

Вывод

По общим полученным результатам можно сделать вывод, что волноводные СВЧ-устройства из углекомпозитных материалов вполне работоспособны и при надлежащей технологии изготовления будут вполне конкурентоспособны с металлическими аналогами.

Список литературы

- [1] Дугин Н.А. Измерение параметров рупорной СВЧ-антенны : методическое пособие // Н.А. Дугин, Т.М. Заборонкова, Е.Н. Мясников. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 67 с.
- [2] Марков Г.Т., Сазонов Д.М. // Антенны – М. : Изд-во Энергия, - 1975. – 523 с.
- [3] Сазонов Д.М. // Антенны и устройства СВЧ: Учеб. Для радиотехнич. спец. вузов // Д.М. Сазонов. – М. : Изд-во Высш. шк., - 1988. – 432 с.

Н.А. Дугин, Г.Р. Беляев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТЕНН ИЗ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЛС ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: графеносодержащие структуры, углекомпозитные материалы, антенны

В данной статье представлены результаты исследований и экспериментов в области изготовления дипольных антенн из углекомпозитных материалов.

Целью работы было изготовить дипольные антенны диапазонов 200 и 600 МГц из углекомпозитного материала, измерить их характеристики (диаграмма направленности, коэффициент стоячей волны, коэффициент усиления), а также сравнить полученные данные с параметрами дипольных антенн, изготовленных из металла. Сделать выводы о возможности применения углекомпозита для изготовления дипольных антенн.

Новизна предлагаемых решений заключается в использовании нового поколения материалов – углекомпозитов, для создания широкого класса антенно-фидерных устройств и систем. В антеннах и радиотехнике углекомпозитные материалы в настоящее время используются в несущих конструкциях, как непроводящие материалы. Нами ставится обратная задача: добавляя графен можно менять проводимость и доводить её до предельно высоких значений.

Изделия из углекомпозитных материалов долговечны (до 30 лет) и имеют рекордное соотношение прочности к весу, стабильны в широком диапазоне температур (от – 50 до +200 °С), большой диапазон значения проводимости. Проводимость их сравнима с проводимостью металлов, из которых изготавливаются антенны. Введение графеносодержащих структур в эпоксиматрицу приводит также к улучшению как конструктивных свойств углекомпозита, так и позволяет создавать новые материалы с заданными электромагнитными свойствами.

Например – при создании самолетных и вертолетных антенн, и в частности антенных решеток, крайне актуальна задача предельного уменьшения веса всей конструкции и обеспечение независимости параметров системы от внешних условий. В этом случае необходимо создать легкие радиочастотные (проводящие) элементы решетки, несущую конструкцию и внешние корпуса радиочастотной аппаратуры с раз-

личной проводимостью, которые бы обеспечивали работу электронных устройств и не искажали характеристик самой решетки.



Рис. 1.

Для детального исследования электромагнитных свойств дипольной антенны необходимо было изготовить из углекомпозиата действующий макет усюв дипольной антенны, в точности повторяющий геометрические размеры серийно изготовленной промышленной антенны, выполненной из алюминиевого сплава. В качестве образцов дипольных антенн были выбраны специальные дипольные антенны (с уширенной полосой пропускания) диапазонов 200 и 600 МГц, см. рис. 1.

Для изготовления дипольных углекомпозитных антенн применялась углекомпозитная нить, для которой предполагалась наилучшая проводимость вдоль нити. Использовались два способа намотки: радиальный и продольный, при этом для придания соответствующих механических характеристик использовалось эпоксисвязующее вещество из эпоксидной смолы с добавлением графенового порошка. Несущее основание стержней (усюв) диполя изготавливалось из дюралевого прутка, а поверхность под намотку была изготовлена из дюрала и фторопласта.

Измерение характеристик антенн, как и их изготовление, проводились в Научно-исследовательском радиофизическом институте (ФГБНУ НИРФИ). На рис.2 показана лабораторная установка для измерения ДН антенн.



Рис. 2.

