

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. С. ОВАКИМЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ
ТИПА ДПМС ОТ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Двигатели с переменным магнитным сопротивлением (ДПМС) развивают вращающий электромагнитный момент вследствие изменения магнитной проводимости между статором и ротором. Существуют множество разновидностей этих двигателей, но общим для них является наличие пассивного ротора, собираемого из листов электротехнической стали с определенным количеством зубцов по внешней расточке и обладающего магнитной симметрией. Коммутация фаз статора осуществляется в зависимости от углового положения ротора. Одна из возможных конструкций ДПМС дана в [1].

В статье рассматривается нахождение оптимальной формы тока фазы ДПМС в зависимости от углового положения ротора. Критерием оптимальности принято получение минимальных тепловых потерь в фазах двигателя при заданных значениях среднего момента, развиваемого ДПМС. Приняты следующие допущения:

а) не учитывается насыщение в стали машин, что позволяет применять метод наложения, а величины собственных индуктивностей фаз рассматривать как функции углового положения ротора;

б) пренебрегаются величины коэффициентов взаимоиндуктивностей фаз.

Как известно [2], среднее значение момента, развиваемого фазой двигателя ДПМС, за 360 электрических градусов поворота ротора равно:

$$M = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} J^2(\theta) \frac{dL(\theta)}{d\theta} d\theta, \quad (1)$$

где $J(\theta)$ — ток фазы в функции угла θ ; θ — угловое положение ротора; $L(\theta)$ — собственная индуктивность фазы.

Индуктивность фазы можно определить экспериментально и аппроксимировать графоаналитическим путем в виде гармонического ряда Фурье:

$$L(\theta) = \sum_{j=1}^n A_j \cos(j\theta). \quad (2)$$

На рисунке приведена кривая $L(\theta)$ для частного случая ДПМС, рассматриваемого в [1]. Величина n определяется, исходя из требуемой точности аппроксимации $L(\theta)$: на рисунке кривая $L(\theta)$ описывается следующим выражением:

$$L(\theta) = 0,8992 - 0,8522 \cos \theta + 0,1239 \cos 2\theta + 0,0472 \cos 3\theta \quad (3)$$

и показана пунктирной кривой.

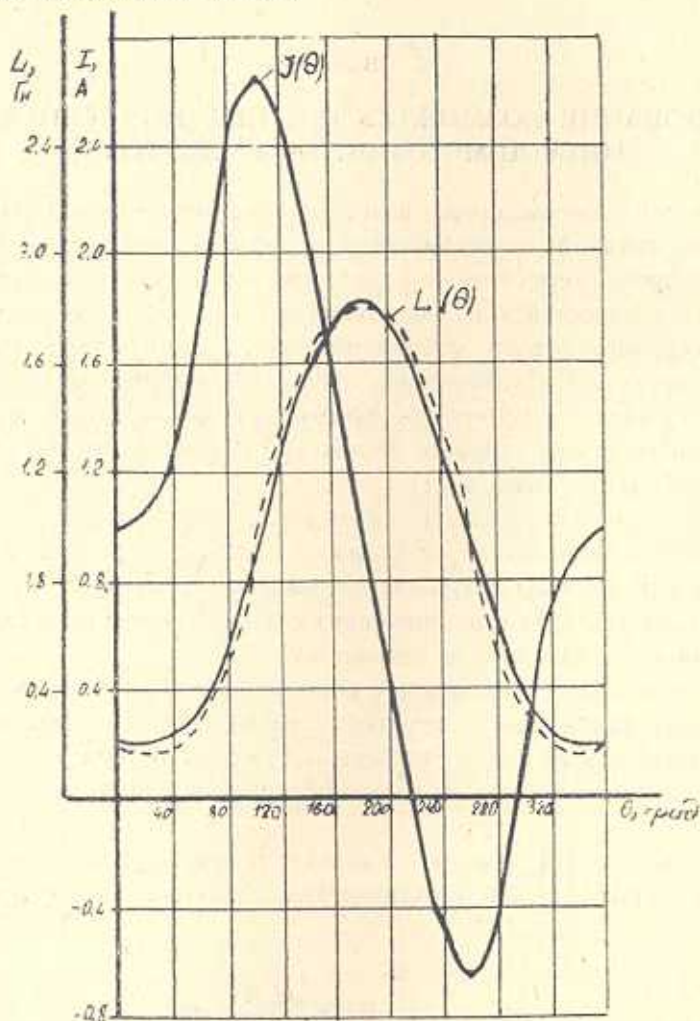


Рис. Кривая тока и индуктивности фазы ДПМС.

