



РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ ПУТЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ ЕЕ НА МЕЛКИЕ ЧАСТИ

Сатторов Тошпулот Ахмадович

Бухарский инженерно-технический институт

Ассистент кафедры “Электрическая и энергетическая инженерия”

Аннотация

В данной статье была разработана аналитическая модель для расчета характеристик распределенной параметрической магнитной цепи с учетом ее распределенности. При этом магнитная цепь была разделена на мелкие части, и для каждой из них были рассчитаны параметры, характеризующие цепь, а также коэффициенты, отражающие распределенность. На построенном графике видно, что магнитный поток распределен по длине магнитного проводника в гиперболической форме, а магнитный поток в воздушном промежутке и магнитное напряжение в магнитном проводнике распределены в обратной гиперболической форме.

Ключевые слова: магнитная цепь, ферромагнитный материал, магнитный проводник, магнитный поток, магнитное сопротивление, магнитная проницаемость, магнитное напряжение, магнитная сила, электрическая сила, возбуждающая катушка, измерительная катушка.

Распределенные параметрические магнитные цепи (РПМЦ) широко применяются в различных преобразователях в качестве основного элемента. Их параметры распределенности используются как основной источник для преобразователей. Поскольку расстояние между проводниками РПМЦ (воздушный промежуток) невелико, их магнитная проницаемость будет высокой, и магнитный поток в проводниках будет распределен по длине магнитной цепи. Основная характеристика намагничивания ферромагнитных материалов имеет нелинейный характер, поэтому уравнения, характеризующие эти цепи, также демонстрируют нелинейные свойства [1].

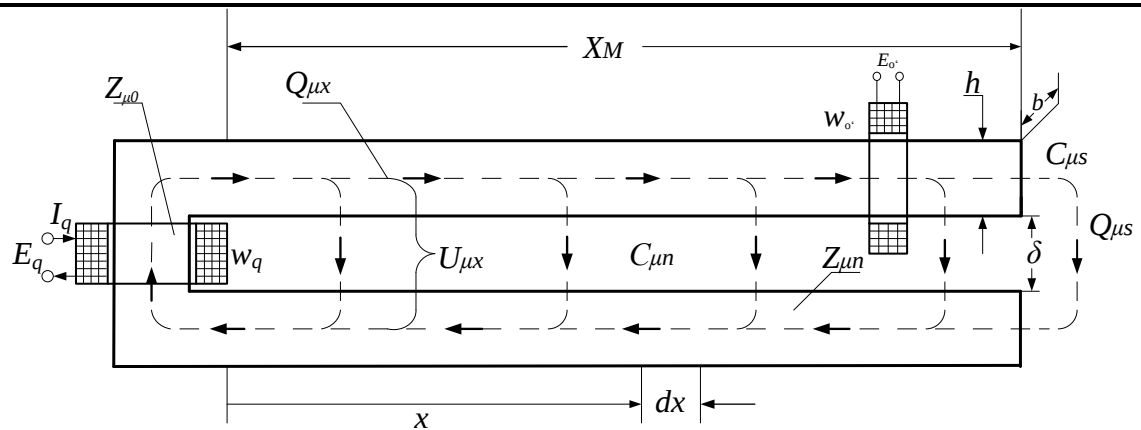


Рисунок 1. Конструктивная схема распределенной параметрической магнитной цепи в виде буквы П.

На рисунке 1 представлена конструктивная схема РПМЦ в виде буквы П, состоящая из двух близко расположенных магнитных проводников, между которыми высокая магнитная проницаемость. В этой РПМЦ создается возбуждающая катушка, и электрическая сила, возникающая в магнитном проводнике, измеряется через подвижную измерительную катушку. Параметры частей цепи: E_q – электрическая сила источника, подключенного к возбуждающей катушке [В], I_q – ток через возбуждающую катушку [А], w_q – число витков возбуждающей катушки, $Z_{μ0}$ – магнитное сопротивление участка возбуждающей катушки, $Q_{μx}$ – изменяющийся магнитный поток по длине магнитного проводника [Вб], $U_{μx}$ – изменяющееся магнитное напряжение по длине магнитного проводника [А], X_M – максимальная длина движущейся катушки [м], $C_{μn}$ – значение магнитной проницаемости между магнитными проводниками [Гн/м], $Z_{μn}$ – значение магнитного сопротивления проводника [$1/(\text{Гн} \cdot \text{м})$], h – толщина магнитных проводников [м], b – ширина магнитного проводника [м], δ – расстояние между магнитными проводниками [м], $C_{μs}$ – магнитная проницаемость на краю магнитных проводников [Гн/м], $Q_{μs}$ – магнитный поток на краю магнитных проводников [Вб], $w_{o'}$ – число витков измерительной катушки [-], $E_{o'}$ – электрическая сила, возникающая в измерительной катушке [В], x – координата движущейся катушки [м], dx – элементарная часть магнитного проводника [м]. На рисунке 1 изображена

