

Законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей

Составитель
А. П. Щербаков

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный
университет технологии и дизайна»

Кафедра физики
(секция электротехники)

Законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей
Методические указания к виртуальной лабораторной работе для студентов
всех специальностей

Составитель
А. П. Щербаков

Санкт-Петербург
2011

Утверждено на заседании
кафедры физики
от 05.02.2011 г.,
протокол № 2

Рецензент
К. Г. Иванов

Оригинал подготовлен составителями и издан в авторской редакции.
Подписано в печать 20.03.2011 г.
Формат 60×84 1/16
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,5
Тираж 100 экз. Заказ 45/11.
Электронный адрес: <http://publish.sutd.ru>
Отпечатано в типографии СПГУТД.
191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26

Цель работы

Приобретение практических навыков моделирования и расчета магнитных цепей с помощью законов Ома и Кирхгофа в среде прикладной программы Multisim, знакомство с методикой создания схем замещения магнитных цепей.

Общие сведения по магнитным цепям

Постоянное магнитное поле может быть получено при помощи катушки с током при плотной намотке витков и ее достаточной длине. Способность катушек возбуждать магнитное поле характеризуется магнитодвижущей силой F , равной произведению тока на число витков катушки w

$$F = Iw \text{ [A]}.$$

Основной величиной, характеризующей интенсивность и направление магнитного потока, является вектор магнитной индукции B [Тл]. Поле называется однородным, если во всех точках поля вектор магнитной индукции одинаков

$$B = \text{const}.$$

Магнитный поток Φ – это величина, характеризующая какую либо область магнитного поля

$$\Phi = BS \text{ [Вб]},$$

где S - площадь, пронизываемая магнитным потоком.

Напряженность магнитного поля H – второй вектор, характеризующий магнитное поле в каждой точке. В вакууме

$$B = \mu_0 H,$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [Гн/м]

В ферромагнитном сердечнике

$$B = \mu_a H,$$

где $\mu_a = \mu_0 \mu_r$ - абсолютная магнитная проницаемость, μ_r – относительная магнитная проницаемость, показывающая, во сколько раз магнитное поле в магнетике больше магнитного поля в вакууме, при той же напряженности магнитного поля.

Напряженность поля, создаваемая магнитодвижущей силой в материале

$$H = Iw/l,$$

где l – длина средней магнитной линии.

Произведение $Hl = U_m$ называется магнитным напряжением.

В магнитных цепях существует понятие магнитного сопротивления

$$R_m = l/(\mu_a S).$$

Закон полного тока для магнитной цепи

$$\sum_{k=1}^p H_k l_k = \sum_{k=1}^n I_k w_k,$$

где p - число участков магнитопровода, вдоль каждого из которых можно считать $H = \text{const}$, n - число катушек, охватываемых средней магнитной линией.

Законы Ома и Кирхгофа для магнитной цепи

При расчетах магнитных цепей применяются законы, которые совпадают по форме с основными законами электрических цепей. При этом используются следующие аналогии магнитных и электрических величин:

- магнитный поток Φ – электрический ток I ;
- магнитодвижущая сила F – электрическая ЭДС;
- магнитное сопротивление R_m – электрическое сопротивление R .

Закон Ома для магнитной цепи: общий поток замкнутой магнитной цепи Φ прямо пропорционален магнитодвижущей силе F и обратно пропорционален магнитному сопротивлению всей цепи R_m

$$\Phi = F/R_m.$$

Закон Ома для участка цепи: магнитный поток в магнитопроводе Φ равен отношению падения магнитного напряжения $Hl = F_1$ или $Hb = F_b$ на ферромагнитном или воздушном участке цепи к ее магнитному сопротивлению R_1 или R_b

Первый закон Кирхгофа: сумма магнитных потоков в узле магнитной цепи равна нулю.

Второй закон Кирхгофа: сумма падений магнитных напряжений в замкнутой магнитной цепи равна алгебраической сумме магнитодвижущих сил, действующих в данной цепи

Следовательно, законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей идентичны соответствующим законам для электрических цепей.

