Исследование предсказания срыва в плазме токамака с применениеМ нейронных сетей [[1]](#footnote-1)\*)

Капралов В.Г., Богданов А.М., Новохадская О.Е., Свинцов М.В., Тотров Д.Р.

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

Развитие плазменных установок и диагностик увеличивает требования к системам управления и обработки экспериментальных данных. Автоматизация измерения и процессов управления часто требует вычислений и моделирования физических процессов в режиме реального времени, в том числе возникают ситуации, когда требуемые величины непосредственно измерить невозможно или затруднительно.

Примером такой задачи является управления системой предотвращения срывов и гашения плазменного разряда [1,2]. Для того чтобы получить достаточное время на активацию системы гашения разряда, необходимо формировать прекурсор срыва, т.е. в течение разряда вычислять вероятность срыва через определенный промежуток времени и при превышении порогового значения вероятности формировать триггер запуска системы гашения разряда [3]. Кроме того, этот же сигнал может управлять положением системы гашения разряда относительно края плазменного шнура, что актуально для систем с длительными разрядами и большим нейтронным выходом, т.к. позволяет временно уводить оборудование в область меньшей нейтронной нагрузки.

В докладе рассматривается физическая задача по формированию триггера запуска системой предотвращения срывов плазмы [1,2]. Система состоит из устройства массивной газовой инжекции и/или инжектора макрочастиц, а также модуля предсказания срыва. Еще до обучения нейронной сети необходимо определить набор входных параметров разряда, которые могут быть использованы в режиме реального времени [3,4]. Для этого строится корреляционная матрица сигналов диагностик, доступных в режиме реального времени и производится отбор базисных сигналов, которые будут использоваться для моделирования и подготовки обучающих примеров. В этом случае можно решить задачу с помощью моделирования в режиме реального времени с использованием других измеренных параметров. Для обеспечения вычислений в режиме реального времени, численное решение дифференциальных уравнений, описывающих физический процесс, заменяется на решение задачи с применением нейронной сети. Ускорение вычислений достигается за счет выполнения длительного процесса обучения нейронной сети заранее, до применения во время плазменного разряда. В этом случае применение нейронной сети позволяет вычислить результат очередного шага моделирования в отведенное время для одной итерации цикла управления с приемлемой точностью.

На этапе применения на вход нейронной сети подаются текущие значения отобранных измеряемых входных параметров плазмы [3]. 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 с учетом текущих параметров плазмы вырабатывается сигнал о запуске инжекции и гашении разряда.

Литература

1. Kapralov V.G. et al., Journal of Physics: Conf. Series, 2017, **907**, 1, 012010.
2. Dremin M M et al., Problems of Atomic Science and Tech., Ser. Th. Fusion, 2012 , **4**, 58.
3. Kapralov V.G. et al., Journal of Physics: Conf. Series, 2017, **907**, 1, 012027.
4. Gusev V.R. et. al., Proc of the 21st IAEA FEC. 2006, **16**, 21
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Mu/en/BX-Kapralov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)