

Л и т е р а т у р а

1. Петренко Ю.Н., Гульков Г.И. Анализ режимов работы и требования к электроприводу главного движения продольно-шлифовальных станков. - В сб.: Научные и прикладные проблемы энергетики. Минск: Высшая школа, 1979, вып. 6.
2. Двигатели асинхронные трехфазного тока единой серии 4А мощностью от 0,06 до 400 кВт. Каталог №01.01.63-77.- М., 1977.

УДК 621.3

В.М.Бладыко, Л.И.Сончик, В.П.Жупинский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ АППРОКСИМАЦИИ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ СЕРДЕЧНИКА ПО ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ КАТУШКИ ДЛЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЗНАЧЕНИЙ

При аналитических расчетах цепей, содержащих катушки с ферромагнитными сердечниками, наиболее часто аппроксимируют основную кривую намагничивания. Она обычно приводится в справочниках или может быть получена экспериментальным путем на постоянном токе или на переменном токе для амплитудных значений.

В литературе указывается, что использование аппроксимации начального участка кривой намагничивания приводит к ошибочным выводам [1]. Некоторые авторы аппроксимируют "среднюю" кривую намагничивания или же семейство "средних" кривых [2].

Для получения же "средней" кривой намагничивания или же семейства "средних" кривых предварительно снимают семейство петель гистерезиса, что является трудоемким процессом.

Кривую намагничивания можно легко аппроксимировать, зная информацию о гармоническом спектре кривой тока [3, 4]. Однако для этой цели требуется специальное оборудование - анализатор гармоник тока.

В данной работе поставлена задача аппроксимировать кривую намагничивания сердечника, если известна вольт-амперная характеристика индуктивной катушки для действующих значений.

Выберем в качестве выражения, аппроксимирующего кривую намагничивания для мгновенных значений, гиперболичес-

кий синус, который довольно часто используется при аналитическом расчете цепей, содержащих катушки с ферромагнитными сердечниками

$$h = \alpha \operatorname{sh} \beta b, \quad (1)$$

где h , b - мгновенные значения напряженности магнитного поля и магнитной индукции; α , β - коэффициенты аппроксимации.

Найдем действующее значение напряженности магнитного поля

$$H = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T h^2 dt}. \quad (2)$$

Откуда

$$H^2 = \frac{1}{T} \int_0^T h^2 dt = \frac{\alpha^2}{T} \int_0^T \operatorname{sh}^2 \beta b dt. \quad (3)$$

Но

$$\operatorname{sh}^2 \beta b = \frac{1}{2} \operatorname{ch} 2 \beta b - \frac{1}{2}. \quad (4)$$

Таким образом,

$$H^2 = \frac{\alpha^2}{2T} \int_0^T (\operatorname{ch} 2 \beta b - 1) dt. \quad (5)$$

Пусть магнитная индукция изменяется по закону косинуса

$$b = B_m \cos \omega t, \quad (6)$$

тогда $\operatorname{ch}(2 \beta B_m \cos \omega t) = J_0(2 \beta B_m) +$

$$+ 2J_2(2 \beta B_m) \cos 2 \omega t + 2J_4(2 \beta B_m) \cos 4 \omega t + \dots, \quad (7)$$

где $J_n(2 \beta B_m)$ - модифицированная функция Бесселя n - порядка.

Подставляя (7) в (5) и выполняя интегрирование, получим

$$H^2 = \frac{\alpha^2}{2} [J_0(2 \beta B_m) - 1]. \quad (8)$$

Коэффициенты α и β могут быть определены по двум характерным точкам кривой намагничивания. Подставляя координаты этих точек в выражение (8), получим систему двух уравнений

$$\begin{aligned} H_1^2 &= \frac{\alpha^2}{2} [J_0(2\beta B_{1m}) - 1]; \\ H_2^2 &= \frac{\alpha^2}{2} [J_0(2\beta B_{2m}) - 1]. \end{aligned} \quad (9)$$

Из уравнений (9) находим коэффициенты аппроксимации α и β .

Так, разделив первое уравнение на второе, получим

$$\left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 = \frac{J_0(2\beta B_{1m}) - 1}{J_0(2\beta B_{2m}) - 1}. \quad (10)$$

Учитывая, что $\frac{H_1}{H_2} = \frac{I_1}{I_2}$, (11)

окончательно получим

$$\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 = \frac{J_0(2\beta B_{1m}) - 1}{J_0(2\beta B_{2m}) - 1}. \quad (12)$$

Используя приближенные приемы вычисления, находим из (12) коэффициент β .

Коэффициент α находим из (9):

$$\alpha = \frac{H_1}{\sqrt{\frac{1}{2}[J_0(2\beta B_{1m}) - 1]}} = \frac{H_2}{\sqrt{\frac{1}{2}[J_0(2\beta B_{2m}) - 1]}} \quad (13)$$

где H_1 и B_{1m} , H_2 и B_{2m} - находятся по вольт-амперной характеристике для действующих значений.

Вольт-амперная характеристика для действующих значений снималась на индуктивной катушке с тороидальным сердечником из стали Э42. Данные катушки: число витков $W_1 = 320$; $W_2 = 320$. Данные сердечника: сечение $S = 12,6 \text{ см}^2$; длина средней силовой линии $l = 45,3 \text{ см}$.

