

**Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0153 от 26 сентября 2017 г. Тема проекта: Разработка и экспериментальная апробация научно-технических решений по созданию модулей гибридных накопителей электроэнергии для мультиплицирования при построении сетевых гибридных накопителей энергии мегаваттного диапазона.**

В ходе проведения прикладных научных исследований на этапе 2 по Соглашению о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153 по теме «Разработка и экспериментальная апробация научно-технических решений по созданию модулей гибридных накопителей электроэнергии для мультиплицирования при построении сетевых гибридных накопителей энергии мегаваттного диапазона» получены следующие научно-технические результаты:

1) Разработана эскизная конструкторская документация на компоненты макета ГНЭ, преобразователь постоянного напряжения макета ГНЭ 0153.435452.010, двунаправленный инвертор макета ГНЭ 0153.435432.010, выполненная в соответствии с требованиями ГОСТ 2.125-2008. Разработанные комплекты ЭКД на компоненты макета ГНЭ включают в себя чертежи общего вида, сборочные чертежи, а также рабочие чертежи в соответствии с ГОСТ 2.109-73.

2) Разработана архитектура программного обеспечения компонентов макета ГНЭ.

3) Разработано программное обеспечение компонентов макета ГНЭ.

4) Изготовлены компоненты макета ГНЭ, преобразователь постоянного напряжения 0153.435452.010 и двунаправленный инвертор 0153.435432.010. Компоненты макета ГНЭ изготовлены в Московском Политехе в период с «16» апреля 2018 г. по «29» октября 2018 г. в соответствии с эскизной конструкторской документацией на компоненты макета ГНЭ в комплектности, установленной Техническим заданием Соглашения с

Минобрнауки России о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. №14.574.21.0153.

На компоненты макета ГНЭ установлено программное обеспечение, разработанное в Московском Политехе, в соответствии с программной документацией на программное обеспечение компонентов макета ГНЭ RU.TE.00031-01 и RU.TE.00032-01.

5) Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд для исследования ГНЭ 0153.441461.010. В состав эскизной конструкторской документации на экспериментальный стенд для исследования ГНЭ входят сборочный чертеж, схема комбинированная принципиальная в соответствии с ГОСТ 2.701-2008, рабочие чертежи деталей в соответствии с ГОСТ 2.109-73.

Разработанная эскизная конструкторская документация на экспериментальный стенд для исследования ГНЭ соответствует требованиям Технического задания Соглашения с Минобрнауки России о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153.

6) Разработана эксплуатационная документация на экспериментальный стенд в соответствии с ГОСТ 2.601-2006, включающая ведомость эксплуатационных документов, руководство по эксплуатации, инструкции эксплуатационные специальные, формуляр.

Разработанная эксплуатационная документация на экспериментальный стенд для исследования ГНЭ соответствует требованиям Технического задания Соглашения с Минобрнауки России о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153.

7) Разработано программное обеспечение экспериментального стенда для исследования ГНЭ. Программная документация на экспериментальный стенд для исследования ГНЭ RU.TE.00033-01.

8) Изготовлен экспериментальный стенд для исследования ГНЭ 0153.441461.010. Экспериментальный стенд для исследования ГНЭ изготовлен в ЗАО «МПОТК «ТЕХНОКОМПЛЕКТ» в период с «01» августа

2018 г. по «13» ноября 2018 г. в соответствии с эскизной конструкторской документацией на экспериментальный стенд для исследования ГНЭ 0153.441461.010.

На экспериментальный стенд для исследования ГНЭ 0153.441461.010 установлено программное обеспечение, разработанное в Московском Политехе, в соответствии с программной документацией на программное обеспечение экспериментального стенда для исследования ГНЭ ГНЭ RU.TE.00033-01.

Экспериментальный стенд для исследования ГНЭ 0153.441461.010 обеспечивает технические параметры, установленные Техническим заданием Соглашения с Минобрнауки России о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153.

9) Разработана Программа и методики стендовых испытаний компонентов макета ГНЭ 0153.430509.001 ПМ.

Разработанная Программа и методики стендовых испытаний компонентов макета ГНЭ 0153.430509.001 ПМ соответствует требованиям Технического задания Соглашения с Минобрнауки России о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153.

10) В соответствии с требованиями технического задания и планом-графиком Соглашения о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 г. № 14.574.21.0153 проведены стендовые испытания компонентов макета ГНЭ

Испытания проводились в Московском Политехе в период с «11» декабря 2018 г. по «12» декабря 2018 г. в соответствии Программой и методиками стендовых испытаний компонентов макета ГНЭ 0153.430509.001 ПМ. Испытания были проведены по всем пунктам Программы и методик стендовых испытаний.

Было выявлено несоответствие характеристик объекта испытаний, двунаправленного инвертора макета ГНЭ 0153.435432.010, пунктам 4.4.7 и 4.4.10 Программы испытаний.

