

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОТКАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Сизов Е.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Маргун А.А.
(Университет ИТМО)

Рассматривается проблема детектирования и локализации трёх видов отказов двигателя постоянного тока: по входу, выходу и компонентам. Отказы по входу и выходу являются линейно разделимыми, поэтому для них проблема решается построением набора наблюдателей Люенбергера и анализом рассогласования между измерениями датчиков и оценками вектора состояния. Для детектирования и локализации отказов компонентов используется метод динамического расширения регрессора (DREM), обеспечивающий оценку параметров системы в режиме реального времени. Компьютерное моделирование подтверждает эффективность предложенного подхода.

Введение.

Детектирование и локализация отказов двигателя постоянного тока позволяет предсказать критические для безопасности и работоспособности системы отказы двигателя. Для решения данной проблемы существуют следующие подходы: программная избыточность с применением данных о динамической модели системы; аппаратная избыточность, заключающаяся в дублировании датчиков; применение методов машинного обучения, обученных на собранных данных о работе системы или синтезированных.

Подходы на основе программной избыточности не требуют оснащения дополнительными датчиками или наличия массива данных о работе двигателя, поэтому являются более простым и недорогим решением для реализации на практике.

Двигатель постоянного тока имеет три группы отказов: по входу (отказы по входному напряжению и моменту сил на валу), по выходу (отказы датчиков тока и скорости) и компонентов (изменение индуктивности и сопротивления обмоток, магнитного потока и электромагнитной постоянной, момента инерции вала, коэффициента трения и постоянной противо-ЭДС).

Основная часть.

Отказы по входу и выходам линейно разделимы, поэтому их детектирование и локализация основаны на построении группы наблюдателей Люенбергера, каждый из которых генерирует вектор рассогласования с данными датчиков в направлении каждого из четырёх возможных отказов в двумерном пространстве переменных состояния двигателя. Для того, чтобы отказы были разделимы генераторы на основе наблюдателей Люенбергера должны удовлетворять трём условиям: вектор рассогласования должен изменяться в одном направлении в пространстве рассогласования; наблюдатель должен быть устойчивым; все направления рассогласования должны быть линейно независимы для разделения отказов. Для локализации отказов вычисляется косинус угла между векторами рассогласования и направлениями отказов. Отказ, вектор рассогласования по которому имеет наибольший косинус, считается наиболее вероятным. В схему локализации вводится зона нечувствительности, чтобы исключить ложное срабатывание, вызванное шумами.

Для детектирования и локализации отказов компонентов используется метод динамического расширения регрессора (DREM), обеспечивающий оценку параметров системы в режиме реального времени. При использовании данного подхода рассматриваются два случая комплектации двигателя датчиками: двигатель оснащен датчиком тока и датчиком скорости. Вектор рассогласования вычисляется, как разность между номинальными значениями параметров и их оценками, полученными посредством идентификации. Вводится зона нечувствительности для устранения влияния шумов. В зависимости от комбинации

наличия или отсутствия отклонения по каждому из параметров, устанавливается, по какому из компонентов произошёл отказ. С помощью проекции векторов рассогласования на направления отказов определяется наиболее вероятный отказ компонента. Отметим, что для изолирования семи отказов компонентов необходимо, чтобы и ток, и скорость двигателя были измеримы.

Таким образом, с помощью комбинации подходов на основе наблюдателей Люенбергера и DREM реализован алгоритм детектирования и локализации отказов двигателя постоянного тока по входу, выходу и компонентам.

Выводы.

Предложен алгоритм детектирования и локализации отказов двигателя постоянного тока по входу, выходу и компонентам. Предложенное решение позволяет обнаруживать отклонение напряжения на входе двигателя, отклонение момента силы, приложенного к валу, выход из строя датчиков тока и скорости, изменение физических параметров ряда компонентов двигателя. Компьютерное моделирование в среде MATLAB подтвердило работоспособность и эффективность предложенного подхода.

Сизов Е.В. (автор)

Маргун А.А. (научный руководитель)