

УДК 519.711.3

ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСЬ OZ

Ю.Н. Слесарев¹

¹доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: slesarevun@gmail.com

Аннотация. В работе подробно рассмотрен анализ основных параметров индуктивного элемента, влияющих на формирование магнитных полей, сформированных при протекании в среде волновода токового импульса. Проведено математическое моделирование магнитного поля индуктивного элемента при изменении координаты, отсчитанной по оси OZ от его центра для различных значений радиусов и длины индуктивного элемента.

Ключевые слова: индуктивный элемент, напряженность магнитного поля, магнитное поле, зависимость напряженности от координаты Z.

RESEARCHES AND MATHEMATICAL MODELLING OF THE PROJECTION OF TENSION OF MAGNETIC FIELD OF THE INDUCTIVE ELEMENT TO AXIS OZ

Yuri Slesarev¹

¹Dr., Ph.D., professor of Automation and Management department, federal state-funded educational institution of the higher education 'Penza state technological university', Penza, Russia, e-mail: slesarevun@gmail.com

Abstract. In work the analysis of the key parameters of an inductive element influencing formation of the magnetic fields created at course in the environment of a wave guide of a current impulse is in detail considered. Mathematical modeling of magnetic field of an inductive element at change of the coordinate counted on OZ axis from its center for various values of radiuses and length of an inductive element is carried out.

Keywords: inductive element, tension of magnetic field, magnetic field, dependence of tension on Z coordinate.

Введение. Для воспроизведения информационного сигнала в магнитострикционных преобразователях перемещений возможно использование индуктивного элемента [1-4]. Напряженность магнитного поля индуктивного элемента определяется многими параметрами конструкции как магнитострикционного преобразователя перемещений, так и самого индуктивного элемента [5-7].

В соответствии с одной из моделей, поле H_{cz} на оси индуктивного элемента в точке, отстоящей на расстояние z от его центра, определяется по формуле:

$$H_{cz}(z) = \frac{nI}{4(R_{2c} - R_{1c})} \left\{ (l - z) \ln \frac{R_{2c} + \sqrt{R_{2c}^2 + (l - z)^2}}{R_{1c} + \sqrt{R_{1c}^2 + (l - z)^2}} + (l + z) \ln \frac{R_{2c} + \sqrt{R_{2c}^2 + (l + z)^2}}{R_{1c} + \sqrt{R_{1c}^2 + (l + z)^2}} \right\}, \quad (1)$$

где $n=N/L$ - число витков на единицу длины индуктивного элемента, R_{1c} и R_{2c} - соответственно внутренний и внешний радиусы индуктивного элемента, $2l=L$ - длина индуктивного элемента, j - плотность тока: $j=I/s$, I - ток через провод, s - площадь поперечного сечения провода.

Анализ формулы (1) позволяет сделать вывод о нелинейной зависимости напряженности магнитного поля H_{cz} на оси индуктивного элемента от расстояния от его центра до текущей координаты z .

Целью работы является исследование напряженности магнитного поля H_{cz} на оси индуктивного элемента от расстояния от его центра до текущей координаты z .

Материал и результаты исследований.

Для исследования зависимости магнитного поля H_{cz} от текущей координаты z на оси индуктивного элемента было проведено математическое моделирование формулы (1) при изменении координаты z в диапазоне $-L/2 \leq z \leq L/2$ для различных значений R_{1c} , R_{2c} и L , результаты которого приведены на рисунках 1а-б и 2 соответственно.

В качестве базовых параметров при моделировании будем использовать индуктивный элемент с внутренним и внешним радиусами $R_{1c}=2$ мм и $R_{2c}=3$ мм соответственно, длиной $L=4$ мм, количеством витков на единицу длины $n=1$, с постоянным значением токового импульса $I=1$ А.

Результаты моделирования зависимости напряженности магнитного поля H_{cz} от координаты z , приведенные на рисунках 1а-б соответственно для различных значений внешнего и внутреннего диаметра, показали, что максимальное значение напряженности магнитного поля H_{cz} для указанных значений параметров конструкции наблюдается в центре индуктивного элемента, т.е. при $z=0$ и может достигать значений от нескольких А/м до кА/м в зависимости от количества витков и значения токового импульса I , а также других параметров как индуктивного элемента, так и волновода.

Уменьшение значения внутреннего R_{1c} и внешнего R_{2c} радиусов индуктивного элемента, как это демонстрируют результаты моделирования, при-

веденные на рисунках 1а-б соответственно, способствуют увеличению значения напряженности магнитного поля в центре соленоида и более резкому уменьшению ее значения при удалении от центра.

