

УДК 537.868 + 621.317.784

ВЛИЯНИЕ ФЕРРИМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКУЮ

МАРТЫНЕНКО Л. Г.¹, КОМАРОВА А. Л.², МАЛИЧЕНКО В. В.¹

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. Методом физического моделирования в нулевом приближении в работе получен алгоритм вычисления силы, с которой электромагнитная волна, распространяющаяся в прямоугольном волноводе, действует на ферритовый шар, помещенный в постоянное магнитное поле. Исследована зависимость силы от величины магнитной напряженности вблизи ферримагнитного резонанса. Теоретические результаты вычислений сопоставлены с экспериментальными. При резонансе электромагнитная волна мощностью 10 Вт и длиной 3,2 см действует на ферритовый шар диаметром 3,55 мм с силой, равной $6 \pm 0,5$ мкН. Данной силы достаточно для вращения подвешенной системы образцового пондеромоторного ваттметра, закрепленной с двух концов с помощью растяжек или кернов. Это позволяет разработать высокоточные ваттметры СВЧ с достаточной механической прочностью и надежностью для промышленного применения.

Ключевые слова: электромагнитная энергия; ферримагнетики; резонанс; преобразование; пондеромоторный ваттметр

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕМ ВИДЕ

Электромагнитная энергия СВЧ используется в различных областях науки и техники: ускорители элементарных частиц, системы термоядерного синтеза, нагрев и обработка материалов и изделий в пищевой промышленности, радиолокации, телекоммуникации [1], медицине [2] и др. [3].

Рациональное использование энергии СВЧ невозможно без надежных и точных измерительных устройств. Одним из основных параметров электромагнитной энергии, который необходимо контролировать при ее использовании, является мощность.

В настоящее время для измерения мощности электромагнитной энергии СВЧ в промышленных условиях используются ваттметры, например DPM 5000-EX фирмы «Bird Electronic Corporation», USA [4], R&S®NRP2 фирмы «Rohde & Schwarz» [5], M3-56, МКЗ-71 компании «Меридиан» [6]. Погрешность измерения проходящей от генератора до нагрузки мощности этими ваттметрами составляет 4–5% без учета погрешности рассогласования и погрешности дополнительных переходов.

Известны образцовые пондеромоторные ваттметры, максимально приближенные к эталонам, которые имеют погрешность измерения проходящей от генератора до нагрузки мощности равную 0,2% [7]. Использование этих ваттметров в промышленных условиях

DOI: [10.20535/S0021347016100046](https://doi.org/10.20535/S0021347016100046)

© Мартыненко Л. Г., Комарова А. Л., Маличенко В. В., 2016

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ребров С. И. Научно-технические статьи С. И. Реброва / С. И. Ребров // Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника. — 2009. — № 1. — С. 31–70. — Режим доступа : <http://elibrary.ru/item.asp?id=14864398>.
2. *Alsuhaim H. S.* Effects of low power microwaves at 1.8, 2.1, and 2.3 GHz on L-lactic dehydrogenase and Glutathione peroxidase enzymes / Hamd S. Alsuhaim, Vuk Vojisavljevic, Elena Pirogova // J. Electromagnetic Waves Applications. — 2014. — Vol. 28, No. 14. — P. 1726–1735. — DOI : [10.1080/09205071.2014.934924](https://doi.org/10.1080/09205071.2014.934924).
3. *Ka M.-H.* Limiting accuracy of the dual-frequency microwave interferometry measurement for sea surface monitoring from space / Min-Ho Ka, A. I. Baskakov // J. Electromagnetic Waves Applications. — 2015. — Vol. 29, No. 16. — P. 2199–2206. — DOI : [10.1080/09205071.2015.1062806](https://doi.org/10.1080/09205071.2015.1062806).
4. The Bird® Model 5000-EX RF Digital Power Meter. — Режим доступа: <http://www.chuckmartin.com/category/Bird-5000-Digital-Meters-51>. — Дата доступа: 19.04.16.
5. Digital Power Meter company Rohde & Schwarz. — Режим доступа: <http://www.distek.ro/en/Product/RF-Power-Meter-Rohde-and-Schwarz-NRP2-1076>. — Дата доступа: 19.04.16.
6. Основные технические характеристики ваттметров компании «Меридиан». — Режим доступа: <http://www.meridian-pr.ru/?c=show&id=671&m=catalog>. — Дата доступа: 19.04.16.
7. Пондеромоторное действие электромагнитного поля (теория и приложения) / Р. А. Валитов, Н. А. Хижняк, В. С. Жилков, [и др.] ; под ред. Р. А. Валитова. — М. : Сов радио, 1975. — 232 с.
8. *Козар А. І.* Електромагнітні явища в резонансних складних просторових системах малих магнітодіелектричних сфер : автореф. дис. ... д.ф.м.н. / А. І. Козар. — Харків : ХНУРЕ, 2010. — 37 с.
9. *Макеева Г. С.* Электродинамический анализ постоянных распространения электромагнитных волн в 3D-решетках магнитных нанопроволок в условиях магнитного резонанса в микроволновом диапазоне / Г. С. Макеева, О. А. Голованов // Радиотехника и электроника. — 2016. — Т. 61, № 1. — С. 1–11. — DOI : [10.7868/S0033849415110145](https://doi.org/10.7868/S0033849415110145).
10. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч.1. Основи теорії електромагнітного поля / В. М. Шокало, В. І. Правда, В. А. Усін, [та ін.] ; за ред. В. М. Шокало, В. І. Правди. — Харків : Колегіум, 2009. — 286 с.
11. *Гуревич А. Г.* Ферриты на сверхвысоких частотах / А. Г. Гуревич. — М. : Физматгиз, 1960. — 208 с.

Поступила в редакцию ? По-сле переработки ?