

Применение объемных высокотемпературных сверхпроводников в электромеханике. Новые результаты и перспективы развития

Л.К. Ковалев, К.В. Илюшин, В.Т. Пенкин, К.Л. Ковалев,
С.М.-А. Конеев, В.Н. Полтавец, А.Е. Ларионов, К.А. Модестов
Московский Авиационный Институт (МАИ), Москва, Россия

В настоящее время в ведущих промышленно развитых странах (США, Япония, странах Европейского содружества и др.) разработаны национальные программы и ведутся интенсивные исследования в области создания сильноточного оборудования для наземной и автономной энергетики, перспективных транспортных и аэрокосмических систем.

В России работы по исследованию и созданию сильноточного сверхпроводникового оборудования для электроэнергетики выполняются в рамках проектов РНТП по направлению «Сверхпроводимость», международных и российских контрактов. Важно отметить, что уровень разработок сильноточных сверхпроводниковых устройств позволяет уже сейчас приступить к созданию первых опытных макетных образцов нового электротехнического оборудования.

В МАИ на кафедре 310 в лаборатории «Сверхпроводниковых электрических машин и устройств» ведутся разработки электротехнического оборудования с использованием явления сверхпроводимости, начиная с 1963 года. В 1970–1985 г. с участием МАИ разработаны, созданы и испытаны уникальные образцы низкотемпературных сверхпроводниковых униполярных генераторов мощностью 0,5Мвт и бортовых синхронных генераторов мощностью 0,7Мвт, а также выполнен ряд проектов бортовых криогенных энергетических установок мощностью 10–30Мвт.

С 1990г. в лаборатории «Сверхпроводниковых электрических машин и устройств» проводятся работы по созданию принципиально нового класса электрических машин с объемными высокотемпературными сверхпроводниками (ВТСП). В 1990–1997гг. эти исследования проводились по программе ГКНТ «Актуальные направления в физике конденсированных сред» (направление «Сверхпроводимость»). С 1995г. при поддержке Миннауки России и Германии начаты работы по созданию первых опытных образцов ВТСП двигателей. Для выполнения этих работ были созданы Российско-Германская и Российско-Английская кооперации в составе: МАИ – головной разработчик, ВНИИ НМ им. Бочвара, НИИ ЭМ (г. Истра) ВЭИ, ИФГТ (г. Черногловка) и IPHT (г. Йена, Германия), электротехническая фирма "Освальд" (г. Милтенберг), IEMA (г. Штутгарт), Дрезденский университет, Оксфордский университет (Англия).

В результате работ, проведенных в 1990–2002гг., были получены следующие основные

результаты:

В период 1995–1999гг. созданы первые в мире серии гистерезисных ВТСП двигателей мощностью 100Вт, 500Вт, 1кВт и 4кВт, работающих в среде жидкого азота. Показано, что эти двигатели превосходят в 4-5 раз по массогабаритным параметрам электрические машины традиционного исполнения (см. рис. 1).

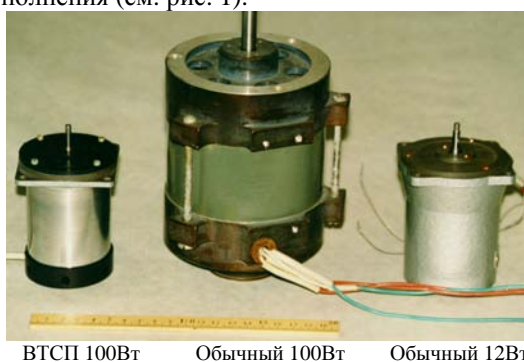


Рис. 1. Сравнение традиционных и ВТСП гистерезисных электродвигателей.

В 1997–1998гг. МАИ разработаны, изготовлены и испытаны новые типы реактивных синхронных ВТСП двигателей мощностью 0,5кВт, 2кВт, 5кВт и 10кВт с композитным ВТСП ферромагнитным ротором, работающих при температурах жидкого азота (см. рис. 2).



