

Рис. 1. Изменение магнитных потоков в магнитной системе преобразования преобразователей при протекании токов по токопроводам систем электроснабжения объекта телекоммуникации

На основе вышеприведенной формулы, описывающий динамический режим электрической сети и преобразователя сигнала о первичном токе объекта телекоммуникации, определяем зависимость – график изменения магнитного потока во времени в магнитной цепи преобразования преобразователя. На основе графика изменения магнитного потока (рис. 1) можно установить, что установившийся режим в магнитной системе преобразования преобразователей достигается через 0,03–0,04 с. после включения электрической нагрузки к токопроводу, где первичные обмотки проходят между стержнями магнитпровода.

Список литературы

1. Справочник по электрическим машинам / под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клокова. М. : Энергоатомиздат, 1988. Т. 1. 456 с.

УДК 629.78.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ И ВЕЛИЧИНАМИ

И. Х. Сиддиков, Х. Э. Хужаматов, К. М. Нажматдинов, Ф. И. Ахунов, М. А. Анарбаев, Г. А. Саидова, Н. Н. Мирзоев, М. Р. Агзамова Ташкентский университет информационных технологий им. Мухаммада ал-Хоразмий (Республика Узбекистан)

Известные методы моделирования и расчета цепей преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжения, такие как, при-

ближенные аналитические и графоаналитические методы определения по построенным картинам магнитного поля, по суммированию магнитных проводимостей вероятных путей магнитного потока, по приближенным зависимостям и формулам, полученным при тех или иных упрощающих допущениях, по формулам, полученным на основе математической обработки результатов экспериментального исследования имеют определенные преимущества для тех или иных случаев, уступают свои места при практических расчетах сопротивлений и проводимостей воздушных зазоров, на машинно-ориентированный графовый метод.

В работе основное внимание уделяется на анализ и синтез конструкций элементов на основе топологического графового представления принципов преобразования, включающие сосредоточенные и распределенные величины и параметры различной физической природы. Решение задачи анализа и синтеза принципов работы электромагнитных преобразователей тока и напряжений на языке графовых моделей сводится к процедуре преобразования исходного графа, состоящего из ветвей исходящих из узла первичный электрический ток I_{31} входящих в узел U_{32} – выходное электрическое напряжение.

Каждый узел графовой модели характеризует некоторую величину, которая участвует в процессе работы - преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений, а ветви отображают характер функциональной связи между величинами и параметрами элементов преобразования. Большое многообразие конструкции цепей преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений, число которых непрерывно увеличивается по мере использования в них новых физикотехнических эффектов, ставит проблему их систематизации и выбора оптимальных величин и параметров преобразования и схемы, отвечающей требованиям современной системы автоматического контроля и управления.

Алгоритм построения графовой модели цепи преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений представим в виде следующих шагов:

1. Разобъем сложную цепь преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений на элементарные участки (с учетом магнитопровода, воздушных зазоров, дополнительных сердечников и потоков рассеяния) по принципу постоянства магнитного потока $\Phi_{\mu i,j}$ на каждом участке цепи преобразования.

2. Определим предварительное распределение м.д.с. $F_{i,j}$ и магнитного потока $\Phi_{i,j}$ по участкам цепи преобразования.

Например: предварительное распределение магнитной индукции по участкам i и j, где имеется воздушный зазор $\delta_{i,j}$ определяется следующим образом:

$$B_{i,j} = \frac{\Phi_{i,j} \ \Pi 0_{\mu i,j}}{\delta_{i,j}}, \qquad (1)$$

где $\Phi_{i,j}$ – магнитные потоки в участках цепи преобразования; $\Pi_{\mu i,j}$ и $\Pi_{\mu i,j}$ – магнитные проводимости *i* и *j* - го участка цепи преобразования.

Если ток, протекающий по токопроводу – первичной обмотке электромагнитных преобразователей тока и напряжений $I_{_{3BX}}$ задано, то м.д.с. в магнитной системы преобразования F определяется следующим образом:

$$F_{i,j} = I_{\text{BBX}} W_{\text{OB}}, \qquad (2)$$

где: ^{*W*_{ов}} – количество витков токопровода – обмотки возбуждения.

