

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

360°

Август '23



**Подписывайся
на наши
соцсети!**



4
стр.

Современные мировые достижения
в области разработки и применения
электрических машин.

Проверка LK-99.....	5
Lamborghini Lanzador.....	8
Электродвигатель Dark Matter от Koenigsegg.....	9
Высокоскоростной генератор мегаваттного класса.....	10
Сверхпроводниковый двигатель для электронасосов жидкостных ракет.....	12
Конструкторские решения для электродвигателя и воздушного винта.....	12
Интегрированный модульный привод 1 МВт.....	15

16
стр.

Обзор достижений и направлений
развития электроники
в электромобилях

Автоматизированная очистка солнечных панелей без воды и вредных выбросов.....	17
Материал для непрерывной выработки электроэнергии.....	17
Распространение источников питания с использованием технологии GaN.....	18
Система безопасной аутентификации для систем RFID.....	20
Ключи безопасности в Bluetooth с низким энергопотреблением.....	22
Запуск самой маленькой приемной антенны.....	24
Питание IoT датчика с помощью радиоволн.....	25

26
стр.

Текущее состояние исследований
и разработок авиационных силовых
установок в Европейском Союзе и США
за август 2023 г.

Разработка пассажирского самолета с крейсерской скоростью до М=4.....	27
Консорциум для разработки жидкостно-водородных авиационных топливных систем.....	28
Завод для производства силовых установок гиперзвуковых ЛА.....	28
Воздушный компрессор для авиационных силовых установок на базе ВВТЭ.....	29
Самолета с архитектурой Blended Wing Body.....	30
Консорциум Hydrogen in Aviation.....	31

32
стр.

Современные отечественные и мировые
достижения в области разработки
и применения беспилотных летательных
аппаратов

Контроль состояния бетонных мостов при помощи БПЛА.....	32
Сбор энергии вибрации на беспилотном квадрокоптере.....	35
Сверхбыстрое динамическое машинное зрение с фотонными вычислениями.....	37
Однокрылые роботы с пониженным энергопотреблением.....	41



Современные мировые достижения в области разработки и применения электрических машин

Жеребцов Алексей Анатольевич

Научный руководитель фронтальной НИР «Разработка, исследования и внедрение электрических машин со сверхвысокими удельными характеристиками (в том числе криогенных электрических машин)»



1. Проверка LK-99

В конце июля 2023 года весь мир облетели новости о материале LK-99, который якобы обладает свойством сверхпроводимости при комнатной температуре. Такое громкое заявление не осталось без внимания со стороны мирового научного сообщества и начались попытки повторить заявленный результат по предоставленным данным.

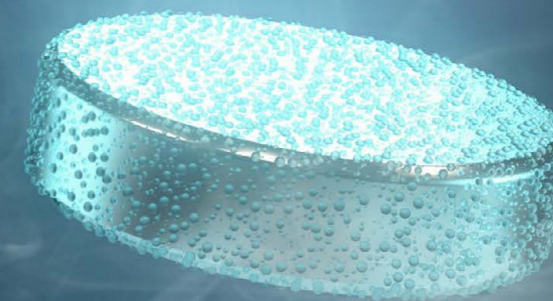
Первыми успели индийские физики из Национальной физической лаборатории в Нью-Дели. Они синтезировали образец LK-99 по заявленной методике и изучили его строение с помощью рентгеновской дифракции. Структура и состав совпали с тем, что получилось у корейцев.

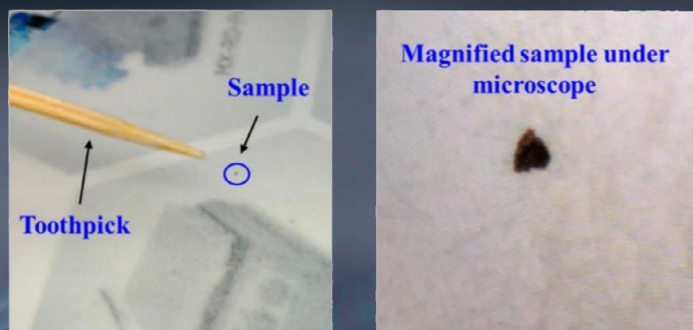
Полученный образец физики сразу отправили левитировать над магнитом. Но чуда не произошло – даже частичной левитации они не увидели. А измерения намагниченности образца в полях разной напряженности показали, что LK-99 в исполнении индийских ученых – парамагнетик и никаких сверхпроводящих свойств у него нет.

Впоследствии препринты с точно такими же результатами – ни левитации, ни сверхпроводимости — опубликовали еще две группы физиков из Бэйханского и Манчестерского университетов.

Таковую же попытку предприняли и российские физики под руководством Владимира Пудалова из Физического института имени Лебедева. Они синтезировали LK-99 двумя способами – по корейской методике и по своей собственной. Но, как рассказал N + 1 научный сотрудник Физического института имени Лебедева, участвовавший в исследовании, Кирилл Перваков, в обоих случаях сверхпроводящие свойства обнаружить не удалось: «Мы провели два этих эксперимента – по сопротивлению и магнитной восприимчивости. В результате у обоих образцов признаков сверхпроводимости мы не увидели».

Однако две другие группы ученых, китайская и американская, все-таки смогли заставить небольшие образцы LK-99 левитировать. Но эта левитация, как выяснилось, не имела отношения к сверхпроводимости. Так, по мнению физиков из Пекинского университета, в образцах LK-99, полученных корейцами, есть ферромагнитные примеси, которые и приводят к левитации. К такому же выводу пришли ученые из Манчестерского университета, которые обнаружили в своих образцах ферромагнитные включения, содержащие железо. Причем, как пишут авторы статьи, избавиться от них не получилось даже при дополнительной очистке исходных реагентов.

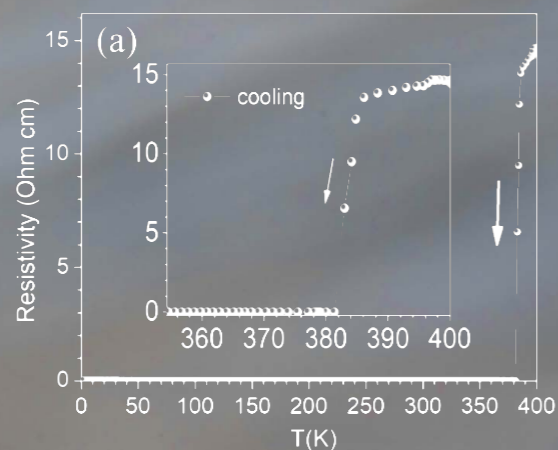




Фотографии физиков из Пекинского университета: левитация небольшого образца LK-99 над магнитом, а также образец под микроскопом

Но одна работа все же выбилась из общего тренда. Второго августа физики из Юго-Восточного университета в Нанкине обнаружили у LK-99 признаки сверхпроводимости. Правда, при температуре гораздо ниже комнатной. Они измерили удельное сопротивление материала – и оно резко падало (хоть и не совсем до нуля) при охлаждении образца до -163 градусов Цельсия (текущий рекорд в -138 градусов Цельсия принадлежит купратному сверхпроводнику). При этом некоторые образцы, приготовленные в идентичных условиях, не проявили сверхпроводящих свойств.

