля, а вторая на его внешнюю проводящую оплётку. Напряжение между первой половиной антенны и оболочкой кабеля вызывает течение дополнительного электрического тока по внешней оплётке кабеля, что приводит к приёму или излучению им электромагнитных волн и искажению диаграммы направленности. Симметрирующее устройство позволяет предотвратить образование этих токов. В частном

случае нашей работы, рассматривается устройство, представляющее собой объёмный LC-контур, размещенный на внешней оплетке коаксиального кабеля вблизи антенны. Такое устройство играет роль параллельного колебательного контура и позволяет создать высокий импеданс для токов текущих по внешней оплетке.

Выводы. В данной работе были определены необходимые параметры устройства, произведено численное моделирование его компонентов по отдельности и в совокупности. На основе результатов моделирования был собран рабочий макет устройства. Результаты измерения его параметров позволяют предположить, что полноразмерное устройство будет способно принимать излучение Юпитера на частоте 21МГц.

Список использованных источников:

1. Burke, Bernard F and Franklin, Kenneth L Observations of a variable radio source associated with the planet Jupiter. // Journal of Geophysical Research. – 1955. – № 60(2). – С. 213–217.
2. Wilkinson power divider, en.wikipedia.org/wiki/Wilkinson_power_divider
3. How can a quarter-wave transmission line transformer be implemented with lumped elements? ham.stackexchange.com/questions/6201