

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОТКАЗЕ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

Шкут К.Л., Маяцкий С.А.

«Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж

Ключевые слова: надежность, газотурбинный двигатель, искусственный интеллект.

Современный газотурбинный двигатель является сложным техническим объектом управления, эффективность и надежность работы которого напрямую зависит от точности измерения параметров рабочего процесса.

Ярким примером преждевременного съема двигателя с эксплуатации по причине недостоверных показаний датчиков является прерванный взлет самолета Су-57 с двигателем АЛ-41Ф1 по причине отказа датчика ДД84-А контроля давления за турбиной р₄.

При испытаниях данные датчики показали низкую надежность при поведении испытаний двигателя АЛ-41Ф1. За период с 2021 по 2022 год был выявлен отказ 121 датчика, причем в 2022 году отказавших датчиков было на 9% больше.

Основной причиной отказа таких датчиков является производственный дефект 97,92% датчиков, 2,08% датчиков отказали из-за нарушений технологий монтажа.

Ключевой задачей при обеспечении работоспособности газотурбинного двигателя является определение отказавшего датчика и замена его работоспособным. Анализ параметров такого датчика требует быстрой обработки данных больших размерностей, а также является плохо формализованной задачей – не имеющей точных граничных условий.

Применение интеллектуальных систем на основе нейронных сетей, работа которых описана [1], имеют ряд преимуществ по сравнению другими способами обеспечения работоспособности газотурбинного двигателя, а именно: Отсутствие инвариативности, отсутствие потребности в дополнительных каналах управления, большой объем обрабатываемой информации, универсальность, адаптивность.

Проведя анализ применимости различных способов обеспечения работоспособности газотурбинного двигателя можно сделать вывод, что наиболее рациональным инструментом для решения такой задачи является применение технологий машинного обучения описанных в государственном стандарте [2], в частности построение нейронных сетей прямого распространения типа многослойный персептрон с решающих задачу идентификации датчика и кластеризации параметров датчиков и их идентификационных моделей.

Предлагается следующая методика (рисунок 1) обеспечения требуемого уровня надежности газотурбинного двигателя, заключающаяся в построение нейросетевых моделей датчиков контроля параметров рабочего процесса, копирующих поведение датчика, нейросетевого анализатора, определяющего отказ конкретного датчика и заменяющий сигнал отказавшего датчика на его нейросетевую модель.

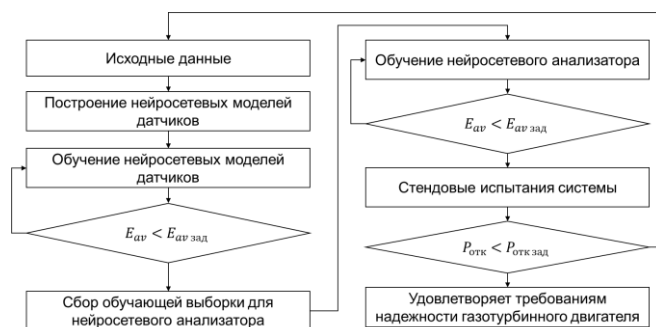


Рисунок 1 – методика обеспечения требуемого уровня надежности газотурбинного двигателя в случае отказа датчиков контроля параметров рабочего процесса

Проведено экспериментальное исследование, заключающееся в полунатурном моделировании контура управления $\pi_T = f(T_g^*)$ (рисунок 2).



Рисунок 2 – процесс определения и замены неисправного датчика нейросетевой моделью
1 – значение полного давления с отказавших датчиков; 2 – Отклик нейросетевых моделей;
3 – Заданное значение полного давления.

Экспериментальное исследование показало возможность практического построения нейросетевых моделей датчиков контроля параметров рабочего процесса газотурбинного двигателя, распознавания отказов датчиков контроля параметров рабочего процесса при пиковом отказе либо плавном накоплении ошибки. Применение представленной методики позволяет построить систему со свойствами самодиагностики, и позволяющую компенсировать одновременный отказ обоих датчиков. Среднее время ре компенсации отказа составило 0,003 секунды что удовлетворяет требованиям по быстродействию систем автоматического управления.

Список литературы

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
2. ГОСТ Р 59277-2020 Национальный стандарт Российской Федерации: «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта». ОКС 35.020 введен 01.03.2021.

Сведения об авторах

Шкут К.Л. адъюнкт 73 кафедры авиационных двигателей ВУНЦ ВВС ВВА. Область научных интересов: Системы автоматического управления, искусственный интеллект, адаптивные интеллектуальные САУ.

Маяцкий С.А. Область научных интересов: Системы автоматического управления, организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД.

METHOD FOR ENSURE THE REQUIRED LEVEL OF RELIABILITY OF A GAS TURBINE ENGINE IN THE FAILURE OF SENSORS FOR CONTROL OF WORKING PROCESS PARAMETERS

Shkut K.L. Mayatsky S.A.

Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E.Zhukovsky and Yu.A.Gagarin" Voronezh, Russia, kai.nnn@yandex.ru

Keywords: reliability, gas turbine engine, artificial intelligence.

The article proposes a methodology for ensuring the required level of reliability of a gas turbine engine, presents the results of an experiment on the implementation of the presented methodology. The application of the presented technique makes it possible to build a system that has the properties of self-diagnosis and allows compensating for the simultaneous failure of both sensors.