



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ «СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА» СП-1

Руководитель проекта – профессор С.А. Харитонов

Итоговый отчёт за 2024г.

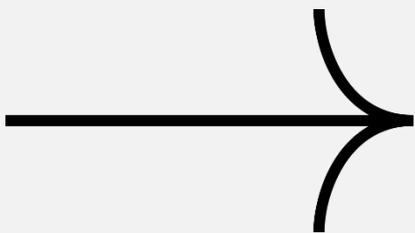
ПРОБЛЕМА

Технологический суверенитет РФ

в силовой электротехнике

(Критическая технология, утверждённая указом президента)

ЦЕЛЬ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА



Создание современной модели исследований и разработок интеллектуальных систем силовой электроники и энергетики, основанной на научно-образовательной и производственной кооперации в цепочке "наука-университеты-бизнес", способствующей социально-экономическому развитию территорий субъектов Российской Федерации.



КАФЕДРЫ:

ЭЭ, ППиМЭ, КТРС, ТОР, ЭП, ЭТК, ЭАПУ,

ФАКУЛЬТЕТЫ:

1. Радиотехники и электроники
2. Мехатроники и автоматизации
3. Энергетики

1. Институт Силовой электроники:

А. Дизайн Центр «Силовая электроника»
Б. Лаборатория «Элементы силовой электроники»

В. Лаборатория перспективных технологий микроэлектроники
Г. Учебный Дизайн-Центр силовой электроники

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

2. Цифро-физический комплекс
3. НИЛ перспективных космических разработок
4. Центр мехатроники

5. НИЛ «Энергосберегающие технологии»
6. Инжиниринговый Центр РИО СА
7. Молодёжное лаборатории

4. Летательных аппаратов
5. Автоматики и вычислительной техники
6. Механико-технологический

ЭМ, АЭЭС, ВТ, РПиРПУ, СиВС, ХХТ

Перечень проводимых в СП-1 научных исследований

1

1. Разработка технологии проектирования и производства силовых гибридных модулей в ДЦ СЭ НГТУ.
2. Разработка схем и конструкции мощных гибридных модулей для энергопреобразующей аппаратуры КА .
3. Разработка схем и конструкции универсальных мощных гибридных модулей для управления трёхкаскадными генераторами ЛА.
4. Разработка систем управления мощными широкозонными полупроводниковыми приборами (SiC и GaN).
Проф. Харитонов С.А.

2

1. Разработка и создание промышленных образцов быстрой электрочарядной станции, подготовка промышленного производства
2. Разработка и создание кросс-платформенного модульно-программного комплекса с функциями мониторинга и управления автономными энергообъектами
3. Разработка и создание опытного образца приёмника индукционного заряда аккумуляторной батареи для автономных мобильных устройств радиоэлектронного обнаружения
Проф. Щуров Н.И.

3

1. Разработка и изготовление макетного образца станка для намотки катушек статора электродвигателя БПЛА
2. Разработка конструкторской документации на встраиваемый асинхронный двигатель электрошпинделя
Доц. Котин Д.А..

4

1. Разработка способов децентрализованного управления режимами электрических сетей с распределёнными объектами с малой генерацией.
2. Разработка линейки устройств системы децентрализованного мультиагентного управления (СДМУ) режимами электрических сетей с распределёнными объектами с малой генерацией (на уровне прототипов и опытных образцов).
3. Разработка испытательно - демонстрационного цифро-физического комплекса электрических сетей с распределёнными объектами с малой генерацией под управлением СДМУ.
Проф. Фишов А.Г.

5

1. Разработка агродрона самолётного типа грузоподъёмностью 120кг для внесения средств защиты растений и мониторинга сельхозугодий на базе универсального беспилотного воздушного судна «Сарма».
2. Изготовление, сборка и подготовка к испытаниям в лабораторных условиях экспериментальных образцов комплектующих: ДВС, Мотор-Генератор, Силовой модуль.
3. Изготовление опытного образца системы опционно-пилотируемого самолёта «Сарма-2». Проведение работ по включению самолёта «Сарма-2» в реестр экспериментальных воздушных судов и предполётные испытания.
Проф. Зверков И.Д.

Перечень проводимых в СП-1 научных исследований

6

Разработка, изготовление и исследование программно-аппаратного комплекса, состоящего из универсальной масштабируемой платформы космического аппарата (КА) с цифровыми двойниками, контрольно-проверочной аппаратуры, наземной инфраструктуры контроля полёта КА и БПЛА.
Доц. Отто А.И.

7

1. Разработка компьютеризированного комплекса управления и контроля элементами устройств с ЧПУ.
2. Разработка программного комплекса управления оборудованием с ЧПУ.
Доц. Рева И.Л.

8

Разработка комплектов конструкторской документации на семейство активных антенн для различных систем спутниковой навигации:
-Комплект КД на активную антенну частотного диапазона L1 систем GPS/ГЛОНАСС;
Комплект КД на активную антенну частотного диапазона L2 систем GPS/ГЛОНАСС.
Доц. Подкопаев А.О.

9-11

Обучающий тренажер-симулятор работы автоматизированной системы для управления технологическими процессами.
Доц. Сериков Д.А.

1.Разработка комплекса с беспилотным летательным аппаратом в защищённой сфере.
2. Линейка ВМГ грузоподъёмностью до 30 кг.
Асс. Сергеев Д.С.

Создание структурного подразделения
Доц. Попов Н.С.

Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

- - Дизайн-центр проектирования и производства гибридных микросборок энергопреобразующей аппаратуры для аэрокосмического применения, рук. Харитонов С.А.

➤ Запущена вторая очередь и идет подготовка третьей очереди Дизайн - Центра Силовой Электроники НГТУ, для проектирования и производства гибридных силовых модулей ЭПА аэрокосмических аппаратов. Проект разработан совместно и в интересах АО «Решетнёв» и ПАО «Элемент». Приобретено уникальное оборудование для запуска в 2025г. технологического процесса 2.5/3D Flip-Chip. Модернизировано оборудование КБ по разработке модулей гибридных силовых.

