

Таким образом, суммированию реактивных мощностей элементов при расчёте реактивной мощности всего соединения фактически соответствует сложение реактивных составляющих токов или напряжений отдельных элементов (в зависимости от способа соединения).

УДК 621.3.01

Модернизация методики расчета разветвленных нелинейных электрических и магнитных цепей

Горошко В.И.

Белорусский национальный технический университет

В классическом учебнике [1] приводится методика расчета разветвленной нелинейной электрической цепи с двумя узлами (с. 410-411). Недостатком методики является ее графоаналитический характер, и в этом смысле она архаична. Если же нелинейные вольт-амперные характеристики (ВАХ) элементов аппроксимировать аналитическими зависимостями, используя, например, компьютерную программу метода наименьших квадратов, то методика обретает «вторую жизнь» и становится вполне конкурентоспособной с методиками, основанными на численных методах.

Рассматриваемая в [1] цепь приведена на рис. 1. ВАХ всех нелинейных элементов заданы графически.

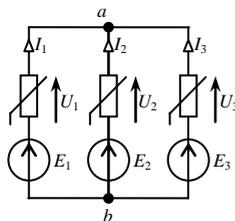


Рис. 1

Сутью методики является пересчет нелинейных характеристик к одному определяющему аргументу – узловому напряжению U_{ab} . Это позволяет строить все ВАХ в единой системе координат и производить над ними требуемые алгебраические и графические манипуляции. В [1] за основу приняты положительные направления токов I_1 , I_2 , I_3 и напряжений U_1 , U_2 , U_3 , указанные на рис. 1, а также узловое напряжение U_{ab} .

Такой выбор направлений приводит к уравнениям:

$$U_1 = E_1 - U_{ab}; \quad U_2 = E_2 - U_{ab}; \quad U_3 = E_3 - U_{ab} \quad (1)$$

Уравнения (1) требуют проведения двух операций:

- 1) горизонтального сдвига ВАХ элемента на величину ЭДС ветви;
- 2) зеркального отражения полученной ВАХ относительно вертикали.

Анализ (1) показывает, что необходимость второй операции, т.е. зеркального отражения ВАХ, появилась только потому, что напряжения U_1 , U_2 , U_3 и узловое напряжение U_{ab} в (1) имеют разные знаки. Эта разница знаков вовсе не обязательна и может быть устранена более продуманным выбором положительных направлений токов и напряжений. Изменяем направления токов I_1 , I_2 , I_3 и напряжений U_1 , U_2 , U_3 на обратные. Тогда уравнения (1) примут вид:

$$U_1 = U_{ab} - E_1; \quad U_2 = U_{ab} - E_2; \quad U_3 = U_{ab} - E_3. \quad (2)$$

Эти уравнения не требуют операции зеркального отражения.

Литература:

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. – 10-е изд. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.

УДК 621.3

Расчет вольтамперной характеристики $U(I)$ управляемой нелинейной катушки индуктивности

Мазуренко А. А., Зеленко В. В.

Белорусский национальный технический университет

Управляемая нелинейная катушка содержит на магнитном сердечнике две обмотки: рабочую обмотку w_1 , которая включается в цепь переменного тока, и обмотку управления w_0 , в которую подается постоянный ток I_0 . Под воздействием $I_0 w_0$ процесс перемагничивания сердечника смещается в область магнитного насыщения. Это приводит к увеличению тока в рабочей обмотке, что эквивалентно уменьшению ее реактивного сопротивления. Для устранения обратного влияния рабочей цепи на цепь управления катушку конструктивно выполняют из двух одинаковых элементов. Рабочие обмотки отдельных элементов включаются параллельно, а обмотки управления – последовательно-встречно. Благодаря такому включению переменные ЭДС, наводимые в обмотках управления отдельных элементов, направлены встречно и взаимно компенсируются. Вольтамперная характеристика $U(I)$ нелинейной катушки при заданных значениях напряжения на рабочей обмотке $u(t) = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$ и тока в обмотке управления $I_0 = \text{const}$ может быть получена расчетным путем. Приведем алгоритм расчета координат одной точки этой характеристики. Магнитные потоки и следовательно потокосцепления отдельных катушек будут содержать переменную и постоянную составляющие: $\psi_1(t) = \Psi_m \cdot \sin(\omega t) + \Psi_0$, $\psi_2(t) = \Psi_m \cdot \sin(\omega t) - \Psi_0$. Переменная составляющая потокосцепления определяется из закона электромагнитной индукции:

$$\psi(t) = \int u(t) \cdot dt = \frac{\sqrt{2} \cdot U}{\omega} \cdot \sin(\omega t) = \Psi_m \cdot \sin(\omega t). \quad \text{Постоянная составляющая}$$

потокосцепления Ψ_0 определяется методом последовательных приближений так, чтобы получить желаемое значение I_0 . Токи в отдельных элементах определяются из уравнения аппроксимации веберамперной характеристики катушки $i = c \cdot \sinh(d \cdot \psi)$, а ток всей цепи – из 1-го закона Кирхгофа:

$$i_1(t) = c \cdot \sinh(d \cdot \psi_1(t)), \quad i_2(t) = c \cdot \sinh(d \cdot \psi_2(t)), \quad i(t) = i_1(t) + i_2(t). \quad \text{Ток в об-}$$