

УДК 519.711.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОГО ТРАКТА МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Ю.Н. Слесарев¹, А.Н. Саламатин²

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

²аспирант гр.19ТИ, Пензенский Государственный Технологический Университет, г. Пенза, Россия, e-mail: salamatin1994@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрено моделирование магнитной системы магнитоstrictionного преобразователя угловых перемещений. Рассмотрен процесс взаимодействия магнитных полей, созданных токовыми импульсами и постоянным магнитом, процесс формирования токового импульса и деформация волновода при воздействии на него магнитных полей. Для моделирования использовались волноводы с сечением круглой и прямоугольной формы.

Ключевые слова: моделирование, магнитное поле, магнитная система, моделирование магнитной системы, волновод, постоянный магнит, упругие константы, Elcut.

MODELING OF A MAGNETIC SYSTEM OF ACOUSTIC TREATMENT OF A MAGNETOSTRICTION CONVERTER OF ANGULAR MOVEMENTS

Yu.N. Slesarev¹, A.N. Salamatin²

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

²postgraduate, Penza State Technological University, s. Penza, Russia, e-mail: salamatin1994@yandex.ru

Abstract. In this article modeling of magnetic system of the magnetostriction tiltmeter is considered. Process of interaction of the magnetic fields created by current impulses and a permanent magnet, process of formation of a current impulse and deformation of a wave guide at impact on him of magnetic fields is considered. For modeling wave guides with section round and squared were used.

Keywords: modeling, magnetic field, magnetic system, modeling of magnetic system, wave guide, permanent magnet, elastic constants, Elcut.

Введение. Для определения значения крена судна, 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. В последние годы для этих целей все чаще находят применение магнитоотрицательные преобразователи угловых перемещений.

Цель работы.

Целью работы является моделирование магнитной системы акустического тракта магнитоотрицательного преобразователя угловых перемещений.

Материал и результаты исследований.

Один из вариантов реализации первичного преобразователя двухкоординатного магнитоотрицательного преобразователя угловых перемещений приведен на рисунке 1.

Он содержит магнитоотрицательный преобразователь перемещений, выполненный в виде сферического корпуса 1 из немагнитного материала, например пластика, с заполненной наполовину рабочей жидкостью 2, поплавковым элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом 4, однотипными С-образными волноводами 5, 6 из магнитоотрицательного материала [1-9].

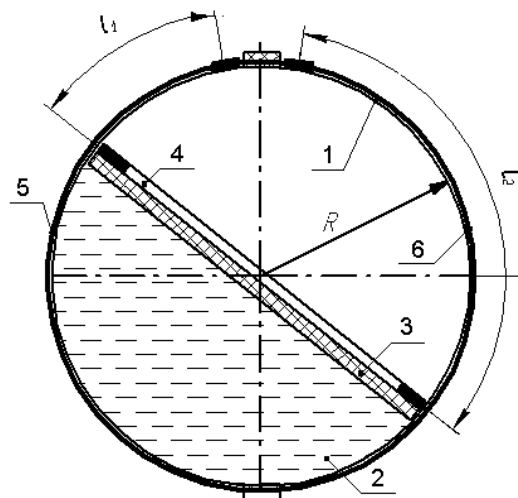


Рисунок 1 – Первичный преобразователь двухкоординатного магнитоотрицательного преобразователя угловых перемещений

При изменении положения постоянного магнита 4 относительно волновода (ферромагнитного элемента) и протекании по нему импульсного электрического тока, происходит возбуждение ультразвуковых волн в волноводах 5 и 6. Разность пройденных звуковыми волнами путей преобразуется в цифровой код, пропорциональный углу наклона поплавкового элемента 3.

Имеющиеся методики анализа магнитной системы преобразователя угловых перемещений не могут быть использованы из-за приближенных аналитических моделей, лежащих в их основе [10]. Основным инструментом анализа в настоящее время можно считать моделирование сложных процессов с помощью таких программных комплексов как ANSYS, ELCUT и др.