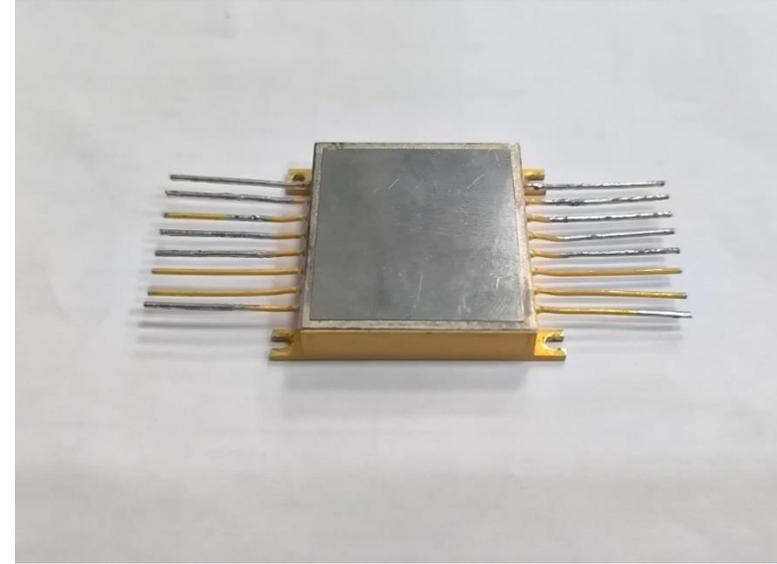
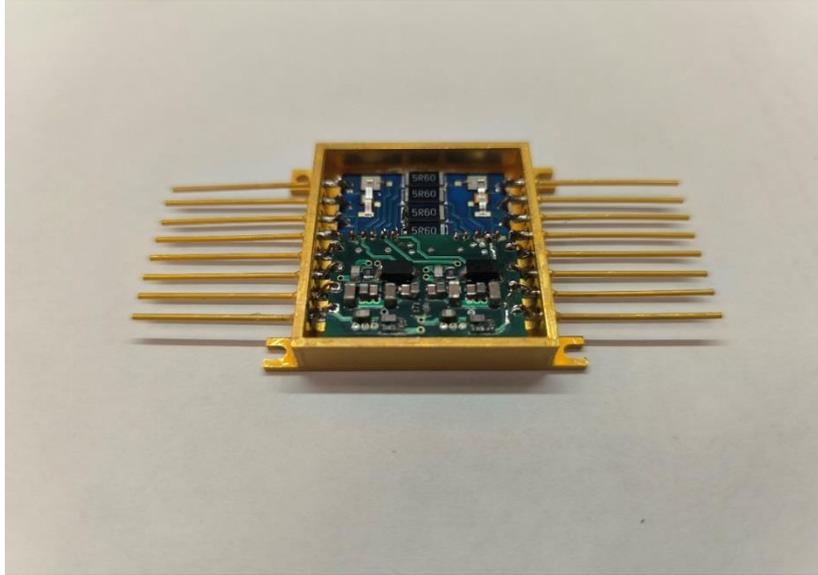
Компьютерный томограф для анализа структур ИС и ГИС



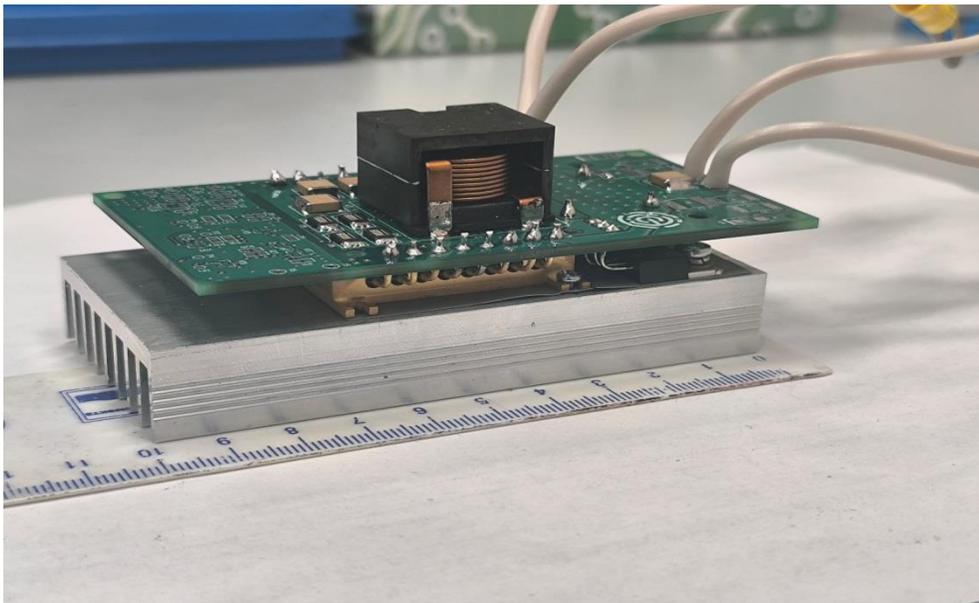
Плоттер для изготовления плат ГИС



Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

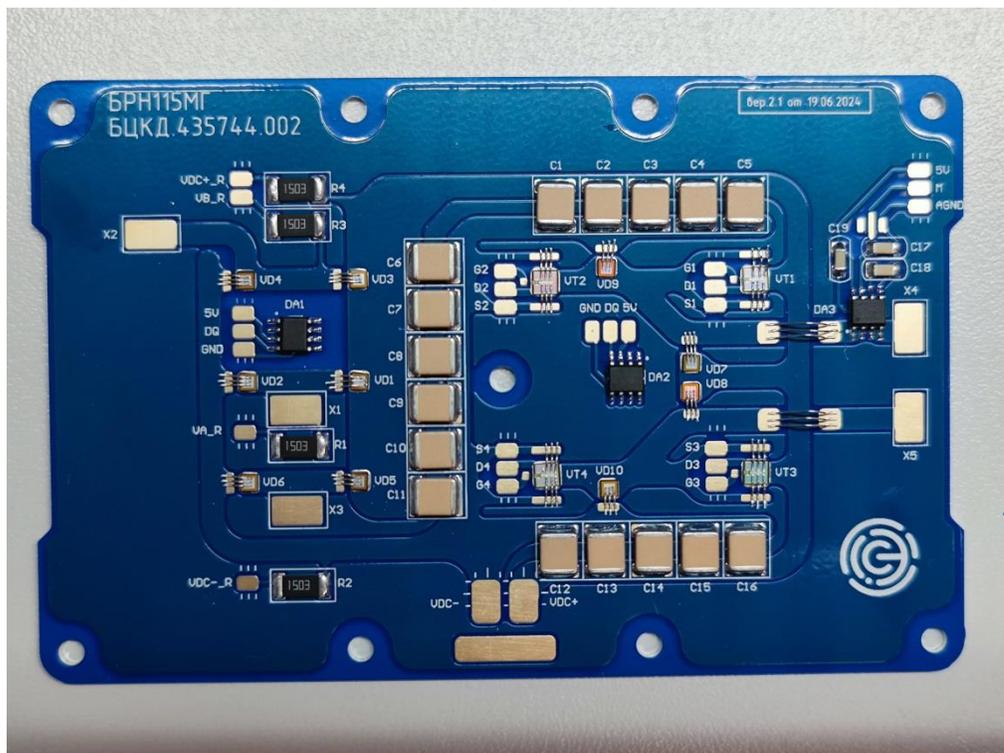


Опытный образец модуль гибридной силовой стойки (МГСС) без герметизации и с герметизацией (45x40x8.2 мм).
Рабочая частота 500кГц, мощность 1кВт, КПД 98%



