

10. Кравец В.В. Составление группы мономиальных $(1, 0, -1)$ – матриц четвертого порядка. / В.В. Кравец, Т.В. Кравец, А.В. Харченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – 3/3 (39) – с.15-27.
11. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. / Н.Н. Моисеев. – М.: 1979. – 224с.
12. Молчанов И.Н. Машинные методы решения прикладных задач. Дифференциальные уравнения. / И.Н. Молчанов. – К.: Наукова думка, 1988. – 344с.
13. Онищенко С.М. Применение гиперкомплексных чисел в теории инерциальной навигации. Автономные системы. / С.М. Онищенко. – Киев: Наук. думка, 1983. – 208 с.
14. Плотников П.К., Челноков Ю.Н. Применение кватернионных матриц в теории конечного поворота твердого тела. – Сб. научно-методич. статей по теоретической механике, 1981, вып. 11, с. 122-129
15. Тараканов В.Е. Комбинаторные задачи и $(0, 1)$ – матрицы. / В.Е. Тараканов. – М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1985. – 192с.

УДК 621.316:532.232

Приводиться розрахунок геометричних параметрів антенної системи для забезпечення заданої діаграми направленості при сушінні вовни

Ключові слова: хвилевід, електромагнітне поле, діаграма направленості

Приводится расчет геометрических параметров антенной системы для обеспечения заданной диаграммы направленности при сушке шерсти

Ключевые слова: волновод, электромагнитное поле, диаграмма направленности

A calculation over of geometrical parameters of the aerial system is brought for providing of the set diagram of orientation at drying of wool

Key words: waveguide, electromagnetic field, diagram of orientation

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СУШКИ ШЕРСТИ

А. Н. Мороз

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра применения электрической энергии в сельском хозяйстве
Национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенка
ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002
Контактный тел.: 8-067-362-55-59
E-mail: moroz-fekt@inbox.ru

Одним из наиболее перспективных направлений в развитии новых технологий при первичной обработке шерсти является использование электромагнитной энергии миллиметрового диапазона длин волн для сушки шерсти. В результате этого использования уничтожаются вредные микроорганизмы в шерсти, сокра-

щается время технологического процесса, экономятся энергоресурсы, а также сохраняются природные свойства шерсти. Однако создание равномерно распределенного ЭМП в зоне нахождения шерсти на конвейере связано со значительными трудностями как теоретического, так и конструктивного характера.

Теория радиолокационных антенн широко освещена в литературных источниках [1, 2], но вопросы их промышленного применения с уменьшенными габаритами и массой, расширением их рабочего диапазона, возможности управления диаграммой направленности рассмотрены недостаточно [3, 4].

Целью статьи является теоретический анализ диаграммы направленности открытого волновода в миллиметровом диапазоне длин волн. В качестве простой конструкции, которая обладает самыми основными свойствами рупорного излучателя, рассмотрим открытый волновод. Условно разрежем волновод сечением $7,2 \times 3,4 \text{ мм}^2$ перпендикулярно оси (рис. 1). В плоскости сечения расположим начало прямоугольной декартовой системы координат, ось z которой совпадает с направлением распространения волн. Пусть в волноводе возбуждается электромагнитная волна с единственным типом колебаний H_{10} , в результате чего из-за наличия поля в плоскости раскрыва $z=0$ во внешней области создается электромагнитное поле излучения.

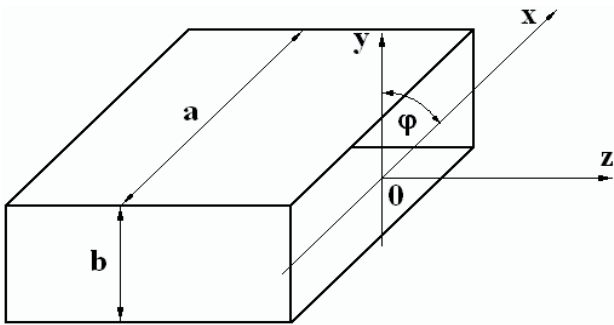


Рис. 1. Прямоугольный волновод с открытым концом

В сферической системе координат это электромагнитное поле имеет вид:

$$\vec{E} = \vec{e}_r E_r + \vec{e}_\varphi E_\varphi + \vec{e}_\theta E_\theta, \quad (1)$$

в декартовой системе координат это же поле можно записать в виде:

$$\vec{E} = \vec{e}_x E_x + \vec{e}_y E_y + \vec{e}_z E_z. \quad (2)$$

Выразим декартовы координаты через сферические [5]:

$$\begin{cases} E_x = E_r \sin \theta \cos \varphi - E_\varphi \sin \varphi + E_\theta \cos \varphi \cos \theta, \\ E_y = E_r \sin \theta \sin \varphi + E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta, \\ E_z = E_r \cos \theta - E_\theta \sin \theta. \end{cases} \quad (3)$$

Учитывая, что для рассматриваемого случая $E_r = 0$, перепишем систему уравнений (3) в виде:

$$\begin{cases} E_x = -E_\varphi \sin \varphi + E_\theta \cos \varphi \cos \theta, \\ E_y = E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta, \\ E_z = -E_\theta \sin \theta. \end{cases} \quad (4)$$

После подстановки (4) в (2) получим:

$$\begin{aligned} \vec{E} = & \vec{e}_x \left(-E_\varphi \sin \varphi + E_\theta \cos \varphi \cos \theta \right) + \\ & + \vec{e}_y \left(E_\varphi \cos \varphi + E_\theta \sin \varphi \cos \theta \right) + \\ & + \vec{e}_z \left(-E_\theta \sin \theta \right). \end{aligned} \quad (5)$$