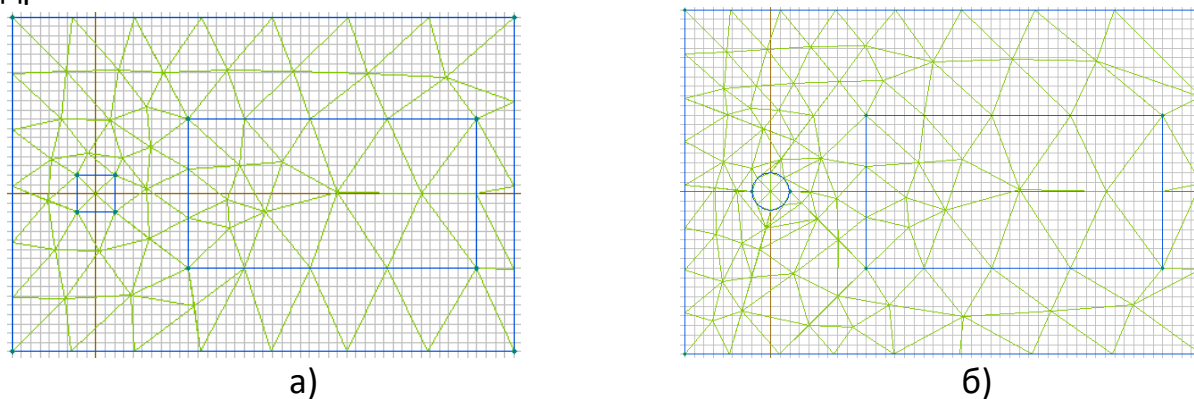


Рисунок 2 – Моделирование магнитной системы двухкоординатного магнитострикционного преобразователя угловых перемещений с использованием волноводов прямоугольного (а) и круглого (б) сечений

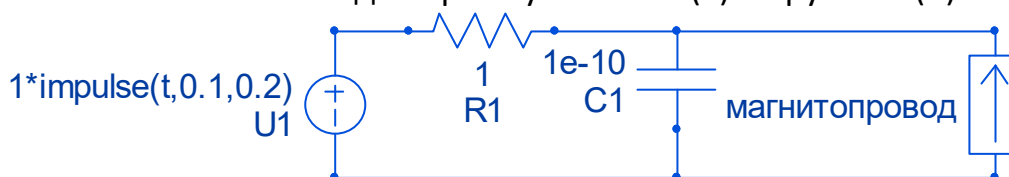
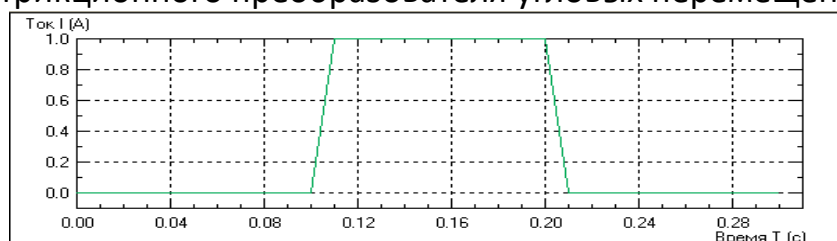
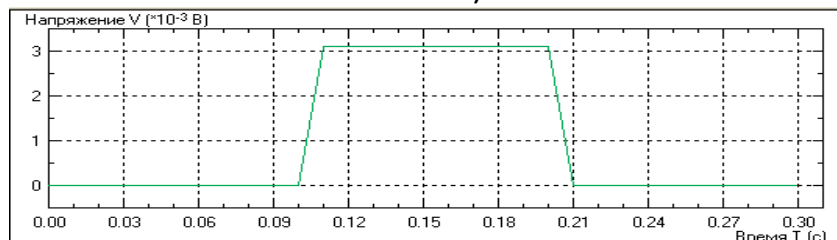


Рисунок 3 – Модель электрической цепи генератора импульсов магнитострикционного преобразователя угловых перемещений



а)



б)

Рисунок 4 – Форма импульса тока (а) и напряжения (б) в волноводе магнитострикционного преобразователя угловых перемещений

В качестве инструмента анализа был выбран ELCUT, представляющий собой интегрированную диалоговую систему программ, позволяющую решать линейные, нелинейные, плоские, осесимметричные задачи, а также связанные задачи нескольких типов, в которых решение, полученное из одной задачи, используется в качестве входных данных для другой задачи.