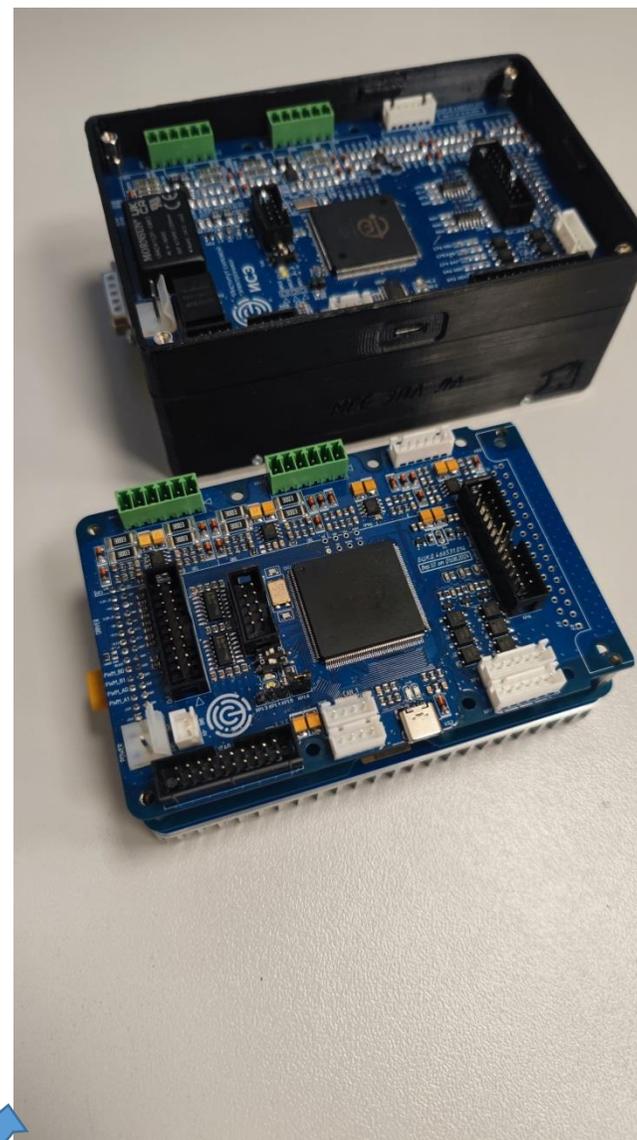
Экспериментальный образец повышающего DC-DC преобразователя мощностью 1кВт на базе МГСС (100x50x60 мм)

Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1



Блок регулирования напряжения для авиационного трехкаскадного синхронного генератора на основе силовой гибридной микросборки (БРН115М)

Блок регулирования защиты и управления (БРЗУ) для авиационного трехкаскадного синхронного генератора.



Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1



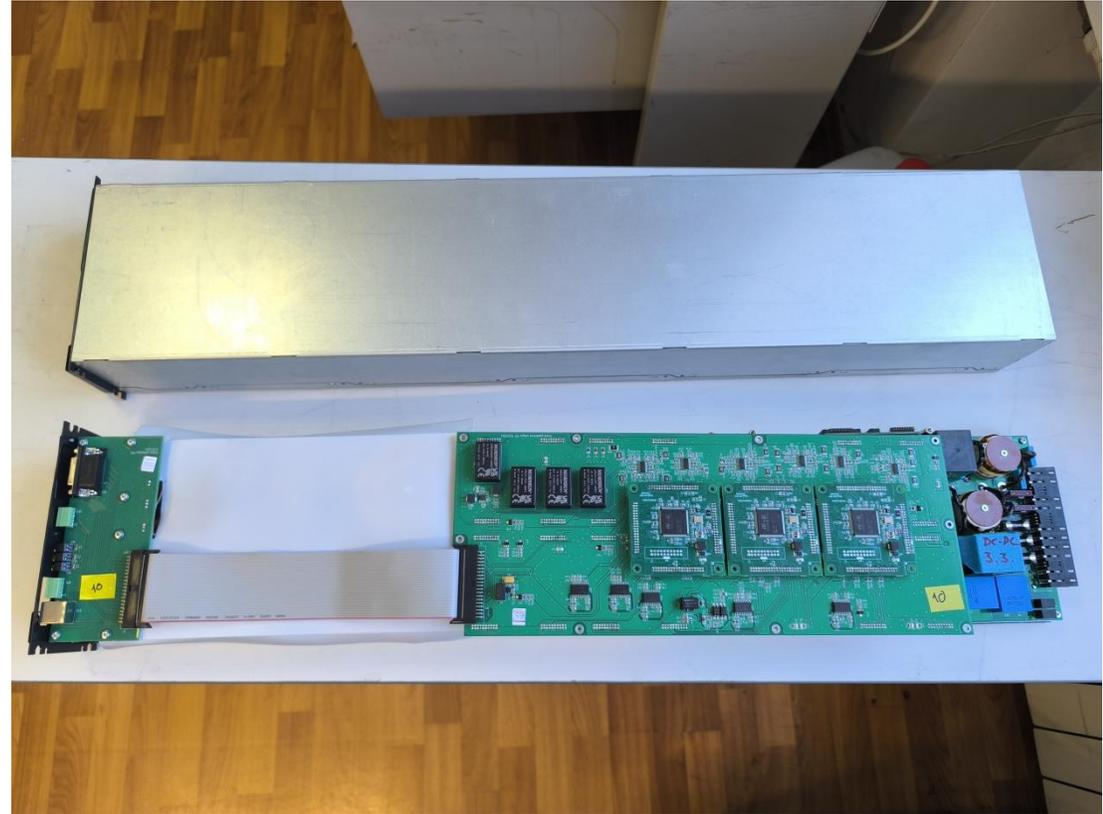
Цифровой блок управления тормозами БУПТ-12МИ (Совместно с ПАО «АК Рубин»)

Самолёт ИЛ-114-300, где установлен БУПТ-12МИ

Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1



Опытный образец ИБП-10-220-М



Модуль опытного образца ИБП-10-220-М

Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

● - Разработка зарядных станций для электротранспорта, рук. Щуров Н.И.

- 1 Совместно с индустриальным партнером АО НПП «Радиосвязь» разработан и создан промышленный образец быстрой электроразрядной станции (ЭЗС) и готовится промышленное производство
- 2 Совместно с индустриальным партнером АО «Электроагрегат» разработан и создан кросс-платформенный модульно-программный комплекс с функциями мониторинга и управления автономными энергообъектами
- 3 Совместно с ООО «СУРРУС» разработан и создан опытный образец приёмника индукционного заряда аккумуляторной батареи для автономных мобильных устройств радиоэлектронного обнаружения



Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

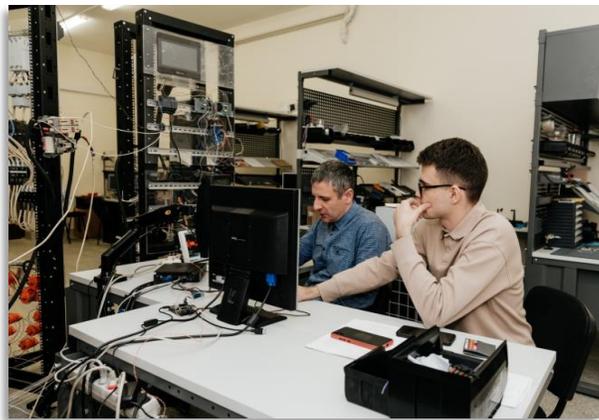
- - Разработка зарядных станций для электротранспорта, рук. Щуров Н.И.