Величина средних тепловых потерь в обмотке за пройденный путь равна:

$$P = \frac{R}{2\pi} \int_0^{2\pi} J^2(\theta) d\theta, \quad (4)$$

где R — активное сопротивление фазы.

Представим ток в фазе двигателя также в виде гармонического ряда Фурье:

$$J(\theta) = a_0 + \sum_{j=1}^n a_j \sin(j\theta). \quad (5)$$

Продифференцировав (2) по θ и совместно решая (1), (4) и (5), получим:

$$M = -a_0 \sum_{j=1}^n \frac{ja_j A_j}{2}; \quad P = R \left(a_0^2 + 0,5 \sum_{j=1}^n a_j^2 \right), \quad (6)$$

откуда:

$$\frac{M}{P} = -\frac{1}{2R} \cdot \frac{a_0 \sum_{j=1}^n ja_j A_j}{\left(a_0^2 + 0,5 \sum_{j=1}^n a_j^2 \right)} = -\frac{1}{2R} \cdot F. \quad (7)$$

Величина F характеризует *к. п. д.* ДПМС при питании от источника тока. Оптимальной форме тока будет соответствовать максимальное значение F_{\max} , для определения которого необходимо продифференцировать F по $a_0, a_1, \dots, a_j, \dots, a_n$, приравнять полученные уравнения к нулю и решить совместную систему уравнений.

В результате получим:

$$a_0^2 = 0,5 \sum_{j=1}^n a_j^2; \quad a_j^2 = \frac{2a_0^2 \cdot j^2 A_j^2}{\sum_{j=1}^n j^2 A_j^2}, \quad (8)$$

следовательно:

$$F_{\max} = \sqrt{0,5 \sum_{j=1}^n j^2 A_j^2}. \quad (9)$$

Выражения (6) и (8) позволяют определять оптимальную форму тока в фазе ДПМС при заданной кривой $L(\theta)$. Для этого подставим значение a_j из (8) в (6) и получим:

$$a_0^2 = -M \sqrt{\frac{2}{\sum_{j=1}^n j^2 A_j^2}}. \quad (10)$$

Можно решить и обратную задачу: при заданных ограничениях на тепловые потери в фазе машины, развить максимальный момент на валу двигателя. На основании второго уравнения (6) и первого уравнения (8) имеем:

$$a_0^2 = \frac{P}{2R}. \quad (11)$$

Рассмотрим частный случай, когда $L(\theta)$ аппроксимируется уравнением (3). Примем условно $a_0 = 1$ и рассчитаем соответствующие коэффициенты a_1, a_2, a_3 по (8). На рисунке приведена полученная кривая тока: при этом $F = 0,6355$. Если не учитывать высшие гармоники в кривой индуктивности, то в этом случае $F = 0,6026$, т. е. к.п.д. ДПМС понижается на 5,5%. Этот эффект тем больше, чем выше в кривой $L(\theta)$ выражен состав высших гармоник.

Таким образом, применение методов гармонического анализа позволяет определить оптимальную форму кривой тока фазы ДПМС при заданной $L(\theta)$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Агабабян Э. М., Казарян С. Л., Кочарян В. Г., Овакьян А. С. Расчетное и экспериментальное определение статических угловых характеристик ДПМС. — В кн.: Межауз, сб. науч. тр. по электротехн., Ереван, ЕрПИ, 1982, с. 3—12.
2. Шмитц Н., Новотный М. Введение в электромеханику. — М.: Энергия, 1969. — 312 с.