ЛИТЕРАТУРА

1. Элементы теории биологических анализаторов / Под ред. *Н. В. Позина*. — М.: Наука, 1978.— 360 с.
2. *Perhel D. E.* A computer program for simulating a network of interacting neurones // Comp. and Biomed. Res. — 1976, — v. 9, — № 1, — p. 31—43.
3. *Мелконян Д. С., Мкртчян О. А., Хондкарян Н. С.* Математическое описание поведения синапса в условиях ритмической стимуляции // ДАН АрмССР.— 1977.— Т. 65.— № 1.— С. 59—61.
4. *Хондкарян Н. С., Мелконян Д. С.* Анализ механизмов синаптической пластичности в нейронах красного ядра методами имитационного моделирования // Биол. журн. Армении.— 1985.— № 5.— С. 387—392.
5. *Marr D.* A theory of cerebellar cortex // J. Physiol. — 1969. —V. 202. — P. 437.
Fukushima E. Cognitron: A self-organizing multilayered neural network // Biol. Cybernetics. — 1975. — V. 20. — P. 121—136.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 5, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. С. ОВАКИМЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С *ДПМС* ПРИ ЧАСТОТНО-ТОКОВОМ УПРАВЛЕНИИ

Двигатели с переменным магнитным сопротивлением относятся к синхронным машинам с наиболее простой и технологичной конструкцией, обладающей пассивным зубчатым ротором и сосредоточенной обмоткой управления на статоре. Частотно-токовое управление подразумевает формирование кривых токов фаз в функции углового положения ротора, что равнозначно формированию электромагнитного момента двигателя. Если не учитывать коэффициенты взаимоиндуктивностей фаз, которые на порядок меньше, чем собственные индуктивности [1], электромагнитный момент, развиваемый ДПМС, будет равняться:

$$M = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m} i_i^2 L_i'(\theta), \tag{1}$$

где i_i — ток, протекающий в i-той фазе; m — число фаз; $L_i'(\theta)$ — производная собственной индуктивности фазы в функции углового положения ротора θ (здесь и в дальнейшем производные обозначены со штрихами).

Как показано в [2], для обеспечения требуемого момента при минимуме потерь в обмотках ток должен протекать только в той фазе, которая при данном θ обладает наибольшей $L_i'(\theta)$ по сравнению с другими. Исходя из этого, можно выделить оптимальные угловые диапазоны коммутаций фаз: для симметричной m-фазной машины угловые диапазоны равны $2\pi/m$ эл. градусов. В каждом диапазоне обтекается током только одна фаза, обладающая наибольшей $L'_i(\theta)$. Величина тока в данной фазе определяется из выражения (1):

$$i_i^2 = \frac{2M}{L'_i(\theta)}. \tag{2}$$

Рассмотрим три основные задачи оптимального управления.

1. Задача о минимуме потерь — отработать заданное перемещение, за заданное время при минимуме потерь в обмотках.

2. Задача о максимальном быстродействии — отработать заданное перемещение при заданных потерях в обмотках за минимум времени.

3. Задача о максимальной производительности — за заданное время и заданные потери в обмотках отработать максимальное перемещение.

Решение данных задач требует определения оптимальных траекторий i и ω в функции θ. Основные параметры оптимального управления выразим через θ:

а) потери в обмотках —

$$Q = \int_0^{\theta} \frac{i^2 R}{\omega} d\theta; \tag{3}$$

б) время перемещения —

$$T = \int_0^{\theta} \frac{1}{\omega} d\theta; \tag{4}$$

в) угол перемещения —

$$\varphi = \int_0^{\theta} d\theta; \tag{5}$$

г) уравнение движения —

$$M - M_c = I\omega \frac{d\omega}{d\theta}, \tag{6}$$

где R — активное сопротивление фазы; ω — угловая частота вращения ротора; M_c и I — моменты сопротивления и инерции, приведенные к валу двигателя.

При решении задач о минимуме потерь и максимальном быстродействии считается, что заданный путь не выходит за пределы оптимального диапазона коммутаций фаз, что не сужает диапазон решения задач, т. к. любой участок пути можно подразделить на ряд участков, приняв конечные значения скорости и тока предыдущего участка за начальные последующего. Аналогично, при решении задачи о максимальной производительности принято, что заданное время и потери таковы, что перемещение ротора не может быть больше оптимального диапазона коммутаций фаз ДПМС. Тогда на основании уравнений (2) и (6) имеем:

$$i^2 = \frac{2}{L'}(\omega I\omega' + M_c). \tag{7}$$

Вышеприведенные задачи решим методом классического вариационного исчисления и уравнение Эйлера запишем в виде:

$$\frac{\partial F}{\partial \omega} = \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\frac{\partial F}{\partial \omega'}\right). \tag{8}$$

Величина F для трех вышеприведенных задач равна:

$$F = \frac{2R}{\omega L'}(\omega I\omega' + M_c) + \lambda_0 + \lambda_1 \frac{1}{\omega};$$

$$F = \frac{1}{\omega} + \lambda_0 + \lambda_2 \frac{2R}{\omega L'}(\omega I\omega' + M_c); \tag{9}$$

$$F = 1 + \lambda_1 \frac{1}{\omega} + \lambda_2 \frac{2R}{\omega L'}(\omega I\omega' + M_c),$$

где λ_0, λ_1, λ_2 — постоянные, учитывающие соответственно ограничения на пройденный путь, время и потери в обмотках.

