

Динамика электропривода с векторным адаптивным управлением

Опейко О. Ф.

БНТУ

Минск, Беларусь

e-mail: oopeiko@bntu.by

Аннотация — В данной работе представлены результаты синтеза адаптивного регулятора для системы векторного управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем, а так же результаты анализа синтезированной системы методом имитационного моделирования.

Ключевые слова: адаптивный регулятор; векторное управление; асинхронный электродвигатель

I. ВВЕДЕНИЕ

Метод векторного управления асинхронным электродвигателем [1,2] заключается в формировании канала управления потокосцеплением ротора и канала управления электромагнитным моментом, что позволяет получить высокие показатели качества динамики. Синтез системы управления выполняется во вращающейся системе координат, связанной с потокосцеплением ротора. Однако вектор потокосцепления ротора недоступен для непосредственного измерения датчиками. Точность оценивания вектора потокосцепления зависит от параметров асинхронной машины, которые изменяются в широких пределах в процессе функционирования [3]. Погрешность оценивания потокосцепления приводит к погрешностям координатных преобразований, что может значительно ухудшить динамику системы, и даже нарушить ее устойчивость. Поэтому преимущества векторного управления могут быть полностью реализованы лишь при условии робастности системы, то есть ее низкой чувствительности к параметрическим возмущениям. Задача синтеза робастной системы векторного управления остается актуальной, несмотря на большое количество опубликованных работ, в которых предложены различные способы повышения эффективности управления. Здесь можно выделить два направления. Это, во-первых, идентификация изменяющихся параметров в процессе функционирования и их использование в устройстве управления, во-вторых - применение методов адаптивного управления [5], в том числе основанного на методах искусственного интеллекта

Цель данной работы заключается в синтезе адаптивного регулятора каналов потокосцепления и момента при наличии в системе датчика скорости ротора электродвигателя.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается структура системы векторного управления АД с обратной связью по скорости и ПИД-регуляторами потокосцепления и скорости. На входе системы действуют ступенчатый сигнал задания потокосцепления и плавно изменяющийся сигнал задания скорости. Объект управления описывается уравнениями

$$\dot{x}_d = A_d x_d + A_{dq}(\omega) x_q + B_d u_d. \quad (1)$$

$$\dot{x}_q = A_{qd}(\omega) x_d + A_q x_q + B_q u_q. \quad (2)$$

$$\dot{\omega} = \left(M - M_s \right) / J \quad (3)$$

Здесь x_d, x_q - векторы переменных электромагнитного процесса в каналах потокосцепления и момента соответственно, u_d, u_q - сигналы управления, $A_d, A_{dq}, B_d, A_{qd}, A_q, B_q$ - матрицы, зависящие от параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя. В уравнении (3) механического движения ω, M, J - скорость, электромагнитный момент и момент инерции электропривода, M_s - момент сил сопротивления.

Необходимо определить сигналы управления u_d, u_q пропорционально-интегро-дифференцирующих (ПИД) регуляторов каналов потокосцепления и момента.

Передаточные функции ПИД-регуляторов потокосцепления и скорости имеют вид

$$W_{\text{пид}}(p) = \frac{\bar{\alpha}_0 + \bar{\alpha}_1 p + \bar{\alpha}_2 p^2}{p(\tau p + 1)}. \quad (4)$$

Значения параметров регуляторов для каждого канала определяются отдельно.

Выражения расчетных параметров регулятора можно получить на основании желаемых распределений полюсов замкнутых контуров потокосцепления и скорости. Модель двигателя (1),(2),(3) линеаризуется в предположении постоянства скорости.

III. МЕТОД АДАПТАЦИИ

Ввиду неопределенности и изменений параметров объекта, целесообразна адаптация регулятора в направлении минимизации заданного критерия качества [7-9]. При этом расчетные значения параметров регулятора следует принять в качестве исходных для автоматической настройки.

Замкнутая система, содержащая объект управления и регулятор, если пренебречь малой некомпенсируемой постоянной времени τ , может быть описана уравнением

$$\dot{z} = A_c z + B y^*. \quad (5)$$

Здесь $z = (z_0, z_1, z_2)^T$ - переменные состояния системы, а именно - вектор z_0 интегралов ошибки по потокосцеплению и скорости, вектор ошибки по потокосцеплению и скорости z_1 , вектор производных ошибки z_2 , y^* - входная величина, задающая значения потокосцепления и скорости.