А через неделю другие китайские исследователи выяснили, почему у LK-99 может резко падать сопротивление. Им было известно, что сульфид меди Cu_2S , который образуется во время синтеза LK-99, обладает необычным свойством. Его удельное сопротивление резко падает до значений около $10\text{-}5$ Ом при температуре в 112 градусов Цельсия. И связано это не со сверхпроводимостью, а с его фазовым переходом из гексагональной в моноклинную форму. Этот эффект ученые воспроизвели и в образце LK-99, загрязненным пятью процентами Cu_2S .



Зависимость сопротивления образца сульфида меди от температуры

Поэтому исследователи решили, что снижение сопротивления LK-99, скорее всего, вызвано фазовым переходом примесного сульфида, а не сверхпроводимостью замещенного апатита. Этот вывод подтвердил автор другого препринта двумя днями позже. Так у сверхпроводимости LK-99 не осталось экспериментальных доказательств.

Как это возможно?

Одновременно с тем физики-теоретики тоже пытались понять, может ли свинцовый апатит с ионами меди быть сверхпроводником. Первопроходцем в расчетах стала Шинейд Гриффин (Sinéad M. Griffin) из Калифорнийского университета в Беркли. В своей работе она использовала теорию функционала плотности (DFT – density functional theory) – наиболее распространенный способ моделирования твердых тел на атомном уровне.

Расчет Гриффин показал, что при замещении ионов свинца ионами меди кристаллическая решетка апатита действительно искажается. Из-за этого не только сжимается ячейка, но и появляются изолированные плоские зоны на уровне Ферми. Известно, что такие зоны могут приводить к появлению сверхпроводимости (например, у двухслойного графена, про который мы рассказывали в тексте «Тонко закручено»). За три недели вышло еще несколько аналогичных работ с DFT-расчетами. В некоторых из них также показано, что в электронной структуре LK-99 возникают изолированные плоские зоны на уровне Ферми с большим электрон-фононным взаимодействием. Но этого недостаточно, чтобы считать новый материал сверхпроводником.

«Все упомянутые статьи по моделированию LK-99 так или иначе сходятся во мнении, что

замещение части атомов свинца на атомы меди может приводить к появлению проводящих свойств, причем в отсутствие прочных химических связей у атомов меди. Однако здесь надо явно оговорить, что наличие плоской зоны в проводящих материалах не является теоретически обоснованным требованием для появления сверхпроводимости», – комментирует теоретические работы Ананьев. Дело в том, что теории, которая объясняла бы, откуда может возникнуть сверхпроводимость в соединениях, подобных LK-99, не существует. А когда нет теории – непонятно, что именно нужно найти при моделировании.

Кроме того, все теоретические работы исходят из одной и той же известной структуры вещества. Но как именно устроен LK-99, никто не знает. А структура, которую предлагают корейцы, согласно тем же DFT-расчетам, термодинамически неустойчива.

Что это было?

LK-99 оказался очень сложным для исследования веществом. А точнее, смесью веществ. Какой компонент за какие ее свойства отвечает – еще предстоит выяснить. И тем не менее, с ним разобраться оказалось проще, чем с предыдущими кандидатами в сверхпроводники. Например, в 2020 году Ранга Диас заявил, что его материал сверхпроводит при 15 градусах Цельсия – но делает это внутри алмазной наковальни под давлением в больше чем миллион атмосфер. Тогда от заявления до опровержения прошло два года. Сейчас корейцы приписали своему детищу сверхпроводимость в гораздо более мягких условиях – потому и воссоздать их эксперимент получилось быстрее. Научному сообществу хватило трех недель, чтобы уверенно сказать, что LK-99 практически точно не сверхпроводник.

При этом – не в последнюю очередь благодаря твиттеру и платформам для публикации нерцензированных препринтов – в эти недели уместились все необходимые элементы научного процесса: сообщение об открытии, публичное обсуждение, критика и формирование списка вопросов к исследованию, воспроизведение методики, перепроверка экспериментальных данных и даже попытки найти спорному результату теоретическое обоснование. Заявление корейцев подверглось всем положенным проверкам. И не прошло их, как это часто бывает в исследованиях сверхпроводников, где ошибки измерений и неправильная интерпретация экспериментов – обычное дело.

Теперь LK-99 едва ли надолго задержится в новостной повестке – кто захочет обсуждать странное вещество с непонятным составом, которое еще и не проводит ток без сопротивления? Но обсуждения, которые уже состоялись, не прошли для физиков и материаловедов без следа. Своим заявлением корейские исследователи заставили научное сообщество взбодриться и еще раз поговорить о том, что мешает найти хороший комнатный сверхпроводник – и как доказать, что он действительно заслуживает этого титула. И тот, кто соберется следующим заявить об открытии сверхпроводника, теперь может заранее себе представить, на какие именно вопросы ему предстоит отвечать. А его коллегам и критикам будет проще проверять результат – и, возможно, следующий раз они справятся еще быстрее.

Большее количество работ, посвященных проверке свойств LK-99, можно найти на форуме Spacebattles:



Источник: nplus1.ru/material/2023/08/14/lk-99-resistance

2. Lamborghini Lanzador

Lamborghini представили первую полностью электрическую концепцию четвертой модели Lanzador, Gran Turismo с высоким дорожным просветом и посадочными местами 2+2.

Lanzador представляет собой полноприводную концепцию, которая включает в себя электродвигатель на каждой оси, обеспечивающий постоянный полностью электрический привод с пиковой мощностью более одного мегаватта. Энергия обеспечивается высокопроизводительной батареей нового поколения, которая также обеспечивает большой запас хода.

Источник: media.lamborghini.com/english/latest-news/lamborghini-unveils-all-electric-4th-model-concept-during-the-quail-a-motorsports-gathering/s/24504706-fcad-4c77-ac56-bf4ccddb36b?cat=latest-news/In-models



3. Электродвигатель Dark Matter от Koenigsegg

Шведский автопроизводитель Koenigsegg представил новый 6-фазный электродвигатель для своего четырехместного суперкара Gemera. Dark Matter использует ту же конфигурацию «Radial Flux», которая была представлена в прошлом году в электродвигателях Quark компании, сочетая в одном двигателе функции как радиального потока, так и функции осевого потока.