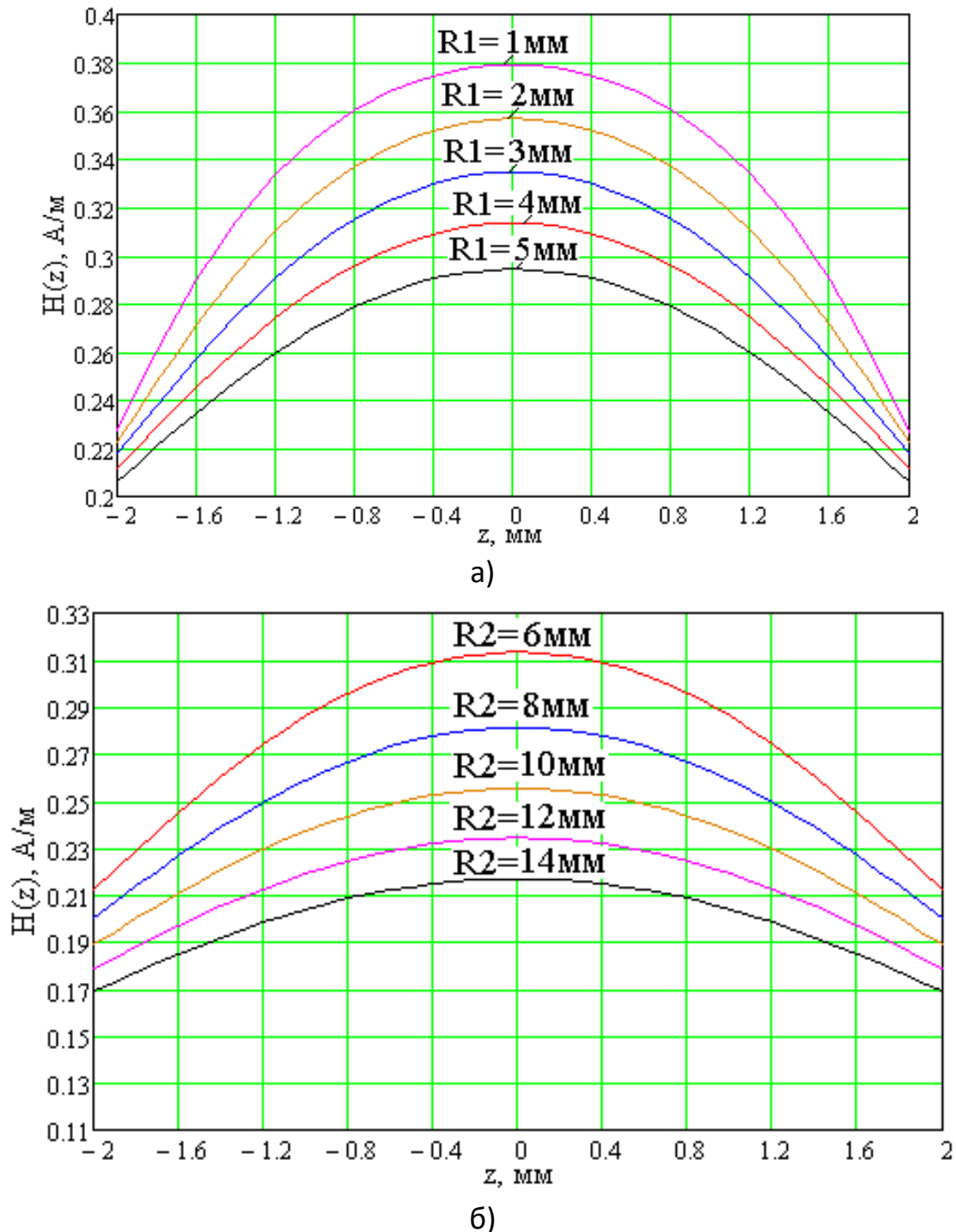


Рисунок 1 – Распределение относительной величины магнитного поля по оси индуктивного элемента в точке, отстоящей на расстоянии z от его центра при различных значениях внутреннего(а) и внешнего(б) диаметров индуктивного элемента

При изменении длины соленоида L , как это показано на рисунке 2, происходит существенное смещение максимального значения напряженности H_{cz} относительно начала отсчета координаты z , совмещенного с центром соленоида. Так, в приведенных на рисунке 2 результатах моделирования, при увеличении длины индуктивного элемента с $L_1=4\text{мм}$ до $L_2=12\text{мм}$ положение максимума напряженности H_{cz} смещается с $z=0$ до $z=2,5\text{мм}$.

