

ки эффективности работы асинхронных двигателей в насосных агрегатах может быть использована для решения различных задач. Комплекс позволит осуществлять расчет экономической эффективности при использовании различных суточных графиков водопотребления и циклов нагрузки, характеристиках трубопровода и значениях статической составляющей напора сети. Алгоритм включает ввод входных данных, расчет энергетических и экономических характеристик насоса с последующей обработкой результатов. Алгоритмическая модель эффективности работы асинхронных двигателей в насосных агрегатах позволяет производить расчет экономических и энергетических параметров на основе геометрии базовых и энергоэффективных двигателей, кроме того возможна реализа-

ция различных законов регулирования частоты вращения.

Разработанная алгоритмическая модель эффективности работы асинхронных двигателей в насосных агрегатах используется для осуществления технико-экономического обоснования эффективности внедрения регулируемого электропривода в области ЖКХ, в частности, насосного хозяйства. Она позволяет обосновать экономическую целесообразность внедрения энергоэффективных асинхронных двигателей в привод насосных агрегатов. Будет актуальна для предприятий, осуществляющих проектирование и выпуск асинхронных двигателей для нужд ЖКХ, а также жилищных компаний, желающих повысить свою конкурентоспособность и интерес со стороны потенциальных потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойко Е.П., Гаинцев Ю.В., Ковалев Ю.М. Асинхронные двигатели общего назначения. — М.: Энергия, 1980. — 488 с.
2. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудных установках. — М.: Энергоатомиздат, 2006. — 360 с.
3. Птах Г.К. Методологические аспекты разработки компьютерных моделей электромеханических преобразователей // Известия вузов. Электромеханика. — 2003. — № 1. — С. 7–11.
4. Муравлева О.О., Тютеева П.В. Использование энергетически эффективных двигателей в регулируемом приводе насосов // Водоснабжение и санитарная техника. — 2008. — № 5. — С. 29–33.

5. Приказ № 69/508 от 27.11.2007. РЭК Томской области. О тарифах на электрическую энергию, поставляемую потребителям Томской области [Электронный ресурс]. — режим доступа: <http://rec.tomsk.gov.ru/document/docto/12992.html>. — 10.06.2009.
6. Песковская П. Правительство готовит бум тарифов // Коммерсантъ. — 2008. — № 70 (3887). — 24 апреля.
7. Муравлева О.О., Тютеева П.В. Совершенствование асинхронных двигателей для регулируемого электропривода // Известия Томского политехнического университета. — 2007. — Т. 310. — № 2. — С. 177–181.

Поступила 10.05.2009 г.

УДК 621.313.32

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА QR РАЗЛОЖЕНИЯ

Н.В. Шишков

Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, Казахстан

E-mail: serg_nikoni@rambler.ru

Рассмотрен метод определения основных параметров двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением с использованием метода QR разложений. Показаны относительные ошибки в определении электрических параметров электродвигателей различной мощности.

Ключевые слова:

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения, математическая модель, идентификация параметров, QR метод разложения.

Key words:

Direct current motor of series excitation, mathematical model, parameter identification, QR decomposition technique.

Параметры двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением (ДПТ ПВ), определяющие эксплуатационные характеристики и надежность, в частности, активные сопротивления и индуктивности обмоток, как показано в работе [1], зависят от теплового режима нагрузки и

технического состояния и могут отклоняться от номинального значения на 30...40 % и более. Это влечет за собой ухудшение качества управления в статических и динамических режимах работы, снижается эффективность и надежность функционирования.

В связи с этим необходимо определять точные значения параметров ДПТ ПВ непосредственно перед началом работы и в процессе эксплуатации двигателя, что становится возможным, как показано в работе [2], при проведении идентификации параметров на основе анализа процессов электро-механического преобразования энергии. Для этого целесообразно применить универсальную математическую модель на основе обобщенной электрической машины [3], имеющую для неподвижного якоря вид:

$$\begin{cases} u_{оя} = R_{оя} \cdot i_{я} + L_{оя} \cdot \frac{di_{я}}{dt}; \\ u_{ов} = R_{ов} \cdot i_{я} + W_{ов} \frac{d\Phi}{dt}; \\ W_{ов} \frac{d\Phi}{dt} = L_{ов} \cdot \frac{di_{я}}{dt}, \end{cases} \quad (*)$$

где $u_{оя}$, $u_{ов}$ – мгновенные значения напряжений обмоток якоря и возбуждения, В; $R_{оя}$, $R_{ов}$ – активные сопротивления цепей якоря и возбуждения, Ом; $i_{я}$ – ток в цепи машины, А; $W_{ов}$ – число витков обмотки цепи возбуждения; $L_{оя}$, $L_{ов}$ – индуктивности обмоток цепи якоря и возбуждения, Гн; Φ – магнитный поток, Вб.

