

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ещин Е.К. Моделирование электромеханических процессов многодвигательных электроприводов горных машин. – Кемерово: Кузбасский гос. техн. ун-т, 1999. – 115с.
2. И.С. Таев, Б.К. Буль, А.Г. Годжелло и др., Основы теории электрических аппаратов. Учеб. Для вузов. М.: Высш шк. 1987. – 352с.
3. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: Учеб. пособие для вузов/ Гольдберг О.Д., Буль О.Б., Свириденко И.С., Хелемская С.П.; Под ред. О.Д. Гольдберга -М.: Высш. шк., 2001. 512с.: ил.
4. Программирование и применение ЭВМ в расчётах электрических аппаратов: Учеб. пособие для вузов по спец. «Электр. аппараты» / Никитенко А.Г., Гринченко В.П., Иванченко А.Н. - М.: Высш шк. 1990. – 231с.: ил.

Автор статьи:

Губенков
Александр Вячеславович
- аспирант каф. вычислительной
техники и информационных
технологий

УДК 622.271.4:621.879-83:178.1

В.Г. Каширских, А.Г. Анисимов

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Знание текущих значений параметров двигателей постоянного тока (ДПТ) в процессе их работы в составе электроприводов карьерных экскаваторов и буровых станков необходимо для создания современных систем управления, диагностики и защиты.

Параметры конкретных ДПТ (активные и индуктивные сопротивления, а также постоянные времени обмоток возбуждения и якоря) могут значительно отличаться от каталожных данных, которые являются усредненными для серии двигателей, а также могут изменяться после некоторых видов ремонта. Кроме того, значения параметров зависят от режимов нагружения и теплового состояния ДПТ. Непосредственное измерение значений параметров при работе ДПТ невозможно, поэтому целесообразно использование наблюдающих устройств. В качестве исходной математической модели ДПТ используем уравнения [1]:

$$\left. \begin{aligned} u_{\text{в}} &= i_{\text{в}} R_{\text{в}} + L_{\text{в}} \frac{di_{\text{в}}}{dt}; \\ u_{\text{я}} &= i_{\text{я}} R_{\text{я}\Sigma} + L_{\text{я}\Sigma} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + k\Phi\omega, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $u_{\text{в}}$, $i_{\text{в}}$ – напряжение и ток обмотки возбуждения; $R_{\text{в}}$, $L_{\text{в}}$ – активное сопротивление и индуктивность обмотки возбуждения; $u_{\text{я}}$, $i_{\text{я}}$ – напряжение и ток обмотки якоря; $R_{\text{я}\Sigma}$, $L_{\text{я}\Sigma}$ - суммарное активное сопротивление и индуктивность цепи якоря; k – конструктивный коэффициент; Φ – магнитный поток; ω – частота вращения якоря.

Преобразуем уравнения (1):

$$\left. \begin{aligned} i_{\text{в}} &= \frac{1}{R_{\text{в}}} \left(u_{\text{в}} - L_{\text{в}} \frac{di_{\text{в}}}{dt} \right); \\ i_{\text{я}} &= \frac{1}{R_{\text{я}\Sigma}} \left(u_{\text{я}} - L_{\text{я}\Sigma} \frac{di_{\text{я}}}{dt} - k\Phi\omega \right) \end{aligned} \right\}$$

и запишем их в виде:

$$\left. \begin{aligned} i_{\text{в}} &= a_1 \cdot u_{\text{в}} - a_2 \cdot \frac{di_{\text{в}}}{dt}; \\ i_{\text{я}} &= a_3 \cdot u_{\text{я}} - a_4 \cdot \frac{di_{\text{я}}}{dt} - a_5 \cdot \omega, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $a_1 = \frac{1}{R_{\text{в}}}$; $a_2 = \frac{L_{\text{в}}}{R_{\text{в}}}$; $a_3 = \frac{1}{R_{\text{я}\Sigma}}$;
 $a_4 = \frac{L_{\text{я}\Sigma}}{R_{\text{я}\Sigma}}$; $a_5 = \frac{k\Phi}{R_{\text{я}\Sigma}}$.