Было выявлено несоответствие характеристик объекта испытаний, преобразователя постоянного напряжения макета ГНЭ 0153.435452.010, пунктам 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4, 4.5.6, 4.5.8, 4.5.10, 4.5.11 и 4.5.12 Программы испытаний.

Объекты испытаний и их техническая документация выдержали стендовые испытания по остальным пунктам Программы испытаний.

11) По результатам стендовых испытаний компонентов макета ГНЭ была проведена корректировка алгоритмов работы макета ГНЭ. Был дополнен алгоритм работы ГНЭ при параллельной работе с сетью бесконечной мощности, алгоритм работы ГНЭ при параллельной работе в локальной, изолированной электросети с плавающим графиком нагрузки, алгоритм работы ГНЭ при работе на автономную нагрузку, реализован алгоритм инициализации ГНЭ из выключенного состояния, реализован алгоритм автоматического переключения между изолированным режимом и работой параллельно с сетью, реализованы механизм аварийного и штатного отключения ГНЭ.

12) По результатам стендовых испытаний была проведена корректировка имитационной компьютерной математической модели ГНЭ, актуализированы параметры компонентов ГНЭ, в том числе аккумуляторных батарей и суперконденсаторов, введен учёт паразитных ёмкостей и активных сопротивлений в основных элементах модели ГНЭ, введен учёт параметров соединительных проводов между компонентами, проведена настройка ПИ-регуляторов системы управления ГНЭ, уточнены потери в элементах преобразователей, а также КПД преобразователей, улучшен блок измерений и оценки качества электроэнергии на выходе ГНЭ.

Разработана и применена модель трехфазного полумостового DC-DC преобразователя на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT) и схема управления им. Конструкция преобразователя постоянного напряжения, входящего в состав макета ГНЭ, опробована на модели и была применена для проектирования преобразователя постоянного напряжения

новой конструкции, вошедшей в эскизную конструкторскую документацию на макет ГНЭ, разработанную на текущем этапе.

13) Разработан комплект эскизной конструкторской документации на макет ГНЭ 0153.565516.010. В разработанную эскизную документацию вошли решения, направленные на устранение недочетов, выявленных по результатам стендовых испытаний компонентов макета ГНЭ, а именно, разработана и применена конструкция трехфазного преобразователя постоянного напряжения с фазным управлением 0153.435452.400-01, а также увеличена емкость конденсаторов в схеме двунаправленного инвертора 0153.435432.300-01.

Разработанная эскизная конструкторская документация на макет ГНЭ 0153.565516.010 соответствует требованиям Технического задания Соглашения с Минобрнауки России о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153.

14) В рамках второго этапа ПНИ было принято участие в:

- V Международной научно-практической конференции «Новое слово в науке: стратегии развития» с докладом «Сетевые накопители энергии как инструмент расширения функционала энергосистемы» 18 июня 2018 г. в г. Чебоксары;

- II Международной научно-практической конференции «Промышленность, сельское хозяйство, энергетика, инфраструктура: проблемы и векторы развития» с докладом «Гибридный накопитель энергии на базе аккумуляторов и суперконденсаторов для применения в локальных и изолированных электросетях» 23 июля 2018 г. в г. Москва.

15) Были опубликованы научные статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus:

- V.G. Chirkin, L.Yu. Lezhnev, D.A. Petrichenko, I.A. Papkin. «A Battery-Supercapacitor Hybrid Energy Storage System Design and Power Management», International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 119 No. 15 2018;

- V.G. Chirkin, N.A. Khripach, F.A. Shustrov, A.P. Tatarnikov. «REVIEW ON DC-DC POWER CONVERTER TOPOLOGIES AND CONTROL TECHNIQS FOR HYBRID STORAGE SYSTEMS», International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 9, Issue 5, 2018;

- V. G. Chirkin, D. A. Petrichenko, L. Yu. Lezhnev, N. A. Khripach, F. A. Shustrov. «DEVELOPMENT OF HYBRID NETWORK ENERGY STORAGE. PART 1: EMBODIMENT», International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 9, Issue 9, 2018.

16) Были получены РИД и поданы заявки на регистрацию:

- патента на полезную модель «Гибридный накопитель энергии для зарядных станций электротранспорта», заявка № 2018145977 от 25.12.2018;

- программа для ЭВМ «Программное обеспечение для имитационного моделирования гибридного накопителя энергии для работы в автономном режиме и параллельно с сетью».

Прикладные научные исследования на этапе 2 по теме «Разработка и экспериментальная апробация научно-технических решений по созданию модулей гибридных накопителей электроэнергии для мультиплицирования при построении сетевых гибридных накопителей энергии мегаваттного диапазона» по Соглашению о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0153 соответствуют техническому заданию, плану-графику исполнения обязательств, выполнены в полном объеме и в установленные сроки. Задачи, поставленные на отчетном этапе, решены в полном объеме. Цель этапа достигнута.