

УДК 621.318.38

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЕВОГО АКТИВНОГО МАГНИТНОГО ПОДШИПНИКА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

© Бенедюк М.А., Юртаев А.А., Ломачев А.О., Бадыков Р.Р.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: benedyuk00@bk.ru

В работе было проведено исследование характеристик электромагнита, являющегося частью осевого активного магнитного подшипника экспериментальной установки, для исследования характеристик магнитного подвеса ротора. Данная экспериментальная установка создается для изучения возможности подвеса ротора в магнитном поле с использованием гибридных активных магнитных подшипников. Гибридные магнитные подшипники представляют собой комбинацию из активных магнитных подшипников (осевых и радиальных) и постоянных магнитов. Согласно проведенным расчетам, предлагаемая компоновка позволит снизить потребляемую мощность на 50 %, что также положительно скажется на массе блоков питания системы, что в свою очередь позволит сократить стоимость всей системы на 15 %.

Однако предварительно необходимо подтвердить результаты моделирования активных магнитных подшипников на примере классического осевого электромагнита. Для этого была создана и рассчитана конечно-элементная модель электромагнита для различных условий работы, а также проведены экспериментальные исследования для подтверждения результатов расчета.

Экспериментальная установка (рис. 1) состоит из вала (1) (изготовлен из нержавеющей стали 12х18н10т) массой 1,206 кг, электромагнита (2) с медной обмоткой (3), блока питания с возможностью регулирования тока и напряжения, прокладок различной толщины h (4), эмитирующие зазор между магнитом и диском вала, диска вала (5) (изготовлен из электротехнической стали 10880). Электромагнит установлен вертикально в корпусе (6), корпус установлен на две опоры (7). Корпус (6) и прокладки (4) изготовлены из диамагнетика полилактида (PLA) на 3D-принтере. Для вычисления массы ротора была создана 3D-модель в CAD программе SolidWorks.

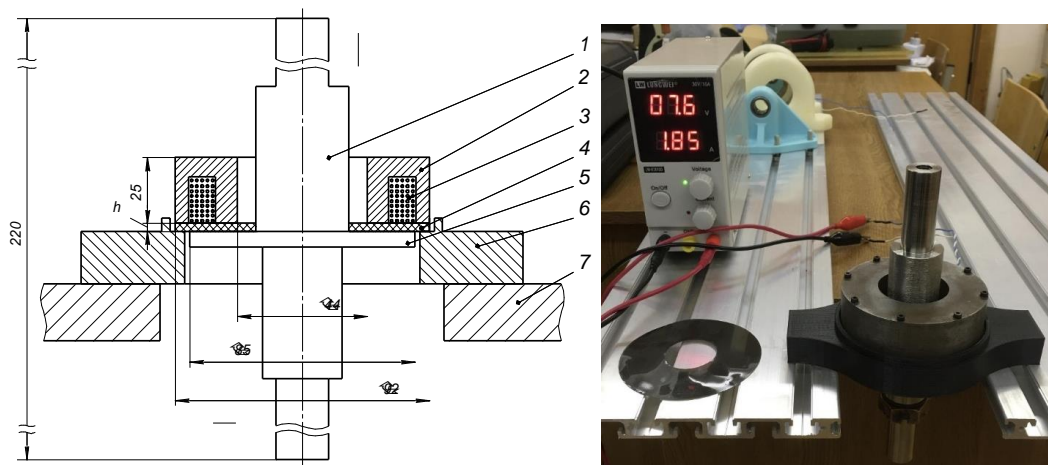


Рис. 1. Экспериментальная установка и ее схема

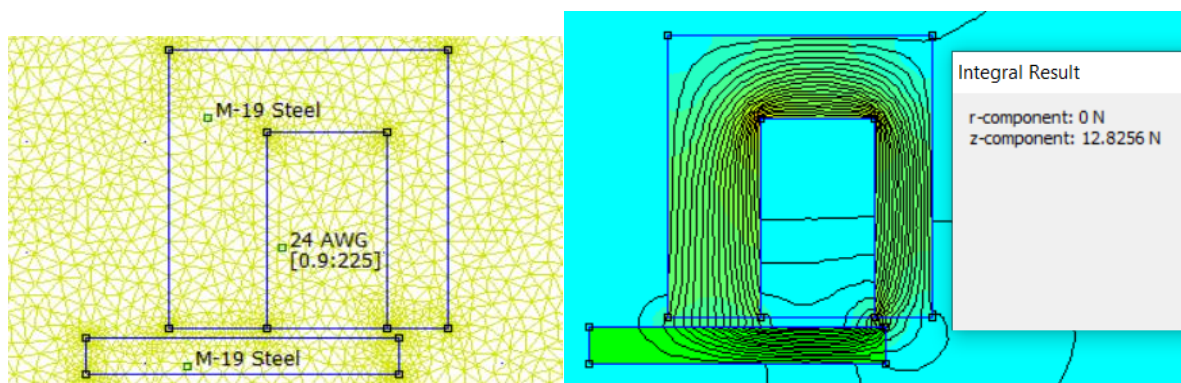


Рис. 2. Конечно-элементная модель электромагнита с зазором 0,9 мм и результаты ее расчета

Программа FEMM 4.2 (программа для решения задач методом конечных элементов по теории электромагнитного поля) была использована для создания конечно-элементной модели электромагнита. Дополнительно задавались следующие характеристики: количество витков – 225, диаметр медной проволоки – 0,511 мм, материал проволоки – медь, материал корпуса – M19 Steel (отечественный аналог – электротехническая сталь 10880). Конечно-элементная модель электромагнита (рис. 2) является осесимметричной, двухмерной. В наибольшей степени усилие, создаваемое электромагнитом, зависит от количества витков, силы тока и величины зазора (h) (при неизменных геометрических размерах электромагнита).

Экспериментально была определена минимальная потребная сила тока для удержания ротора (компенсация силы тяжести) при различных величинах зазора. К магниту, установленному в корпусе, притягивался диск, закрепленный на валу. В зависимости от толщины прокладки с использованием лабораторного блока питания определялась минимальная потребная сила тока для удержания ротора. После чего, используя программу FEMM 4.2, проводился расчет модели электромагнита для исследуемой величины зазора и определенной силы тока. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица. Результаты исследования

Величина зазора h , мм	3	2,15	0,9
Сила тока, А	2,2	1,77	0,9
Расчетная вертикальная сила, Н	11,82	11,63	12,83
Экспериментальная вертикальная сила, Н	12,06	12,06	12,06
Разница между результатами расчета и экспериментальными данными, %	1,96	3,58	6,35

Установлено, что разница между результатами расчета и полученными экспериментальными данными не превысила 6,35 % для заданных величин зазора. Результаты исследования позволяют в дальнейшем использовать метод конечных элементов и программу FEMM 4.2 для решения задач по исследованию и созданию гибридных магнитных подшипников для подвески ротора [1–3].

Библиографический список

1. Журавлев Ю.Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение. – СПб.: Политехника, 2003. 206 с.
2. Казаков Л.А. Электромагнитные устройства РЭА: справочник. М.: Радио и связь, 1991. 352 с.
3. Солнышкин Н.И. Теоретические основы электротехники. Моделирование электромагнитных полей. Псков: Издательство ПсковГУ, 2013 64 с.