Результаты измерений

Коэффициент стоячей волны металлической антенны в рабочей зоне имеет значение порядка 1.4 и небольшой резонансный минимум в районе 270 МГц, см. рис. 3. КСВ углекомпозитных диполей с радиальной и продольной намоткой нити диапазона 200 МГц имеют практически ту же частотную зависимость, что и для металлических антенн, однако, в минимумах достигают предельно малых значений, порядка 1.07 (для продольно расположенной нити поверх фторопласта). Диполи с радиальной намоткой нити близки по параметрам к металлическому аналогу. Это соответствует изначаль- ному предположению о том, что продольная проводимость нити выше. Для диапазона 600 МГц зависимости КСВ от частоты для всех вариантов антенн практически одина- ковы, а величины значений КСВ практически те же, см. рис. 4. В этом диапазоне не наблюдается различий между диполями, изготовленными разными способами

Коэффициент усиления

При анализе амплитудно-частотных характеристик видно, что общий характер за- висимости уровня сигнала от частоты одинаков для всех вариантов антенн, что ука- зывает на то, что он определяется АЧХ излучателя. В ВЧ части диапазона от 600 до 800 МГц КУ всех антенн почти одинаковы, в диапазоне 500-600 МГц наблюдаются небольшие различия, таким образом КУ антенн с углекомпозитными усами в преде- лах ошибок измерений совпадают с КУ металлических аналогов.

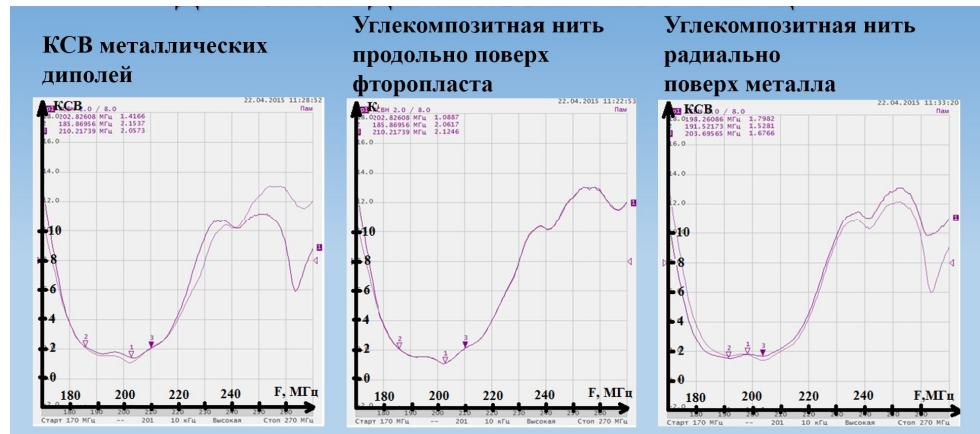


Рис. 3. Коэффициент стоячей волны диполей диапазона 200 МГц



Рис. 4. Коэффициент стоячей волны диполей диапазона 600 МГц

Диаграмма направленности

Несмотря на лабораторные условия измерений наблюдалось только небольшое искажение диаграммы направленности (увеличение нулевого уровня) на углах порядка 60–90 градусов. Ширина ДН для всех вариантов антенн примерно одинакова (рис. 5–6).

Вывод

По результатам измерений коэффициента стоячей волны, коэффициента усиления и диаграмм направленности можно сделать вывод, что углекомпозитные дипольные антенны показывают результаты, сравнимые с результатами исходных антенн, однако имеют меньший вес, более стойки к атмосферным воздействиям. Это говорит о возможности применения углекомпозитных материалов для изготовления дипольных антенн.