При заданной намагничивающей силе катушки $F_{i,j}$ и наличии воздушных зазоров магнитный поток определяется следующим образом:

$$\Phi_{i,j} = \Pi 0_{\mu i,j} (F_{i,j} - F_{i,j+1})$$
(3)

3. Определим комплексную проводимость каждого продольного участка:

$$\Pi 0_{\mu i,j} = Y_{\mu i,j} = Z_{\mu i,j}^{-1} = g_{\mu i,j} - j b_{\mu i,j}, \qquad (4)$$

где $Z_{\mu i,j} = R_{\mu i,j} + j X_{\mu i,j}$ – комплексное магнитное сопротивление участка.

4. Для рассматриваемого магнитной участки цепи преобразования: $R_{\mu i,j} = \rho l_{\mu i,j}/F_{i,j}$ – активное магнитное сопротивление – параметр *i*, *j*-го участка, характеризующее свойство намагничивания магнитного материала под влиянием приложенной силы; $X_{\mu i,j} = \rho l_{\mu i,j}/S_{i,j}$ – реактивное магнитное сопротивление *i*, *j*-го участка, характеризующее потери намагничивающей силы на вихревые токи и гистерезис; $\rho R_{\mu i,j}$ и $\rho X_{\mu i,j}$ – соответственно удельные активное и реактивное магнитные сопротивления *i*, *j*-го участка магнитопровода определяемые в зависимости от магнитной индукции $B_{i,j}$ и магнитной характеристики $\rho_{\mu} = f(B_{j})$; $l_{\mu i,j}$ – средняя длина *i*, *j*-го участка магнитной цепи преобразования.

Если *i*, *j*-й участок цепи представляет собой воздушный зазор (причем в зазоре устанавливается чувствительный элемент (плоская измерительная обмотка, датчик Холла и т. д.) и выпучиванием можно пренебречь), то определим его активную магнитную проводимость

$$\Pi 0_{\mu i,j} = R_{\mu i,j}^{-1} = \sqrt{2}\mu_0 \frac{F_{i,j,k}}{\delta_{i,j}}, \qquad (5)$$

где $\delta_{i,j}$ – длина воздушного зазора *i*, *j* – участки магнитной цепи; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \tilde{A}_i / i$ – магнитная постоянная воздуха.

Если *i*, *j*-й участок представляет собой участок рассеяния, то определим магнитная проводимость рассеяния равна:

$$\Pi 0_{p\,i,j} = g_{\mu} \, l_{\mu p\,i,j} \,, \tag{6}$$

где ^{*g*_µ} – удельная магнитная проводимость рассеяния, получаемая по картине конструкции и аналитически по известным соотношениям.

4. Нанесем на поле графа обозначенные узловые точки с учетом их взаимного расположения.

5. Соединим каждую пару узловых точек (без учета участков рассеяния) конструкции графа между собой двумя противоположно направленными дугами согласно обозначенным узлам исходной конструкции цепей преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений.

7. К каждой дуге полученных узловых подграфов припишем комплексную передачу $T_{i,j}$ равную отношению комплексной проводимости элементарного участка между рассматриваемыми узлами исходной системы к комплексной проводимости узла, к которому направлена дуга графа:

$$T_{i,j,k} = \frac{\Pi \mathbf{0}_{\Sigma i,j}}{\Pi_{\Sigma i,j} + \Pi \mathbf{0}_{\Sigma i,j}} \,. \tag{7}$$

8. Нанесем на поле графа точки, соответствующие заданным величинам ($I_{_{3BX}}$ – первичный электрический ток, F – м.д.с.) и эти точки будем рассматривать как узлы графой модели цепи преобразования.

9. Соединим узлы $F_{i,j}$ дугами, соответствующие комплексным материалам узлов участка, на котором находится источник $I_{_{3BX}}$.

Для построения трехмерной графовой модели участков цепи преобразования рассмотрим их основные элементы, определяем аналогичные величины воздействия ($U_{i,j,k}$), реакции ($I_{i,j,k}$) и заряда ($Q_{i,j,k}$), а также параметров Π , Π 0, Π 1: сопротивления ($R_{i,j,k}$), емкости ($C_{i,j,k}$) и индуктивности ($L_{i,j,k}$), имеющие место в преобразователе тока в напряжение.

