

УДК 537.868

ВЛИЯНИЕ ФЕРРИМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СТОЯЧЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ В МЕХАНИЧЕСКУЮ

Л. Г. МАРТЫНЕНКО¹, Г. Л. КОМАРОВА²

¹Харьковский торгово-экономический институт
Киевского национального торгово-экономического университета,
Украина, Харьков, пер. О. Яроша, 8

²Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,
Украина, Харьков, пл. Феербаха, 7

Аннотация. В работе методом физического моделирования получены алгоритмы вычисления магнитной проницаемости в феррите при произвольных величинах вектора магнитной напряженности электромагнитной волны и силы, с которой стоячая электромагнитная волна действует на ферритовый цилиндр произвольного диаметра, помещенный в постоянное магнитное поле. Величина напряженности постоянного магнитного поля обеспечивает возникновение ферримагнитного резонанса. Исследована зависимость силы от расстояния между металлическим экраном и ферритовым цилиндром при ферримагнитном и пространственном резонансах. Стоячая электромагнитная волна, распространяющаяся в свободном пространстве с плотностью потока мощности 622 кВт/м^2 и длиной волны $\lambda_0 = 3,2 \text{ см}$, отражается от металлического экрана, расположенного на расстоянии $\lambda_0/8 + n\lambda_0/2$, $n = 0, 1, 2, \dots$, измеренном от центра ферритового цилиндра, и действует с силой $10,6 \text{ Н}$ на ферритовый цилиндр длиной $0,64 \text{ м}$ с резонансным радиусом $2,808 \text{ мм}$. Применение пространственного резонанса и стоячей электромагнитной волны позволило увеличить коэффициент преобразования энергии СВЧ в механическую в 58 раз по сравнению с использованием только ферримагнитного резонанса в известных работах.

Ключевые слова: электромагнитная энергия; ферримагнитный резонанс; преобразование; механическая энергия

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕМ ВИДЕ

Известные научные разработки, направленные на создание преобразователей электромагнитной энергии СВЧ в механическую энергию показали, что при этом возникает чрезвычайно малая сила тяги, величина которой составляет $1,2 \text{ мН/кВт}$ [1], $0,6 \text{ мН/кВт}$ [2] $4 \times 10^{-6} \text{ мН/кВт}$ [3]. Основными элементами таких преобразователей являются генератор СВЧ, электромагнитная волна, металлический экран или металлическое кольцо, диэлектрический эллипсоид, и ферритовый шар.

Низкий уровень полученной силы тяги не позволяет использовать их в промышленных условиях. Поэтому разработка новых методов преобразования электромагнитной энергии СВЧ в механическую энергию является актуальной.

Целью работы является усовершенствование метода преобразования электромагнитной энергии СВЧ в механическую энергию.

2. АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для совершенствования метода преобразования электромагнитной энергии в механи-

DOI: [10.20535/S0021347020050039](https://doi.org/10.20535/S0021347020050039)

© Л. Г. Мартыненко, Г. Л. Комарова, 2020

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Н. White *et al.*, “Measurement of impulsive thrust from a closed radio-frequency cavity in vacuum,” *J. Propuls. Power*, vol. 33, no. 4, pp. 830-841, 2017, doi: [10.2514/1.B36120](https://doi.org/10.2514/1.B36120).
2. Л. Г. Мартыненко, А. Л. Комарова, В. В. Маличенко, “Влияние ферромагнитного резонанса на преобразование электромагнитной энергии в механическую,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т1. 59, № 10, с. 30, 2016, doi: [10.20535/s0021347016100046](https://doi.org/10.20535/s0021347016100046).
3. Р. А. Валитов, Н. А. Хижняк, В. С. Жилков, Р. Р. Валитов, *Пондеромоторное действие электромагнитного поля (теория и приложения)*. Москва: Советское радио, 1975, uri: <https://www.twirpx.com/file/1577048/>.
4. Л. Г. Мартыненко, Г. Л. Комарова, “Способ перетворення електромагнітної енергії в механічну,” Патент України № 117748, 2018.
5. Г. С. Макеева, О. А. Голованов, “Электродинамический анализ постоянных распространения электромагнитных волн в 3D-решетках магнитных нанопроволок в условиях магнитного резонанса в микроволновом диапазоне,” *Радиотехника и электроника*, Т. 61, № 1, С. 3–11, 2016, doi: [10.7868/S0033849415110145](https://doi.org/10.7868/S0033849415110145).
6. А. I. Kozar, “Resonant degenerate crystal made of spheres located in magnetodielectric medium,” *Int. J. Electromagn. Appl.*, vol. 3, no. 2, pp. 15–19, 2013, doi: [10.5923/j.ijea.20130302.02](https://doi.org/10.5923/j.ijea.20130302.02).
7. L. G. Martynenko and A. I. Komarova, “Resonance method of electromagnetic to mechanical energy transformation,” *Electr. Electron Tech Open Acc J*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: [10.15406/eetoaj.2017.01.00008](https://doi.org/10.15406/eetoaj.2017.01.00008).
8. “Микроволновые ферриты.” URL: <https://www.domen.ru/mikrovolnovyye-ferrity> (accessed Apr. 20, 2018).
9. В. В. Никольский, *Теория электромагнитного поля*. Москва: Высшая школа, 1961.

Поступила в редакцию 20.04.2018

После доработки 17.11.2019

Принята к публикации 19.03.2020