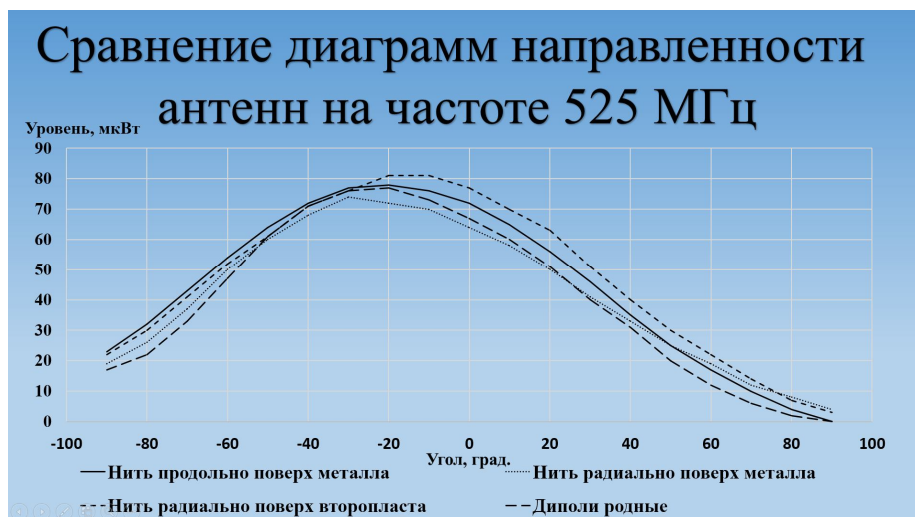


Рис. 5. Сравнение диаграмм направленности антенн на частоте 525 МГц

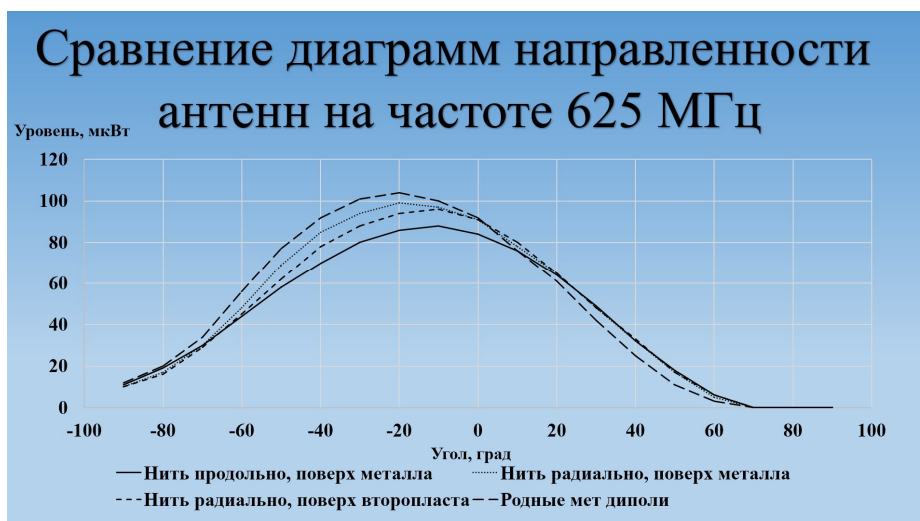


Рис. 6.

Список литературы:

- [1] Попов А.В. Нормы, правила, стандарты в системах телекоммуникаций : конспект лекций. Ч. 1 // А.В. Попов. – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 32 с.
 [2] Изюмов Н.М., Д.П. Линде «Основы радиотехники» М.,Л.; «Энергия», 1965г.
 [3] Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., «Измерение параметров рупорной СВЧ антенны» – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 71 с.

Т.М. Заборонкова, Н.Ф. Яшина
 ФГБОУ «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»

О КАНАЛИРОВАНИИ НЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЦИЛИНДРОМ, РАСПОЛОЖЕННЫМ В МАГНИТОАКТИВНОЙ ПЛАЗМЕ

Ключевые слова: магнитоактивная плазма, открытые волноводы, электромагнитные поверхностные волны.

Рассматривается распространение НЧ электромагнитных волн, направляемых диэлектрическим цилиндром, расположенным в однородной магнитоактивной плазме. Показано, что при определенных параметрах, возможно существование собственных поверхностных волн. Исследованы особенности их каналированного распространения.

Интерес к распространению и взаимодействию электромагнитных волн в неоднородной магнитоактивной плазме возник сравнительно давно и стимулировался многочисленными приложениями, в частности, волновой диагностикой плазмы, распространением электромагнитных волн в ионосфере, а также лабораторным моделированием соответствующих волновых процессов [1,2]. Настоящая работа посвящена изучению особенностей каналированного распространения низкочастотных волн, направляемых поверхностью бесконечно протяженного диэлектрического цилиндра, расположенного в однородной магнитоактивной плазме. Будем решать задачу в цилиндрической системе координат (ρ, φ, z) . Как известно [3], бесстолкновительная замагниченная плазма (внешнее магнитное поле $\vec{H}_0 = H_0 \vec{z}_0$), описывается тензором диэлектрической проницаемости вида

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon_0 \begin{pmatrix} \varepsilon & -ig & 0 \\ ig & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & \eta \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где величины ε, g, η определяются параметрами среды и в случае двухкомпонентной плазмы, состоящей из электронов и ионов, допускают для монохроматического поля $\exp(i\omega t)$ следующее представление

$$\varepsilon = \frac{(\omega^2 - \omega_{LH}^2)(\omega^2 - \omega_{UH}^2)}{(\omega^2 - \omega_H^2)(\omega^2 - \Omega_H^2)}, \quad g = \frac{\omega_p^2 \omega_H \omega}{(\omega^2 - \omega_H^2)(\omega^2 - \Omega_H^2)}, \quad \eta = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2},$$

где ω – круговая частота,

ω_H и Ω_H – гирочастоты электронов и ионов,