Определение активных сопротивлений и индуктивностей обмоток возбуждения и якоря ДПТ ПВ проведем на основе метода QR разложения, реализованного применительно к объекту исследования с использованием уравнений (*); измеренных и сформированных в массив мгновенных значений тока и значений первой производной тока двигателя, а также измеренных и сформированных в векторы мгновенных значений напряжения обмотки возбуждения и мгновенных значений напряжения обмотки якоря.

Для получения оценок на основе метода QR разложения преобразуем уравнения (*) и получим:

$$A_1 \cdot x_1 = b_1;$$

$$A_1 \cdot x_2 = b_2,$$

где $A_1 = \begin{bmatrix} |i_{я}|; \left| \frac{di_{я}}{dt} \right| \end{bmatrix}$ – массив мгновенных значений

тока двигателя и значений первой производной тока двигателя; $b_1 = [u_{ов}]$ и $b_2 = [u_{оя}]$ – вектора мгновенных значений напряжений обмоток возбуждения и

якоря; $x_1 = \begin{bmatrix} R_{ов} \\ L_{ов} \end{bmatrix}$ и $x_2 = \begin{bmatrix} R_{оя} \\ L_{оя} \end{bmatrix}$ – вектора оцениваемых параметров обмоток возбуждения и якоря.

Оценивание вектора параметров производим путем решения уравнений методом QR разложения массива A_1 :

$$[QR] = qr([A_1]),$$

$$\begin{bmatrix} R_{ов} \\ L_{ов} \end{bmatrix} = |R| \cdot (|Q|^T \times |b_1|);$$

$$\begin{bmatrix} R_{оя} \\ L_{оя} \end{bmatrix} = |R| \cdot (|Q|^T \times |b_2|),$$

где $|R|$ – верхняя треугольная матрица; $|Q|^T$ – ортогональная транспонированная матрица; – алгоритм QR разложения на основе преобразований Гивенса, подробно рассмотренный в [4].

Для анализа работы предлагаемого метода в программной среде MATLAB 7.1 разработана виртуальная модель ДПТ ПВ в режиме с неподвижным якорем. На рис. 1 представлена структурная схема модели. Моделирование проводилось на основе справочных данных краново-металлургических двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением серии «Д» мощностью от 2,5 до 150 кВт. Источник напряжения представлен генератором сигнала параболической формы с амплитудой сигнала не более 5 % номинального напря-

