

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0249 от 26 сентября 2017 г. Тема проекта: Разработка научно-технических решений и создание отечественной системы предиктивного управления автоматизированным движением транспортных средств.

В ходе проведения прикладных научных исследований на этапе 1 по Соглашению о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.577.21.0249 по теме «Разработка научно-технических решений и создание отечественной системы предиктивного управления автоматизированным движением транспортных средств» получены следующие научно-технические результаты:

1) определены и обоснованы направления исследований и разработок, выполняемых по проекту

Была определена перспективность такого способа повышения эффективности ТС, как предиктивное управление. Оптимальное управление силовой установкой с учетом возможных изменений дорожных условий позволит значительно снизить расход топлива, уменьшить требуемую мощность традиционного двигателя внутреннего сгорания и утомляемость водителя (в случае его наличия).

2) выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИЭР

Как показывает обзор, предиктивное управление является одним из самых эффективных методов управления силовыми установками. Значительное количество исследований посвящено гибридным ТС, так как проблема грамотного распределения потоков мощности стоит особенно остро. Применение СПУ позволяет увеличить не только запас хода, но и положительно сказывается на сроке службы аккумуляторных батарей. Стоит также отметить возможность применения СПУ не только на гибридных ТС, но и на электромобилях, автомобилях с гидростатической (гидрообъемной) трансмиссией, большегрузных ТС и других видах. Большая

заинтересованность данной темой говорит о повышенной необходимости проведения исследований в данной области.

3) проведены патентные исследования в соответствии ГОСТ Р 15.011-96

Регламент при поиске не изменялся. Количество охранных документов, отобранных для рассмотрения в патентных исследованиях: 52 шт. Глубина поиска составила 10 лет. Патентные исследования позволили выявить технический уровень разработки и основные тенденции в этой области.

4) разработаны имитационные компьютерные модели транспортного средства с энергоустановками различного типа

Были разработаны следующие компьютерные модели:

- движения автомобиля;
- трансмиссии различных схем;
- компонентов энергоустановки (двигателя внутреннего сгорания, электродвигателей, буферного накопителя энергии).

5) проведены предварительные расчетные исследования по определению значимости возможных внешних факторов, влияющих на энергопотребление транспортного средства с различными типами энергоустановок

Предварительные расчетные исследования показали, что, с точки зрения энергоэффективности, гибкости управления и возможностей дальнейшей оптимизации режима работы ДВС (как с автономной, так и с предиктивной системой управления) можно рекомендовать создание ТС-Лб на базе последовательно-параллельной схемы (power-split). С точки зрения ее реализации в виде экспериментального образца она существенно проще, чем равная ей по энергоэффективности параллельная схема. Недостатком схемы power-split можно считать необходимость использования двух электромашин.

6) разработаны предварительные алгоритмы управления макета СПУ

Рассмотренный предварительный математический алгоритм управления СПУ представляет собой решение задачи оптимизации модели до горизонта предикции. Предварительный алгоритм является упрощенным с точки зрения целевой функции и метода управления ГТС. При этом он позволяет быть использован с моделями ТС с любым типом КЭУ.

В предварительном алгоритме учитывается только лишь один фактор – известный профиль дороги на маршруте следования. Предварительный алгоритм минимизирует энергозатраты при движении по заданному маршруту путем оптимизации требуемого тягового момента при минимальной ошибке следования по заданному скоростному профилю.

Упрощенный предварительный алгоритм позволит на следующем этапе оценить влияние СПУ на КЭУ различных типов в математических моделях. Оценка влияния СПУ позволит выработать более детальный алгоритм воздействия на КЭУ.

7) проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений с учетом результатов предварительных расчетных исследований

Для выбора схемы построения и формирования уточненных требований к техническим характеристикам отдельных компонентов энергоустановки ТС-Лб были проведены расчеты их основных параметров с применением разработанных компьютерных моделей.