Выбираем на вольт-амперной характеристике (рис. 1) две точки, которые определяют рабочий участок характеристики.

Пусть $U_1 = 110 \text{ В}$, $U_2 = 60 \text{ В}$, что соответствует $B_{1m} = 1,229 \text{ Т}$ и $B_{2m} = 0,67 \text{ Т}$.

Тогда $I_1 = 0,62$ А, $I_2 = 0,105$ А, что соответствует $H_1 = 438$ А/м и $H_2 = 74$ А/м.

Подставляя значения магнитной индукции и напряженности поля в выражения (12) и (13), находим коэффициенты β и α :

$$\beta = 3,4 \quad \text{и} \quad \alpha = 25,3.$$

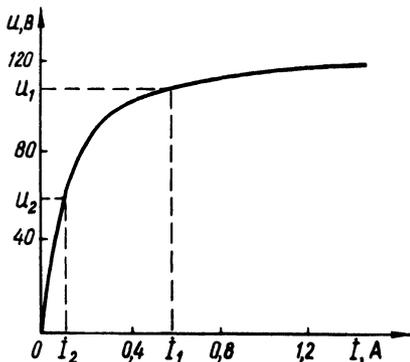


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика катушки для действующих значений.

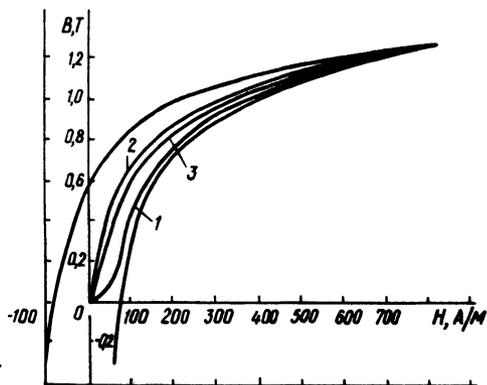


Рис. 2. Кривые намагничивания и петля гистерезиса при $B_m = 1,229$ Т: 1 — основная кривая намагничивания; 2 — средняя; 3 — расчетная.

На рис. 2 приведены снятые экспериментально различные магнитные характеристики: петля гистерезиса, "средняя" кривая намагничивания, основная кривая намагничивания. Там же для сравнения показана кривая намагничивания, рассчитанная по предложенному методу. Как видно из рисунка, расчетная кривая намагничивания приближается к "средней" кривой.

Л и т е р а т у р а

1. Янус Р.И., Фридман Я.А. О случаях неправильного применения коммутационной кривой магнитности при приближенных расчетах цепей с ферромагнетиками. — Электричество, 1958, №6.
2. Савиновский Ю.А., Нерсисян В.С. Об аппроксимации процессов намагничивания ферромагнитных сердечников с учетом гистерезиса. — Электричество, 1969, №3.
3. Бладыко В.М., Бараш Н.В., Мазуренко А.А. Определение коэффициентов аппроксимации кривой намагничивания по

гармоническому составу кривой тока. - Изв. вузов СССР. Сер. "Энергетика", 1969, №11. 4. Бладыко В.М., Мехедко В.Ф., Сончик Л.И. Гармонический синтез кривой намагничивания. - Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика, 1975, №10.

УДК 621.314.632

В.Г.Черномашенцев, В.А.Пацкевич

ОГРАНИЧЕНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ТИРИСТОРНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

Надежная работа силовых полупроводниковых приборов в схемах автономных инверторов во многом зависит от эффективности демпфирующих цепей, ограничивающих коммутационные перенапряжения. Однако применение существующих устройств для демпфирования перенапряжений приводит к значительным потерям в них [1, 2].

В данной работе рассматривается новая схема демпфирующей цепи, позволяющая ограничивать коммутационные перенапряжения с рекуперацией энергии в питающую сеть. Принципиальная схема демпфирующей цепи применительно к автономному инвертору со стабилизацией токов и напряжений изображена на рис. 1. Работа данного инвертора описана в [3].

Основной причиной коммутационных перенапряжений в схеме инвертора является обрыв диодом V_1 с большой скоростью обратного тока в момент восстановления им запирающих свойств. При этом на коммутирующем дросселе L_4 возникают перенапряжения значительной величины, которые при отсутствии демпфирующей цепи (L_2, L_3, C_1, C_2, V_2) пробивают диод V_1 и тиристоры $V_3 - V_6$.

Включение последовательной цепи C_1, V_2, C_2 параллельно диоду V_1 создает путь для протекания тока в момент закрытия последнего и накопленная коммутирующим дросселем энергия от протекания обратного тока диода передается конденсаторам C_1 и C_2 . Разряд конденсаторов C_1 и C_2 осуществляется через дроссели L_2 и L_3 . В процессе работы инвертора на диоде V_1 возникает импульсное напряжение, которое прикладывается через диод V_2 к конденсаторам C_1 и C_2 .

При анализе электромагнитных процессов в демпфирующей цепи принимаем, что величина индуктивности дросселей L_2 и L_3 настолько велика, что можно пренебречь величиной