ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ПЛАЗМЕ

Капралов В.Г., Седов К.С., Шаров И.А., Станкевич Л.А.

СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия, v.kapralov@spbstu.ru

В современных системах управления плазменными установками все чаще возникает потребность в моделировании физических процессов в режиме реального времени. Такое моделирование может применяться, когда в следящих системах желательно использовать для управления параметры установки, которые невозможно или затруднительно измерить непосредственно.

Одним из вариантов применения моделирования в реальном времени является замена непосредственного численного решения дифференциальных уравнений, описывающих физический процесс, на решение задачи с помощью нейронных сетей. В этом случае, медленный длительный процесс обучения нейронной сети выполняется заранее, а во время применения быстро вычисляется результат моделирования с приемлемой точностью.

Характерным примером такой физической задачи является управление системой предотвращения срывов плазмы [1]. Такие системы состоят из системы инжекции газа или макрочастиц и модуля предсказания срыва. Анализируя параметры разряда в реальном времени, модуль предсказания срыва вырабатывает сигнал запуска с требуемым упреждением, достаточным для срабатывания системы инжекции. Подобная система хороша для установок, в которых длительность плазменного разряда существенно меньше интервала между импульсами и нет существенной нейтронной нагрузки на элементы, расположенные близко к плазме. При переходе к установкам реакторного масштаба задача усложняется: существенно повышаются требования к надежности системы и ее элементы не должны находиться вблизи плазмы длительное время.

В докладе рассматривается возможность моделирования процессов переноса с помощью нейронной сети для управления положением системы гашения разряда. На этапе обучения нейронной сети надо подготовить экспериментальные данные и выполнить моделирование на основе численного решения уравнений переноса, что позволяет сформировать набор обучающих примеров. Обучающие примеры используются для настройки топологии, матриц весовых коэффициентов и других параметров нейронной сети. После обучения нейронная сеть становится нелинейным апроксиматором решений уравнений переноса и может применяться для их моделирования.

На этапе применения на вход нейронной сети подаются текущие значения необходимых измеренных входных параметров плазмы. Сеть выполняет моделирование процессов переноса в режиме с опережением реального времени. На выходе нейронной сети формируются прогнозируемые значения параметров необходимые для работы модуля предсказания срыва. На основании полученного набора модельных данных модуль предсказания срыва вырабатывает сигнал о перемещении системы инжекции ближе к плазме или дальше от нее, а на основании текущих параметров плазме вырабатывается сигнал о запуске инжекции и гашении разряда.

Литература

1. J.A. Snipes et al., Nucl. Fusion, 2017, **57,** 125001