

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 62-83-52:621.3.025.3

В.М. Завьялов, И.Ю. Семыкина

ЭНЕРГООПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Управляемый электропривод на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в последние годы находит все более широкое применение в промышленности. Это связано со значительным улучшением качества работы, а так же с уменьшением потерь электроэнергии по сравнению с нерегулируемым электроприводом на базе того же двигателя.

Ниже рассматривается способ реализации энергооптимальной системы управления скоростью асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором на базе алгоритма регулирования момента [1], который был синтезирован с помощью метода скоростного градиента [2]. Система регулирования момента описывается уравнениями:

$$\frac{du_{1\alpha}}{dt} = -\gamma_1 \left[-h_{11} \left(1,5pk_2 / L'_1 (\Psi_{1\beta}\Psi_{2\alpha} - \Psi_{1\alpha}\Psi_{2\beta}) - M_3 \right) \Psi_{2\alpha} + h_{22} (\Psi_{1\alpha}^2 + \Psi_{1\beta}^2 - \Psi_{13}^2) \Psi_{1\alpha} + h_{33} ((L_2\sigma\Psi_{1\alpha} - L_{12}\sigma\Psi_{2\alpha})^2 + (L_2\sigma\Psi_{1\beta} - L_{12}\sigma\Psi_{2\beta})^2) (L_2\sigma\Psi_{1\alpha} - L_{12}\sigma\Psi_{2\alpha}) \right];$$

$$\frac{du_{1\beta}}{dt} = -\gamma_1 \left[h_{11} \left(1,5pk_2 / L'_1 (\Psi_{1\beta}\Psi_{2\alpha} - \Psi_{1\alpha}\Psi_{2\beta}) - M_3 \right) \Psi_{2\beta} + h_{22} (\Psi_{1\alpha}^2 + \Psi_{1\beta}^2 - \Psi_{13}^2) \Psi_{1\beta} + h_{33} ((L_2\sigma\Psi_{1\alpha} - L_{12}\sigma\Psi_{2\alpha})^2 + (L_2\sigma\Psi_{1\beta} - L_{12}\sigma\Psi_{2\beta})^2) (L_2\sigma\Psi_{1\beta} - L_{12}\sigma\Psi_{2\beta}) \right].$$

Для получения системы управления скоростью асинхронного двигателя дополним систему управления моментом контуром регулирования скорости, как это показано на рис. 1. Учитывая, что используемая система управления электромагнитным моментом энергооптимальна, следует предположить, что полученная система управления скоростью также будет энергооптимальной.

В качестве регулятора скорости РС (рис.1) был выбран ПИ – регулятор, так как интегральная составляющая позволяет достичь нулевой ошибки регулирования при постоянных входных воздействиях, а пропорциональная составляющая обеспечивает улучшение динамических свойств системы.

Для анализа работы полученной системы регулирования скоростью было проведено ее компьютерное моделирование для двигателя марки 4A80A4У3. Моделирование производилось для двух режимов: разгон до заданной скорости при номинальной нагрузке и ступенчатое приложение нагрузки по окончанию переходного процесса по скорости. Результаты компьютерного моделирования этих режимов представлены на рис. 2 и 3 соответственно. Там же, для сравнения, показаны результаты компьютерного моделирования работы системы векторного управления скоростью [3], построенной на базе токовой модели, при одинаковых условиях и одинаковой настройке регулятора скорости.

Анализируя рис. 2, можно сделать вывод о том, что рассматриваемая система управления скоростью обладает большим быстродействием и точностью регулирования и значительно меньшим перерегулированием по сравнению с системой векторного управления. Большие по сравнению с векторным управле-

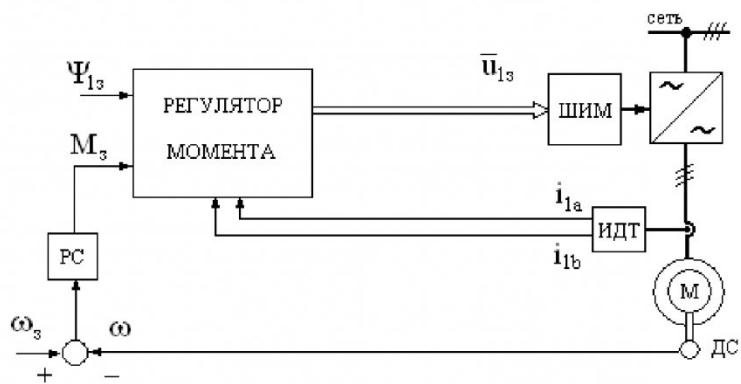


Рис. 1. Структурная схема энергооптимальной системы управления скоростью асинхронного двигателя.

