

С.В. ВЕСЕЛОВА, И.В. МАРТИРОСЯН, Д.А. АЛЕКСАНДРОВ, С.В. ПОКРОВСКИЙ  
*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТОК СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ГЕНЕРАТОРА НА ПОТЕРИ В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Разработана установка для измерения потерь в сверхпроводящих композитных катушках различных конфигураций на основе ВТСП лент второго поколения. Проведены экспериментальные исследования образцов с различными частотами и амплитудами тока. Получены зависимости потерь от частоты и амплитуды для таких элементов генератора, как рейстрекковая катушка и катушка замкнутой обмотки.

S.V. VESELOVA, I.V. MARTIROSIAN, D.A. ALEKSANDROV, S.V. POKROVSKII  
*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia*

## **INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF SUPERCONDUCTING GENERATOR WINDINGS ON AC LOSSES**

An installation has been developed for measuring losses in superconducting composite coils of various configurations based on second-generation HTS tapes. Experimental studies of samples with different frequencies and current amplitudes were carried out. The dependences of losses on frequency and amplitude were obtained for such generator elements as a racetrack coil and a closed-loop coil.

Современные энергетические системы и установки, а также транспорт нуждаются в постоянном бесперебойном питании, обеспечить которое способны электрические генераторы энергии. Они обладают некоторыми ключевыми характеристиками, усовершенствование которых приводит к оптимизации электрооборудования. К ним относятся мощность, эффективность, а также габариты и вес оборудования. Один из способов улучшения этих характеристик генераторов – замена традиционных медных обмоток на сверхпроводящие (СП) элементы [1-3]. В качестве материала обмотки использовалась высокотемпературная сверхпроводящая (ВТСП) композитная лента второго поколения на основе REBCO, где RE – это редкоземельный металл. Для проведения эксперимента были выбраны конфигурации обмоток с различной геометрией расположения сверхпроводника, такие как: рейстрек (намотанным методом двойной галеты) и катушка замкнутого цикла.

В процессе работы этих элементов на переменном токе возникают энергетические потери и джоулев нагрев сверхпроводника, что может привести к перегреву и снижению токонесущей способности элемента. Для оценки потерь при переменном токе были проведены исследования с различной частотой (от 50 Гц до 1033 Гц) и амплитудой транспортного тока от 10% до 90% от критической плотности тока  $J_c$ .

Из полученных в ходе исследования данных можно сделать вывод о том, что потери на замкнутых ВТСП обмотках выше, чем на рейстрековых катушках. Распределение магнитного поля существенно отличается у разных видов СП элементов, что связано с геометрической формой. Центр симметрии обмотки рейстрекового типа находится на центральной линии образца, таким образом, поле распределяется равномерно над всей поверхностью, в то время как в замкнутой ВТСП обмотке возникают концентраторы поля с большим градиентом, возникающие из-за асимметричного расположения диаметрально расположенных витков относительно плоскости над поверхностью образца. Это приводит к локальному нагреву ленты и, как следствие, возникновению потерь. Теоретическая расчетная модель показала схожую с экспериментальными данными тенденцию.

Работа выполнена в рамках Госзадания (проект FSWU-2022-0013) при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

### *Список литературы*

1. Haran K. S. et al. High power density superconducting rotating machines—development status and technology roadmap //Superconductor Science and Technology. – 2017. – Т. 30. – №. 12. – С. 123002.
2. Sivasubramaniam K. et al. Development of a high-speed HTS generator for airborne applications //IEEE Transactions on applied superconductivity. – 2009. – Т. 19. – №. 3. – С. 1656-1661.
3. Dezhin D. S. et al. Design and testing of 200 kW synchronous motor with 2G HTS field coils //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. – Т. 87. – №. 3. – С. 032007.