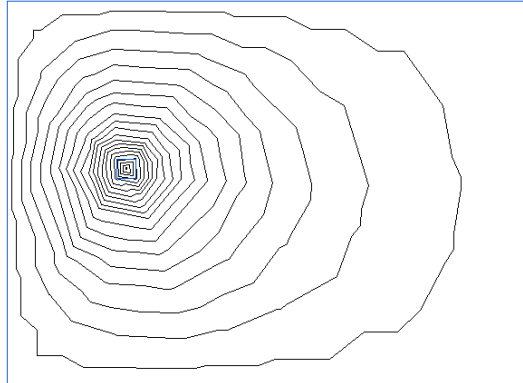


Рисунок 5 – Результат моделирования в программе Elcut магнитного поля, созданного токовыми импульсами при их распространении в среде волновода магнитострикционного преобразователя угловых перемещений

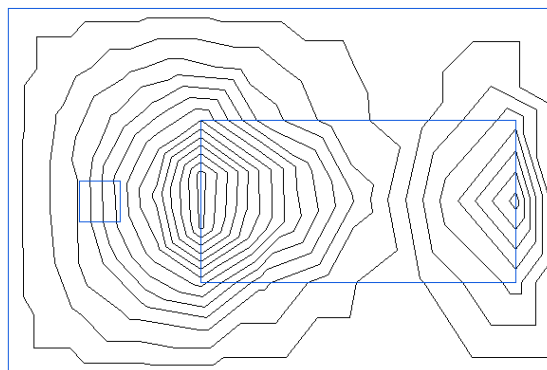


Рисунок 6 – Результат моделирования в программе Elcut магнитных полей, созданных постоянным магнитом и токовыми импульсами в среде волновода

На рисунках 2а и 2б приведены геометрические модели расчетной задачи по определению величин деформации в волноводе преобразователя угловых перемещений для волновода квадратной (а) и круглой (б) формы. Расстояние между узлами сетки составляет 100 мкм.

На рисунке 3 изображена модель электрической цепи импульсного генератора, реализованная в системе ELCUT, служащего источником возбуждения крутильных колебаний в волноводе и форма импульса тока (а) и напряжения (б) в волноводе (рисунок 4а-б).

Магнитное круговое поле волновода, созданное токовым импульсом (рисунок 5) взаимодействует с магнитным полем постоянного магнита (ри-

сунок 6). Для вычислительного эксперимента был выбран постоянный магнит на основе соединения NdFeB обладающий петлей гистерезиса, часть которой была воссоздана в программе Elcut и приведена на рисунке 7. В соответствии с эффектом Видемана в результате взаимодействия магнитных полей, созданных токовыми импульсами и постоянным магнитом, происходит деформация волновода, что вызывает появление крутильных колебаний волновода, представленных его деформацией (рисунок 8). Для моделирования волновода были использованы упругие константы, значения которых приведены на рисунке 9.



Рисунок 7 – Часть петли гистерезиса для постоянного магнита на основе соединения NdFeB, реализованной в программе Elcut