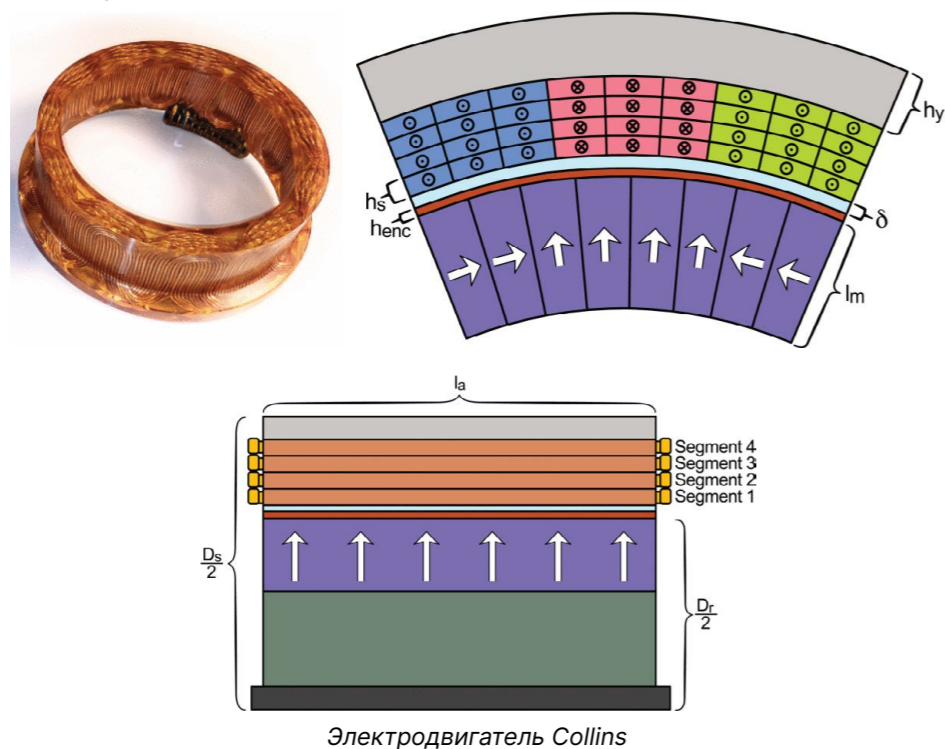
Электродвигатель развивает мощность 800 лошадиных сил (588,4 кВт) и крутящий момент 1250 Нм крутящего момента от устройства, которое весит 39 кг и имеет размеры всего 383,3 мм x 381,5 мм x 135,5 мм.

В Dark Matter используется прямое охлаждение для снижения веса. По словам руководителя отдела разработки электродвигателей Андраша Секели: «Прямое охлаждение было выбрано из-за более высокой эффективности охлаждения и компактной конструкции. Даже ротор использует знаменитую технологию полого углеродного волокна Koenigsegg Aircore. Мы не только преодолели проблему требований к трансмиссии Gemera, но и превзошли цели, сделав его легче и меньше, чем любые электродвигатели в этом классе».

Источник: designnews.com/automotive-engineering/koenigsegg-gemeras-dark-matter-electric-motor-breaks-all-rules

4. Высокоскоростной генератор мегаваттного класса

В журнале IEEE Access опубликована работа специалистов из Норвежского университета наук и технологий, посвященная проектированию высокоскоростного генератора мегаваттного класса с многополюсной беспазовой обмоткой для гибридных электрических самолетов. В ядре этого генератора используется технология FiberPrinting™ с четырьмя гальванически изолированными концентрическими обмоточными кольцами.



Рассматриваемый генератор имеет мощность 2,5 МВт с частотой вращения 15000 об/мин и уровнем напряжения 3 кВ. Исследование показало, что 8 полюсный генератор достигает удельной мощности 24,4 кВт/кг (для активной массы, включая лобовую обмотку) и КПД более 99% при плотности тока 15 А/мм².

Производительность на уровне системы оценивалась для двух случаев: с гармониками тока, питаемыми инвертором, и без них, в результате чего КПД составил 99,35 % и 99,44 % соответственно.

Исследовалась возможность дальнейшего увеличения эффективности путем включения фильтра между генератором и преобразователем частоты. Однако результаты показывают, что такое решение негативно сказывается на эффективности всей системы.

Из таблицы примененных материалов видно, что в ядре статора используется высококремнистая сталь 10JNEX900, а в качестве постоянных магнитов – NdFeB (N50).

Объект	Материал	Символ	Масса, кг	Доля, %
Постоянные магниты	NdFeB (N50) сборки Хальбаха	m_{pm}	44,96	43,8
Кожух ротора	Карбоновый бандаж	m_{enc}	0,73	0,7
Обмотка якоря	Медь	m_{cu}	14,07	13,7
Концевые обмотки	Медь	m_{ew}	9,79	9,6
Изоляция обмотки	Nomex 993	m_{ins}	3,79	3,7
Ядро статора	10JNEX900	m_{fe}	29,2	28,5
Общая активная масса		m_s	102,54	100

Также была изучена другая конструкция, чтобы определить влияние повышения плотности тока до 20-27,5 А/мм². Результаты показывают, что такое усовершенствование значительно повысит удельную мощность по активной части до 35-40 кВт/кг. А увеличение количества полюсов с 8 до 12 в сочетании с повышенной плотностью тока может помочь беспазовой машине преодолеть порог 40 кВт/кг.

Сравнение изначальной и усовершенствованной конструкций

Параметр	Символ	Изначальная конструкция	Улучшенная конструкция
Номинальная электрическая мощность	P_e	2,5 МВт	3,6 МВт
Номинальная скорость вращения	n_s	15000 об/мин	
Электрический крутящий момент	Γ_e	1592 Нм	1592 Нм
Коэффициент мощности	$\cos(\varphi)$	0,992	0,991
Напряжение шины постоянного тока	U_{dc}	3000 V	
Количество полюсов	p	8	12
Электрическая частота	f	1000 Гц	1500 Гц
Количество фаз	$N_s \times N_{ph}$	4 x 3	4 x 3
Фазное напряжение (действующее значение)	$U_1/\sqrt{3}$	640,3 В	922,9 В
Фазный ток (средне квадратичное значение)	I_{ph}	328 А	
Плотность тока статора (средне квадратичное значение)	J_s	15 А/мм ²	27,5 А/мм ²
Номинальная эффективность	η_n	99,4%	98,5%
Плотность активной мощности (**)	q_a	24,4 кВт/кг	42,6 кВт/кг
Общая удельная мощность	q_{tot}	12,2 кВт/кг	21,3 кВт/кг
Активный удельный крутящий момент (**)	τ_a	15,5 Нм/кг	27,1 Нм/кг
Общий удельный крутящий момент	τ_{tot}	7,8 Нм/кг	13,6 Нм/кг

Таким образом, концепция четырех гальванически изолированных концентрических колец показывает многообещающие результаты в отношении эффективности и удельной мощности, в то время как сама концепция может обеспечить повышенную надежность. Отказоустойчивость системы и потребности в охлаждении могут быть дополнительно изучены, чтобы оценить ее потенциальную роль в реализации гибридно-электрической авиации.

Источник: ieeexplore.ieee.org/document/10210015

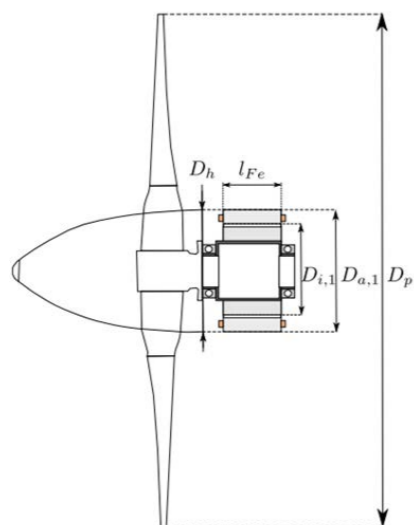
5. Сверхпроводниковый двигатель для электронасосов жидкостных ракет

Опубликована работа коллектива специалистов из Японии, где представлен электромагнитный расчет сверхпроводящего двигателя класса 100 кВт, состоящего из обмоток якоря MgB₂ и ротора с постоянными магнитами. Статорная часть выполнена из немагнитных и неметаллических материалов. Сверхпроводящие двигатели, которые должны применяться в будущих жидкостных ракетных насосных установках, рассчитаны на использование при сверхвысокой частоте вращения: 50 000 об/мин. Полученные результаты с помощью метода конечных элементов показывают, что выходная удельная мощность разработанного сверхпроводящего двигателя достигла 17,8 кВт/кг, и что даже на сверхвысокой скорости общие потери составляли около 0,2 кВт.