Модульная зарядная станция для электромобилей с поддержкой систем накопления энергии

Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

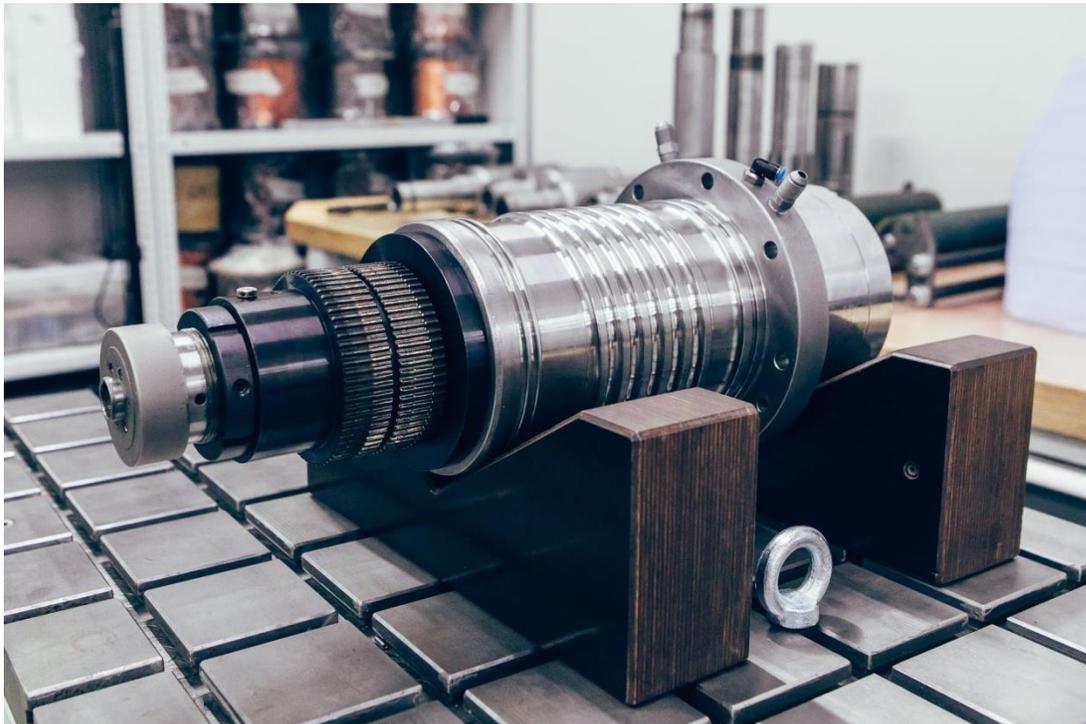
- Создан программно-аппаратный комплекс для ЭЗС, обеспечивающий заряд электромобиля в онлайн режиме.
- Получила дальнейшее развитие лаборатория разработчиков современных ЭЗС.



Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

● - Центр мехатроники НГТУ-НЭТИ, рук. Котин Д.А.

1. Станок для намотки катушек статора электродвигателя БПЛА.
2. КД на встраиваемый асинхронный двигатель электрошпинделя.



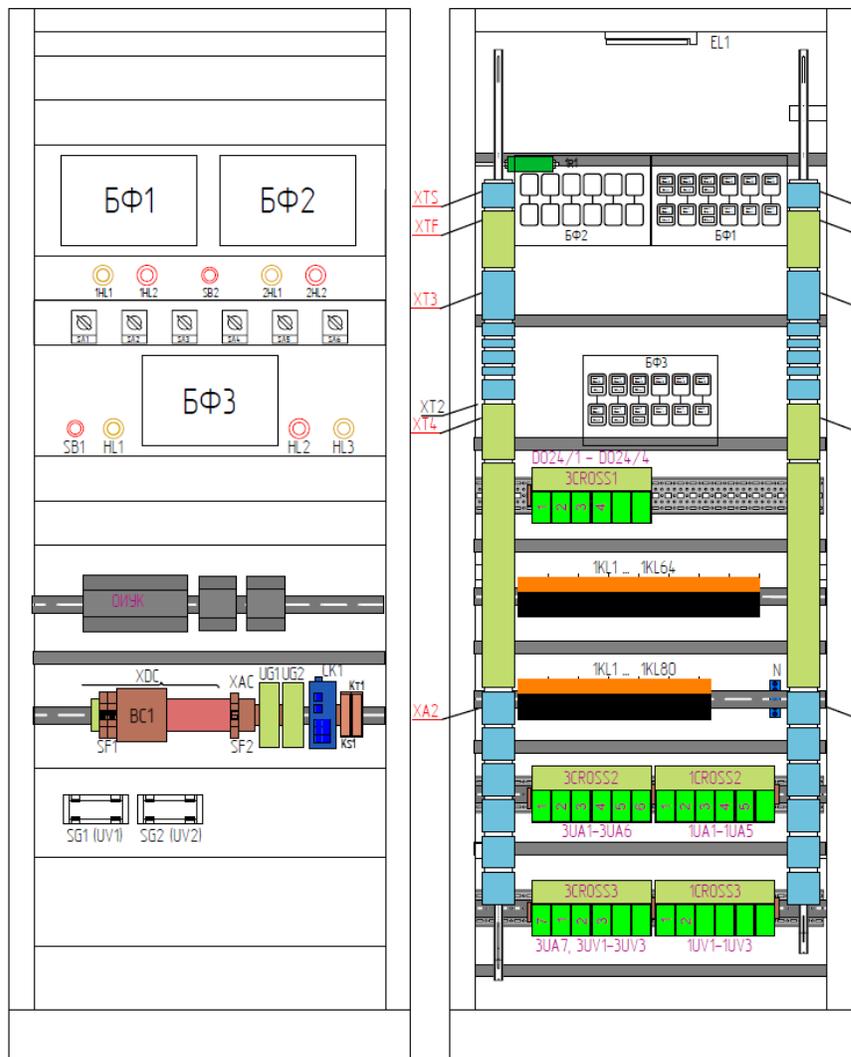
Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

- - Интеллектуальная энергетика, рук. Фишов А.Г.

1.	<p>Система децентрализованного мультиагентного управления режимами территориально интегрированных Минигрид, самобалансирующихся энергорайонов электрических сетей с демонстрационной реализацией на электродинамической модели ЭЭС</p>	<p>Прототип технологии</p>	<p>Реализован на электродинамической модели ЭЭС (2-114).</p> <p>Проведены испытания.</p> <p>Защищены 2 диссертации.</p>
2.	<p>НОУ ХАУ прототипа технологии децентрализованного мультиагентного управления режимами территориальной интегрированных Минигрид, самобалансирующихся энергорайонов электрических сетей</p>	<p>НОУ ХАУ прототипа технологии</p>	<p>Подготовлено описание прототипа технологии в составе:</p> <ul style="list-style-type: none">• 7 патентов на изобретение,• описания реализации в виде прототипов устройств, алгоритмов и ПО,• описания экспериментальной установки активной электрической сети с децентрализованным мультиагентным управлением,• представления результатов испытаний.

