

Рисунок 5 Зависимость угла наклона плоскости ДМПУП γ от β при $\alpha = 30^\circ$, полученная по расчетной формуле(а) и экспериментальным путем(б)

Вывод. Таким образом, в данной статье была получена и экспериментально проверена расчетная формула по определению угла наклона плоскости ДМПУП относительно горизонтальной плоскости. Это позволяет существенно увеличить область применения приборов данного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.А. Исследование изменения быстродействия при удаленном подключении по сети интернет к рабочему столу виртуальной машины частного облака ПензГТУ. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 3 (31). С. 173-178.
2. Мартышкин А.И., Бикташев Р.А., Воронцов А.А. Численный метод для определения пропускной способности приоритетного потока заявок в МПУПогопроцессорной системе с общим диспетчером задач по каждому конкретному типу приоритета. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2014. № 3 (19). С. 137-145.
3. Прошкин В.Н. Конструкторско-технологические способы совершенствования магнитострикционных преобразователей линейных перемещений для специальных условий эксплуатации: Дис....канд. техн. наук. – Астрахань, 2007. – 229 с.
4. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

УДК 519.711.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ОСНОВАНИЙ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ В МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Ю.Н. Слесарев

¹профессор кафедры "Автоматизация и управление", д.т.н., Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: SlesarevUN@gmail.com

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрено моделирование магнитных полей вблизи оснований постоянных магнитов цилиндрической формы. На основании результатов моделирования приведены рекомендации по предотвращению формирования ультразвуковых волн кручения в точках, не предусмотренных расчетами.

Ключевые слова: кольцевой магнит, напряженность магнитного поля, магнитное поле кольцевого магнита, магнитное поле сплошного магнита, напряженность вблизи основания постоянного магнита.

RESEARCH OF MAGNETIC FIELD TENSION NEAR THE BASES OF PERMANENT MAGNETS OF CYLINDRICAL FORM IN MAGNETIC STRICTION CONVERTERS OF ANGULAR MOVEMENTS

Yu.N. Slesarev

¹Ph.D., professor, Department of Automation and Control, Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: SlesarevUN@gmail.com

Abstract. This article describes in detail the modeling of magnetic fields near the bases of permanent cylindrical magnets. Based on the simulation results, recommendations are given on preventing the formation of ultrasonic torsion waves at points not provided for by calculations.

Keywords: ring magnet, magnetic field strength, magnetic field of a ring magnet, magnetic field of a solid magnet, tension near the base of a permanent magnet.

Введение. Для определения положения различных высотных сооружений, плотин, определения величины прогибов и деформаций опор и балок, контроля углов наклона автомобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальтоукладчиков, подъемников, кранов и экскаваторов применяются приборы, называемые преобразователями угловых перемещений [1-8]. В последние годы для этих целей все чаще находят применение магнитострикционные преобразователи угловых перемещений (МПУП).

На данный момент наиболее проработанными являются конструкции МН на продольных и крутильных УЗВ.

МН на крутильных упругих УЗВ можно условно разделить на однокоординатные (ОМПУП) и двухкоординатные (ДМПУП), позволяющие измерение двух углов наклона во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Магнитные поля, формируемые ДМПУП зависят от многих параметров конструкции ДМПУП, основными из которых являются параметры постоянных магнитов (ПМ). Необходимо отметить, что напряженность магнитного поля, созданного вблизи оснований ПМ, будет отличным от нуля. При создании опытных образцов ДМПУП необходимо учитывать численное значение напряженности магнитного поля вблизи оснований ПМ, так как это может привести к формированию ультразвуковых волн в точках волновода, не предусмотренных расчетами.

Цель работы. Целью данной статьи является математическое моделирование напряженностей магнитного поля, созданных кольцевым (КПМ) и сплошным (СПМ) ПМ.

Материал и результаты исследований.

Одним из способов аналитического преобразования уравнений магнитного поля является их предварительное сведение к уравнению относительно скалярного магнитного потенциала [6]. Данный метод расчета является наиболее эффективным, так как скалярными здесь являются не только рассчитываемая величина, но и решаемое уравнение в целом.

Для моделирования магнитных полей, созданных КПМ и СПМ, воспользуемся формулой проекции вектора напряженности магнитного поля на ось Z, созданного ПМ радиусом R_M и высотой h_M :

$$H_z(r) = 4h_M \cdot M \int_{R_M}^{\infty} \frac{E(k_2) \rho \cdot d\rho}{\left[(r - \rho)^2 + \frac{h_M^2}{4} \right] \cdot \left[(r + \rho)^2 + \frac{h_M^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (1)$$

где $E(k_2) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k_2^2 (\sin \varphi)^2} d\varphi$ - полный эллиптический интеграл второго рода, $k_2^2 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{(r + \rho)^2 + \frac{h_M^2}{4}}$.

