

Одесский национальный политехнический университет

ИДЕНТИФИКАЦИЯ В ВИДЕ ЯДЕР ВОЛЬТЕРРА ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДИАГНОСТИКИ

Наведено результати побудови непараметричної нелінійної динамічної моделі у вигляді ядер Вольтерра для вентильно-реактивного двигуна на основі даних вимірів імпульсних відгуків з метою використання отриманої моделі при побудові ефективної системи діагностичного контролю.

Приведены результаты построения непараметрической нелинейной динамической модели в виде ядер Вольтерра для вентильно-реактивного двигателя на основе данных измерений импульсных откликов с целью использования полученной модели при построении эффективной системы диагностического контроля.

Results of construction of nonparametric nonlinear dynamic model in the form of kernels Volterra for the switched reluctance motors on the basis of the given measurements of pulse responses with the purpose of use of the received model are resulted at construction of effective system of diagnostic check.

Низкая надежность двигателей промышленных электроприводов обусловлена низким качеством электрической энергии, некачественным ремонтом и старением конструкционных материалов. Последнее выражается в увеличении потерь в стали и меди, снижением эффективного потока, что ведет к снижению нагрузочной способности и ресурса работоспособности. Диагностика параметров, определение реальной работоспособности электрических машин с высокой степенью достоверности – актуальная задача обеспечения надежности функционирования электрооборудования.

В последнее время при разработке автоматизированных систем диагностического контроля и прогнозирования остаточного ресурса промышленных объектов все большее развитие получили методы модельной диагностики, основанные на анализе динамических характеристик объектов контроля, несущих наиболее полную информацию о текущем состоянии исследуемых объектов. Динамические характеристики используются с целью выделения информативных параметров и построения с помощью методов статистической классификации диагностических моделей для оценки состояния объектов по данным косвенных измерений.

Существующие методики модельной диагностики, основанные на использовании динамических характеристик, ограничиваются только линейными моделями, а методики, основанные на учете эффектов нелинейности, используют информацию только о свойствах статических характеристик [3]. Для описания объектов контроля неизвестной структуры типа “черный ящик” используются нелинейные непараметрические динамические модели на основе интегральных рядов Вольтерра (РВ) [1].

В общем случае соотношение “вход – выход” для нелинейной системы может быть представлено РВ вида [1]:

$$y[x(t)] = \sum_{n=1}^{\infty} y_n[x(t)] = \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^t \dots \int_0^t w_n(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n) \prod_{r=1}^n x(t - \tau_r) d\tau_r, \quad (1)$$

где $x(t)$ та $y[x(t)]$ – соответственно входной и выходной сигналы НС; $w_n(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$ – весовая функции (импульсная переходная функция или ядро Вольтерра – ЯВ) n -го порядка; $y_n[x(t)]$ – n -ая парциальная составляющая отклика объекта.

На практике заменяют РВ полиномом и обычно ограничиваются несколькими первыми членами ряда. При этом процедура идентификации заключается в выделении парциальной составляющей $y_n[x(t)]$ и определении на основе ее ЯВ $w_n(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$ [2].

Целью данной работы является построение непараметрической нелинейной динамической модели в виде РВ (определение ЯВ) для вентильно-реактивного двигателя (ВРД) [5] на основе данных измерений импульсных откликов с целью использования полученной модели при построении эффективной системы диагностического контроля.

Задача идентификации здесь решается с использованием имитационной модели ВРД. Взята математическая модель в виде системы уравнений, задающая неявное описание ВРД типа “вход-выход” [4] при фиксированном положении ротора:

$$U_{\phi} = I_{\phi} R_{\phi} + \frac{d\Psi_{\phi}}{dt} \quad (2)$$

$$\Psi_{\phi} = f_1(I_{\phi}, \Theta) \quad (3)$$

где $U_{\phi}(t)$ – напряжение (входное воздействие), $I_{\phi}(t)$ – ток (измеряемый отклик ВРД), R_{ϕ} – сопротивление, Ψ_{ϕ} – потокосцепление фазы; Θ – угол положения ротора относительно статора.

Зависимость (3) является существенно нелинейной, что определяется принципом работы и геометрическими особенностями ВРД. Она была получена для

одного угла положения ротора относительно статора, путем численного расчета магнитного поля методом конечных элементов [4].

С помощью метода идентификации [2] получены оценки ЯВ первого $w_1(t)$ и диагональных сечений второго $w_2(t,t)$ и третьего $w_3(t,t,t)$ порядков для ВРД, заданного системой уравнений (2) и (3). В качестве тестового сигнала на вход ВРД подавались импульсы напряжения длительностью $\Delta t = 50 \text{ мкс}$ и амплитудами $U_\phi = 20\text{В}$, $U_\phi = 110\text{В}$ и $U_\phi = 150\text{В}$ при определении ЯВ соответственно первого, второго и третьего порядков. Результаты идентификации представлены на рис.1 - 3.