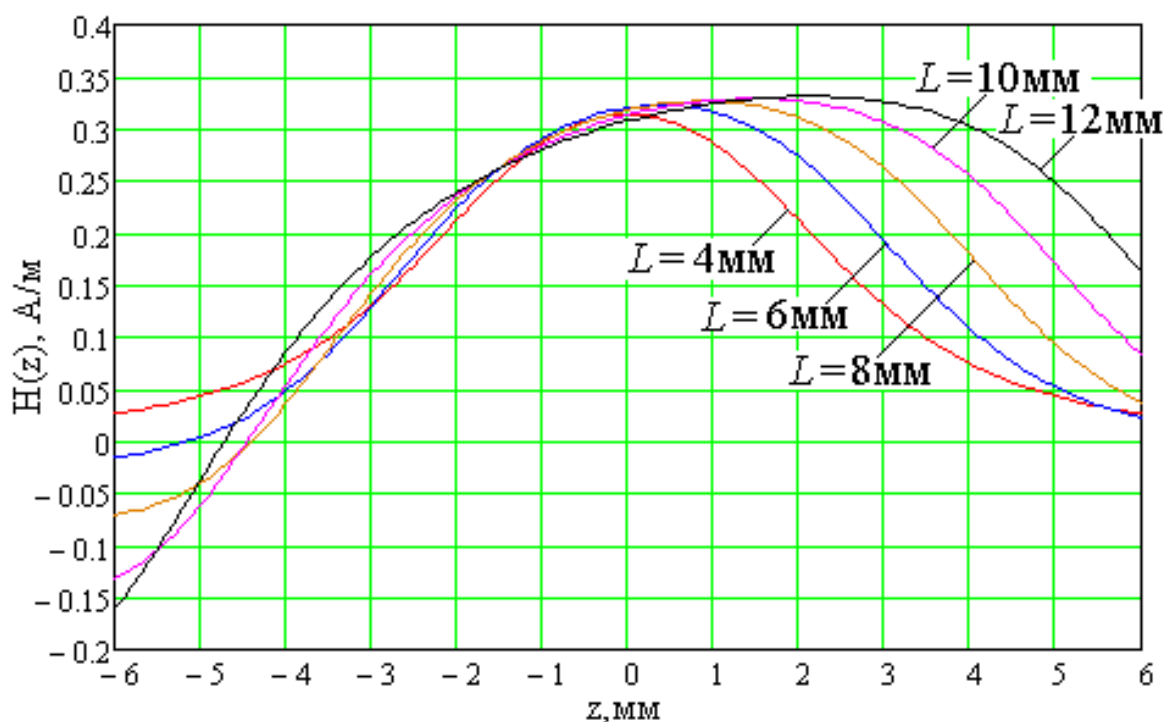


Рисунок 2 – Распределение относительной величины магнитного поля по оси индуктивного элемента в точке, отстоящей на расстоянии z от его центра при различных значениях длины индуктивного элемента

Также необходимо отметить, что изменение длины индуктивного элемента незначительно изменяет максимальное значение напряженности магнитного поля H_{cz} . Для приведенного примера изменение составило с $H_{cz}=0,31\text{A}/\text{м}$ до $H_{cz}=0,34\text{A}/\text{м}$, т.е. менее 10%, при изменении длины индуктивного элемента в 3 раза с $L_1=4\text{мм}$ до $L_2=12\text{мм}$.

Вывод. Таким образом, на основании исследования зависимости магнитного поля H_{cz} от текущей координаты z на оси индуктивного элемента, можно сделать вывод, что для изменения максимального значения напряженности магнитного поля индуктивного элемента H_{cz} , наиболее эффективными методами являются изменение его внешнего и внутреннего радиусов и количества витков, а также значения токового импульса I .

Для изменения положения максимального значения напряженности магнитного поля индуктивного элемента H_{cz} , эффективным способом является изменение его длины L .

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Гардарики, 2001. – 317 с.
2. Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Т.2/ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. – СПб.: Питер, 2009. – 432 с.
3. Купалян С.Д. Теоретические основы электротехники. Ч.3. Электромагнитное поле. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М.: Энергия, 1970. – 248 с.
4. Воронцов А.А. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда/ Ю.Н. Слесарев, А.А. Воронцов, Э.В. Карпухин// Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – т.19. – №1. – С.25-29.
5. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнито-стрикционных наклонеров, содержащих постоянный магнит в форме прямоугольного параллелепипеда Слесарев Ю.Н., Воронцов А.А., Карпухин Э.В. Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19. – № 1. – С. 25–29
6. Mathematical Modeling of Magnetic Fields of the Permanent Magnets and Solenoids, and Comparing the Results Obtained. Slesarev U.N., Mikhajlov P.G. and Vorontsov A.A. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 11, Number 20 (2016) pp. 10338–10342
7. Повышение эффективности расчета параметров акустических трактов магнито-стрикционных преобразователей перемещения. Слесарев Ю.Н., Воронцов А.В., Родионов С.В Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2016. №2 (Выпуск 56). С. 169–175.

УДК 514.18; 004.896

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН У ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩАХ КОМПАС-3D ТА INVENTOR

О.М. Твердохліб¹, І.В. Вернер², О.М. Теліпко³

^{1,2}асистент кафедри основ конструювання механізмів і машин, e-mail: ill3@ukr.net

³студент групи ІМмм-15-1

^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються можливості використання найбільш поширених САПР систем Inventor і Компас-3D на прикладі проектування елементів редукторів. Робиться порівняльний аналіз можливостей наданих систем.

Ключові слова: Компас-3D, Inventor, Autodesk, освіта, проектування.