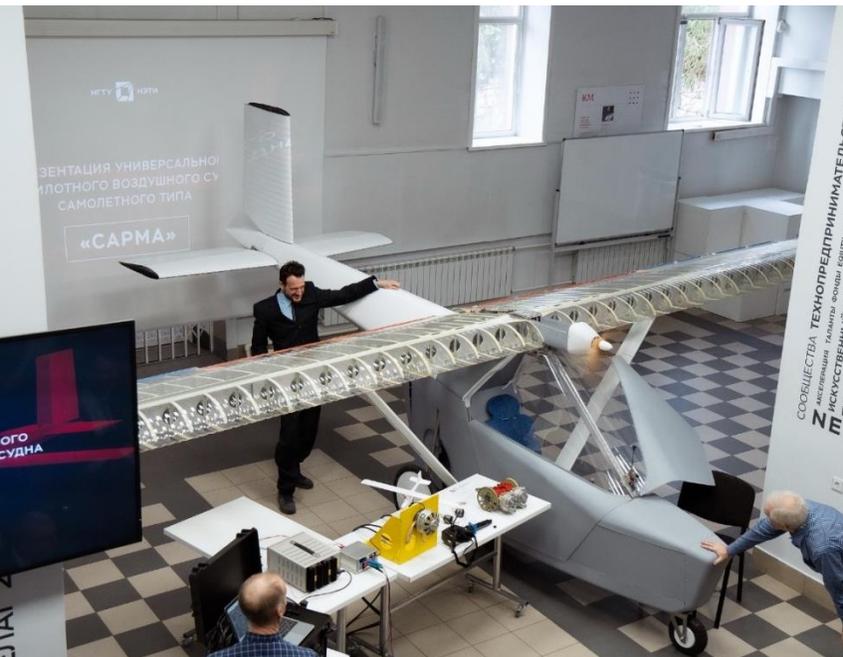
Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

Конструктив и внешний вид шкафа сетевой системной автоматики МиниGRID на Технопром 24

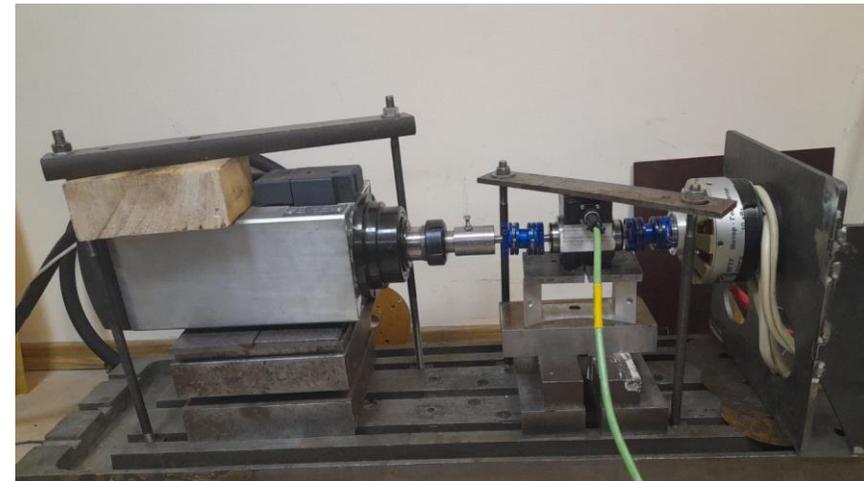


Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

- - Универсальное беспилотное воздушное судно «Сарма», рук. Зверков И. Д.
 - Разработана и изготовлен опытный образец сверхлёгкого воздушного судна Сарма-2
 - Экспериментальный образец гибридной силовой установки.



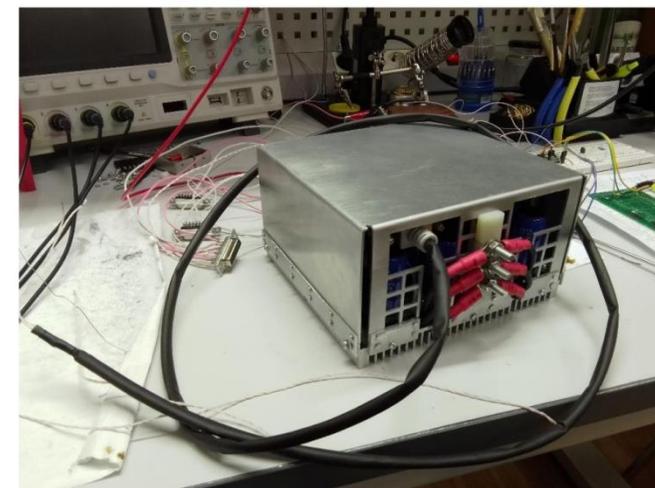
Испытания мотор-генератора в режиме генератора



Макетная сборка ДВС



Подготовка силового модуля для испытания совместно с мотор-генератором



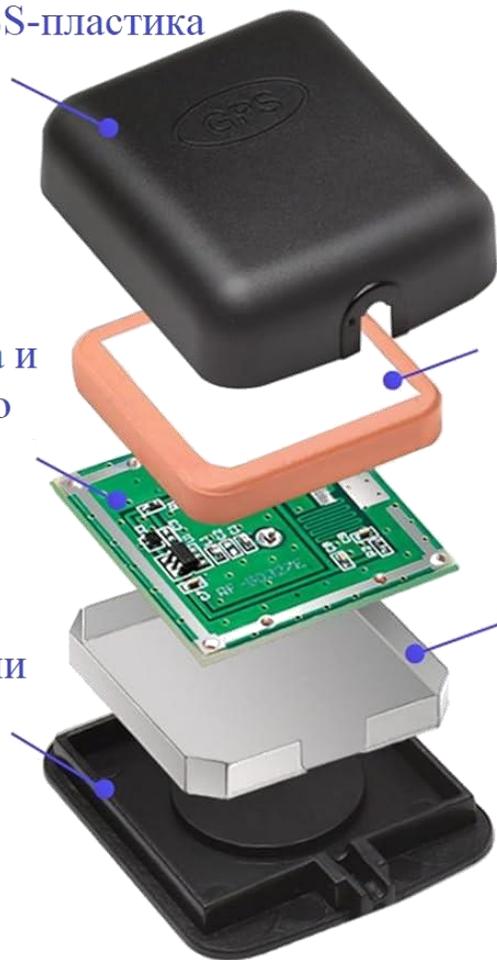
Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1

- - Разработка конструкторской документации на семейство антенн для спутниковой навигации, рук. Подкопаев А.О.