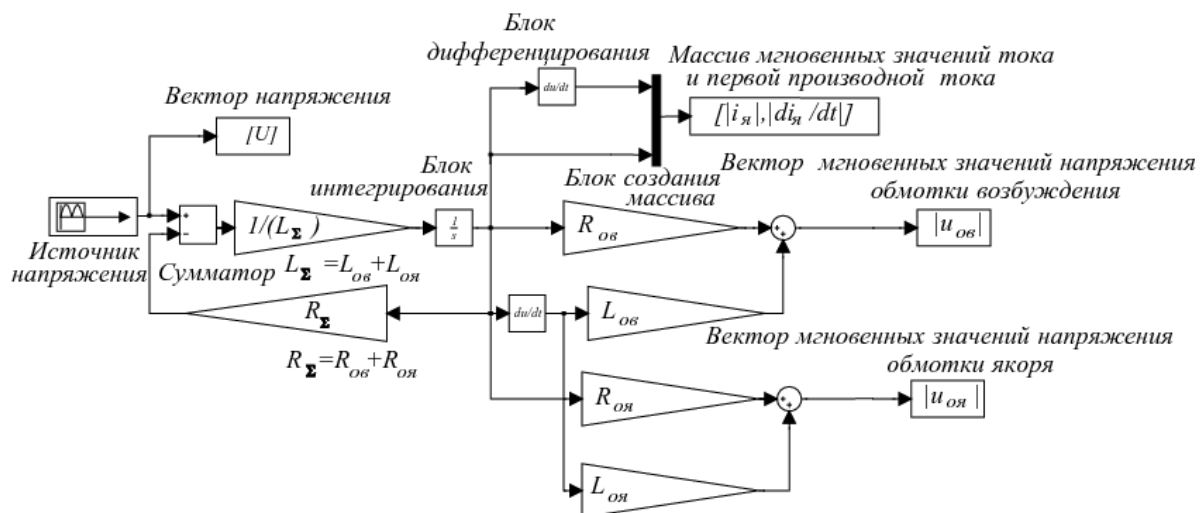


Рис. 1. Структурная схема модели ДПТ ПВ в режиме с неподвижным якорем

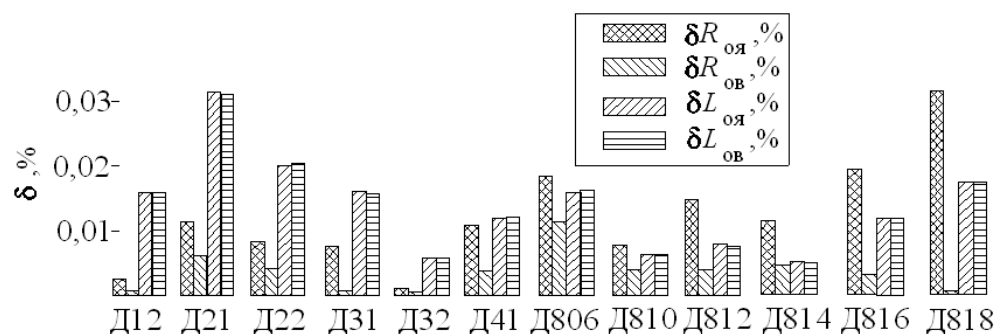


Рис. 2. Относительные ошибки идентификации параметров обмоток

жения двигателя, время моделирования — 0,1 с. В результате моделирования были сформированы: массив мгновенных значений тока и первой производной тока, векторы мгновенных значений напряжения обмотки возбуждения и обмотки якоря.

Алгоритм работы метода определения основных параметров разработан в редакторе программ среды MATLAB 7.1 на основе встроенных математических программных модулей. Результатом работы алгоритма является расчет векторов оцениваемых параметров обмотки якоря и обмотки возбуждения на основе QR разложения массива и векторов мгновенных значений данных, полученных в результате компьютерного моделирования модели ДПТ ПВ.

Результаты идентификации параметров обмоток ДПТ ПВ (Д12 — 2,5 кВт; Д21 — 4,5 кВт; Д22 — 6 кВт; Д31 — 8 кВт; Д32 — 12 кВт; Д41 — 16 кВт; Д806 — 22 кВт; Д810 — 37 кВт; Д812 — 55 кВт; Д814 — 75 кВт; Д816 — 110 кВт; Д818 — 150 кВт) сравнивались с справочными значениями, вводимыми в мо-

дель, затем рассчитывалась относительная ошибка. Относительные ошибки результатов идентификации основных параметров ДПТ ПВ, полученных при виртуальном моделировании в среде MATLAB 7.1, представлены на рис. 2.

Выводы

Показано, что метод QR разложения применим для идентификации параметров двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением в режиме с неподвижным якорем. Относительная ошибка идентификации параметров не превышает 0,04 % для различных типов и мощностей электродвигателей. Формы кривых относительных ошибок в определении основных параметров показывают слабо выраженную связь между изменением номинальной мощности электродвигателя и снижением эффективности предложенного метода, что указывает на возможности использования данного метода для идентификации двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением различных типов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурковский А.Н., Ковалев Е.Б., Коробков Е.К. Нагрев и охлаждение электродвигателей взрывозащищенного исполнения. — М.: Энергия, 1970. — 185 с.
2. Пат. 18549 РК. МПК⁸ G01L 3/10. Способ определения параметров машины постоянного тока последовательного возбуждения / В.Ю. Мельников, В.В. Кибартас, Н.В. Шишков. Заявлено 15.12.2005; Опубл. 15.06.2007, Бюл. № 6. — 4 с.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. — М: Энергоатомиздат, 1985. — 560 с.
4. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. — М.: Мир, 1999. — 195 с.

Поступила 06.07.2009 г.