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

Капралов В.Г., Богданов А.М., Новохадская О.Е., Соловьев К.В., Кривошеев А.Н.

СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия, [v.kapralov@spbstu.ru](mailto:v.kapralov@spbstu.ru)

В докладе представлено развитие следящей системы для управления гашением плазменного разряда. Для запуска системы предотвращения и смягчения срыва необходимо предсказать его приближение с достаточным упреждением [1, 2]. Для этого необходимо в течение всего разряда вырабатывать сигнал вероятности срыва через определенный временной промежуток и при превышении порогового значения вероятности формировать триггер запуска системы гашения плазменного разряда.

В настоящее время ведется разработка системы массивной газовой инжекции с подвижным клапаном, для активации которого требуется время около 4 мс. Это требует предсказания срыва плазмы с упреждением не менее 5 мс.

Первый подготовительный этап включает отбор измеряемых сигналов и расчетных величин, которые будут использоваться в реальном времени для вычисления вероятности срыва через заданное время [3, 4]. Сначала определяются доступные для измерения в реальном времени сигналы установки и расчетные параметры. Затем выполняется корреляционный анализ с тем, чтобы выявить сильно коррелирующие величины и оставить в формируемом наборе только одну из них.

Следующий этап включает выбор топологии нейронной сети. В докладе предлагается многослойная архитектура, состоящая из двух свёрточных по времени слоев и последующим персептроном. Предложенная топология одновременно обеспечивает сжатие информации и подавление рассогласований на входных слоях.

После выбора набора сигналов и топологии нейронной сети выполняется формирование набора обучающих примеров. По обучающим примерам происходит настройка параметров сети и ее весовых коэффициентов. Обучение занимает длительное время, но во время применения нейронной сети результат можно получать в режиме реального времени. Для дополнительного ускорения вычислений применяются алгоритмы с усеченным временем вычислений.

Разработанный программный комплекс состоит из нескольких блоков. Один блок подготавливает обучающие примеры по архивным данным. Другой блок реализует собственно нейронную сеть описанной топологии. Третий блок обеспечивает обучение и верификацию нейронной сети.

В итоге предложена методика применения сверточной нейронной сети для решения задачи предсказания срыва плазменного разряда. Кроме того, формируемый сигнал вероятности срыва можно использовать и для других целей, например, формирования сигналов готовности для другого оборудования или управления его положением для защиты от тепловых или ионизирующих излучений

Настоящая работа поддержана Министерством науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере науки по проекту №0784-2020-0020 с использованием ФЦКП "Материаловедение и диагностика в передовых технологиях" (проект RFMEFI62119X0021), включающего УНУ "Сферический токамак Глобус-М".

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/XLVIII/Mu/en/CI-Kapralov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)