Корпус из ABS-пластика

Плата фильтра и малошумящего усилителя

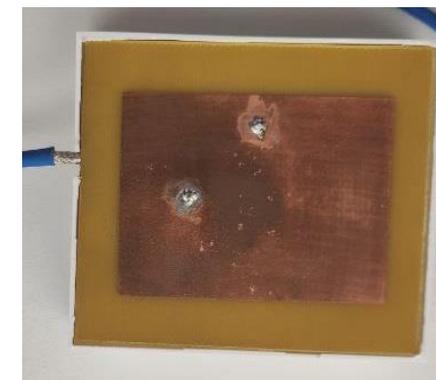
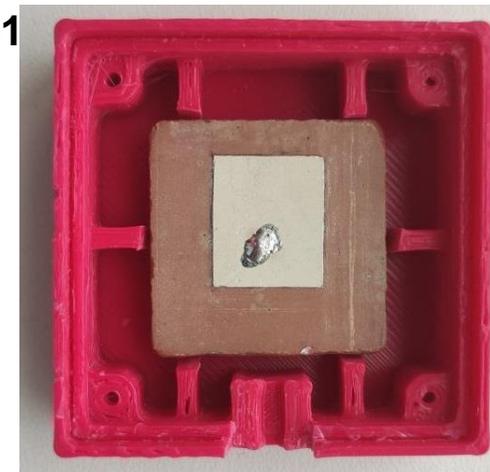
Клейкое или магнитное основание



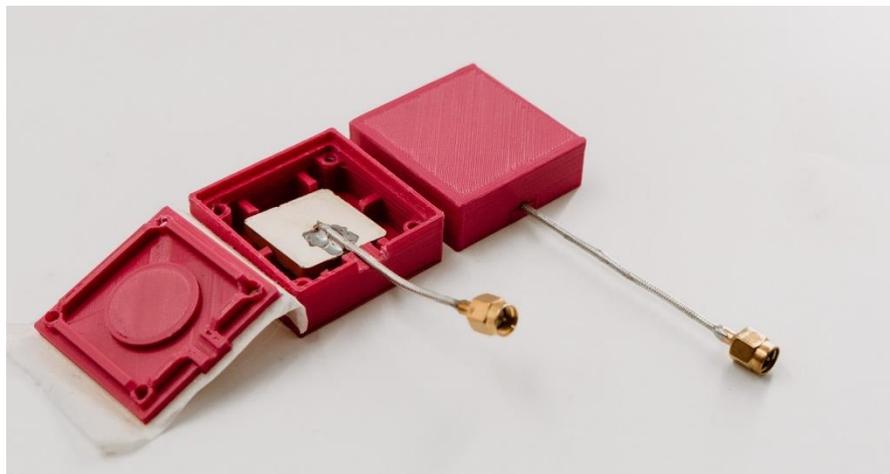
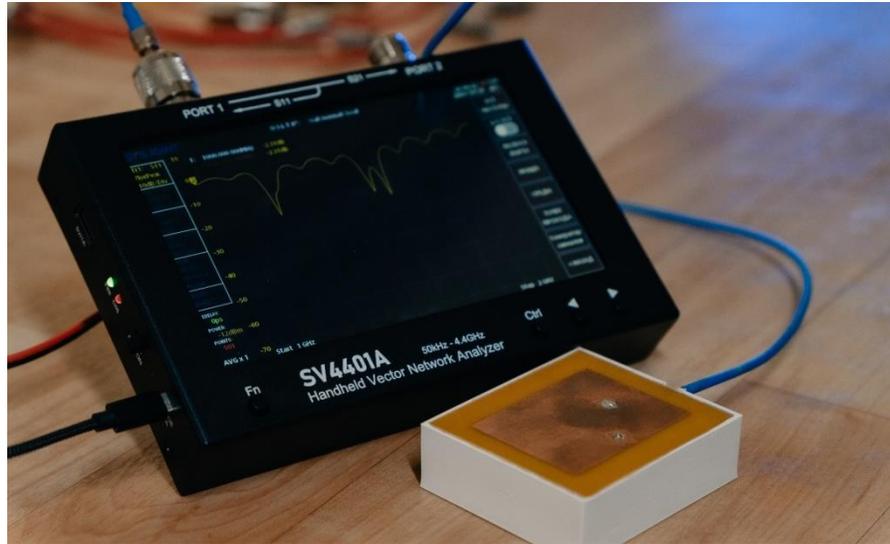
Излучатель на керамической подложке

Защитный металлический экран

- Разработаны и реализованы все основные структурные элементы разрабатываемых устройств нескольких видов.
- Опытным путём подтверждена работоспособность разрабатываемых устройств.



Информация о технологических продуктах, полученных по результатам реализации СП-1



Количественные результаты (план/факт) СП-1, в том числе в связке с индустриальными партнёрами

№ п/п	Показатели	План	Прогноз 30.12.2024	% выполнен ия
P1_б	Объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тыс. руб.	310 000	341 621	110
P1_с2	Количество индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection публикаций, ед.	29	16	55
P2_с2	Количество индексируемых в базе данных Scopus публикаций типов «Article», «Review», ед.	51	47	91
P4_с2	Объем средств, поступивших от выполнения НИР и ОКР и оказания НТУ по договорам с организациями реального сектора экономики и за счет средств бюджета субъекта Российской Федерации и местных бюджетов, тыс. руб.	310 000	135 346	44
P3_с2	Объем доходов от реализации ДПО и основных программ профессионального обучения, тыс. руб.	1 500	5 675	378
	Численность прошедших обучение по дополнительным профессиональным программам, чел.	60	68	113
P8_с2	Объем доходов от распоряжения исключительными правами на РИД (по лицензионному договору (соглашению), договору об отчуждении исключительного права), тыс. руб.	450	500	111

Экосистема ЦТП

Консорциум «Силовая электроника и энергетика»



Производство и проектирование готовых изделий:



Производство микросборок:



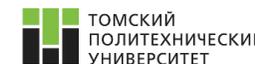
Элементная база:



НОВОСИБИРСКИЙ ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ВОСТОК



Новые технологии:



Влияние стратегического проекта СП-1 на обновление содержания и запуск новых образовательных программ

- Проведено дополнение лекционного материала обучающим видеоматериалом по технологии сборки микромодулей в содержательную часть дисциплины Учебная практика: ознакомительная практика» для студентов 1 курса направлений 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»;
- проводится обновление содержания дисциплины «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии» направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»;
- разработана сетевая образовательная программа дополнительного образования, в ходе реализации программы 29 студентов дневной формы обучения получили свидетельства о профессии рабочего, должности служащего;
- результаты работ по созданию зарядных станций для электротранспорта различной конфигурации и топологии были интегрированы в ряд учебных курсов: «Вычислительные машины, системы и сети», «Электроснабжение электрического транспорта», «Накопители энергии в электротранспортной комплексе»;
- переход к активной форме обучения магистрантов энергетиков управлению режимами энергосистем на базе разработанного тренажера «Симулятор управления Минигид» по дисциплине «Инновационные технологии в энергетике»;
- разработана и реализована программа профессиональной переподготовки «Искусственный интеллект в электроэнергетике и электротехнике».

Влияние проекта на обновление содержания образовательных программ и запуск новых

01

13.04.02

Электроэнергетика и электротехника, магистерская программа «Искусственный интеллект в электроэнергетике и электротехнике» (совместно с ФЭН)

04

13.03/04.02

Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат и магистратура)

02

27.04.04

Управление в технических системах, магистерская программа «Искусственный интеллект в промышленной автоматизации» (выпускающие кафедры ЭАПУ и ЭТК)

+

программы ДПО: «Синтез современных систем автоматического управления в электроэнергетике и электротехнике»; «Управление промышленными роботами»; «Мехатронные и робототехнические модули и системы»

03

15.04.04

Автоматизация технологических процессов и производств (квалификация: магистр)

+

Разработанный в 2022 году компьютерный симулятор-тренажер Минигрид.
Тренажер по управлению режимами электрических сетей и энергосистем включен в учебный процесс



Эффекты от реализации проекта

01

Расширение инновационно - производственной структуры:

- Дизайн-центр Силовой Электроники является единственным производителем мощных гибридных силовых модулей в РФ для аэрокосмических аппаратов;
- Создание учебного Дизайн-Центра Силовой электроники;
- Создание лаборатории лаборатория «Элементы силовой электроники» (совместно с ПАО «Элемент»);
- Создание НИЛ перспективных космических разработок;
- Объединённое Молодёжное КБ: с участниками консорциума «Силовая электроника и энергетика» НГТУ, АО «НПО НаукаСофт», АО СЭГЗ и МГТУ ГА принято решение о создании «Объединённого Молодёжного Конструкторского Бюро» (ОМКБ) для разработки электрооборудования авиационного и общепромышленного применения.
- Создание молодёжных лабораторий.