Источник: [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921453423001119](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921453423001119)

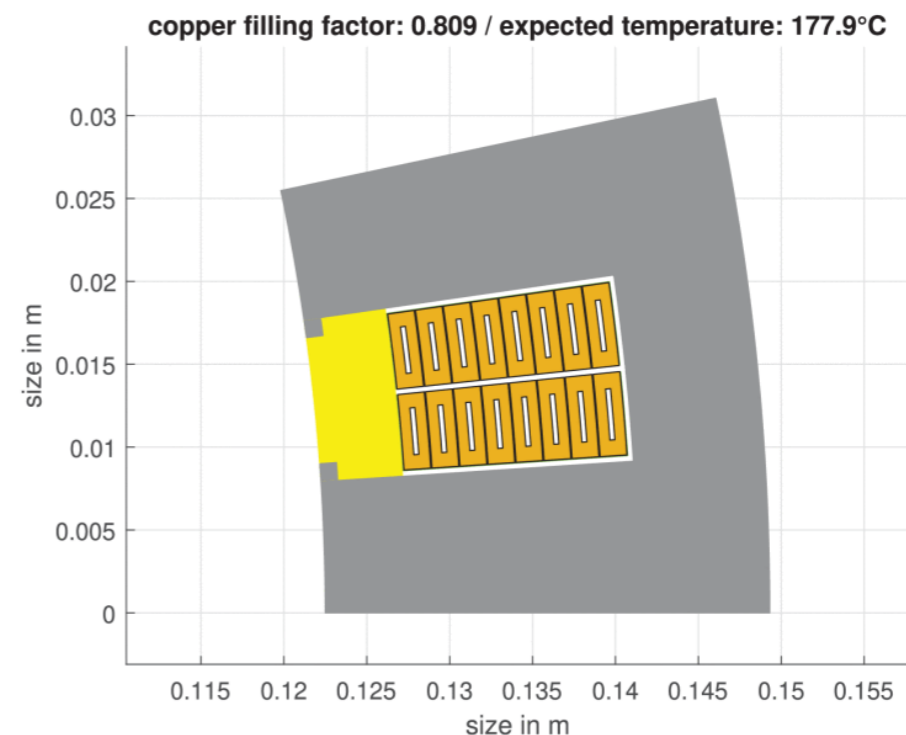
6. Конструкторские решения для электродвигателя и воздушного винта

Опубликована работа коллектива специалистов из Германии, в которой описано проектирование системы электродвигателя и воздушного винта, в том числе и с акцентом на подбор диаметра и других геометрических параметров электродвигателя.



Система электродвигателя и воздушного винта

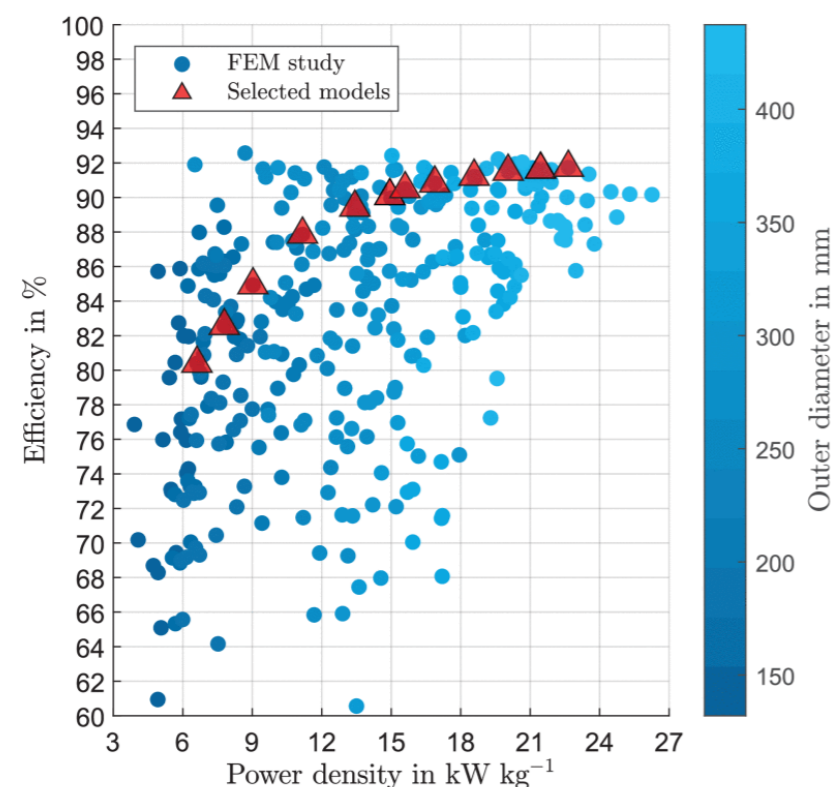
Проведено взаимное исследование аэромеханических и аэромеханических параметров, после чего их объединение позволяет получить наилучшее решение с точки зрения эффективности и удельной мощности. Проведенные исследования показывают, что увеличение диаметра практически не приводит к ухудшению аэродинамических характеристик, но улучшение работы электродвигателя существенно только до того момента, когда отношение диаметра к длине становится слишком большим и влияние концевых областей становится более значительным. Место для установки электродвигателя можно определить, используя отношение диаметра к длине ступицы 0,16-0,20, что применимо для любого воздушного винта. Кроме того, было показано, что на совместную оптимизацию скорости по профилю полета с точки зрения эффективности влияет только воздушный винт.



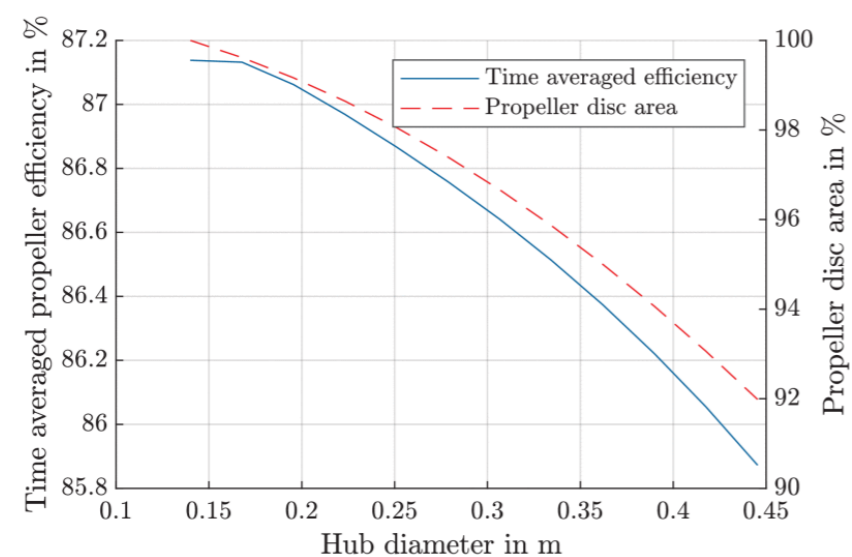
Конструкция одного паза с дробно-пазовой концентрированной обмоткой с каналами охлаждения

