

## **Разработка прототипов технических и технологических решений для создания комбинированных роторов высокоскоростных турбогенераторов с возбуждением от постоянных магнитов**

Работа проведена в 2015 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 г.г.» в период с 27 октября 2015г. по 31 декабря 2015 г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0169 от 27.10.2010г. (Этап 1).

Научный руководитель проекта: зав. кафедрой, д.т.н., ст.н.с. Драгунов Виктор Карпович

Ответственный исполнитель: доцент, к.т.н. Гончаров Алексей Леонидович

### **1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

Одним из приоритетных направлений развития энергетики в развитых странах мира является реализация концепции децентрализованного энергоснабжения. В России 60% территории суши не освоено и не заселено, поэтому развитие децентрализованных систем энергоснабжения, особенно для удаленных и трудно доступных районов, является более необходимо, чем для других стран. В этой связи актуальным представляется создание автономных, доступных энергетических установок малой (10 – 100 кВт) мощности на основе высокоэффективных высокоскоростных турбогенераторов с возбуждением от постоянных магнитов на лепестковых газодинамических подшипниках, работающих на низкорееактивном топливе, включающим возобновляемое биотопливо, по показателям эффективности и экологии превосходящих зарубежные прототипы.

Установки распределенной когенерации, основанные на высокоскоростных турбогенераторах малой мощности, объединенные в кластеры, позволят решить задачу снабжения теплом и электроэнергией небольших поселков, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке. Во многих удалённых районах для выработки энергии на малых электростанциях используется нефтепродукты, сжиженный газ. Подобные электростанции обладают низкой энергетической эффективностью, требуют возрастающих затрат на поддержание их работоспособности, проведение капитального ремонта, на подвоз и хранение топлива. Напротив, эксплуатация распределенной энергетики на базе местного возобновляемого биотоплива (дрова, опилки, отходы переработки древесины и т.п.) могут дать значительную экономию средств. Кроме того эффективные и надёжные установки малой мощности являются важнейшим функциональным элементом специальных объектов, обеспечивающих обороноспособность страны, а также в условиях климатических и техногенных катастроф, в чрезвычайных ситуациях,

когда надёжность электро- и теплоснабжения потребителей уже не может быть обеспечена только средствами централизованных систем электроснабжения. Одним из самых перспективных средств выработки тепловой и электрической энергии для систем малой энергетики являются так называемые микротурбинные энергоустановки, основу которых составляют высокоскоростные турбогенераторы с возбуждением от постоянных магнитов, с бесконтактными, газодинамическими подшипниками и современными преобразователями электроэнергии. Однако, ввиду того, что акценты в развитии техники, науки и технологии были на протяжении ряда лет направлены на развитие агрегатов большой единичной мощности, для успешного осуществления поставленных задач требуется существенный объем научных работ в области исследования малых генераторов и турбин с рабочими частотами вращения ротора, исчисляемыми десятками-сотнями тысяч оборотов в минуту. В этих условиях важно в первую очередь разработать технологию создания критических узлов турбогенераторов, наиболее сложным и значимым из которых является высокоскоростной ротор с постоянными магнитами, который должен обладать высокими прочностными свойствами и

обеспечивать требуемый поток возбуждения. Традиционные конструкции роторов со сплошными бандажами из немагнитных

сплавов не позволяют в полной мере использовать свойства современных постоянных магнитов и, тем самым не обеспечивают достижения высоких удельных массогабаритных и энергетических характеристик турбогенераторов.

Целью проекта является разработка методики проектирования и технологии изготовления роторов высокоскоростных турбогенераторов с возбуждением от постоянных магнитов, необходимых для создания отечественных установок малой мощности, превосходящих зарубежные аналоги по показателям удельной мощности.

## **2. Основные результаты ПНИЭР**

Результатами по проекту в целом будут являться:

- методика проектирования макетов ротора высокоскоростного турбогенератора с возбуждением от постоянных магнитов;
- экспериментальная партия магнитных систем макетов ротора высокоскоростного турбогенератора;
- экспериментальная партия бандажей макета ротора высокоскоростного турбогенератора;
- экспериментальная партия макетов ротора высокоскоростного турбогенератора;
- стенд и технологическая оснастка для магнитных испытаний экспериментальной партии макетов ротора высокоскоростного турбогенератора;
- стенд для натуральных испытаний экспериментальной партии макетов ротора высокоскоростного турбогенератора.

В 2015 г. на первом этапе выполнения проекта:

- 1) Проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИЭР.
- 2) Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96.
- 3) Обоснован выбор направления исследований.
- 4) Проведен анализ распределения параметров магнитного поля комбинированных роторов высокоскоростных турбогенераторов с возбуждением от постоянных магнитов.
- 5) Проведены маркетинговые исследования с целью изучения перспектив коммерциализации высокоскоростных турбогенераторов с возбуждением от постоянных магнитов.

Показано, что наилучшими показателями обладают составные конструкции роторов с комбинированным бандажом; такие конструкции обеспечивают наилучшие магнитные характеристики роторов турбогенераторов. При этом по сравнению с традиционно применяемой безвальной конструкцией объем дорогостоящих постоянных магнитов значительно меньше, что обеспечивает более низкую стоимость ротора электрической машины.

## **4. Область применения результатов ПНИЭР**

Системы и комплексы децентрализованного энергоснабжения, в частности, удалённых и труднодоступных районов; установки распределённой когенерации, объединённые в кластеры, позволяющие решить задачу снабжения теплом и электроэнергией небольших посёлков, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке; объекты распределённой энергетики на базе местного возобновляемого биотоплива (дрова, опилки, отходы переработки древесины и т. п.); специальные объекты, обеспечивающие обороноспособность страны, объекты, обеспечивающие безопасность в условиях климатических и техногенных катастроф, в чрезвычайных ситуациях, когда надёжность

электро- и теплоснабжения потребителей уже не может быть обеспечена только средствами централизованных систем электроснабжения.

#### **5. Оценка перспектив продолжения работ по проекту.**

Результаты, полученные на третьем этапе выполнения Соглашения, дают основание полагать, что продолжение работы позволит выполнить все поставленные задачи и результаты ПНИЭР найдут широкое применение в промышленности.

Внедрение результатов позволит создать отечественные образцы энергоустановок малой мощности, работающих на низкореактивном топливе, включающим возобновляемое биотопливо, по показателям эффективности и экологии превосходящих зарубежные прототипы. Задача реализации концепции децентрализованного энергоснабжения входит в одно из приоритетных направлений развития энергетики в развитых странах мира. Энергетические установки малой мощности, созданные на базе результатов проекта обеспечат высокий экспортный потенциал и замещение импорта.

Полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчётном этапе исполненными надлежащим образом.