02

Открытие новых научных направлений в области силовой электроники и энергетике, повышающих научный имидж НГТУ НЭТИ:

- Разработка технологий проектирования и изготовления мощных силовых гибридных модулей аэрокосмического применения;
- Разработка систем управления мощными широкозонными полупроводниковыми приборами;
- Разработка и конструирование силовых гибридных модулей;
- Разработка аппаратного, алгоритмического и программного обеспечения Minigrd;
- Разработка многофункциональных зарядных станций.
- Разработка малых космических аппаратов.

03

Повышение уровня подготовки специалистов по силовой электронике и энергетике с целью привлечения для работы в инновационных структурах.

- **Подготовлено 4 кандидатов технических наук.**
- **Рукопись докторской диссертации.**
- Проведена модернизация учебных лабораторий, в частности, по электрическим цепям, микроэлектронике, системам вторичного электропитания и др.
- **По программе УДЦ СЭ прошло обучение 50 студентов специальности 11.04.04**

Эффекты от реализации проекта как решение задачи по технологическому суверенитету страны

04

Прорабатывается программа по разработке и созданию специализированного п/п преобразователя для ЭЭС. Впервые для электрозарядных станций будут созданы отечественный контроллер и п/п преобразователь. (Индустриальный партнёр АО НПП «Радиосвязь»).

05

Полученные и опубликованные результаты продвинули понимание профессиональным сообществом необходимости развития электрических сетей с распределённой малой генерацией, объектами на ее основе при децентрализованном мульти-агентном управлении режимами для решения задач надёжности и экономической эффективности энергоснабжения потребителей в современных условиях, особенно в части живучести систем энергоснабжения.

06

Достигнута договорённость с ООО «Завод микроэлектронных технологий» и АО «Сарапульский электрогенераторный завод» о производстве гибридного силового модуля БРА и установке его в отечественных системах электроснабжения летательных аппаратов.

07

Совместно с ПАО «АК Рубин» внедрён в промышленное производство блок управления тормозами с микропроцессорным управлением.

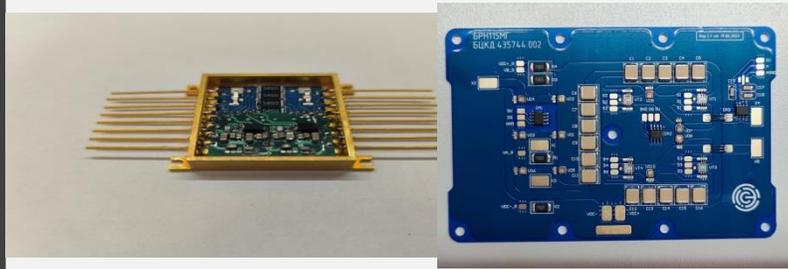
Планы реализации проекта на 2024 г.

1. Внедрение в промышленное производство разработанных гибридных силовых модулей и разработка новых на базе GaN SiC широкозонных полупроводниковых приборов с использованием 2.5 D Flip-Chip технологий.
2. Развитие производственных возможностей путём закупки и запуска оборудования, необходимого для проведения испытаний гибридных силовых модулей и завершение создания конфигурации производственного участка в части 2.5 D Flip-Chip технологий.
3. Организация оказания услуг производственного характера на базе дизайн-центра. Контрактное производство.

Планы реализации проекта на 2025 г.

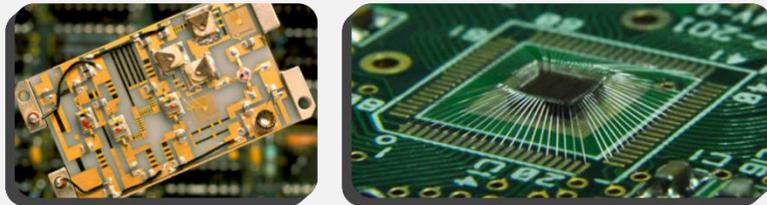
01 Испытания опытных образцов МГСС и БРН 2025 г.
Выпуск установочных партий

ПОКОЛЕНИЕ 1



ПОКОЛЕНИЕ 2

02 Разработка драйверов для мощных GaN и SiC транзисторов и ГИС на их основе



03 Разработка технологии для изготовления ГМС по Flip-Chip технологии с целью организации опытного производства – 2026 г.



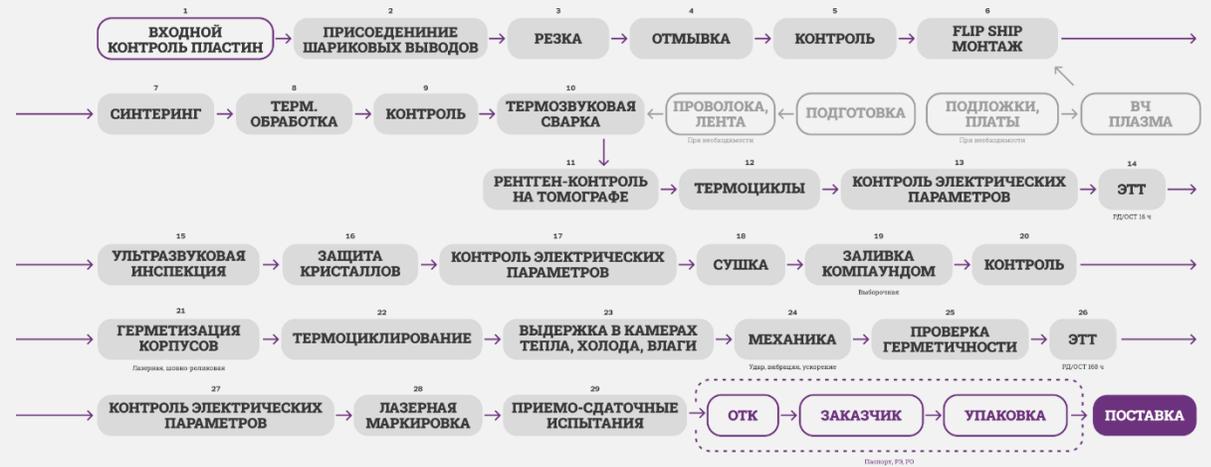
Схема технологического маршрута поколения № 3

ВХОДНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Керамические корпуса с металлизированной многоярусной разводкой, печатные платы СС, платы СУ, ЭРИ, плоские трансформаторы, дроссели, индуктивности

МАТЕРИАЛЫ

Компаунды, паяльные пасты, клеи, протирочные, проволока, лента, кремниевые пластины, рамки, кассеты



Планы реализации проекта на 2025 г.