Сравнение изначальной и усовершенствованной конструкций

Параметр	Определение	Комментарий
P_{max}	270 кВт	Взлетная мощность
N_{max}	3100 об/мин	Максимальная частота вращения
$D_{a,1}$	132-437,4	Определяется ступицей воздушного винта
$D_{i,1}$	Варьируется	Объект исследования
I_{Fe}	Варьируется	Адаптация к требуемой мощности
b_T	> 8 мм	Объект исследования
h_Y	> 8 мм	Объект исследования
δ	1,5 мм	Фиксированный параметр
τ_p	20-80 мм	Зависимость от r
J	60 А/мм ²	Фиксированный параметр
q	2/5	Фиксированный параметр
k_{Cu}	$k_{Cu}(ACool)$	Определяется каналами охлаждения
Топология ротора	Спицевые магниты	Фиксированный параметр
k_m	1,25	Фиксированный параметр



Удельная мощность и КПД всех моделей двигателей



Эффективность воздушного винта

Источник: ieeexplore.ieee.org/document/10196446

7. Интегрированный модульный привод 1 МВт

Опубликована работа, посвященная созданию интегрированного модульного привода мощностью 1 МВт. Уровень напряжения – 2 кВ, Частота вращения – 20000 об/мин, общая удельная мощность – 9 кВт/кг. Исследование проводила междисциплинарная исследовательская группа из разных университетов США. В этом документе представлены конструкция, основные подходы к проектированию, результаты испытаний связанных систем силовой электроники при номинальном напряжении и токе, а также предварительные результаты испытаний полного прототипа интегрированного модульного привода.

Параметр	Символ	Изначальная конструкция
Номинальная электрическая мощность	P_e	1 МВт
Номинальная скорость вращения	n_s	20000 об/мин
Электрический крутящий момент	Γ_e	478 Нм
Коэффициент мощности	$\cos(\varphi)$	0,708
Напряжение шины постоянного тока	U_{dc}	2000 В
Количество полюсов	p	12
Электрическая частота	f	2000 Гц
Количество фаз	$N_s \times N_{ph}$	6 x 3
Фазное напряжение (действующее значение)	$U1/\sqrt{3}$	271,1 В
Фазный ток (среднеквадратичное значение)	I_{ph}	289,4 А
Плотность тока статора (среднеквадратичное значение)	J_s	20 А/мм ²
Номинальная эффективность	η_n	97,3%
Плотность активной мощности (**)	q_a	23,7 кВт/кг
Общая удельная мощность	q_{tot}	9,0 кВт/кг
Активный удельный крутящий момент (**)	τ_a	11,3 Нм/кг
Общий удельный крутящий момент	τ_{tot}	4,3 Нм/кг

Источник: ieeexplore.ieee.org/document/10145453

Обзор достижений и направлений развития электроники в автомобилях

Фаррахов Данис Рамилевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры электромеханики

Барабанов Кирилл Андреевич (инженер 1 категории)

Фазлиахметов Денис Маратович (инженер 2 категории)

Рахман Мд. Нафиз (инженер 2 категории)

Обух Федор Андреевич (инженер 3 категории)

Мустафин Дамир Шамилевич (оператор ЭВиМ)



1. Автоматизированная очистка солнечных панелей без воды и вредных выбросов

Очистка происходит благодаря специально спроектированным щеткам, позволяющим собирать пыль с неровностей солнечных панелей. Работает полностью на электрической энергии. Таким образом, днем он заряжается от солнца, а ночью, когда панели уже не вырабатывают так много энергии, он автоматически выходит на уборку.

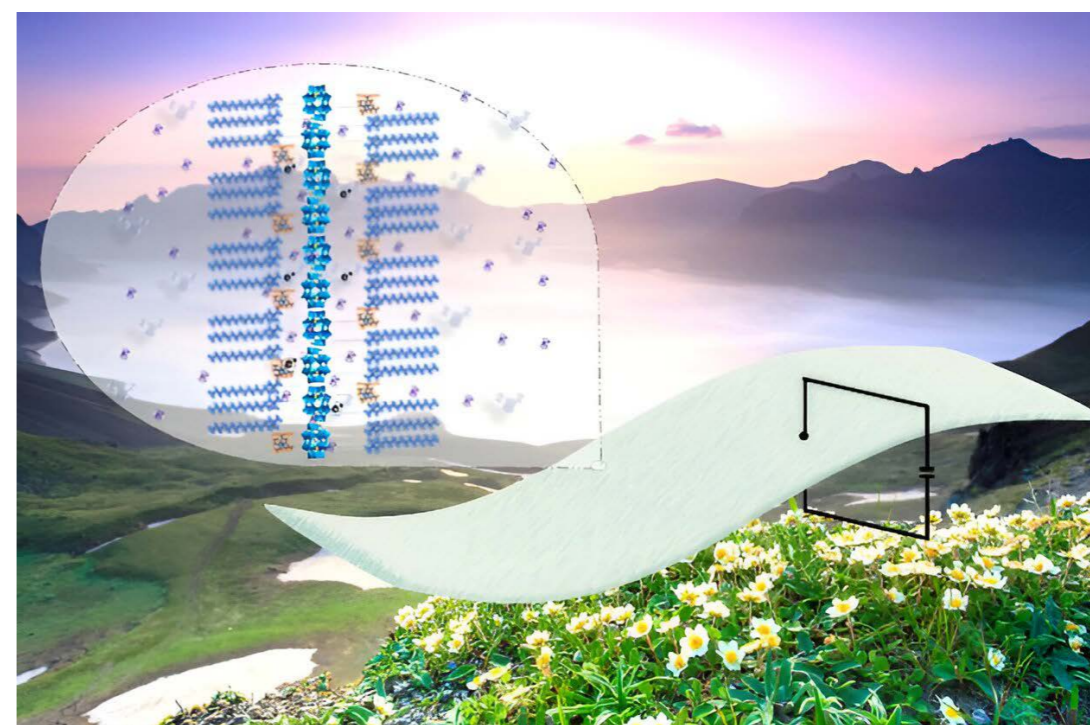
“”

Такие устройства без дополнительных источников энергии позволяют автоматизировать процесс очистки солнечных панелей. Получается источник питает устройство для своего же обслуживания.

Источник: iotworldtoday.com/robotics/autonomous-sustainable-robot-cleans-solar-panels

2. Материал для непрерывной выработки электроэнергии

Атмосферная влажность — это устойчивый источник энергии с низкой стоимостью, широко существующий в естественной среде, который является многообещающим кандидатом для решения проблемы непостоянства и низкой эффективности выработки электроэнергии с низкой стоимостью.



Используются монозамещенные полиоксометалаты типа Доусона сконструированы в виде высокодисперсных органических кластеров аммоний-полиоксоанион и собраны в тонкопленочные генераторы энергии с микропорами, работающие при атмосферной влажности. Оптимальный генератор из полиоксометалатов толщиной 7,2 мкм и площадью 0,36 см² выдает напряжение 0,68 В и плотность тока 19,5 мкА · см⁻² в условиях имитируемой естественной среды и работает непрерывно и стабильно практически во всех естественных условиях. Они также экологически чистые и обладают хорошей стабильностью в световой, тепловой и химической средах.