Используя эквивалентную электрическую схему магнитной цепи и законы Ома и Кирхгофа для электрических цепей, можно составить систему уравнений, решение которой позволяет определить значение потоков в различных частях конкретного магнитопровода.

Расчет магнитной цепи дифференциального индуктивного преобразователя перемещения

В системах автоматического регулирования широко применяются индуктивные датчики перемещения различных типов. Дифференциальные датчики перемещения просты по конструкции, обладают высокой надежностью, повышенной точностью и позволяют простыми средствами контролировать небольшие перемещения рабочих органов различных агрегатов.

Магнитная цепь дифференциального индуктивного преобразователя перемещения представлена на *рис.1*. Она состоит из двух боковых неподвижных магнитопроводов с обмотками возбуждения и подвижного магнитопровода, расположенного между ними.

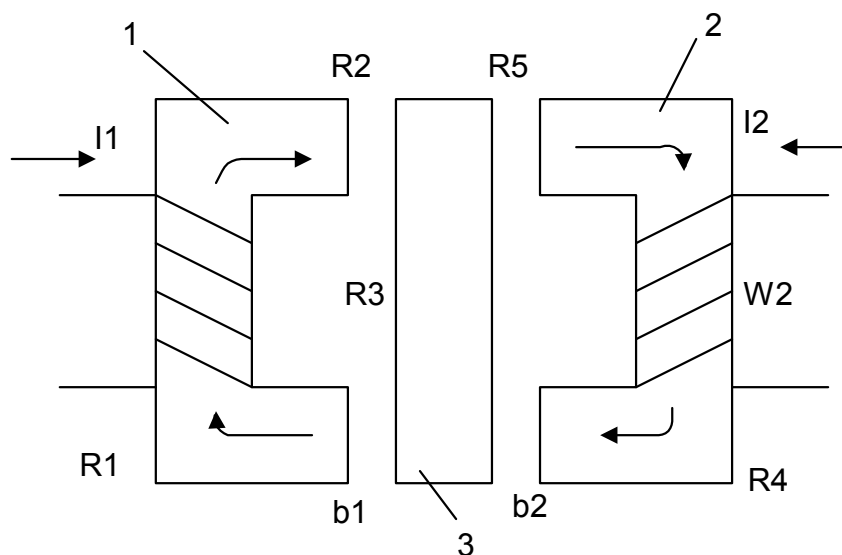


Рис.1. Магнитная цепь дифференциального индуктивного преобразователя

На рис.2 представлена схема замещения магнитной цепи дифференциального индуктивного преобразователя.

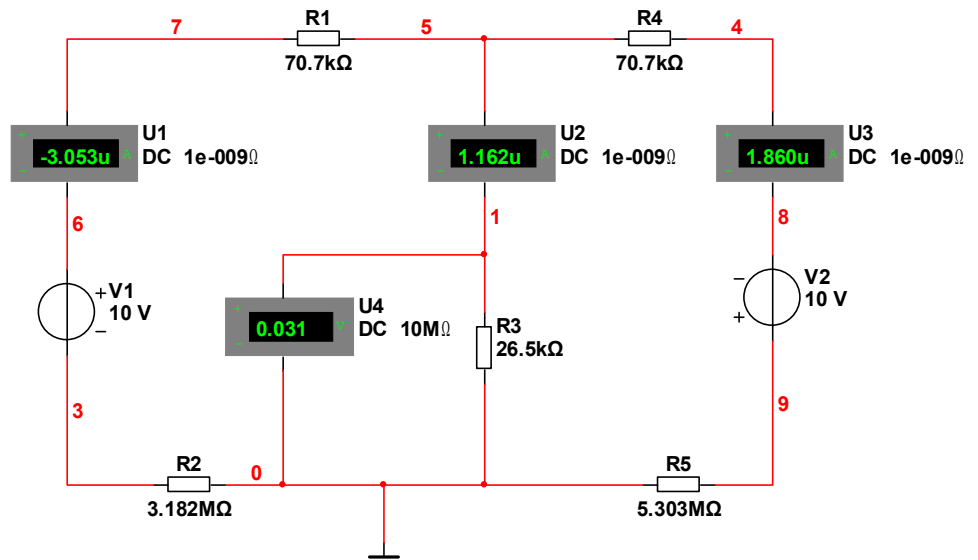


Рис.2. Схема замещения магнитной цепи дифференциального индукционного преобразователя

