

СИНТЕЗ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРА МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД

© 2018 А.В. Кузнецов, Г.М. Макарьянц

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

MICRO GAS TURBINE ENGINE NEUROCONTROLLER SYNTHESIS

Kuznetsov A.V., Makaryants G.M. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

Recently, neural networks have been used to simulate the gas turbine engine dynamics and regulator creating. Usually neural network in the control systems is used either to adjust the coefficients of the PID regulators or to control them in certain modes. Therefore, important tasks are the synthesis of a neural controller to control the engine in the entire range of modes.

Достаточно широкое распространение получили линейные регуляторы, однако они достаточно хорошо работают только для тех точек нелинейной характеристики, для которых они были настроены. Применение нелинейных регуляторов обеспечивает предсказуемое поведение сложных нелинейных объектов, к которым относятся газотурбинные двигатели, и позволяет получить требуемую динамику и точность системы во всём диапазоне режимов работы двигателя [1]. В связи с этим, разработка нелинейных систем управления является актуальной задачей в течение последних нескольких десятилетий [2-4]. В связи с ужесточением требований ко времени создания всего двигателя важной

задачей также является сокращение времени разработки нелинейных систем управления.

Нейроконтроллер представляет собой нейронную сеть прямого распространения с одним скрытым слоем. Такая сеть была выбрана из-за возможности аппроксимировать любые зависимости между входом и выходом, варьируя число скрытых нейронов [5].

Нейронная сеть имеет три входа: ошибка, интеграл ошибки и значение уставки; и один выход – расход топлива. Скрытый слой содержит 10 нейронов. Во входной и скрытый слой были добавлены смещения, представляющие собой добавочные нейроны на которых всегда присутствует значение, равное 1. Нейроны входного слоя, скрытого и выходного соединены матрицами.

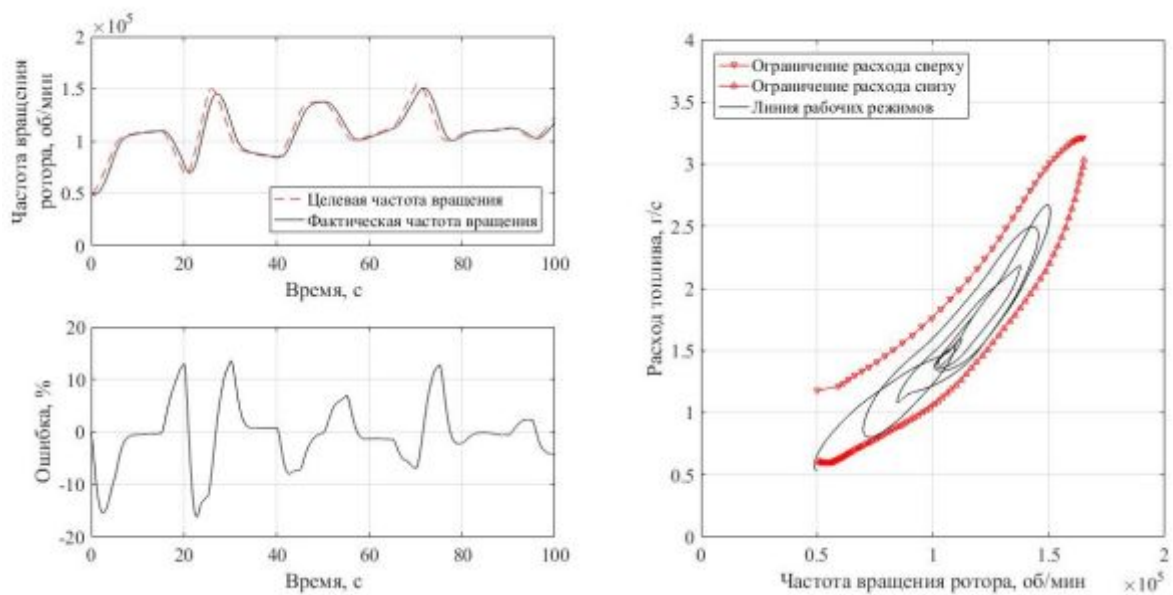


Рис. 1. Результаты обучения нейроконтроллера

В первоначальный момент времени эти матрицы инициализируются случайными числами из интервала от -0,5 до 0,5, а затем в

процессе обучения значения в матрицах подбираются так, чтобы выходное значение нейронной сети максимально близко соот-

ветствовало целевому значению. Вычисление текущей ошибки рассогласования вычисляется на основании расположения в данный момент величины расхода топлива относительно его верхнего и нижнего значения. Если расход топлива лежит в допустимых пределах, то величина рассогласования остаётся неизменной и равной разности между уставкой и текущим значением частоты вращения, вычисленным в модели двигателя. Если значение расхода топлива больше максимально допустимого для данной частоты вращения, то алгоритм рассчитывает ошибку исходя из того, на сколько было превышено допустимое значение.

Обучение нейронной сети проводится циклически – сначала производится симуляция системы регулятор-объект. Следующим шагом производится коррекция весов, используя модифицированные значения ошибок. Затем симуляция повторяется снова. Цикл прерывается, когда среднеквадратичное значение ошибки не станет меньшим, либо равным установленному значению.

В результате обучения нейроконтроллера были получены графики переходных процессов, а так же линия рабочих режимов на динамической характеристике двигателя (рис. 1).

Библиографический список

1. Aircraft Engine Controls. Design, System Analysis, and Health Monitoring / Link C.J., Jack D.M. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, 2009. 397 p.
2. Чернодуб А.Н., Дзюба Д.А. Обзор методов нейроуправления // Проблемы программирования. 2011. Т.2. С. 79-94.
3. Isermann R. Perspectives of automatic control // Control Engineering Practice. 2011. V.19. P. 1399-1407.
4. Tao G. Multivariable adaptive control: A survey // Automatica. 2014. V. 50. P. 2737-2764.
5. Cybenko G. Approximation by Superpositions of a Sigmoidal Function // Mathematics of Control, Signals, and Systems. 1989. V. 2. P. 303-314.

УДК 621.45

СОПРЯЖЁННЫЙ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БЛОКА СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ НАГРУЖЕНИЯ

©2018 Д.А. Матвеев¹, А.С. Матвеев¹, А.И. Белоусов², А.Ю. Тисарев¹

¹ПАО «Кузнецов», г. Самара

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

CONJUGATE HEAT TRANSFER SIMULATION OF HIGH PRESSURE TURBINE NOZZLE GUIDE VANES OPERATING UNDER REAL LOAD CONDITIONS

Matveev D.A., Matveev A.S., Tisarev A.Yu. (JSC «Kuznetsov», Samara, Russian Federation)
Belousov A.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

This research is focused on the conjugate heat transfer simulation of nozzle guide vanes. In order to properly estimate blade temperature distribution the real boundary conditions were considered. Both measured radial and circumferential distortion after combustion chamber were used. It allowed us to predict local increase in blade temperature and temperature gradient determining the stress-stain state. Apart from that, the hot gases radiation was taken into account that helps us to avoid overestimated values of cooling efficiency.

Традиционный путь увеличения эффективности газотурбинного двигателя связан с повышением параметров цикла, таких как температура газа перед турбиной и суммарная степень сжатия в компрессоре. Повышение температуры как газа, так и охла-

дителя сказывается в первую очередь на температуре сопловых аппаратов (СА) турбины высокого давления (ТВД), которая, как правило, ограничена 1050–1150°C. Сдерживание температуры стенки СА на приемлемом уровне достигают увеличением расхода