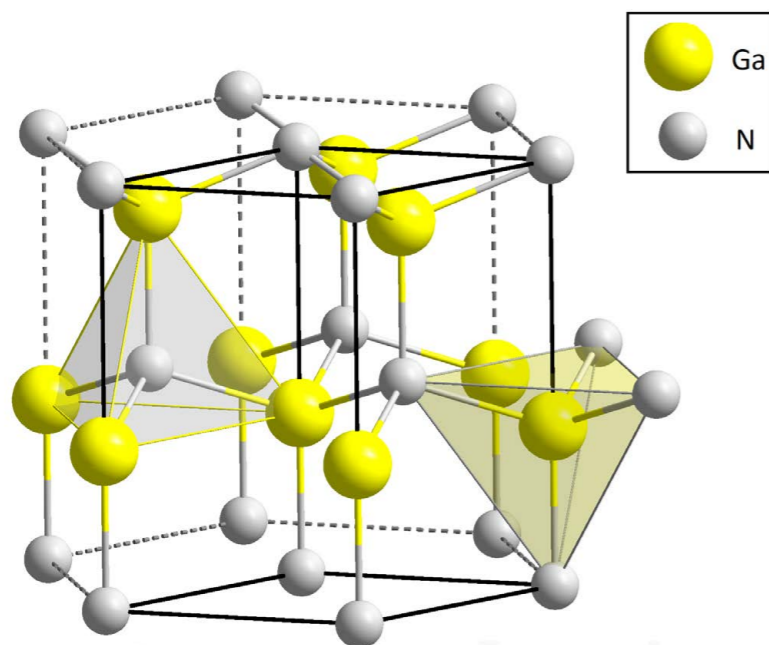
“”

Такие микромощные генераторы энергии из влажности обеспечивают стабильность, в отличие от других автономных микроисточников электрической энергии. С помощью таких генераторов можно обеспечить питанием малопотребляющие датчики на производстве, датчики влажности всевозможного применения, а также для обнаружения человеческого дыхания. Этот элемент позволит использовать датчики, встроенные в IoT, в самых дальних и труднодоступных местах.

Источник: link.springer.com/article/10.1007/s12274-023-5959-5

3. Распространение источников питания с использованием технологии GaN

Нитрид галлия (GaN) – очень твердый, механически стабильный полупроводник с широкой запрещенной зоной. Благодаря более высокой пробивной прочности, более высокой скорости переключения, более высокой теплопроводности и более низкому сопротивлению включению силовые устройства на основе GaN значительно превосходят устройства на основе кремния. Кристаллы нитрида галлия можно выращивать на различных подложках, включая сапфир, карбид кремния (SiC) и кремний (Si). Выращивая слой GaN поверх кремния, можно использовать существующую инфраструктуру производства кремния, устраняя необходимость в дорогостоящих специализированных производственных площадках и используя легкодоступные кремниевые пластины большого диаметра по низкой цене.



HEMT на основе нитрида галлия (GaN) отличаются более высокой скоростью переключения, более высокой теплопроводностью и более низким сопротивлением включению, чем аналогичные решения на основе кремния. Эти свойства позволяют использовать транзисторы GaN и интегральные схемы в схемах для повышения эффективности, уменьшения размеров и снижения стоимости широкого спектра систем преобразования энергии.

Компания Wise-integration создает зарядные устройства для электровелосипедов следующего поколения на основе GaN транзисторов. Такая разработка направлена на уменьшение общего размера и веса зарядных устройств для велосипедов. Используя технологию lateral 650 V eMode GaN-on-Si, был создан запатентованный Navitas комплект для проектирования процессов AllGaN(PDK), обеспечивающий монолитную интеграцию полевых транзисторов GaN, а также логических функций и функций защиты. Затем матрица может быть упакована в стандартные недорогие QFN-пакеты с низкой индуктивностью размером 5 × 6 или 6 × 8 мм для автономных приложений с переменным или постоянным напряжением 400 В.

Микросхема GaNSense от Navitas позволяет уменьшить габариты и вес, поскольку она может автономно защищать, воспринимать и выполнять базовое управление силовой электроникой GaN.

GaN быстро становится основным решением для управления высокой мощностью. Присущие им преимущества в сочетании с инновациями, применяемыми как в промышленности, так и в научных кругах, сделали GaN жизнеспособным решением для всех видов проблем, требующих быстрого и эффективного управления высоковольтными линиями с большим током.

Компания Anker представила линейку адаптеров питания USB-C на основе GaNPrime технологии. КПД преобразования до 95 %. Каждое устройство оснащено 4 USB-C и 1 USB Type-A, обеспечивающими мощность 240 Вт во всех портах и 140 Вт на порт.

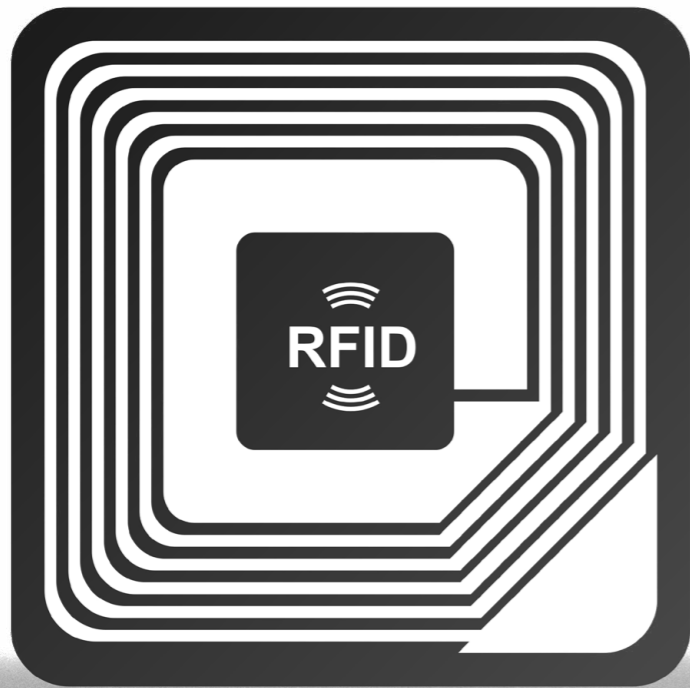
“”

Технология GaN набирает популярность и заменит в ближайшем будущем кремниевые решения. Высокая эффективность, небольшие габариты делают GaN транзисторы выгодными на фоне остальных решений. Для IoT это значит, что носимые устройства и транспортные средства, которые встроены в сеть, будут заряжаться быстрее и выполнять свои функции, что повышает их эффективность.



Источники:
navitassemi.com/navitas-and-gravastar-roll-out-worlds-first-65-w-ganfast-chargers-customized-to-transformers-movie-characters
navitassemi.com/gan-power-ics
wise-integration.com/products/wiseware
epc-co.com/epc/gallium-nitride/what-is-gan
theverge.com/2023/6/14/23760701/anker-prime-usb-c-240w-charger-battery-bank

4. Система безопасной аутентификации для систем RFID



Методы RFID страдают от проблем безопасности и конфиденциальности из-за основного канала беспроводной связи.

Исследователи из департамента компьютерных наук и инженерии Индии предлагают эффективную схему аутентификации, которая использует генераторы псевдослучайных чисел (PRNG) и некоторые простые криптографические операции.