Для применения метода наименьших квадратов представим уравнения (2) в матричной форме [2]:

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= X_1 \cdot A_1 + v_{\text{в}}; \\ Z_2 &= X_2 \cdot A_2 + v_{\text{я}}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где

$$Z_1 = i_{\text{в}}; Z_2 = i_{\text{я}};$$

$$X_1 = \left[\begin{matrix} u_{\text{в}} & -\frac{di_{\text{в}}}{dt} \end{matrix} \right]; X_2 = \left[\begin{matrix} u_{\text{я}} & -\frac{di_{\text{я}}}{dt} & -\omega \end{matrix} \right];$$

$A_1 = [a_1 \ a_2]^T; A_2 = [a_3 \ a_4 \ a_5]^T;$
 v_e, v_a – погрешности, вызванные процессом измерения и оцифровкой входных сигналов.

Далее необходимо решить следующие уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \left(U_1^T \cdot U_1 \right)^{-1} \cdot U_1^T \cdot Y_1; \\ \beta_2 &= \left(U_2^T \cdot U_2 \right)^{-1} \cdot U_2^T \cdot Y_2, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $\beta_1 = A_1; \beta_2 = A_2$ - векторы неизвестных параметров;

$$U_1 = \begin{bmatrix} X_1^T(t) & X_1^T(2t) & \dots & X_1^T((N-1)t) \end{bmatrix}^T,$$

$$U_2 = \begin{bmatrix} X_2^T(t) & X_2^T(2t) & \dots & X_2^T((N-1)t) \end{bmatrix}^T,$$

- векторы наблюдаемых входных переменных ДПТ; N – число точек измерения входных данных; t -время дискретизации;

$$Y_1 = \begin{bmatrix} Z_1^T(t) & Z_1^T(2t) & \dots & Z_1^T((N-1)t) \end{bmatrix}^T,$$

$$Y_2 = \begin{bmatrix} Z_2^T(t) & Z_2^T(2t) & \dots & Z_2^T((N-1)t) \end{bmatrix}^T,$$

- векторы наблюдаемых выходных переменных ДПТ.

Результатом решения уравнений (4) с использованием измеренных данных являются значения коэффициентов a_1, \dots, a_5 , из которых затем определяются параметры ДПТ по следующим формулам:

$$R_B = \frac{1}{a_1}; L_B = \frac{a_2}{a_1}; T_B = a_2;$$

$$R_{Я\Sigma} = \frac{1}{a_3}; L_{Я\Sigma} = \frac{a_4}{a_3}; T_{Я} = a_4; \Phi = \frac{a_5}{a_3 \cdot k},$$

где $T_B, T_{Я}$ – электромагнитные постоянные времени обмотки возбуждения и цепи якоря.

Для проверки метода были проведены испытания ДПТ типа ПС-41 с измерением напряжений и токов обмотки возбуждения и цепи якоря, а

также частоты вращения якоря. Для сравнения результатов оценки параметров ДПТ, полученных с помощью метода наименьших квадратов, с реальными данными предварительно при отключенном двигателе были определены с помощью цифрового мультиметра активные сопротивления и индуктивности обмотки возбуждения и цепи якоря. Результаты сравнения для одного из режимов работы ДПТ приведены в таблице.

Расхождения между измеренными и оцененными значениями (до 10%) обусловлены [2] наличием погрешностей датчиков, ошибкой дискретизации при аналого-цифровом преобразовании, ошибкой при округлении результатов, а также тем, что измерение параметров проводилось при отключенном двигателе, следовательно, не учитывалось изменение температуры обмоток в процессе работы.

Таблица

Результаты оценки параметров

Параметр	Значение	
	измеренное	оцененное
R_B , кОм	1,25	1,30
L_B , мГн	1,20	1,32
$R_{Я\Sigma}$, Ом	4,4	4,6
$L_{Я\Sigma}$, мкГн	0,85	0,93

Результаты испытаний позволяют сделать вывод, что возможно определение параметров ДПТ в реальном времени, непосредственно в процессе его работы. На кафедре электропривода и автоматизации КузГТУ ведется работа по созданию микропроцессорного устройства для оперативной оценки параметров ДПТ с последующим использованием его при управлении, диагностике и защите электроприводов постоянного тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1985.-560 с., илл.
2. Каширских В.Г., Завьялов В.М., Соколов Д.В. Идентификация параметров асинхронного электродвигателя с помощью метода наименьших квадратов // Вестн. КузГТУ, 2002.-№2.-С. 17-19

Авторы статьи:

Каширских
Вениамин Георгиевич
- канд.техн. наук, доц., зав. каф.
электропривода и автоматизации

Анисимов
Артем Григорьевич
- студент специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»