При составлении обобщенной модели преобразования принимаются следующие допущения:

• элемент преобразования делится на i j k элементарные участки длиной ΔX , что в общем случае зависит от условий заданной точности и устойчивости решения задачи;

• параметры Π , $\Pi 0$ и $\Pi 1$ в пределах участка ΔX считаются равномерно распределенными. Изменения параметров Π , $\Pi 0$ и $\Pi 1$ могут происходить скачком на границе участков деления;

• источники потоков $\Phi_{i,j,k}$, $\Phi_{i,j,k}$ и $\Phi_{i,j,k}$ и м.д.с. узла $F_{i,j,k}$, $F_{i,j,$

На основе алгоритма составления модели преобразования строим обобщенную графовую модель участки цепи преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений. При этом узлы подсоединения воздействующих величин – магнитных потоков $\Phi_{i,j,k}$ или м.д.с. $F_{i,j,k}$ через коэффициенты связей между величинами электрической, магнитной

и тепловой и т.п. физической природы, в данном случае $\Pi_{\phi_{\mu}F_{\mu}}$ означает связь – параметр между магнитным потоком Φ и м.д.с. F.

Цепь преобразования электромагнитных преобразователей тока и напряжений состоит из участков преобразования – цепь с распределенными магнитными параметрами и величинами, определяемые на основе соответствующих расчетов и исходных данных: об источнике - токе питания, геометрических размеров, количества элементарных горизонтальных, продольных и вертикальных участков разбиения, материала магнитопровода и чувствительного элемента (вторичной обмотки, сенсора и т. д.).

Входной сигнал на точке $F_{\mu 11} = K_{IF} I_{\Im}$ определяются следующим образом:

$$\frac{F_{\mu11} - F_{\mu12}}{R_{\mu11} + R1_{\mu11}} = 0 \tag{8}$$

и т.д.



Рис. 1. Конструкция (а) и модель (б) цепи преобразования с распределенными параметрами и величинами: 1 – первичный токопровод; 2 – магнитопровод; 3 – чувствительный элемент; а, в; l и h – толщина, ширина, длина и высота магнитопровода; l_{в.з.} – длина воздушного зазора; R_{μ в.з.} – магнитное сопротивления воздушного зазора; R_{μ1} и R_{μ2} магнитные сопротивления стержней магнитопровода; Φ_{μc}, Φ_{μ в.з} – магнитные потоки, протекающие через магнитопровода и воздушный зазор

Математическая модель для проведения исследовании представляется следующую форму:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} & A_{15} & A_{16} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} & A_{25} & A_{26} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} & A_{35} & A_{36} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} & A_{45} & A_{46} \\ A_{51} & A_{52} & A_{53} & A_{54} & A_{55} & A_{56} \\ A_{61} & A_{62} & A_{63} & A_{64} & A_{65} & A_{66} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_{\mu 11} \\ F_{\mu 12} \\ F_{\mu 13} \\ F_{\mu 14} \\ F_{\mu 15} \\ F_{\mu 16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{\mu 10} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$
(9)

При параметрах $U_{\mu 0} = K_{IF} \cdot I_{36x} = 100 A e$, 1 = 0.04 m, a = b = 0.04 m, $\mu = 4000$ Гн/м, $\mu_0 = 1.25*10^{-6}$ Гн/м, $R_{\mu 1} = R_{\mu 2} = R_{\mu 3} = R_{\mu 4} = R_{\mu 5} = R_{\mu 6}$ на основе расчета получена следующие значения узловых м.д.с. и магнитного потока (рис. 2).



Рис. 2. График изменения м.д.с. (а) и потока (б) на участках цепи преобразования где: а и b – высота и ширина участки цепи преобразования

Разработанная универсальная модель позволяет проанализировать магнитную цепь преобразования с распределенными параметрами, отличающийся наглядностью и высокой формализованностью при формировании зависимостей, представляющие основные характеристики.

Величина выходного напряжения U_{эвых} зависит от перпендикулярности и равномерности пересечения магнитного потока площади ПИО, при этом требуется оптимизировать как магнитные величины м.д.с. и магнитный поток, так и магнитные параметры участков преобразования.

Список литературы

1. Кадалович С. В., Степанкин ЈІ. В. Физика тиристоров. М. : Наука, 1982. 448 с.

УДК 621.383.51

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ УЧЕБНЫХ ПРИБОРОВ И СТЕНДОВ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

 Ф. Ф. Исаев*, У. Х. Курбанова*, Б. Р. Рахмонов*, Ф. И. Ахунов**
 *Ташкентский университет информационных технологий им. Мухаммада ал-Хоразмий (Республика Узбекистан)
 **Ташкентский государственный технический университет (Республика Узбекистан)

Решение проблем образования и просвещения занимают особое место в развитии современного научно-технического прогресса, формирования сознания и мышления, отвечающих требованиям нашего времени. Ре-