Система RFID включает в себя из метки, считывателя и внутреннего сервера в качестве основных компонентов. Метки состоят из чипа, антенны и определенного количества вычислительных и запоминающих устройств. Читатель запрашивает тег, чтобы получить его содержимое, и отправляет зашифрованную информацию, полученную от тега, на внутренний сервер для проверки соответствия тега. Внутренний сервер содержит локальную базу данных и несколько процессоров. Метки, транспондеры, опрашиваются считывателями через незащищенный беспроводной канал. Базовый канал между считывателем и внутренним сервером может быть проводным или беспроводным и защищенным. Метки можно классифицировать как пассивные, полупассивные и активные в зависимости от способа их питания.

В этой статье были рассмотрены пассивные метки, которые не требуют внутреннего питания, но питаются от радиосигнала, посылаемого считывателем во время запроса метки.

Поскольку пассивные теги имеют мало места для хранения и низкие вычислительные возможности, они страдают от множества недостатков безопасности. Из-за ограничений по объему памяти протоколы аутентификации RFID используют недорогие криптографические примитивы, такие как побитовые операции, генераторы псевдослучайных чисел, хэш-функции и т. д. В предлагаемой схеме мы используем случайные числа вместе с секретным значением тега в качестве начального числа и обновляем секрет тега после каждой аутентификации. Свойство генераторов случайности помогает обеспечить конфиденциальность и устойчивость к повторным атакам.

Предлагаемая схема защиты использует легкие криптографические операции, такие как PRNG, хэш-функции и XOR. Мы упоминаем предположения и обозначения, используемые в нашей схеме, после чего следует процесс аутентификации.

Предположения:

- Мы предполагаем, что система RFID состоит из трех объектов: метки, считывателя RFID и внутреннего сервера;
- Канал связи между считывателем и внутренним сервером полностью защищен. Поэтому мы не рассматриваем какую-либо безопасность между ними;
- Метка является пассивным устройством и взаимодействует со считывателем через незащищенный канал;
- Тег содержит два поля данных (S, ID), т. е. секрет тега и псевдоним тега (значение индекса в базе данных). S имеет длину 128 бит, а ID имеет длину 96 бит;
- Поскольку S обновляется в теге, нам требуется перезаписываемая память (EEPROM или FRAM) размером 128 бит;
- Внутренний сервер содержит локальную базу данных, содержащую поля: ID, h(ID), SOld, Snew. Первоначально SOld содержит ноль, а Snew содержит секретное значение тега;
- Генерируемые случайные числа имеют длину 96 бит.

Память тегов х небезопасна и уязвима для физических атак.

Считыватель инициирует процесс аутентификации, запрашивая тег. Читатель сначала выбирает тег, а затем запрашивает его информацию. Порядок процесса аутентификации:

1. Считыватель генерирует случайное число (NR) и отправляет его на RFID-метку;
2. После получения NR от считывателя тег генерирует другое случайное число (NT). Затем тег вычисляет с помощью генератора псевдослучайных чисел $V = \text{PRNG}(S \parallel NR \parallel NT)$ и $H = h(ID)$, используя информацию (ID тега, S), хранящуюся в теге. Тег отправляет считывателю V, H и NT. Считыватель пересылает полученные от тега V, H и NT на сервер вместе с сгенерированным им NR;
3. Сервер после получения этих значений извлекает записи базы данных h(ID), чтобы определить, существует ли запись, соответствующая H.
 - Если нет записей, соответствующих этому значению, связь прекращается;
 - Если запись найдена, сервер извлекает секрет Snew соответствующего тега из базы данных и вычисляет $V' = \text{PRNG}(Snew \parallel NR \parallel NT)$, чтобы проверить, идентичны ли V' и полученный V. Если они равны, это подтверждает, что предыдущий сеанс был успешным и тег содержит Snew в качестве значения S. Сервер отправляет Snew читателю;
 - Если V' и V не равны, сервер извлекает значение SOld для соответствующего совпавшего тега и вычисляет $V'' = \text{PRNG}(SOld \parallel NR \parallel NT)$. Он проверяет, равны ли V'' и V. Если равенство выполнено, переменная «Flag» становится равной 1 и отправляется SOld читателю. Здесь сервер подтверждает неудачный предыдущий сеанс, а тег содержит SOld в качестве значения S.
4. Считыватель принимает значение (Snew или SOld) в качестве начального числа с сервера и вычисляет $M = NR \cdot th$ псевдослучайное число. Используя M в качестве начального значения, он вычисляет случайное число (N) из PRNG. Reader (считыватель) отправляет N на тег и M на внутренний сервер. Здесь для NR можно использовать оператор «по модулю», чтобы сделать его менее сложным для вычисления $NR \cdot th$ псевдослучайного числа (M). То же самое необходимо сделать и со стороны тега;
5. Чтобы подтвердить подлинность считывателя, тег вычисляет $M' = NR \cdot th$ псевдослучайное число, принимая S (секрет, хранящийся в теге) в качестве начального значения. Используя M' в качестве начального значения, он вычисляет случайное число (N') из PRNG. Тег проверяет, совпадают ли N' и N. Если они совпадают, тег подтверждает, что информация получена от законного читателя. Тег вычисляет $U = h(S \parallel M')$ и обновляет свое секретное значение как $S * U$;
6. Сервер после получения значения M от считывателя проверяет переменную «Флаг»:
 - Если Флаг = 0, секрет тега совпадает со значением Snew и вычисляется $U = h(Snew \parallel M)$. Затем сервер обновляет секретное значение в базе данных как $SOld = Snew$, $Snew = Snew * U$;
 - Если Флаг = 1, секрет тега совпадает со значением SOld и вычисляет $U = h(Sold \parallel M)$. Затем сервер обновляет секретное значение в базе данных как $Snew = Sold * U$ и SOld остается неизменным.

“”

Предложенная схема аутентификации обеспечивает защитные функции IoT. Анонимность тега обеспечивается невозможностью получения «S» и «ID», так как используется генератор псевдослучайных чисел. При попытке десинхронизации процесс аутентификации будет прекращен. Прямая секретность, т.е. если перехвачена информация о текущем сеансе, обеспечивается отсутствием у злоумышленников секрета S предыдущего сеанса. Данная система защиты может использоваться как система аутентификации продуктов, отслеживание транспортных средств, беспроводные сенсорные сети, системы отслеживания на базе мобильных телефонов, система цепочки поставок и т. д.

Источник: researchgate.net/publication/301234463_A_Secure_Authentication_Scheme_for_RFID_Systems

5. Ключи безопасности в Bluetooth с низким энергопотреблением

В Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE) используется система блочного шифрования с симметричным ключом, усовершенствованный стандарт шифрования (AES), с длиной ключа 128 бит. При правильном использовании он пользуется всеобщим признанием за свою устойчивость ко всем известным практическим атакам. В Bluetooth LE процесс шифрования включает долгосрочный ключ (LTK), который является секретным ключом, совместно используемым и хранящимся обоими подключенными устройствами. Этот ключ генерируется в процессе сопряжения и используется в криптографическом алгоритме AES-CCM для шифрования и дешифрования данных. Только устройства, обладающие соответствующим LTK, могут расшифровывать исходную информацию и получать к ней доступ.

BLE обеспечивает целостность и подлинность данных посредством подписи данных. Эта мера безопасности гарантирует, что данные не были подделаны при передаче и получены из законного источника. Ключ разрешения подписи соединения (CSRK) имеет решающее значение в этом аспекте. Когда у устройства есть данные для отправки, оно генерирует подпись с использованием CSRK и присоединяет ее к данным. Затем принимающее устройство использует тот же CSRK для генерации собственной подписи для принятых данных. Если сгенерированная подпись совпадает с подписью, прикрепленной к данным, это подтверждает целостность и подлинность данных.

