

## ВТСП В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТАНОВОК УТС (ПРОЕКТЫ SPARC, ТРТ, ST-НТС И ДР.)<sup>\*)</sup>

Запретилина Е.Р., Медников А.А., Родин И.Ю.

АО «НИИЭФА», Санкт-Петербург, Россия, [rodin@sintez.niefa.spb.su](mailto:rodin@sintez.niefa.spb.su)

Одновременно с продолжением реализации проекта ИТЭР, являющегося флагманом развития национальных и международных программ управляемого термоядерного синтеза (УТС), в базе которых лежат успехи промышленной стадии развития низкотемпературных сверхпроводников (НТСП), в мире ясно прослеживается увеличение интереса к компактным установкам УТС со сверхпроводниковыми электромагнитными системами (ЭМС), работающими на более высоких уровнях магнитных полей. Эта тенденция сформирована, в основном, двумя факторами: во-первых, результатами технико-экономического анализа инвест-проектов, нацеленных на создание будущих промышленных объектов, таких как «электростанция», показывает необходимость сокращения финансовых затрат и сроков сооружения установок; во-вторых, прогресс в разработке высокотемпературных сверхпроводников второго поколения (ВТСП-2), подтвержденный изготовлением сверхпроводниковых магнитов с рабочими значениями индукции магнитного поля до 30 Тл, дает основание говорить о технической реализуемости амбициозных проектов и стартапов, целевыми параметрами которых являются: конструктивная плотность тока в сверхпроводниковых обмотках  $\sim 70-100$  А/мм<sup>2</sup>; индукция магнитного поля на обмотке  $\sim 18-22$  Тл; рабочая температура сверхпроводника  $\sim 10-25$  К. Создание компактных и высокоэффективных ЭМС УТС на основе ВТСП-2 требует новых подходов к решению традиционных задач конструирования обмоток. Главное - обеспечить требуемую плотность тока и механическую прочность конструкции обмотки. Не менее важные задачи: разработка электрических контактных соединений и системы высоковольтной изоляции конструктивных элементов обмотки; выбор конструкции и рабочих характеристик обмоточных ВТСП-2 проводов (ток, индукция магнитного поля, температура и деформация), обеспечивающих требуемый запас в части работоспособности системы в целом; обоснование и выбор принципов диагностики и защиты сверхпроводниковых ЭМС с оценкой тепловыделений в ВТСП-2 проводе и разработкой требований к системе криогенного обеспечения. Сравнивая технические решения, используемые при создании ряда современных установок, таких как SPARK, ТРТ, ST-НТС [1-3]. и др.; результаты испытаний полномасштабных макетов обмоток и опытных образцов обмоточных проводников из ВТСП-2, изготовленных и испытанных в поддержку этих проектов; а также, анализируя последние результаты эскизного проекта нового отечественного токамака реакторных технологий (ТРТ), авторы статьи попытались выявить основные принципы и критерии проектирования современных компактных ЭМС с сильным магнитным полем, использующих преимущества ВТСП-2.

### Литература

- [1]. A.J. Creely et al., Overview of the SPARC tokamak – J. Plasma Phys., vol.86,2020
- [2]. Бондарчук Э.Н. и др., Инженерно-технические аспекты электромагнитной системы установки ТРТ. — Физика плазмы, 2021, т. 47, № 12.
- [3]. Tokamak Energy (available at: [www.tokamakenergy.co.uk/](http://www.tokamakenergy.co.uk/)).

<sup>\*)</sup> [DOI – тезисы на английском](#)