схема замещения распределенной параметрической магнитной цепи, и приведены параметры, характеризующие магнитную цепь:

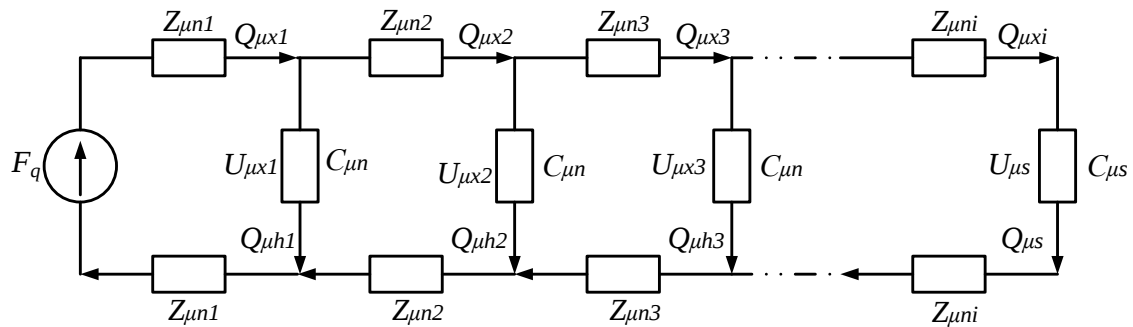


Рисунок 2. Схема замещения РПМЦ.

В схеме замещения рпмц описаны элементарные части, в которых F_q — магнитная сила, создаваемая возбуждающей катушкой [А], $Z_{\mu n1} \dots Z_{\mu ni}$ — параметры магнитного сопротивления элементарных частей магнитного проводника [$1/(\text{Гн} \cdot \text{м})$], $Q_{\mu x1} \dots Q_{\mu xi}$ — параметры магнитного потока в элементарных частях магнитного проводника [Вб], $U_{\mu x1} \dots U_{\mu xi}$ — параметры магнитного напряжения в элементарных частях магнитного проводника [А].

При анализе магнитной цепи начнем с определения значения магнитной силы, создаваемой возбуждающей катушкой:

$$F_q = I_q \cdot w_q \quad (1)$$

Теперь определим значение магнитного напряжения в движущейся части:

$$U_{\mu x0} = F_q - Q_{\mu max} \cdot Z_{\mu 0} = F_q - Q_{\mu max} \cdot \frac{\delta}{\mu \cdot \mu_0 \cdot S} = F_q - B_{\mu 0} \cdot S \cdot \frac{H_{\mu 0} \cdot \delta}{B_{\mu 0} \cdot S} \quad (2)$$

Здесь: $B_{\mu 0} = 2.02 [\text{Тл}]$ и $H_{\mu 0} = 8450 [\frac{\text{А}}{\text{м}}]$, F_q экспериментальные значения магнитной индукции и магнитного поля, полученные из таблицы экспериментальных данных.

Для координаты $x = 0$ максимальное значение магнитного потока:

$$Q_{\mu x0} = B_{x0} \cdot S \quad (3)$$

Значение $B_{\mu 0}$ соответствует значению $U_{\mu x0}$, полученному из таблицы экспериментальных данных.

$$C_{\mu n} = \mu_0 \cdot \frac{b}{\delta} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0.01}{0.01} = 4\pi \cdot 10^{-7} [\frac{\text{Гн}}{\text{м}}]. \quad (4)$$

$C_{\mu n} = \text{const}$ является постоянной, так как конструктивные размеры

магнитного проводника не изменяются вдоль его длины.