Зависимости напряженностей магнитного поля ПМ указанных форм от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ, рассчитанные по формуле (1) приведены на рисунках 1 и 2.

Анализ результатов моделирования зависимости напряженностей магнитного поля СПМ и КПМ от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ (рисунки 1 и 2), рассчитанных по формуле (1), позволяет сделать вывод о необходимости предотвращения возможности формирования УЗВ кручения в точках, не предусмотренных расчетами углов наклона ДМН относительно горизонтали, расположенных вблизи его оснований, таких как А, В, С и D для КПМ и Е и F для СПМ (рисунок 3).

Этого можно добиться подбором соответствующих размеров и марки ПМ, либо экранированием ПМ, как это показано на рисунке 4.

Результирующее значение напряженности магнитного поля, согласно закону полного тока, определится по формуле [7]

$$H_r^2 = H_{O.II.}^2 + H_K^2 \quad (8)$$

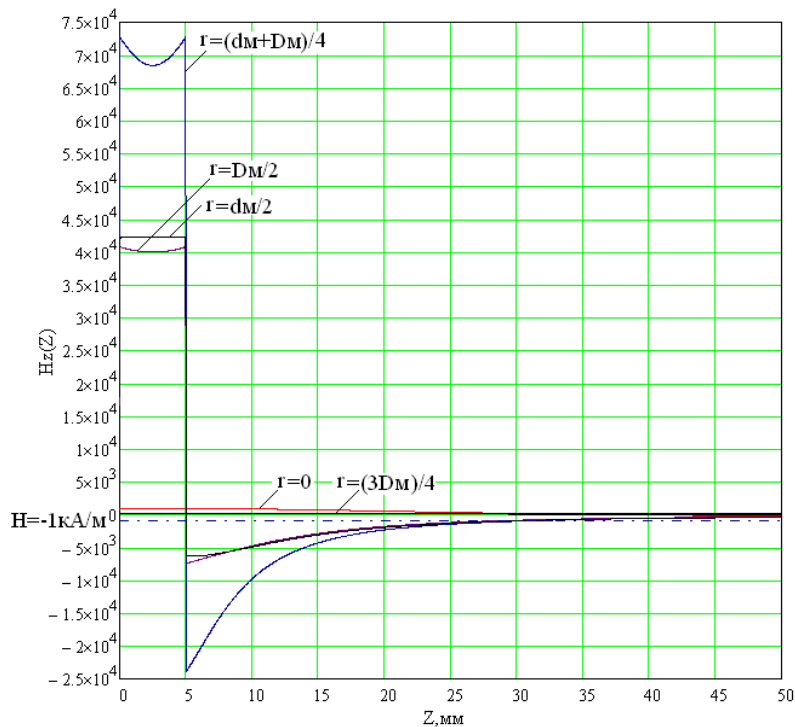


Рисунок 1 - Зависимость напряженностей магнитного поля СПМ от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ

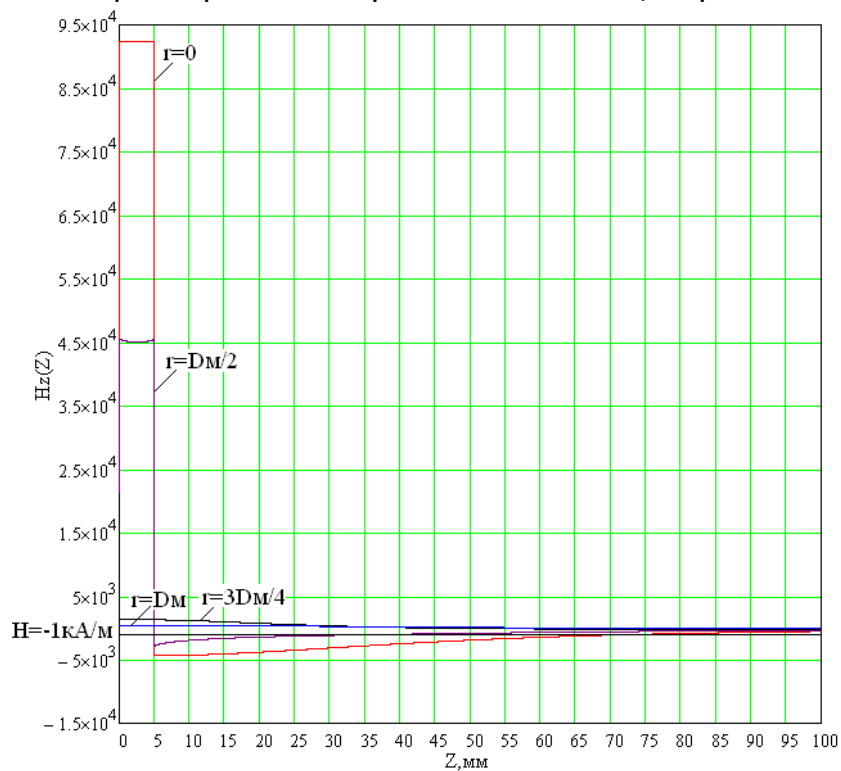


Рисунок 2 - Зависимость напряженностей магнитного поля КПМ от высоты на фиксированном расстоянии r от центра ПМ

