

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОРТРЕТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

В.Г. Стогней, А.В. Кретинин, А.А. Гуртовой

Воронежский государственный технический университет
Воронеж, Россия

Сложность рабочих процессов, протекающих в ЖРД, невозможность при современном состоянии науки надежного теоретического определения с необходимой точностью характеристик рабочих процессов, функционирования узлов и агрегатов двигателя делают неизбежными экспериментальные работы на модельных и натуральных объектах. Объем этих работ определяет основные затраты на разработку ЖРД, достигающие сотен миллионов долларов [1].

В настоящее время все процессы в двигателе, для которых имеются физические и математические модели, просчитываются на ЭВМ. Вычислительная техника используется как на стадии проектирования, так и управления испытаниями (управляемый эксперимент), при обработке и анализе результатов испытаний. Имитационные модели функционирования агрегатов позволяют анализировать их поведение в условиях реальной работы в составе ДУ, моделировать и выявлять различные отклонения от нормальной работы.

Создание системы автоматизированного анализа стендовых испытаний ЖРД является актуальной задачей процессов проектирования и доводки узлов и агрегатов двигателей для повышения достоверности оценки работоспособности изделий, оперативной диагностики функционирования и выработки проектных решений для ликвидации дефектов. Мощные аппроксимационные возможности нейросетевой вычислительной архитектуры позволяют создавать многопараметрические имитационные математические модели сложных технических систем, предназначенные для идентификации параметров функционирования и критериев работоспособности, и на их основе строить оптимизационную стратегию проектирования и доводки ЖРД, модернизации систем диагностики и аварийной защиты.

Разрабатываемая методика создания нейросетевых моделей рабочих процессов в ЖРД иллюстрируется на примере бустерного насосного агрегата ЖРД (БНА), конструктивно состоящего из оседиагонального насоса и гидротурбины. Входными параметрами, изменение которых влияет на функционирование БНА и значения которых измеряются на стенде, можно считать давление компонента топлива на входе в насос p_0 и давления компонента на входе в сопловой аппарат гидротурбины p_{c1} и p_{c2} (для рассматриваемой конструктивной схемы привод турбины осуществляется по различным гидравлическим линиям в зависимости от режима функционирования агрегата). Выходными параметрами, характеризующими

работоспособность агрегата, являются давление компонента на выходе p_2 и число оборотов вала БНА n , причем n часто используется в качестве контрольного параметра системы аварийной защиты ЖРД.

При работе с более или менее реалистичными моделями механических, гидравлических, тепловых и др. систем ЖРД, которые основаны на всеобщих физических законах, необходимо использовать всевозможного вида математические абстракции и прибегать к аппроксимации для получения подходящей модели. Кроме того, получающиеся системы уравнений обычно не могут быть решены без дальнейших упрощений. Естественно, все эти упрощения вводятся на основе эксперимента и так, чтобы результаты не выходили за рамки эксперимента. Альтернативный подход заключается в использовании при моделировании результатов экспериментов, которые уже проведены или проводятся в процессе текущей отработки изделий, и построить достоверную имитационную модель только на основе экспериментальных данных, которая для любого входного вектора данных из допустимой и известной области определения рассчитывает нужный критерий, что и требуется от математической модели функционирования.

Создание нейросетевой имитационной математической модели, воспроизводящей функциональную зависимость критериев работоспособности от входных параметров в эксплуатационных пределах их изменения, позволяет повысить качество анализа экспериментальных данных и своевременно диагностировать дефекты и проблемы функционирования. Одним из основных требований к создаваемым многопараметрическим портретам функционирования агрегатов ЖРД является высокая точность модельных результатов для снижения допусков на определение параметров работоспособности при диагностировании и контроле технического состояния.

Для моделирования зависимости частоты вращения ротора БНА на стационарных и переходных режимах работы используется ИНС типа ОСП, скрытый слой которой содержит 16 нейронов. Входные параметры нейросетевой модели $n = f_{NET}(p_0, p_{c1}, p_{c2}, n_{-1}, n_{-2})$ дополнены значениями n_{-1} и n_{-2} , т.е. числом оборотов ротора в моменты времени $t_i - \Delta t$ и $t_i - 2\Delta t$, для моделирования нестационарных режимов работы. Обучающая выборка формируется из результатов огневых испытаний двигателей одного типа с идентичной конструкцией БНА. Размерность массивов результатов по каждому из параметров составляет для одного испытания 4500 значений, измеренных на стенде с интервалом времени $\Delta t = 0,01 c$ вплоть до $t = 10 c$ согласно циклограмме работы ЖРД. Таким образом, разрабатываемая модель может использоваться для анализа функционирования БНА на запуске вплоть до выхода на основной режим тяги (ОРТ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы расчета и теории жидкостных ракетных двигателей/ А.П.Васильев, В.М.Кудрявцев, В.А.Кузнецов и др.; Под ред. В.М.Кудрявцева. – М.: Высш. Шк., 1993.