8) разработана архитектура программного обеспечения макета СПУ

Были рассмотрены подходы к разработке архитектуры информационных систем, типовые решения. На основании анализа преимуществ тех или иных систем, а также с учетом специфики разрабатываемой информационной системы, ее аппаратного деления, была представлена архитектура программного обеспечения макета системы предиктивного управления комбинированной энергоустановкой гибридного транспортного средства. Произведена модульная декомпозиция системы с определением функционала модулей.

9) выбрана и обоснована структура макета СПУ

Были рассмотрены задачи, стоящие перед макетом СПУ. Их круг позволил выделить характерные задачи для различных подсистем или блоков. На основании обзора современных аппаратных средств получается удобно структурно реализовать систему в виде двух блоков, один из которых отвечает за взаимодействие с пользователем, связь и сбор данных, а второй – за работу алгоритма предиктивного управления КЭУ в реальном времени. Такое структурное разделение системы представляется логичным с функциональной точки зрения и с точки зрения максимального использования существующих аппаратных решений согласно поставленным задачам.

10) разработаны уточненные технические требования на макет СПУ

Разработанные технические требования на макет СПУ предъявляют:

- общие требования к СПУ;
- требования к программному обеспечению СПУ;
- требования к номенклатуре параметров, к точности их определения и точности воспроизведения внешних условий;
- требования безопасности;
- требования устойчивости к внешним воздействиям;
- требования к эксплуатации, удобству технического обслуживания и ремонта.

11) обоснована и выбрана схема построения ТС-Лб

Основываясь на результатах обзора и расчетных исследований, было принято решение о построении энергоустановки ТС-Лб по последовательной схеме. Уточненный состав энергоустановки ТС-Лб:

- двигатель внутреннего сгорания, инвертор и генератор в составе двигатель-генераторной установки;
- электродвигатель и инвертор в составе тягового электропривода;
- буферный накопитель энергии (БНЭ);
- системы охлаждения ДГУ, тягового электропривода и БНЭ.

12) разработаны уточненные технические требования на компоненты энергоустановки ТС-Лб

в разработанный руководящий документ вошли следующие раздулы:

- состав энергоустановки транспортного средства-лаборатории и общие требования к ее компонентам;
- требования назначения;
- требования к составу, конструкции и компоновке;
- требования к техническим характеристикам;
- требования к условиям эксплуатации и стойкости к внешним воздействиям;
- требования к удобству технического обслуживания и ремонта;
- требования по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды;
- требования по электромагнитной совместимости.

13) разработаны уточненные технические требования на экспериментальные стенды для исследования компонентов энергоустановки ТС-Лб

Разработанные уточненные технические требования на экспериментальные стенды для исследования компонентов энергоустановки ТС-Лб включают в себя:

- состав экспериментальных стендов для исследования компонентов ТС-Лб и общие требования к ним;
- требования к экспериментальному стенду для исследования двигатель-генераторной установки ТС-Лб;
- требования к экспериментальному стенду для исследования тягового электропривода ТС-Лб;
- требования к экспериментальному стенду для исследования энергоустановки ТС-Лб.

14) Подготовлена и опубликована научная статья Lezhnev L., Khripach N., Petrichenko D., Shustrov F. Predictive control implementation for series hybrid

electric vehicles. International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET). Volume 8, Issue 11, November 2017, pp. 1107–1116. ISSN Print: 0976-6308 and ISSN Online: 0976-6316, в зарубежном научном журнале International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET), который индексируется в базе данных Scopus.

15) Было принято участие в двух мероприятиях по демонстрации и популяризации результатов исследований, а именно:

- в Международной научно-практической конференции "Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем". Конференция проходила 25 октября 2017 г. на территории НИЦ АЭТЕРНА, г. Казань;

- в Международной научно-практической конференции "Научно-практические аспекты развития современной техники и технологий в условиях курса на инновации". Конференция проходила 4 декабря 2017 г. на территории Центра развития научного сотрудничества, г. Магнитогорск.

Прикладные научные исследования на этапе 1 по теме «Разработка научно-технических решений и создание отечественной системы предиктивного управления автоматизированным движением транспортных средств» по соглашению о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.577.21.0249 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.