

Волченков Валерий Иванович, Соболев Владимир Афанасьевич

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОМЯГКИХ ШУНТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛЯ В РАБОЧЕМ ЗАЗОРЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Предложена конструкция магнитномягкого шунта для регулирования величины магнитного поля в рабочем зазоре магнитоэлектрического преобразователя (МЭП). Анализ магнитной цепи МЭП с шунтом проведен с помощью расчета ее как полевой задачи с учетом нелинейных и анизотропных свойств ферромагнитных областей устройства, определены характер и диапазон изменения индукции в рабочем зазоре в зависимости от положения шунта.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2017/7/6.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2017. № 7 (120). С. 24-26. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2017/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net
Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 621.31

Технические науки

Предложена конструкция магнитномягкого шунта для регулирования величины магнитного поля в рабочем зазоре магнитоэлектрического преобразователя (МЭП). Анализ магнитной цепи МЭП с шунтом проведен с помощью расчета ее как полевой задачи с учетом нелинейных и анизотропных свойств ферромагнитных областей устройства, определены характер и диапазон изменения индукции в рабочем зазоре в зависимости от положения шунта.

Ключевые слова и фразы: постоянный магнит; насыщение магнитопровода; шунт; магнитоэлектрический преобразователь; нелинейные и анизотропные ферромагнитные материалы; индукция в рабочем зазоре.

Волченков Валерий Иванович, к.т.н., доцент

Соболев Владимир Афанасьевич, к.т.н.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

volchens@yandex.ru; vasobolev@bmstu.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОМЯГКИХ ШУНТОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛЯ В РАБОЧЕМ ЗАЗОРЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Для прецизионных приборов важны точность выполнения всех узлов устройства и соблюдение его выходных параметров.

В магнитоэлектрических преобразователях (МЭП) для правильного функционирования прибора важны получение и поддержание неизменной величины магнитного поля B_δ в рабочем зазоре системы.

Получение заданной величины магнитного поля в рабочем зазоре МЭП с точностью до долей процента практически нереально, потому что разброс характеристик исходного материала постоянного магнита по B и по H от плавки к плавке по ГОСТу составляет $\pm 15\%$.

Кроме этого, с течением времени, в процессе эксплуатации, под действием внешних полей и изменяющейся внешней температуры меняются характеристики ферромагнитных материалов, особенно постоянного магнита, что вызывает изменение магнитной индукции B_δ в рабочем зазоре устройства.

В такой ситуации о какой-то гарантированной точности получения требуемого значения поля B_δ в рабочем зазоре МЭП не может быть и речи.

Для достижения требуемой величины магнитного поля в рабочем зазоре предлагается вводить в магнитную цепь устройства элементы, позволяющие регулировать величину B_δ .

Наиболее наглядным и простым решением в этом случае является использование регулировочного магнитномягкого шунта, расположенного параллельно рабочему зазору (см. Рис. 1). Такая конструкция регулировочного шунта обеспечивает минимальное искажение магнитного поля в рабочем зазоре системы.

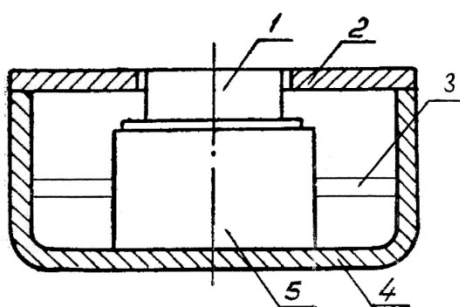


Рисунок 1

С помощью его перемещения относительно рабочего зазора можно изменять величину B_δ .

Использование предлагаемого магнитномягкого шунта позволяет произвести настройку величины B_δ и ввести прибор в заданный класс точности.

Рассмотрим возможный вариант такого шунта (Рис. 1).

Осесимметричная магнитная цепь МЭП состоит из цилиндрического постоянного магнита (5), внешнего стакана (4) и крышки (2) из магнитномягкого материала, наконечника (1) тоже из магнитномягкого материала и осесимметричного регулировочного шунта (3).

Так как шунт расположен в магнитной цепи параллельно воздушному зазору, часть магнитного потока, создаваемого постоянным магнитом, замыкается на внешний магнитопровод (стакан), минуя воздушный зазор.