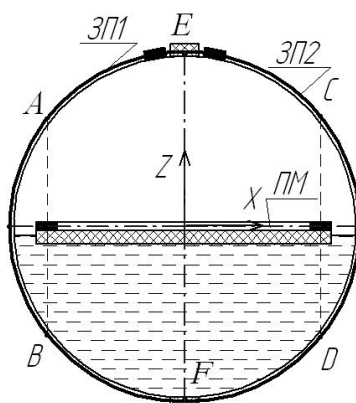


Рисунок 3 - Точки возможного формирования УЗВ СПМ и КПМ

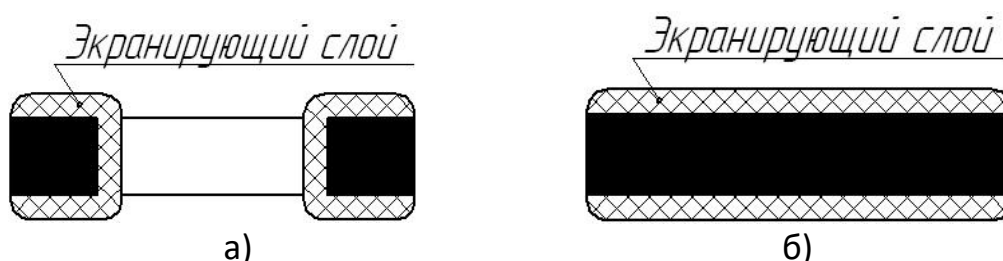


Рисунок 4 - Кольцевой(а) и сплошной(б) ПМ с экранирующим слоем

, где H_r - напряженность результирующего поля, $H_{O.L.}$ - составляющая напряженности магнитного поля, созданная ПМ и рассчитываемая по формуле (7), H_K - составляющая напряженности магнитного поля, созданная токовым импульсом i при протекании им в среде волновода (ВЛ);

$$H_K = \frac{i}{2 \cdot \pi \cdot R}, \text{ где } R - \text{ радиус ВЛ.}$$

Следует отметить, что вследствие малости значений амплитуды токового импульса i составляющих несколько десятков миллиампер, значение напряженности магнитного поля H_K получается на несколько порядков меньше $H_{O.L.}$. Исходя из этого, можно сделать вывод, что результирующее значение напряженности магнитного поля для рассматриваемых на рисунках 1-2 случаев моделирования будет незначительно отличаться от значения напряженности H_K .

Вывод. Таким образом, моделирование показало необходимость учета значения напряженностей магнитного поля вблизи оснований ПМ, например, их экранированием. Полученные в результате теоретического исследования математические формулы позволяют найти оптимальное значение параметров конструкции, что позволяет подобрать оптимальное значение массы и габаритов ДМПУП, уменьшая при этом его себестоимость изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.А. Исследование изменения быстродействия при удаленном подключении по сети интернет к рабочему столу виртуальной машины частного облака ПензГТУ. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 3 (31). С. 173-178.
2. Мартышкин А.И., Бикташев Р.А., Воронцов А.А. Численный метод для определения пропускной способности приоритетного потока заявок в многопроцессорной системе с общим диспетчером задач по каждому конкретному типу приоритета. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. - 2014. № 3 (19). С. 137-145.
3. Прошкин В.Н. Конструкторско-технологические способы совершенствования магнитострикционных преобразователей линейных перемещений для специальных условий эксплуатации: Дис....канд. техн. наук. – Астрахань, 2007. – 229 с.
4. Воронцов, А.А. Двумерная модель формирования сигнала воспроизведения магнитострикционного наклономера / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. – С. 462–466.
5. Воронцов, А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнитострикционных наклономеров, содержащих кольцевой или сплошной постоянный магнит / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. С. 467–472.
6. Воронцов А.А. Моделирование магнитной системы конструкций двухкоординатных магнитострикционных наклономеров с расположением магниточувствительных элементов под углом 90 градусов / Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, С.В. Родионов, А.М. Зелик // В сб.: Новое слово в науке: перспективы развития Сборник материалов международной научно–практической конференции. Чебоксары, 2014. С. 238 – 240.
7. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
8. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.