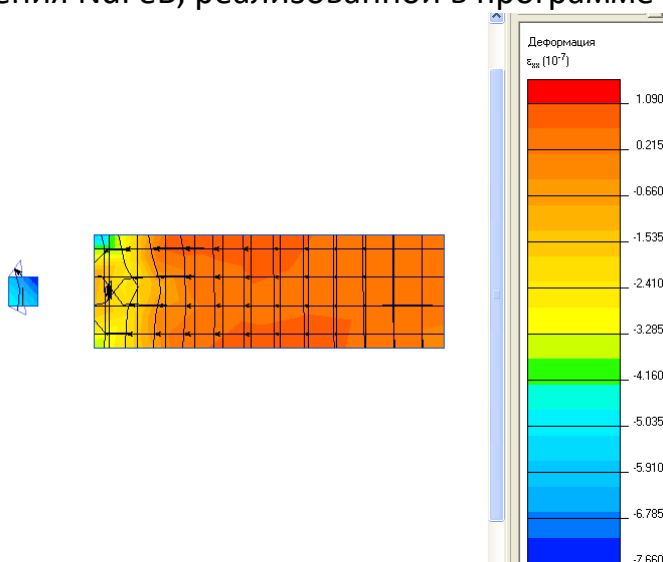
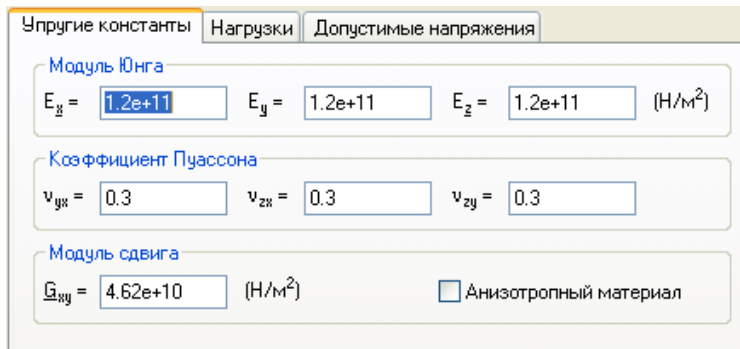


Рисунок 8 – Результат моделирования деформации волновода при взаимодействии магнитных полей постоянного магнита и волновода, представленный в программе Elcut



Упругие константы | Нагрузки | Допустимые напряжения

Модуль Юнга
 $E_x = 1.2e+11$ $E_y = 1.2e+11$ $E_z = 1.2e+11$ (Н/м²)

Коэффициент Пуассона
 $\nu_{yx} = 0.3$ $\nu_{zx} = 0.3$ $\nu_{zy} = 0.3$

Модуль сдвига
 $G_{xy} = 4.62e+10$ (Н/м²) Анизотропный материал

Рисунок 9 – Значения упругих констант, используемых при моделировании магнитной системы магнитострикционного преобразователя угловых перемещений

Вывод. Таким образом, моделирование работы магнитной системы преобразователя угловых перемещений с помощью пакета ELCUT позволило выполнить комплексный анализ влияния геометрических, электрических, магнитных, упругих параметров магнитной системы наклономера. В частности, анализ показал, что в волноводе квадратной формы можно получить большую амплитуду звуковой волны, чем в форме круга. Это должно быть учтено при разработке и анализе конструкций магнитострикционных преобразователей.

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 наклонеров 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. Прецизионные сплавы. Справочник /Под ред. Молотилова Б.В. -М.: Металлургия, 1983.-439 с.

8. Голямина И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

9. Слесарев Ю.Н. Реверсивные методы записи для оптических дисковых накопителей: Дис....д-ра техн. наук. – Пенза, 2004. – 342 с.

УДК 519.711.3

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОСТИ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Ю.Н. Слесарев¹

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

Аннотация. В данной статье получена расчетная формула угла наклона плоскости двухкоординатного магнитострикционного преобразователя угловых перемещений через углы наклона во взаимно перпендикулярных плоскостях α и β . Совпадение численных значений результатов, полученных при моделировании и экспериментальным методом свидетельствует об адекватности расчетной формулы.

Ключевые слова: угол наклона плоскости, расчет угла наклона, двухкоординатный магнитострикционный преобразователь угловых перемещений, магнитострикционный преобразователь угловых перемещений.

TO THE QUESTION OF DETERMINING THE ANGLE TILT OF THE PLANE OF A TWO-ORDER MAGNETOSTRICTION CONVERTER OF ANGULAR MOVEMENTS REGARDING THE HORIZONTAL PLANE

Yu.N. Slesarev

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