Параметры схемы замещения определяются следующими соотношениями

$$\begin{aligned}
 E_1 &= V_1 \equiv F_1 = I w_1, \\
 E_2 &= V_2 \equiv F_2 = I w_2, \\
 R_1 &\equiv R_{M1} = l_1 / \mu_a S_1, \\
 R_4 &\equiv R_{M4} = l_4 / \mu_a S_4, \\
 R_3 &\equiv R_{M3} = l_3 / \mu_a S_3, \\
 R_2 &\equiv 2R_{b1} = 2b_1 / \mu_0 S_1, \\
 R_5 &\equiv 2R_{b2} = 2b_2 / \mu_0 S_2.
 \end{aligned}$$

В данном случае будем считать, что все сечения S , как магнитопроводов, так и зазоров, равны, равны токи I_1 и I_2 первой и второй катушек и числа витков катушек w_1 и w_2 .

С учетом вышеизложенного исходные данные для расчета параметров схемы замещения по бригадам представлены в табл. 1.

После монтажа схемы замещения и запуска режима моделирования амперметры покажут величину магнитного потока в каждой части магнитопроводов в Вб.

Таблица 1

Номер бригады	$I_{1,2}$ А	$w_{1,2}$	$l_{1,2}$ м	l_3 м	S м ²	b_1 м	b_2 м	μ
1	10^{-2}	1000	0,08	0,03	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.55 \cdot 10^{-3}$	$0.3 \cdot 10^{-3}$	3000
2	10^{-2}	800	0,1	0,035	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.45 \cdot 10^{-3}$	$0.4 \cdot 10^{-3}$	3300
3	10^{-2}	1200	0,09	0,04	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-3}$	$0.5 \cdot 10^{-3}$	3500
4	10^{-2}	900	0,085	0,035	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.55 \cdot 10^{-3}$	$0.3 \cdot 10^{-3}$	3100
5	10^{-2}	1100	0,08	0,035	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$	$0.4 \cdot 10^{-3}$	4000
6	10^{-2}	850	0,09	0,028	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-3}$	$0.5 \cdot 10^{-3}$	3800
7	10^{-2}	950	0,1	0,034	$3 \cdot 10^{-4}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$	4100

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретической частью необходимо выполнить следующее:

- 1) произвести расчеты параметров схемы замещения в соответствии с данными табл.1;
- 2) результаты расчетов занести в *табл.2*;
- 3) собрать на рабочем поле программы Multisim 10 схему замещения;
- 4) представить схему замещения преподавателю;
- 5) включить режим моделирования;
- 6) результаты измерений занести в *табл.3*.

Таблица 2

$E_{1,2}$	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5

После монтажа схемы замещения и запуска режима моделирования амперметры покажут величину магнитного потока в каждой части магнитопроводов в Вб.

По результатам измерений заполнить *табл.3*.

Таблица 3

Φ_1	Φ_2	Φ_3
Вб	Вб	Вб

Контрольные вопросы

1. Назначение магнитопроводов в электротехнических устройствах?
2. Различие магнитопроводов, используемых в устройствах постоянного и переменного тока?
3. Что понимают под магнитным напряжением?
4. Какие аналогии магнитных и электрических величин используются при моделировании магнитных цепей?
5. Чем однородное магнитное поле отличается от неоднородного?
6. От чего зависит величина магнитодвижущей силы?