В зависимости от положения шунта относительно рабочего зазора его влияние будет разное. При удалении шунта от рабочего зазора (при смещении его вниз – см. Рис. 1) его влияние на рабочее поле будет уменьшаться,

меньшая часть потока от постоянного магнита будет замыкаться через шунт, и большая часть потока будет проходить через рабочий зазор, увеличивая таким образом индукцию магнитного поля B_δ в рабочем зазоре МЭП.

Технически осуществить фиксацию шунта в требуемом месте магнитной системы или выполнить его смещение для достижения требуемой величины рабочего поля B_δ можно с помощью трех немагнитных регулировочных винтов, расположенных параллельно оси симметрии системы и соединяющих шунт с торцевой крышкой внешнего стакана (винты на Рис. 1 не показаны).

Исследование влияния положения магнитномягкого шунта на поле в рабочем зазоре проводилось расчетным путем по методике, изложенной в [2].

Рассмотрим кратко последовательность расчета.

Магнитная система МЭП осесимметричная, поэтому ее расчет сводится к двумерной задаче. Для расчета поля в воздушном пространстве системы использован метод сеток.

Магнитномягкая арматура: внешний стакан и крышка – в данной системе ненасыщенны и приняты при расчете эквипотенциальными.

Область, занятая постоянным магнитом, замещалась сеткой элементов, учитывающих нелинейность и анизотропию свойств магнитотвердого материала (Рис. 2) [1; 3].

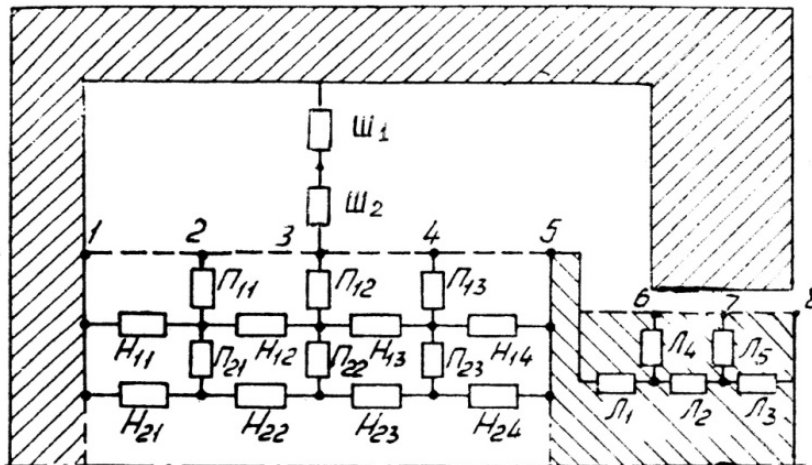


Рисунок 2

В направлении оси легкого намагничивания постоянного магнита использовалась удельная характеристика $B(H)$ заданного материала постоянного магнита во втором квадранте (активные элементы, источники – H_{11}, \dots, H_{24}).

В направлении, перпендикулярном оси легкого намагничивания, использовалась удельная характеристика $B(H)$ заданного материала постоянного магнита, соответствующая кривой первоначального намагничивания материала в первом квадранте (пассивные элементы – $\Pi_{11}, \dots, \Pi_{23}$).

Нелинейные пассивные элементы $\Lambda_1, \dots, \Lambda_5$ учитывали возможное насыщение наконечника МЭП [1].

Магнитномягкий шунт при расчете замещался одномерной цепочкой нелинейных элементов, учитывающих изотропную характеристику $B(H)$ материала шунта (пассивные элементы – Ш_1 и Ш_2 – см. Рис. 2).

Эта цепочка нелинейных элементов соединяла область, занятую постоянным магнитом, с внешним стаканом и располагалась на определенном удалении от воздушного зазора.

Для нескольких положений шунта решалась полевая задача и определялась индукция магнитного поля B_δ в рабочем зазоре устройства.

Линейные и нелинейные области рассчитывались отдельно с учетом свойств среды. На их общей границе проводилось «сшивание областей» [2]. Проведя несколько итераций, добиваемся сходимости с заданной точностью итерационного процесса.

Рассмотрим последовательность итерационного процесса.

Первая итерация. Начинаем с расчета распределения магнитного поля в воздушной области МЭП.

Задаем граничные условия. Поверхности наконечника (1), внешнего стакана (4) и крышки (2) (см. Рис. 1) принимаем эквипотенциальными. Вдоль поверхности постоянного магнита задаем линейный нарастающий закон распределения скалярного магнитного потенциала. Вдоль поверхности шунта задаем линейный убывающий закон распределения магнитного потенциала.

