

Исследование электромагнитного поля катушки соленоида без сердечника для импульсного частотного режима работы методом моделирования.

Жайлаубай А.Б, магистрант каф. РЗИ,

Юсупова Б.Р, магистрант каф. РЗИ,

Научный руководитель Хатъков Н.Д, доцент каф.РЗИ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР

akerke.bekbolatovna@mail.ru

В настоящее время существует большое количество электромагнитных механизмов, которые используются в различных электромеханических устройствах. Основным конструктивным устройством в них чаще всего можно найти соленоид, содержащий внешний магнита - провод, обмотку и ферро - магнитный стержень. Расчет и изготовление подобной конструкции чаще всего в конечном итоге проводится на основе опытных данных, которые удовлетворяют поставленной задаче [1]. Однако, задача существенно усложняется, когда имеются существенные ограничения в подводимой энергии к соленоиду. В этом случае требуется найти оптимальное техническое решение с минимумом энергетических затрат. Подобное решение необходимо, например, для автономного акустического комплекса, использующего метод свободный колебаний для дефектоскопии объектов или в [2-3]. Акустические колебания в них создаются коротким электромеханическим ударом. Для решения этой задачи в работе предлагается использовать импульсный частотный режим питания соленоида, который не влияет на прямолинейное поступательное импульсное движение ферро - магнитного сердечника внутри катушки, но требует изучения ее электромагнитного поля. Этой задаче и посвящено данное сообщение.

Для расчета электромагнитного поля катушки была использована программная система 3D моделирования электромагнитных полей EMPro компании Keysight EESof EDA[4]. В этой системе оказалось удобным проектировать 3D спиральные проводящие структуры, расчет которых проводился методом конечно-разностных элементов во временной и частотной областях. Общий вид спирального проводящего объекта представлен на рис.1

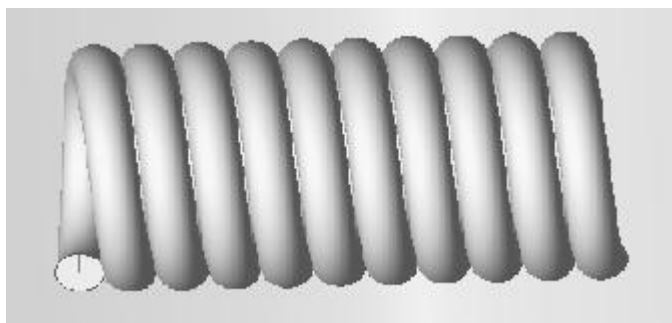


Рис.1 Общий вид плотной однократной обмотки соленоида без сердечника и магнита - провода в программе 3D моделирования EMPro.

Программа EMPro позволяет проводить временной анализ, поэтому в ее системе был синтезирован набор импульсных сигналов (один из них представлен на рис.2) для возбуждения обмотки соленоида для разных конструктивных параметров. Наиболее актуальным, изменяющимся параметром у обмотки, оказался диаметр провода, для которого в дальнейшем и делались расчеты.

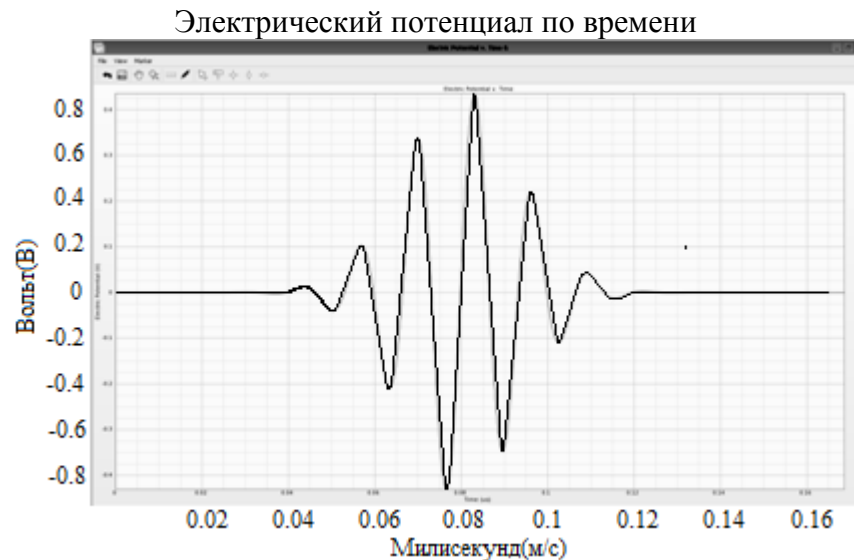


Рис.2 Импульсный частотный сигнал возбуждения обмотки соленоида, амплитуда которого изменялась в зависимости от ее параметров.