Для замкнутой системы (5) функция Ляпунова может иметь вид:

$$V(x) = x^T P x + \alpha^T \Lambda \alpha.$$

Матрица P удовлетворяет уравнению

$$A_c^T P + P A_c + Q = 0.$$

Здесь P, Λ, Q - симметричные положительные матрицы, причем $\Lambda = \text{diag}(\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2)$ содержит постоянные множители, влияющие на интенсивность адаптации, $\alpha = (\bar{\alpha}_0, \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2)^T$. Матрица Q , а, значит и P определяют критерий качества замкнутой системы.

Обозначим $s = Px$, $s = (s_0, s_1, s_2)^T$.

Производная по времени от функции Ляпунова принимает вид

$$\dot{V}(x) = \dot{x}^T s + x^T \dot{s} + \dot{\alpha}^T \Lambda \alpha + \alpha^T \Lambda \dot{\alpha} \leq 0. \quad (6)$$

Отрицательность этой величины достаточна для устойчивости системы. После преобразований с учетом системы (5) и принимая во внимание, что

$$\dot{x}^T s + x^T \dot{s} \leq 0,$$

получаются уравнения для настройки параметров α регулятора каждого канала, обеспечивающие асимптотическую устойчивость системы

$$\lambda_i \dot{\alpha}_i = x_i s_i, \quad (i = 0, 1, 2). \quad (7)$$

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Система синтезирована для управления скоростью асинхронного электродвигателя с номинальными данными: 11 кВт, 380 В, 1450 об/мин.

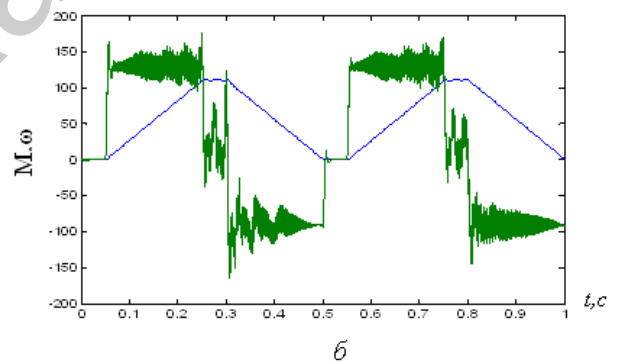
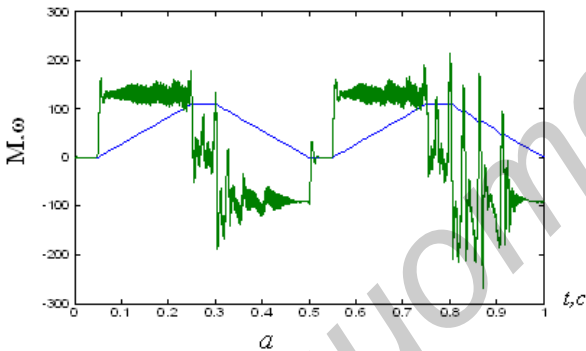


Рис. 1. Процессы в системе с неадаптивным (а) и адаптивным (б) управлением.

Анализ динамических свойств системы выполнен методом имитационного компьютерного моделирования. Результаты моделирования процесса пуска и торможения (изменение скорости и момента электродвигателя) представлены на рисунках 1,2. Для системы с неадаптивным ПИД регулятором – на рисунке 1. На рисунке 2 показан процесс в системе при наличии адаптации.

V. ВЫВОДЫ

Если в электроприводе имеется возможность использования датчика скорости, возможно управление по выходу с ПИД регулятором.

Адаптация путем настройки параметров ПИД регулятора позволяет улучшить качество динамики при изменениях параметров системы векторного управления электроприводом.

- [1] Фираго Б. И. Теория электропривода: Учеб. пособие / Б. И. Фираго., Л. Б. Павлячик. - Мн.: Техноперспектива, 2004. - 527 с.
- [2] Фираго Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго., Л. Б. Павлячик - Мн.: Техноперспектива, 2006. - 363 с.
- [3] Фираго Б.И., Опейко О.Ф. Синтез системы скалярного управления асинхронным электроприводом. / Энергетика. Изв. высш. учебных заведений и энергетических объединений СНГ, №5 (сент.-октябрь), 2007. с. 26-36.
- [4] Фрадков А.Л. Адаптивное управление в сложных системах М., 1990.-296 с.