Используя метод сеток, рассчитываем распределение магнитного потенциала в воздушном пространстве МЭП.

По результатам расчета магнитного поля в воздушном пространстве МЭП задаем граничные условия для определения поля в нелинейной среде [Там же].

По результатам расчета поля в нелинейной среде уточняем распределение скалярного магнитного потенциала на границе воздушной области.

Переходим к следующей итерации.

Проведя несколько итераций, добиваемся, когда распределение потенциала вдоль границы воздушной области в предыдущей и последующей итерациях будет повторяться с заданной точностью.

Выполнив расчеты для ряда положений шунта, получаем зависимость $B_{\delta} = f(x)$ изменения индукции магнитного поля в центре рабочего зазора от положения шунта в системе (Рис. 3).

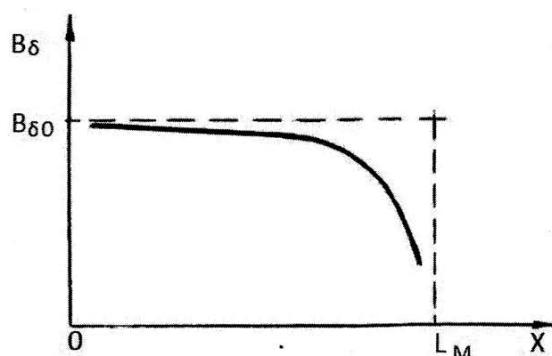


Рисунок 3

Как и следовало ожидать, наиболее сильное влияние на B_{δ} шунт оказывает вблизи рабочего зазора. Незначительное перемещение шунта вдоль оси симметрии системы в области, близкой к рабочему зазору, приводит к заметному изменению величины B_{δ} . В данной работе не исследовалось влияние размеров шунта на возможности регулирования B_{δ} .

Из графика (Рис. 3) следует, что диапазон изменения B_{δ} достаточно большой. Это позволяет с высокой точностью обеспечить настройку магнитной цепи для достижения требуемой величины магнитного поля B_{δ} в рабочем зазоре МЭП.

Выводы

1. Предложен метод регулирования магнитного поля в рабочем зазоре МЭП с помощью магнитномягкого шунта.
2. Предложена конкретная конструкция магнитномягкого шунта для регулирования B_{δ} .
3. Для конкретной магнитной цепи МЭП проведен анализ диапазона регулирования B_{δ} с помощью предложенного магнитномягкого шунта.
4. Решена полевая задача по расчету магнитной цепи МЭП с магнитномягким шунтом.

Список источников

1. Волченсков В. И. Использование электрического моделирования для анализа состояния магнитной цепи электрических машин с постоянными магнитами [Электронный ресурс] // Инженерный вестник. 2012. № 9. URL: <http://engsi.ru/doc/478777.html> (дата обращения: 15.10.2017).
2. Волченсков В. И. Расчет на ЭВМ осесимметричных систем с постоянными магнитами [Электронный ресурс] // Инженерный вестник. 2014. № 1. URL: <http://engsi.ru/file/out/702495> (дата обращения: 15.10.2017).
3. Волченсков В. И., Шатуновский В. Л. Расчет систем с постоянными магнитами при наличии насыщенных участков магнитопровода // Электронная техника. Серия VII. Ферритовая техника. 1981. № 5. С. 24-26.

USING MAGNETICALLY SOFT SHUNTS FOR REGULATING THE FIELD IN WORKING GAP OF THE MAGNETOELECTRIC TRANSDUCER

Volchenskov Valerii Ivanovich, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor

Sobolev Vladimir Afanas'evich, Ph. D. in Technical Sciences

Bauman Moscow State Technical University

volchens@yandex.ru; vasobolev@bmstu.ru

The article suggests the design of a magnetically soft shunt for regulating the magnitude of the magnetic field in the working gap of a magnetoelectric transducer. The analysis of the magnetic circuit of the magnetoelectric transducer with a shunt was carried out by calculating it as a field problem, taking into account the nonlinear and anisotropic properties of ferromagnetic regions of the device. The authors determined the character and range of induction variation in the working gap depending on the position of the shunt.

Key words and phrases: permanent magnet; saturation of magnetic circuit; shunt; magnetoelectric transducer; nonlinear and anisotropic ferromagnetic materials; induction in working gap.