- 1 Разработка и создание инверсного AC/DC преобразователя для электрозарядной станции электромобиля.
- 2 Усовершенствование ПО Диспетчерского пункта для быстрого масштабирования (ПО ЦУС) при развитии сети автономных энергоустановок
- 3 Система беспроводной зарядки для устройств поиска угнанного автотранспорта и участников СВО «СурруС»
- 4 Разработка и создание автономной гибридной энергоустановки для обеспечения электроснабжения шагающего экскаватора ЭШ 6/45
- 5 Исследование, разработка и создание универсального модульного контроллера для зарядных станций электромобиля с распределенной архитектурой, построенной на общей шине RS-485 (Modbus RTU)



Планы реализации проекта на 2025 г.

1.	Станок для намотки статоров электродвигателей с дробными зубцовыми обмотками	Опытный образец
2.	Программно-аппаратный комплекс измерения и визуализации экспериментальных данных тяговых электрических машин для проведения их Приемо-сдаточных испытаний	Ноу-хау, программа для ЭВМ, КД по ЕСПД

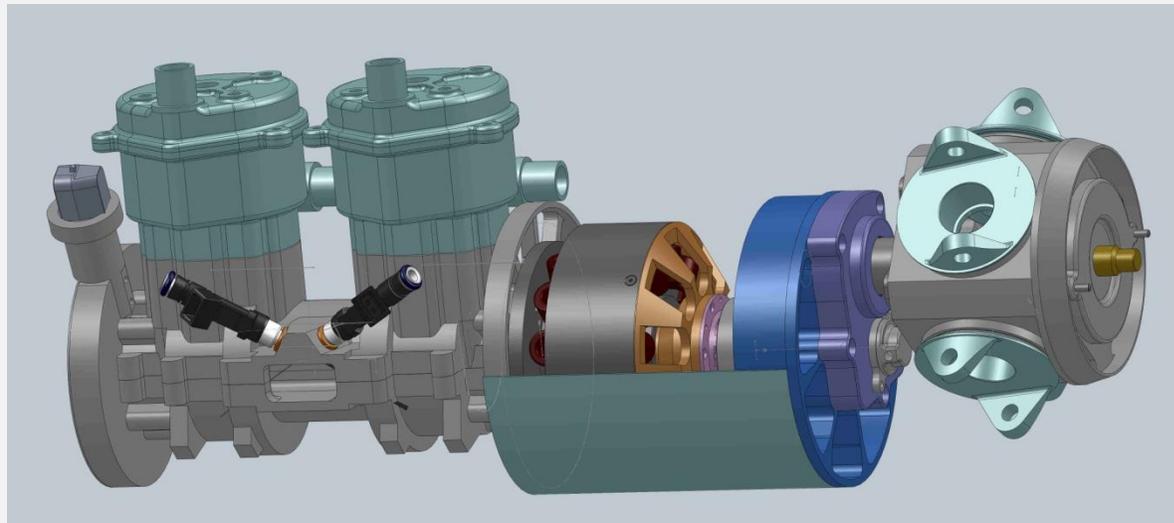
Планы реализации проекта на 2025 г.

Опытный образец гибридной силовой установки для универсального воздушного судна «Сарма»

Мощность ДВС 10 кВт при 9000 об/мин

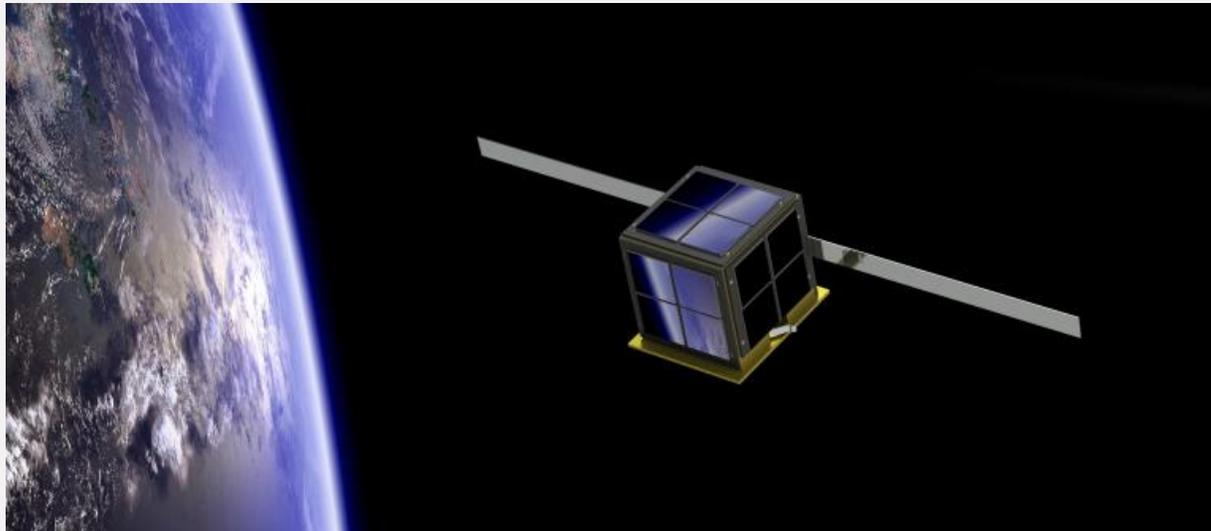
Мощность Мотор-Генератора в режиме мотора -10 кВт при 9000 об/мин

Мощность Мотор-Генератора в режиме генератора 5 кВт при 8000 об/мин.



Планы реализации проекта на 2025 г.

1. Создание эскизной конструкторской документации экспериментального образца малого космического аппарата.
2. Объектом разработки является программно-аппаратный комплекс, состоящий из универсальной масштабируемой платформы космического аппарата (КА) с цифровыми двойниками, контрольно-проверочной аппаратурой, наземной инфраструктурой контроля полёта КА.





**Силовая интеллектуальная электроника –
основа эффективной энергетики.**

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ «СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА» СП-1

Руководитель проекта проф. Харитонов С.А.

Итоговый отчёт за 2024г.

Показатели результативности СП-1, прогноз на 2025 год

Приложение

№ п/п	Показатели	План
P1_б	Объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тыс. руб.	275 000
P1_с2	Количество индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection публикаций, ед.	32
P2_с2	Количество индексируемых в базе данных Scopus публикаций типов «Article», «Review», ед.	54
P4_с2	Объем средств, поступивших от выполнения НИР и ОКР и оказания НТУ по договорам с организациями реального сектора экономики и за счет средств бюджета субъекта Российской Федерации и местных бюджетов, тыс. руб.	240 031,5
P3_с2	Объем доходов от реализации ДПО и основных программ профессионального обучения, тыс. руб.	3 700
	Численность прошедших обучение по дополнительным профессиональным программам, чел.	100
P8_с2	Объем доходов от распоряжения исключительными правами на РИД (по лицензионному договору (соглашению), договору об отчуждении исключительного права), тыс. руб.	470