Для первого элементарного участка схемы замещения на основе первого и второго законов Кирхгофа определим значения уменьшающегося магнитного потока и магнитных напряжений в элементарном участке: $Q_{\mu x0} = Q_{\mu h1} + Q_{\mu x1}$

(5)

$$Q_{\mu h1} = U_{\mu x0} C_{\mu n} \Delta x \quad (6)$$

$$Q_{\mu x1} = Q_{\mu x0} - Q_{\mu h1} \quad (7)$$

$$U_{\mu x1} = U_{\mu x0} - Q_{\mu x0} Z_{\mu n1} \Delta x \quad (8)$$

$$Z_{\mu n1} = \frac{1}{\mu \mu_0 S} = \frac{U_{\mu x0}}{Q_{\mu x1} \cdot (X_M - \Delta x)} \quad (9)$$

Для второго элементарного участка схемы замещения также на основе первого и второго законов Кирхгофа определим значения уменьшающегося магнитного потока и магнитных напряжений в элементарном участке:

$$Q_{\mu x1} = Q_{\mu h2} + Q_{\mu x2} \quad (10)$$

$$Q_{\mu h2} = U_{\mu x0} C_{\mu n} \Delta x \quad (11)$$

$$Q_{\mu x2} = Q_{\mu x1} - Q_{\mu h2} \quad (12)$$

$$U_{\mu x2} = U_{\mu x1} - Q_{\mu x1} Z_{\mu n2} \Delta x \quad (13)$$

$$Z_{\mu n2} = \frac{U_{\mu x1}}{Q_{\mu x2} \cdot (X_M - \Delta x \cdot 2)} \quad (14)$$

Для n элементарных частей схемы замещения также на основе первого и второго законов Кирхгофа определим значения уменьшающегося магнитного потока и магнитных напряжений в элементарном участке:

$$Q_{\mu x(n-1)} = Q_{\mu hn} + Q_{\mu xn} \quad (15)$$

$$Q_{\mu hn} = U_{\mu x(n-1)} C_{\mu n} \Delta x \quad (16)$$

$$Q_{\mu xn} = Q_{\mu x(n-1)} - Q_{\mu hn} \quad (17)$$

$$U_{\mu xn} = U_{\mu x(n-1)} - Q_{\mu x(n-1)} Z_{\mu nn} \Delta x \quad (18)$$

$$Z_{\mu nn} = \frac{U_{\mu x(n-1)}}{Q_{\mu xn} \cdot (X_M - \Delta x \cdot (n-1))} \quad (19)$$

На основе определенных значений построим график распределения магнитного потока и магнитного напряжения вдоль длины магнитного проводника. При этом конструктивные размеры распределенной

параметрической магнитной цепи имеют следующие значения: $I_q = 1 [A]$, $w_q = 1580$, $b = 1 [m]$, $\delta = 1 [m]$, $h = 1 [m]$. Все величины преобразуем в относительные единицы перед построением графика.

$$Q_{\mu x}^* = \frac{Q_{\mu x n}}{Q_{\mu x \max}}, U_{\mu x}^* = \frac{U_{\mu x n}}{U_{\mu x \max}}, Q_{\mu h}^* = \frac{Q_{\mu h n}}{Q_{\mu h \max}}. \quad (20)$$

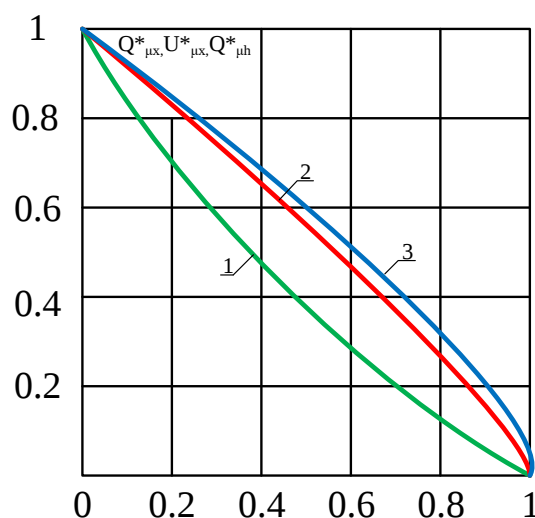


Рисунок 3. Графики функции магнитного потока $Q_{\mu x}^* = f(x^*)$, 2 – магнитного напряжения $U_{\mu x}^* = f(x^*)$, 3 – и магнитного потока в воздушном промежутке $Q_{\mu h}^* = f(x^*)$. Здесь: $x^* = x/X_m$.

График на рисунке 3 был построен в относительных единицах. Основной причиной использования этого метода при построении графика стало то, что значения магнитного потока и магнитного напряжения значительно различаются. Магнитный поток изменяется по гиперболическому закону в зависимости от длины проводника, в то время как магнитное напряжение изменяется согласно обратному гиперболическому закону.

Использованная литература:

1. Математические модели трансформаторных преобразователей угловых перемещений с переменной активной площадью обмотки возбуждения. Развитие науки и технологий. Научно – технический журнал. ISSN 2181-8193. Бухара: №6/2023. 197-205 с., Амиров С. Ф, Мамадалиев У.Ш, Каримов И.А. Сатторов Т.А.