

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТОКОМ И ПОЛОЖЕНИЕМ ПЛАЗМЕННОГО ШНУРА В ТРТ *)

¹Андреанова Р.Р., ¹Лукаш В.Э., ¹Коновалов С.В., ²Докука В.Н., ²Скопинцев Д.А.,
²Хайрутдинов Р.Р.

¹НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, andrianova_rr@nrcki.ru

²АО ГНЦ ТРИНИТИ, Москва, Троицк, Россия, scopintsev.d.a@triniti.ru

Токамак с реакторными технологиями (ТРТ) является экспериментальной реакторной установкой нового поколения, объединяющей не только обширный теоретический и экспериментальный опыт, но и современные подходы к термоядерному синтезу. Одной из ключевых задач термоядерного синтеза на сегодняшний день является реализация управления положением и формой плазменного шнура в токамаке в режиме реального времени разряда. Современные подходы к реализации управления плазмой используют нейронные сети [1]. Применение нейронных сетей позволит разработать эффективную систему магнитного управления плазменным шнуром в токамаке и осуществить управление в режиме реального времени. Положение, полный ток и форма границы плазмы зависят от набора параметров, отвечающих за равновесие плазмы при заданных значениях токов в катушках полоидального поля, от тока в индукторе и профиля плотности тока плазмы.

Для обучения нейронной сети применяется линейная модель плазмы, полученная с использованием кода DINA [2]. Обучение заключается в настройке весов нейронной сети таким образом, что результирующие отклонения выходных данных от программных в процессе обучения входят в допустимый диапазон. Тестирование управления осуществляется на линейной модели токамака, удовлетворяющей характеристикам ТРТ.

Архитектура управления с использованием нейронной сети является более гибкой и простой с точки зрения настройки по сравнению с традиционными регуляторами. С применением нейронной сети появляется возможность управления не только током и положением, но и формой плазменного шнура одновременно. В ходе тестирования управления с использованием нейронной сети проведен сравнительный анализ с применением матричного регулятора.

Литература

- [1]. Degrave J., Felici F., Buchli J. et al. Magnetic control of tokamak plasmas through deep reinforcement learning. *Nature* 602, 414–419 (2022)
- [2]. R.R. Khayrutdinov and V.E. Lukash. Studies of Plasma Equilibrium and Transport in a Tokamak Fusion Device with the Inverse-Variable Technique. – *J. Comput. Physics*, 109 (1993) 193-201

*) [DOI – тезисы на английском](#)