

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МАГНИТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЛАЗМОЙ В ТОКАМАКЕ Т-15МД ^{*)}

Скопинцев Д.А., Докука В.Н., Хайрутдинов Р.Р., Андрианова Р.Р.

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

При решении задачи восстановления равновесия для целей магнитного управления на начальной стадии разряда в системе управления используются восстановленные данные положения плазменного шнура, координаты R и Z. В дальнейшем, на стадиях ввода тока и выхода на плато тока система управления контролирует форму плазменного шнура.

Современная концепция управления формой плазменного шнура сводится к обеспечению поддержания программируемых значений для расстояний (зазоров) между последней замкнутой магнитной поверхностью плазмы и рядом контрольных точек, расположенных вне области плазмы [1].

В данной работе нейронная сеть используется для восстановления диверторных конфигураций плазмы, что расширяет возможности методики изложенной в работе [2].

В результате расчёта различных диверторных конфигураций плазменного шнура были насчитаны данные сигналов от поясов Роговского, датчиков напряжения обхода (ДНО), тангенциальных датчиков формы магнитной поверхности (ДФМП), которые использовались при обучении нейронной сети задачам восстановления.

Создание обучающей и тестирующей выборок для нейронной сети проводилось с использованием кода DINA [3].

Разработка нейросетевого подхода при восстановлении параметров плазмы широко используется на ряде установок [4, 5].

В рамках поставленной задачи восстановления были решены следующие задачи:

Выбор архитектуры и алгоритма нейронной сети для восстановления параметров плазмы, используемых в системе магнитного управления;

Исследование возможности прямого восстановления контролируемых параметров посредством нейронной сети;

Проведено обучение нейронной сети на рассчитанных величинах зазоров между границей плазмы и рядом заданных точек, лежащих на внутренней поверхности вакуумной камеры, а также на рассчитанных значениях координат пересечения сепаратрисы с поверхностью диверторных пластин;

Проведено тестирования работы нейронной сети при моделировании диверторной стадии сценария разряда в токамаке Т-15МД.

Литература

- [1]. Скопинцев Д.А., Докука В.Н., Хайрутдинов Р.Р., Андрианова Р.Р., Хайрутдинов Э.Н. Применение нейронных сетей для задач восстановления равновесия плазмы в токамаке, будет опубликовано в ВАНТ, ТС в 2025 г.
- [2]. Докука В.Н., Хайрутдинов Р.Р., Кавин А.А. Синтез и моделирование системы магнитного управления плазмой в токамаке КТМ // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2008, Вып. 1, С. 12 – 20.
- [3]. Khayrutdinov R.R., Lukash V.E. Studies of Plasma Equilibrium and Transport in a Tokamak Fusion Device with the Inverse-Variable Technique. // J. Comput. Physics, V. 109 (1993), P. 193–201.
- [4]. F. Long, X. Xia, J. Liu, et al., Reconstruction of Poloidal Magnetic Fluxes on EAST based on Neural Networks with Measured Signals, 2024 // <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.10114>
- [5]. H.H. Song, B. Shen, Q.P. Yuan¹, et al., Research on plasma vertical displacement calculation based on neural network // J. Plasma Phys. (2023), vol. 89, 895890104

^{*)} DOI – тезисы на английском