В сферической системе координат составляющие поля E_φ и E_θ при возбуждении волной H_{10} , распространяющейся в прямоугольном волноводе сечением $0 \times b$, определяются выражениями [2]:

$$E_\varphi = A Z_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \cos \varphi \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_b} \right) \cdot \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \pi^2/4} \cdot \frac{\sin \beta}{\beta}, \quad (6)$$

$$E_\theta = A Z_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \sin \varphi \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_b} \cos \theta \right) \cdot \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \pi^2/4} \cdot \frac{\sin \beta}{\beta}. \quad (7)$$

Здесь $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta \cos \varphi$; $\beta = \frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta \sin \varphi$; λ – длина волны в свободном пространстве; $\lambda_b = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}$ – длина волны в волноводе; A – амплитудный коэффициент; Z_0 – волновое сопротивление.

Рассмотрим E_x компоненту электромагнитного поля в выражении (5). После подстановки значений E_φ и E_θ из выражений (6) и (7) и опуская промежуточные выкладки, получим:

$$E_x = -D \frac{\lambda}{\lambda_b} \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta, \quad (8)$$

$$\text{где: } D = A Z_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2} \frac{\cos \alpha}{\alpha^2 - \pi^2/4} \frac{\sin \beta}{\beta}.$$

По аналогии с E_x запишем выражения для E_y и E_z компонент поля. После подстановки значений E_φ и E_θ из (6) и (7) в выражение (5) получим:

$$E_y = D \left[\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_b} (1 - \sin^2 \varphi \sin^2 \theta) \right], \quad (9)$$

$$E_z = -D \sin \varphi \sin \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_b} \cos \theta \right). \quad (10)$$

Перепишем выражение (5), которое с учетом (8, 9, 10) примет вид:

$$\begin{aligned} \vec{E} = & \vec{e}_x D \left(-\frac{\lambda}{\lambda_b} \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta \right) + \\ & + \vec{e}_y D \left[\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_b} (1 - \sin^2 \varphi \sin^2 \theta) \right] + \\ & + \vec{e}_z D \left[-\sin \varphi \sin \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_b} \cos \theta \right) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

При предположении, что $\varphi = 0$ (см. рис. 1) построим диаграмму направленности открытого конца прямоугольного волновода в плоскости вектора \vec{H} основной волноводной волны H_{10} . В этом случае из (11) получим:

$$\vec{E} = \vec{e}_y D \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_b} \right). \quad (12)$$

Из выражения (12) получим уравнение, которое будет определять ДН открытого конца прямоугольного волновода в плоскости вектора \vec{H} волны H_{10} :

$$E_H(\theta) = B \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{\lambda_B} \right) \frac{\cos \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta \right)}{\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta \right)^2 - \frac{\pi^2}{4}} \quad (13)$$

где: $B = A Z_0 \frac{a^2 b}{\lambda^2}$.

Если же принять $\varphi = \frac{\pi}{2}$ (см. рис. 1), то можно построить ДН открытого конца прямоугольного волновода в плоскости вектора E основной волноводной волны H_{10} . При этом:

$$E_E(\theta) = B \left(-\frac{4}{\pi^2} \right) \cos \theta \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_B} \cos \theta \right) \frac{\sin \left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta \right)}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta \right)} \quad (14)$$

Результаты расчета ДН открытого конца прямоугольного волновода в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, выполненные по формулам (13) и (14), представлены на рис. 2.

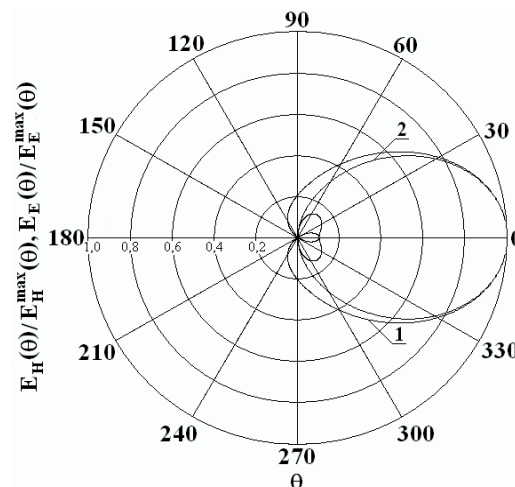


Рис. 2. ДН открытого конца прямоугольного волновода в H – и E – плоскостях

Как следует из рис. 2, ширина диаграммы направленности по уровню 0,707 в плоскости вектора \vec{H} составляет 28,2 мм, а в плоскости вектора \vec{E} она равна 26,6 мм, т.е. ширина ДН не соответствует требованиям сушки шерсти по конвейерной технологии и поэтому следующей задачей исследований является исследование антенн с геометрическими размерами в несколько длин волн.

Литература

1. Кочерневский Г.Н. Антенно-фидерные устройства / Кочерневский Г.Н. – М.: Радио и связь, 1981. – 280 с.
2. Р. Кюн. Микроволновые антенны / Р. Кюн.; Пер. с нем. Под ред. М.П. Долуханова. – Ленинград: Судостроение, 1967. – 518 с.
3. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ./ Сазонов Д.М. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.
4. Справочник по радиолокации в 4 – х т. / Пер. с англ. Под общ. ред. К.Н. Трофимова. – М.: Сов. радио. Т. 2. – 1977. – 408 с.
5. Бронштейн И.Н. Справочник по математике. / И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 554 с.