
ЭЛЕКТРОННЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

УДК 621.3:007; 621.3:001.891.57

А. М. Водовозов, А. С. Елюков

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Предложен новый алгоритм параметрической идентификации электромеханических систем с известной структурой. Построена обобщенная математическая модель электромеханической системы, позволяющая проводить идентификацию частично наблюдаемых систем по результатам испытаний, искаженным вследствие шумов.

Ключевые слова: параметрическая идентификация, электромеханическая система, математическая модель.

Параметрическая идентификация является ключевой задачей синтеза математической модели электромеханической системы. Несмотря на то, что структура электромеханической системы при идентификации, как правило, считается априори известной, физические параметры системы с течением времени изменяются и поэтому их нельзя рассматривать как стационарные переменные.

Построение общих алгоритмов параметрической идентификации электромеханической системы в общем случае предполагает выбор математической модели, определенной системой уравнений в форме Коши:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= \sum_{i=1}^m a_{1i} f_{1i}(x_1, x_2, \dots, x_n) + b_1 u_1(t); \\ \frac{dx_2}{dt} &= \sum_{i=1}^m a_{2i} f_{2i}(x_1, x_2, \dots, x_n) + b_2 u_2(t); \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dx_n}{dt} &= \sum_{i=1}^m a_{ni} f_{ni}(x_1, x_2, \dots, x_n) + b_n u_n(t), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где a_{ji} — идентифицируемые параметры, $f_{ji}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ — функции вектора состояния, $u_i(t)$ — входное воздействие; начальные условия вектора состояния $x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$ предполагаются известными.

Система (1) далеко не всегда имеет аналитическое решение в общем виде, поэтому выражение $x_i(t, A)$, где A — матрица параметров, получить не удастся. Кроме того, крайне редко

Для частично наблюдаемых объектов, к которым относятся, например, электроприводы, построение функционала достигается аналитическими преобразованиями системы (2), исключая ненаблюдаемые переменные. При этом линейность функционала не гарантирована. Если преобразование системы (2) невозможно, то идентификация в этом случае весьма затруднена.

В качестве примера рассмотрим задачу параметрической идентификации асинхронной машины с короткозамкнутым ротором по кривой переходного процесса прямого пуска с нагрузкой $M_c = 4$ Н·м. Система уравнений, описывающая функционирование асинхронной машины в неподвижной относительно наблюдателя системе координат $[\alpha, \beta]$, согласно работе [2] имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} u_s &= R_s i_s + L_s \frac{di_s}{dt} + L_m \frac{di_r}{dt}; \\ R_r i_r + L_m \frac{di_s}{dt} + L_r \frac{di_r}{dt} - j\omega L_m i_s - j\omega L_r i_r &= 0; \\ J \frac{d\omega}{dt} &= \frac{3}{2} p_\tau^2 L_m \operatorname{Im}(\bar{i}_s i_r) - M_c p_\tau, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

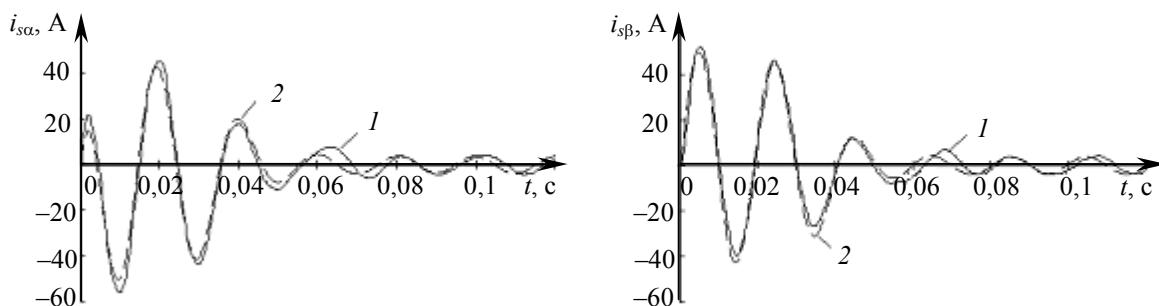
где $R_r=2,166$ Ом, $R_s=3,421$ Ом — сопротивления ротора и статора; $L_r=406$ мГн, $L_s=401$ мГн — индуктивности ротора и статора; $L_m=394$ мГн — взаимдуктивность; $J=0,0021$ кг·м² — момент инерции; u_s — напряжение питания; i_s, i_r — ток статора и ток ротора; ω — частота вращения ротора; $p_\tau = 1$ — число пар полюсов. (Указанные числовые значения параметров машины марки 5АИ80В2У3 взяты из документации и использованы как начальные условия при численной минимизации функционала ошибки.)

Наблюдаемыми величинами в асинхронной машине обычно являются u_s , M_c и i_s , поэтому из системы (4) исключаются параметры i_r и ω :

$$\left. \begin{aligned} i_r &= \frac{1}{L_m} \left(\int_0^t u_s dt - R_s \int_0^t i_s dt - L_s i_s \right), \\ \omega &= \frac{1}{J} \left(\frac{3}{2} p_\tau^2 L_m \int_0^t \operatorname{Im}(\bar{i}_s i_r) dt - p_\tau \int_0^t M_c dt \right). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

После подстановки выражений (5) во второе уравнение системы (4) получается уравнение, квадрат которого дает функционал ошибки.

На рисунке показаны результаты эксперимента по определению токов $i_{s\alpha}$, $i_{s\beta}$ статора электрической машины, где $i_s = i_{s\alpha} + j i_{s\beta}$ (кривая 1), и результаты расчета токов модели с определенными по предложенной методике параметрами (кривая 2).



Идентифицированные параметры машины: $R_r=1,366$ Ом, $R_s=3,417$ Ом, $L_r=388$ мГн, $L_s=400$ мГн, $L_m=388$ мГн, $J=0,0022$ кг·м². Отличие полученных значений от указанных в до-

кументации (справочных) составляет меньше 5 %, лишь только реальное сопротивление ротора больше справочного на 36 %, что может быть связано с незаявленными в справочнике потерями на вихревые токи.

Полученные результаты исследования позволяют сделать вывод о целесообразности использования предложенного алгоритма идентификации в реальных условиях работы электромеханических систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елюков А. С., Водовозов А. М. К вопросу об идентификации линейных динамических систем по результатам экспериментальных исследований // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 2.2 (32). С. 253—256.
2. Копылов И. П. Электрические машины. М.: Высш. школа, 2006.

Сведения об авторах

- Александр Михайлович Водовозов** — канд. техн. наук, доцент; Вологодский государственный технический университет, кафедра управляющих и вычислительных систем;
E-mail: amv@vstu.edu.ru
- Александр Сергеевич Елюков** — студент; Вологодский государственный технический университет, кафедра управляющих и вычислительных систем;
E-mail: aelyukov@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
управляющих и вычислительных
систем

Поступила в редакцию
01.06.09 г.