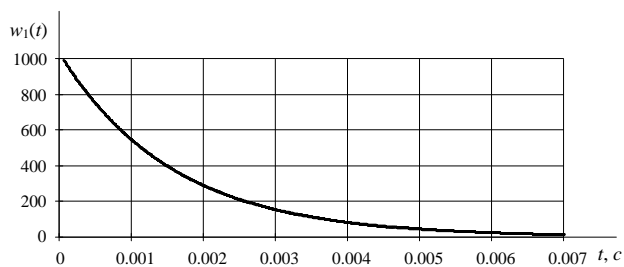


Рис. 1. ЯВ ВРД первого порядка $w_1(t)$.

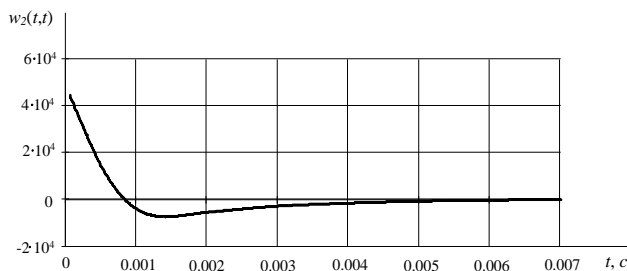


Рис. 2. Сечение ЯВ ВРД второго порядка $w_2(t,t)$.

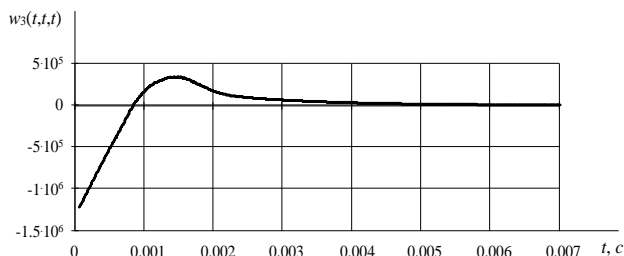


Рис. 3. Сечение ЯВ ВРД третьего порядка $w_3(t,t,t)$.

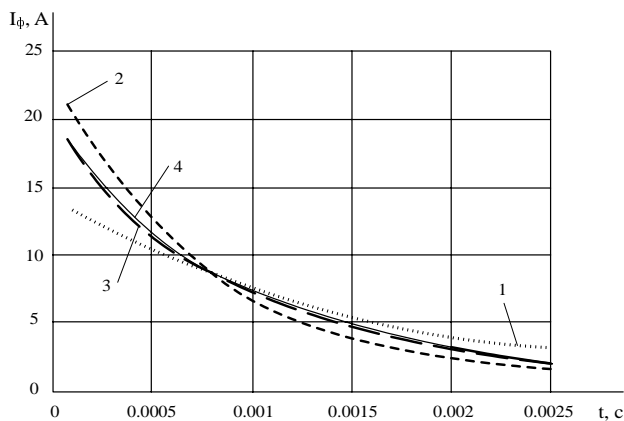


Рис. 4. Отклики ВРД, полученные на модели в виде РВ с учетом: 1 – первого, 2 – двух первых, 3 – трех первых членов РВ; 4 – отклик имитационной модели.

Адекватность построенной модели подтверждается решением прямой задачи –вычислением отклика ВРД на модели в виде РВ при импульсных возмущениях с учетом только одного первого, двух и трех первых члена РВ и сравнении с откликом – эталоном, полученным на основе решения системы уравнений (2) и (3) (рис. 4).

Список использованной литературы

1. Данилов Л.В., Матханов Л.Н., Филиппов В.С. Теория нелинейных электрических цепей. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
2. Павленко В.Д., Череватый В.В., Саид Ибрагим Мухаммад Исса. Идентификация нелинейных динамических систем в виде ядер Вольтерры на основе данных измерений импульсных откликов // Труды Международной научной конференции “МОДЕЛИРОВАНИЕ-2006” (SIMULATION-2006), Киев, 16-18 мая 2006. – Киев: ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, 2006. – С. 349–355.
3. Павленко В.Д., Фомин А.А., Череватый В.В. Построение пространства диагностических признаков на основе моделей объектов контроля в виде рядов Вольтерра // Избранные труды в двух томах Второй международной конференции по проблемам управления (Москва, 2003). – М.: Институт проблем управления РАН, 2003. Т.2. – С.110–117.
4. Радимов И.Н., Рымша В.В., Малеванный О.Е. Моделирование режимов работы вентильного индукторного двигателя // Электротехника i электромеханика. – 2002. - № 2. – С. 60–64.
5. Miller T.J.E. Switched Reluctance Motors and their Control. - Magna Physics Publishing and Clarendon Oxford Press, 1993. - 203 p.

Получено 07.07.06



Павленко Виталий Данилович, кандидат технических наук, доцент кафедры “Компьютеризированные системы управления”, Одесский национальный политехнический университет. 65044, Одесса, просп. Шевченко, 1. Тел.: (8–0482) 288–170. E-mail: pavlenko_vitalij@mail.ru.



Процына Зиновий Павлович, магистрант кафедры “Электрические машины”, Одесский национальный политехнический университет. 65044, Одесса, просп. Шевченко, 1. Тел.: (8–0482) 28–86–80.