Рис. 2. Реактивный ВТСП двигатель 5кВт (50Гц).

Уникальные свойства YBCO керамик и современных электротехнических сталей дали возможность реализовать на практике высокую анизотропию магнитных свойств роторов реактивных двигателей (близкую к диамагнитным в одном направлении и ферромагнитным в другом). Последнее позволило существенно повысить (в 3–4 раза) эффективность разрабатываемых ВТСП двигателей.

На базе разработок МАИ в 1999 г. на фирме OSWALD Elektromotoren GmbH (г. Милтенберг) совместно с МАИ созданы и испытаны реактивные ВТСП двигатели с азотным охлаждением мощностью 20 и 38кВт.

На основе проведенных экспериментальных и теоретических работ в МАИ были разработаны основы теории, расчета и проектирования новых типов ВТСП двигателей с объемными элементами из текстурированной YBCO керамики. Получен Российский патент на новый класс электрических ВТСП машин.

В ходе работ над проектами реализован первый этап работ по отработке новых технологических методов получения и контроля объемных ВТСП элементов для ВТСП электрических машин повышенной мощности (свыше 5–20кВт). Указанные работы выполнялись в следующих организациях: ИРНТ (г. Йена, руководитель работ В. Гавалек), ВНИИ НМ им. Бочвара (руководители работ Л.К. Шиков и И.И. Акимов) и ВЭИ (руководители работ Л.М. Фишер и В.В. Александров).

На совещаниях в АНТК им. А.А. Туполева и ИРНТ (г. Йена) были рассмотрены и одобрены работы МАИ по созданию высокооборотных ВТСП двигателей мощностью 0,5–5кВт для перспективных самолетов типа "Криоплан" на водородном топливе.

С 2000г. в рамках нового Германо-Российского проекта «HTS Motor < 500 kW» в МАИ совместно с ВНИИ ЭМ им. Бочвара и НИИ ЭМ (г. Истра) ведутся конкретные работы по созданию 100кВт и более реактивного ВТСП двигателя. В рамках той же кооперации в 2000г. начаты также работы по созданию бортового крионасоса с ВТСП двигателем (совместно с ОАО «Туполев»).

В ноябре 2001г. в МАИ успешно проведены технологические испытания 1-ой секции реактивного 100кВт ВТСП двигателя. Подписан протокол испытаний секции макетного ВТСП двигателя мощностью 30кВт представителями МАИ (Россия) и ИРНТ (Йена, Германия). В мае 2002г. создан и прошел первые испытания полномасштабный ВТСП двигатель мощностью 100кВт (см. рис. 3).

В мае 2002г. в МАИ совместно с ФПО «Новые Транспортные Технологии» создан первый в России макет высокоскоростного транспорта на магнитном подвесе с использованием объемных ВТСП грузоподъемностью 0,5т (см. рис. 4).



Рис. 3 Реактивный ВТСП двигатель 100кВт (50Гц).



Рис. 4. Макет транспорта на магнитном подвесе с использованием объемных ВТСП.

Лидирующие позиции разработчиков в области создания новых типов электрических машин на основе объемных ВТСП являются общепризнанными как в России, так и за рубежом. Работы по созданию ВТСП двигателей отмечены дипломами Совета РАН по проблемам сверхпроводимости в 1994-95гг., дипломами Международной конференции по сверхпроводимости, Гавайи, США, 1995г. и 1997г., Золотыми медалями 49-ого Всемирного салона «Инноваций научных разработок и новых технологий» (г. Брюссель, 2000г.) и выставки «Электро-Техно-Экспо» (г. Москва, 2002г.), дипломом 92-ого конкурса по разработкам новых технологий «Лепин–2001» (г. Париж, 2001г.) и премией Правительства РФ в области науки и техники за 2002г.