Материал соленоида был медный, а его длина в пределах - 21мм, радиус намотки – 5мм, а толщина провода изменялась как фактор в пределах 0.01 – 2мм. Исследуемый частотный диапазон импульса возбуждения был в пределах 50Гц – 1000Гц. При изменении частоты, напряжение и длительность импульса соленоида изменялась при вариации фактора. На основе расчетов была построена интегральная зависимость, представленная на рис.3

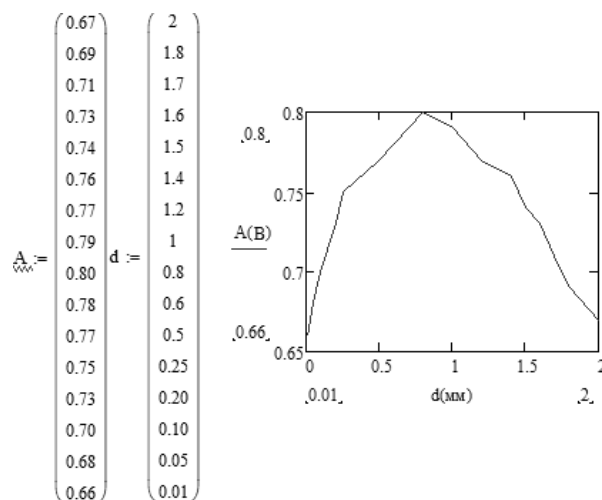


Рис.3. Зависимость изменения амплитуды частотного импульса, возбуждения катушки соленоида от изменения диаметра ее провода.

Зависимость получилась с максимумом, для которого было построено магнитное поле, представленное на рис. 4. Общий вид магнитного поля в виде тороида совпадает с его известной конфигурацией, что означает правильность проведенных расчетов. В связи с небольшими размерами катушки соленоида, видно, что магнитное поле на дальнем расстоянии от катушки принимает почти шарообразную форму. Это не будет иметь никакого значения при заключении катушки соленоида во внешний магнита - провод.

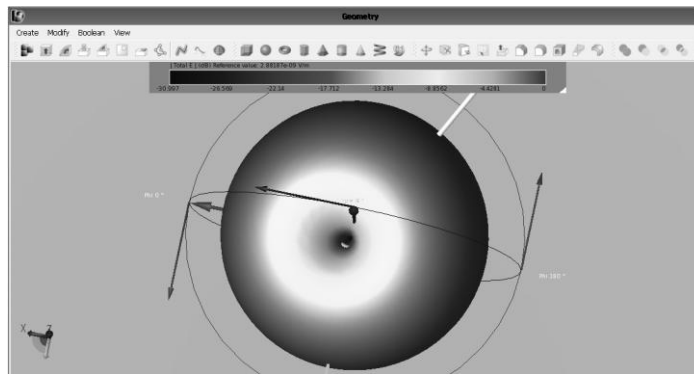


Рис.4. Общий вид магнитного поля катушки соленоида в точке максимума зондирующего частотного импульса.

Наличие максимума на рис.3, позволяет подобрать режим работы соленоидальной катушки в энергетически минимальной затратной форме и определить направление изменения оптимизирующего фактора.. Подобное поведение поля скорее всего связано с выбором частотного импульса возбуждения катушки соленоида. Поскольку остальные массогабаритные и материала ёмкие факторы не менялись, то в дальнейшем можно будет попытаться улучшить полученное выигрышное соотношение в энергетической области в этой многофакторной задаче.

Заключение

В данной работе для расчета электромагнитного поля катушки была использована программная система 3D моделирования электромагнитных полей EMPro компании Keysight EEsof EDA[4]. В этой системе оказалось удобным проектировать 3D спиральные проводящие структуры, расчет которых проводился методом конечно - разностных элементов во временной и частотной областях. Программа EMPro позволяет проводить временной анализ, поэтому в ее системе был синтезирован набор импульсных сигналов для возбуждения обмотки соленоида для разных конструктивных параметров. На основе параметров была построена интегральная зависимость амплитуды электромагнитного поля от диаметра проводника, построено магнитное поле. Выявлено наличие максимума поля для частотно-импульсных сигналов.

Литература

1. http://class-fizika.narod.ru/8_m3.htm
2. <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/1792-solenoidy-ustrojstvo-rabota-primenenie.html>
3. <http://wexon.ru/produkcija/mehatronika/magnity-i-solenoidy>
4. <http://www.keysight.com/ru/pc-1297143/empro-3d-em-simulation-software?cc=RU&lc=rus>