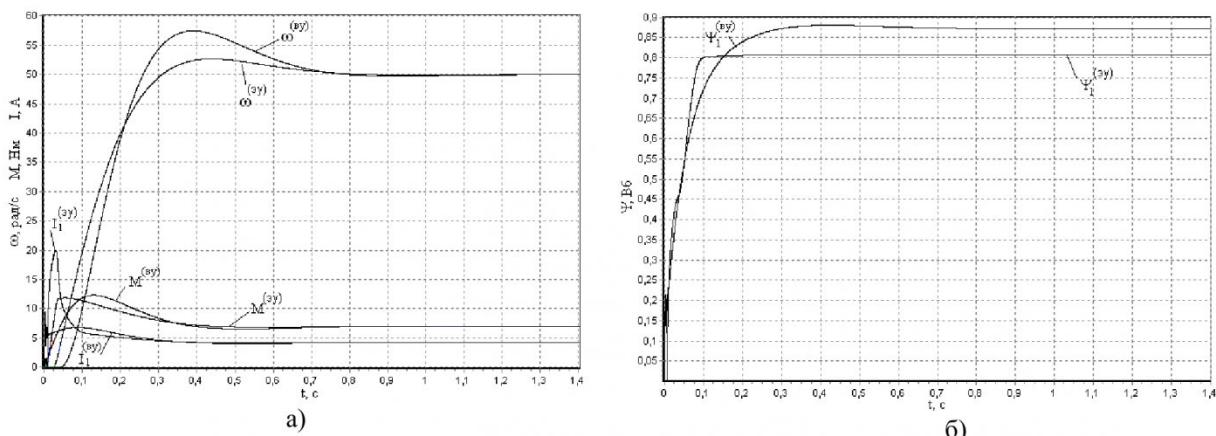


Рис. 2. Итоги компьютерного моделирования энергооптимальной системы управления скоростью и системы векторного управления скоростью при пуске до заданной скорости: а) переходные процессы скоростей, электромагнитных моментов и токов статора; б) переходные процессы потокосцеплений статора

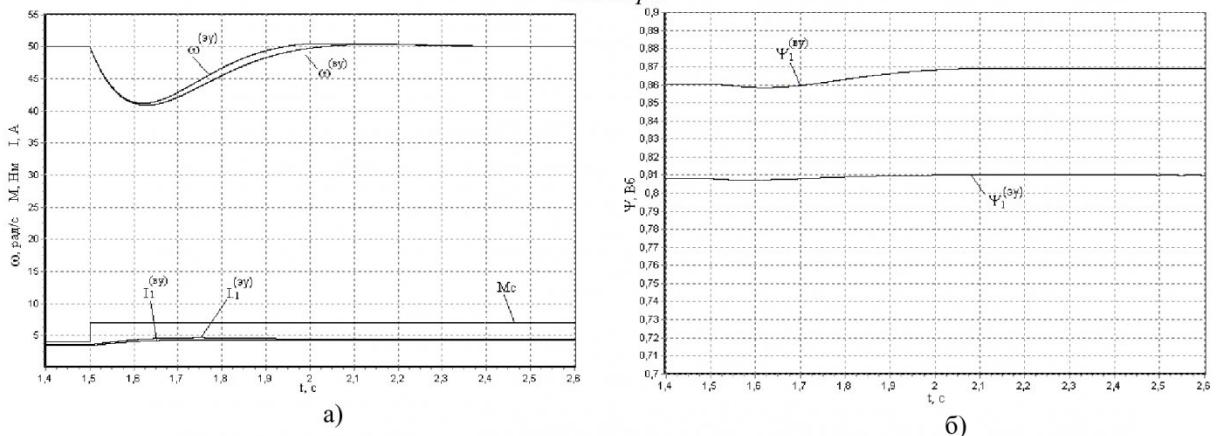


Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования энергооптимальной системы управления скоростью и системы векторного управления скоростью при ступенчатом приложении нагрузки: а) переходные процессы скоростей, электромагнитных моментов и токов статора; б) переходные процессы потокосцеплений статора

Сравнительный анализ показателей работы энергооптимальной системы управления и системы векторного управления скоростью асинхронного двигателя