Рассмотрим три частных случая нагрузки: $M_c = \mathrm{const}$; $M_c = M_0 + k\omega$; $M_c = M_0 + k\omega^2$. Подставив (9) в (8), определим оптимальные траектории ω, а из 7 — оптимальные токи (таблица).

Таблица

Оптимальные траектории ω и i

Нагрузка	ω	i
$M_c = \mathrm{const}$	$\sqrt{\left(\frac{M_c}{I} + \frac{\lambda L'}{2RI}\right)\frac{L'}{L''}}$	$\sqrt{M_c\left(\frac{3}{L'} - \frac{L'''}{L''^2}\right) + \frac{\lambda}{R}\left(1 - \frac{L'L'''}{2L''^2}\right)}$
$M_c = M_0 + k\omega$	$\sqrt{\left(M_0 + \frac{\lambda L'}{2R}\right)\frac{L'}{IL''}}$	$\sqrt{M_0\left(\frac{3}{L'} - \frac{L'''}{L''^2}\right) + \frac{\lambda}{R}\left(1 - \frac{L'L'''}{2L''^2}\right) + 2k\sqrt{\left(\frac{M_0}{I} + \frac{\lambda L'}{2RI}\right)\frac{1}{L'L''}}}$
$M_c = M_0 + k\omega^2$	$\sqrt{\frac{(2M_0R + \lambda L')L'}{2R(kL' + IL'')}}$	$\sqrt{M_0\left[\frac{3}{L'} + \frac{k^2L' - I^2L'''}{(kL' + IL'')^2}\right] + \frac{\lambda}{R}\left[1 - \frac{IL'(IL''' + kL'')}{2(kL' + IL'')^2}\right]}$

Здесь L'' и L''' — вторая и третья производные собственной индуктивности фазы в функции углового положения ротора, а λ учитывает ограничения: для минимума потерь $\lambda = \lambda_2$; максимального быстродействия $\lambda = \frac{1}{\lambda_2}$; максимальной производительности $\lambda = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$.

Коэффициенты λ_1 и λ_2 можно определить, подставив выражения ω и i

из таблицы в уравнения (3) и (4). Отсутствие коэффициента λ_0 в выражениях ω и i объясняется тем, что независимым фактором является пройденный путь, который уже учитывается в $L(\theta)$.

Аналогично можно определить оптимальные траектории ω и i при любой другой заданной нагрузке. Как видно из таблицы, выражения ω и i для случая $M_c = \text{const}$ можно представить, как частный случай для $M_c = M_0 + k\omega$ или $M_c = M_0 + k\omega^2$, если k приравнять к нулю. Выражения, приведенные в таблице, представляют наиболее общий случай, из них можно получить решения других оптимизационных задач без учета ограничений на время или потери, если λ приравнять нулю. В частности, оптимизационная задача определения кривых ω и i, обеспечивающих минимум потерь в обмотках при заданном перемещении, без ограничения на время для случая $M_c = \text{const}$ имеет следующее решение:

$$\omega = \sqrt{\frac{M_c L}{I L^*}}; \quad i = \sqrt{M_c\left(\frac{3}{L'} - \frac{L''}{L'^2}\right)}. \tag{10}$$

которое получено из верхней строки таблицы подстановкой $\lambda = 0$.

Таким образом, применение методов классического вариационного исчисления позволяет аналитически описать оптимальные траектории ω и i в функции θ для обеспечения требуемой динамики электропривода с ДПМС.

ЕрПИ им. К. Маркса 27. III. 1985

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчетное и экспериментальное определение статических угловых характеристик ДПМС / *Э. М. Агабабян, С. Л. Казарян, А. С. Овакимян* и др. // Эл. транспорт: Сб. науч. тр. ЕрПИ.— 1982.— С. 4—10.
2. *Овакимян А. С., Авакян М. В.* Определение оптимальных законов частотнотокового управления для синхронных двигателей специальных конструкций // Эл. машины. Вопросы теории и расчета: Сб. науч. тр. ЕрПИ.— 1985.— С. 72—77.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 5, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. С. АБОВЯН, В. Е. АДАМЯН, А. Г. КАРАГЕЗЯН, А. С. ПОГОСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА

С целью улучшения эксплуатационных свойств нагревательных элементов на основе дисилицида молибдена проведены работы по изучению влияния различных пластифицирующих материалов [1], а также по выяснению роли основных сырьевых компонентов при синтезе $MoSi_2$ [2].