

АДАПТИВНЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОТОКА ДЛЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Синетова М.М., Ведяков А.А., Базылев Д.Н.
(Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Научный руководитель – Пыркин А.А.
(Университет ИТМО, Санкт-Петербург)

Краткое введение. Постановка проблемы. Сегодня очень остро стоит проблема «бессенсорного» управления. Основная трудность ее разрешения заключается в нелинейной модели синхронного двигателя с постоянными магнитами (PMSM), в которой магнитный поток является неизмеримой переменной. В литературе очень популярным подходом является восстановление механических переменных привода с использованием знаний об общем потоке, и обычно наблюдение магнитного потока является ключевой проблемой. Существующие методы не гарантируют сходимости ошибки регулирования к 0 при наличии ошибок измерений. Некоторые подходы дают надежные оценки, приемлемые для практического применения. Оценщики, которые обеспечивают асимптотическую сходимость оценок к наблюдаемым состояниям электроприводов, обычно не являются устойчивыми по отношению к шуму измерений, потому что были разработаны с сильными предположениями в отношении этой проблемы.

Целью работы является построение наблюдателя потока в PMSM, который является, с одной стороны, робастным относительно смещений в измерениях и не содержит схем интегрирования разомкнутого контура, и с другой стороны, обеспечивает сходимость всех ошибок оценивания к нулю с такими характеристиками качества, как монотонность оценок и возможность регулирования скорости сходимости.

Базовые положения исследования. Адаптивный наблюдатель потока PMSM, предложенный в «A robust globally convergent position observer for the permanent magnet synchronous motor» (Bobtsov A.A., Pyrkin A.A., Ortega R., Vukosavic S.N., Stankovic A.M., Panteley E.V. A robust globally convergent position observer for the permanent magnet synchronous motor // Automatica, 2015, Vol. 61, pp. 47-54.) требует только измерения напряжения и тока, однако предполагается, что в электрических сигналах нет смещения или шума. Однако если шум отсутствует, смещение вблизи нуля всегда возможно, и это следует учитывать, чтобы гарантировать робастность адаптивного наблюдателя даже в номинальном режиме.

Другая работа (Pyrkin A.A., Vedyakov A.A., Ortega R., Bobtsov A.A. A robust adaptive flux observer for a class of electromechanical systems // International Journal of Control, 2018, DOI: 10.1080/00207179.2018.1521995.) посвящена случаю, когда измеренные сигналы содержат неопределенное смещение, которое предполагается постоянным. Этот подход был расширен в работе Bernard P., Praly L. (Bernard P., Praly L. Robustness of rotor position observer for permanent magnet synchronous motors with unknown magnet flux // Automatica, 2018, Vol. 94, pp. 88-93.), что позволило находить линейное уравнение регрессора в зависимости от неопределенного магнитного потока, набора неизвестных параметров и измеримых сигналов.

Нами предлагается применить процедуру DREM, чтобы повысить характеристики наблюдателя по сравнению с известными работами. Непосредственно, процедура DREM не применима к регрессионной модели, так как общий поток является функцией времени. Следуя концепции расширения динамического регрессора, предлагается ввести набор линейных фильтров с различными коэффициентами усиления и получить систему из N линейных уравнений.

Основной результат, практические результаты. В этой статье был предложен новый алгоритм построения адаптивного наблюдателя, который позволяет параметризовать модель возмущенного PMSM, как линейное уравнение регрессора относительно наблюдаемого потока и некоторых констант в зависимости от ошибок измерения. Используя процедуру DREM, векторное регрессорное уравнение может быть разбито на набор скалярных регрессорных уравнений с общим измеримым регрессором и неизвестными переменными или параметрами. Такое разложение позволяет гарантировать монотонность сходимости ошибок оценивания к нулю и регулировать скорость сходимости с помощью коэффициентов адаптации. На основе этого наблюдателя потока становится возможным построить наблюдатель положения и скорости, который также был бы устойчивым по отношению к шуму измерения. И эта сложная проблема - проектирование полного состояния наблюдателя - будет продолжена в дальнейшем.