Параметр	Время переходного процесса по управлению, с (допустимая погрешность 0,15 %)	Время переходного процесса по возмущению, с (допустимая погрешность 0,15 %)	Статическая ошибка регулирования основной переменной, %	Динамическая ошибка регулирования основной переменной, %	Перерегулирование, %	Статическая ошибка регулирования потокосцепления, %	Динамическая ошибка регулирования потокосцепления, %	Максимальная амплитуда тока статора при пуске, А	Установившееся значение тока статора, А
Векторное управление	1,137	0,922	0,024	18,202	14,908	7,654	8,148	9,369	4,197
Энергооптимальное управление	0,816	0,913	0,006	17,848	5,158	1,25	1,375	19,87	4,2

нием омические потери в период пуска в системе энергооптимального управления частично компенсируются меньшими потерями в стали. В установившемся же режиме, сравнивая значения потокосцеплений видно, что при практически одинаковых потерях в меди, потери в стали двигателя в системе энергооптимального управления существенно ниже.

Данные на рис. 3 свидетельствуют о том, что энергооптимальная система управления несколько менее чувствительна к изменению нагрузки.

С точки зрения потеря энергии при работе, как уже было сказано, за счет меньших потерь энергии в стали в установившихся режимах работы, рассмотренная система управления скоростью более эффективна.

Представленный анализ доказывает, что рассмотренная система управления скоростью более эффективна с энергетической точки зрения по сравнению с выпускаемыми промышленностью преобразователями частоты с векторным управлением. Результаты сравнительного анализа, подтверждающие сделанные выводы, приведены в таблице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов В.М., Неверов А.А., Семыкина И.Ю. Многокритериальное управление асинхронным электроприводом // Вестн. КузГТУ, 2005. №1. С.81-84.
2. Мирошник И.В. Нелинейное адаптивное управление сложными динамическими системами / Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. – Спб.: Наука, 2000 г. 549с.
3. Панкратов В.В. Векторное управление асинхронными электроприводами: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999 г. 66с.

Авторы статьи:

Завьялов
Валерий Михайлович
- канд. техн. наук, доц. каф. электропривода и автоматизации

Семыкина
Ирина Юрьевна
- студентка

УДК 622.817.47.002.8

Г.И. Разгильдеев, Г.А. Казунина

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНОГО МЕТАНА

В [1] приведены основные характеристики газомоторной установки (ГМУ) для производства электроэнергии, работающей на остаточном метане, извлекаемом с помощью специально пробуренной скважины из выработанного пространства закрытой шахты "Кольчугинская" в г. Ленинске – Кузнецком Кемеровской области. Отметим, что это первая в России установка такого рода. В процессе пуско – наладочных работ и последующей эксплуатации ГМУ стало ясно, что на стабильность ее работы в существенной мере влияет неравномерность поступление метана из скважины как по концентрации, так и по дебиту. Такие явления ранее были известны и при извлечении метана из дегазационных скважин.

Известны обширные исследования ВостНИИ, проведенные в 1987 – 1990 гг. на всех дегазационных скважинах шахт Кузбасса (была проанализирована работа 52 дегазационных скважин на протяжении трех лет), где установлено, что дебит и концентрация метана меняются во времени спонтанно и практически не поддаются описаниям какими - либо известными закономерностями. Для примера на рис. 1 приведены результаты измерения дебита и концентрации метана из дегазационной скважины передвижной установки (ПДУ) № 2 на шахте "Октябрьская", а на рис. 2 – из

скважины на закрытой шахте "Кольчугинская" при работе ГМУ.

Эти же неравномерности в процессе работы ГМУ были отмечены и при опытной эксплуатации газомоторного комплекса G3516 "Caterpillar" на шахте "Чертинская" [2]. Здесь было установлено, что в процессе ее работы в течение времени T_P концентрация метана, измеряемая инфракрасным газоанализатором, снижалась с первоначального значения K_0 до критического $K_K = 30 \%$, при которой защита отключала газовый двигатель. Через некоторое время T_B концентрация поднималась до некоторого значения K_B , при которой ГМУ вновь включалась в работу.

Наработку T_P ГМУ на критическую концентрацию K_K , как случайную величину, можно охарактеризовать некоторой плотностью распределения $f(T)$ со средним значением $T_{P,CP}$. В условиях шахты "Чертинская" эта наработка составляла 16 ч, а на шахте "Кольчугинская" – 8 ч. Разница объясняется тем, что на шахте "Чертинская" дегазационные скважины были пробурены в выработанное пространство одновременно с ведением горных работ не более 5 – 7 лет назад, а на закрытой шахте "Кольчугинская" – в пространство, где выемка угля велась 20 – 23 года назад и в зоне ее