

ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Остапенко С. В.¹, Андриевская Н. В.²

¹АО «ОДК-СТАР», г. Пермь, ostap_sv@ao-star.ru

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь,
andrievskaia_nv@pstu.ru

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, диагностика, отказоустойчивость, структурная избыточность, математические модели, машинное обучение.

Существующий способ обеспечения высокого уровня отказоустойчивости – это введение в систему резервных компонентов, средств обнаружения отказов, средств восстановления [1]. Однако, увеличение уровня структурной избыточности приводит к росту количества технических компонентов, создающих новый поток отказов и снижающих наработку на отказ системы. Также увеличение количества технических компонентов приводит к увеличению массогабаритных параметров. Таким образом, задача поддержания (увеличения) уровня отказоустойчивости с сохранением (снижением) количества технических компонентов является особенно актуальной.

Одним из перспективных способов увеличения уровня структурной избыточности без введения дополнительных технических средств является расчет в реальном времени модели двигателя [2], [3]. Математическая модель в данном случае выступает в роли дополнительного (виртуального) канала измерений основных параметров газотурбинного двигателя. На рис.1 представлена визуализация алгоритма применения модели для обнаружения отказа в канале измерения в 2-х канальной системе управления.

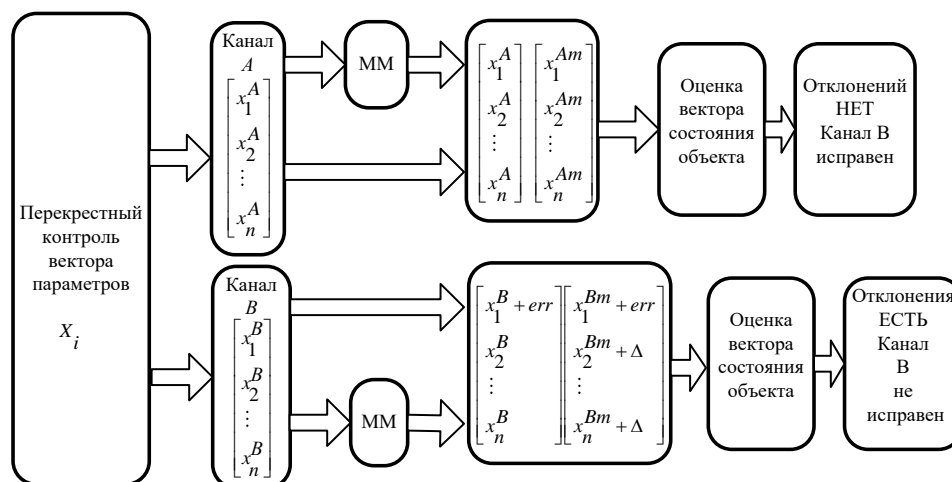


Рисунок 1 – Алгоритм функционирования встроенной модели

Для измерения используется два канала (А и В). Математическая модель (ММ) выступает в роли дополнительного (виртуального) канала измерений основных параметров газотурбинного двигателя. В качестве вектора состояния X_i используются следующие параметры двигателя: температура газов за турбиной, давление за компрессором, положение дозирующей иглы, положение гидроцилиндра промежуточной ступени, положение гидроцилиндра входных направляющих аппаратов, частота вращения ротора компрессора, частота вращения ротора вентилятора, положение рычага управления двигателем, давление воздуха на входе в двигатель, температура воздуха на входе в двигатель. Высокая точность определения отказа достигается за счет 2-х ключевых методов: анализируются не только параметры предположительно отказавших каналов, а весь вектор состояния объекта управления (ОУ) в комплексе, ММ строится не на основе теоретических представлений об ОУ, а на базе реальных данных при помощи алгоритмов машинного обучения.

Для построения достоверной математической модели необходим объем информации, включающий в себя знания об объекте управления. Для получения практической пользы применения к математической модели предъявляются требования: высокая точность вычислений, не более 1% погрешности, простота реализации модели, небольшой объем памяти, адаптивность модели. [4]. В качестве методов построения моделей предлагается использовать такие методы машинного обучения (МО) как, регрессионные модели или модели глубокого МО (нейронные сети). На этапе исследования качества модели необходимо определить методы оценки адекватности модели, точность вычислений, вычислительные затраты на расчет модели, объем занимаемой моделью памяти.

Конечный планируемый результат исследования – создание методологии построения математической модели с максимально высоким уровнем гарантированной локализации отказов без увеличения структурной избыточности для газотурбинных двигателей.

Список литературы

1. Интеллектуальные системы управления и контроля газотурбинных двигателей / под ред. академика С.Н. Васильева. – М.: Машиностроение, 2008. – 550 с.
2. Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями / под ред. О.С. Гуревича. – М.: Торус Пресс, 2010. – 264 с. (Труды ЦИАМ; № 1346).
3. Системы автоматического управления авиационными силовыми установками: С41 сборник научных трудов / Государственный научный центр РФ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» / под ред. О.С. Гуревича. – М.: ЦИАМ, 2020. – 126 с.
4. Грибков И.Н., Полулях А.И. Оценка влияния точности регулирования частоты вращения вентилятора на ресурс двигателя // Сборник тезисов. Научно-технический конгресс по двигателестроению (НТКД-2012). Часть 2.

Сведения об авторах

Остапенко С. В., главный конструктор АО «ОДК-СТАР». Область научных интересов: системы управления сложными техническими системами в реальном времени, методы машинного обучения.

Андриевская Н. В., к. т. н., доцент, доцент ПНИПУ. Область научных интересов: системы управления сложными техническими системами, идентификация систем управления и методы прогнозирования

APPROACHES TO IMPROVING THE FAULT TOLERANCE OF GAS TURBINE ENGINES

Ostapenko S. V.¹, Andrievskaia N. V.

¹JSC «STAR», Perm, Russia, ostap_sv@ao-star.ru

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, andrievskaia_nv@pstu.ru

Keywords: gas turbine engine, diagnostics, fault tolerance, structural redundancy, mathematical models

The problem of increasing the fault tolerance of gas turbine engines is formulated. The use of a mathematical model as a virtual sensor is proposed. The requirements for the mathematical model are defined.