В BLE представлены меры по защите конфиденциальности устройства путем внедрения разрешаемых частных адресов (RPA). Эти временные и изменяемые адреса устройств Bluetooth затрудняют злоумышленникам отслеживание устройства с течением времени на основе его адреса. В этом процессе используется ключ разрешения идентификационных данных (IRK), еще один 128-разрядный ключ безопасности. IRK используется для генерации RPA и разрешения идентификационных данных устройства с учетом его RPA. Это гарантирует, что только надежные устройства смогут определить истинную личность устройства по его RPA, тем самым предотвращая несанкционированное отслеживание.

Теперь рассмотрим каждый ключ подробнее. LTK – это 128-битный ключ, используемый вместе с методом шифрования AES-CCM для выполнения трех основных задач:

1) *Создание уникального потока ключей. Это первый шаг, на котором создается специальный поток ключей одноразового использования с использованием LTK. Этот поток ключей, иногда называемый одноразовым, представляет собой случайное или почти случайное число. В сочетании с LTK это помогает сделать процесс шифрования безопасным и труднодоступным;*

2) *Шифрование данных. После создания потока ключей он используется с помощью метода шифрования AES-CCM для защиты данных. AES-CCM считывает незашифрованный пакет, расположенный в оперативной памяти устройства, шифрует пакет и добавляет к пакету поле проверки целостности сообщения длиной в четыре байта. AES-CCM регулирует длину пакета с учетом дополнительного поля микрофона. Затем зашифрованный пакет данных сохраняется обратно в памяти устройства;*

3) *Расшифровка данных. AES-CCM просматривает зашифрованный пакет данных в памяти устройства, расшифровывает его и проверяет поле MIC, выдавая правильный статус MIC. Длина пакета регулируется в соответствии с полем MIC путем уменьшения его на четыре байта. Затем расшифрованный пакет данных сохраняется обратно в памяти устройства.*

Подписание данных CSRK позволяет устройству проверить, что принятые данные поступили из надежного источника (устройства, с которым оно сопряжено) и что данные не были изменены во время передачи. Это подпись, которую отправляющее устройство добавляет в конце отправляемых им данных. Когда принимающее устройство получает данные и подпись, оно проверяет подпись. Если подпись подтверждена, то принимающее устройство знает, что данные поступили из надежного источника. Подпись состоит из двух частей: кода аутентификации сообщения (MAC), который генерируется алгоритмом подписи с использованием CSRK и данных, и счетчика. Алгоритм подписи в BLE использует AES-CMAC для генерации кода аутентификации сообщения (MAC). Этот MAC по сути является «подписью», которая проверяет целостность и подлинность данных.

Существует три входных параметра для алгоритма подписи:

- **M**: сообщение или данные, которые необходимо подписать. Они могут быть любой длины;
- **k**: ключ, используемый для генерации подписи, в данном случае является ключом разрешения подписи соединения. Его длина составляет 128 бит;
- **TLen**: 32-разрядный счетчик увеличивает значение для каждого сообщения, подписанного с помощью заданного CSRK.

Алгоритм подписи объединяет эти входные данные с использованием функции AES-CMAC.

$$\text{MAC} = \text{CMAC}(k, M, \text{TLen})$$

При получении этого пакета получатель разделяет полученный MAC-адрес и сообщение. Затем он использует свою собственную копию CSRK отправителя и полученный счетчик подписей, чтобы сгенерировать новый MAC-адрес для принятого сообщения. Если вновь вычисленный MAC соответствует полученному MAC, это проверяет целостность и подлинность данных.

Ключ разрешения идентификации (IRK). Когда устройство BLE находится в состоянии, в котором его необходимо обнаружить, оно передает адрес. Однако постоянное использование статического идентифицируемого адреса может сделать устройство уязвимым для отслеживания. Чтобы обойти это, BLE использует IRK для генерации случайного, изменяющегося RPA (разрешаемый частный адрес), который он может использовать вместо своего фактического адреса. Это значительно затрудняет отслеживание устройства пассивными прослушивающими устройствами на основе его адреса Bluetooth.

“ ”

BLE используется три важных ключа безопасности, которые обеспечивают целостность, сохранность данных и устройств, что могут быть подвержены воздействиям извне. Три рассмотренных ключа работают вместе, предотвращая перехват и считывание данных, отслеживание и взлом устройства.

Источник: allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-security-keys-in-bluetooth-low-energy

6. Запуск самой маленькой приемной антенны



Компания Premo Group запускает производство самой маленькой приемной антенны.

Антенна серии 3DCC03 на 60% меньше своего предшественника 3DV03 и имеет размеры 4,2*3,2*3,5 мм. Рабочая частота антенны 20 кГц, толщина провода 18 мкм. Способно работать при температуре от -40 °C до +85 °C.

Какие области применения это позволяет достичь:

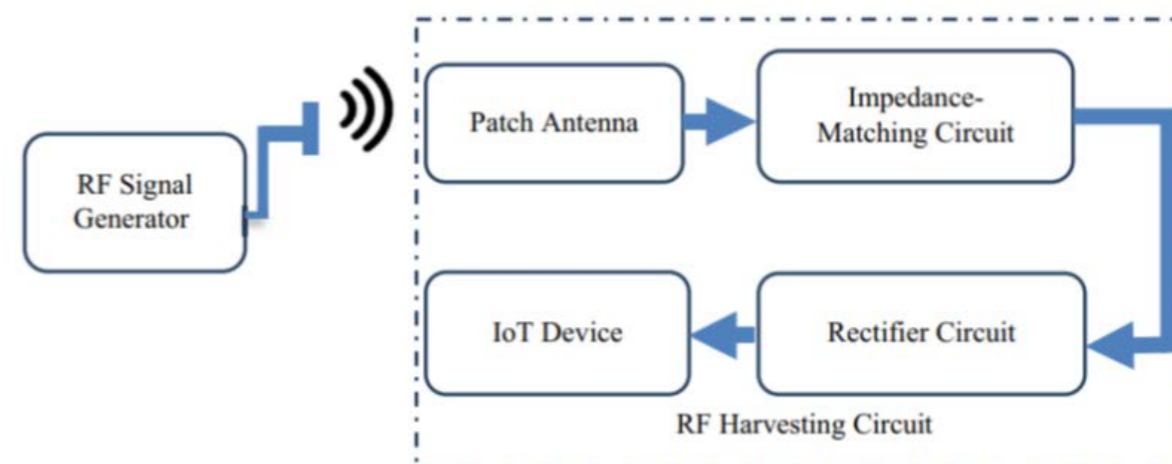
- В сфере технологий виртуальной реальности (VR): может использоваться в VR шлемах для определения положения головы и рук для более естественной связи с виртуальными объектами;
- В робототехнике: для определения позиции робота в пространстве при маневрировании;
- В промышленной автоматике: для определения позиции объекта на сборочной линии;
- В мобильных девайсах для определения движения пальцев, рук и других частей тела.

“”

Миниатюризация антенн позволит сделать устройства более компактными, а это решает проблемы использования в ограниченном пространстве. Он открывает дорогу применениям, которым необходимо отслеживать движения с помощью электромагнитных волн.

Источник: azosensors.com/news.aspx?newsID=15556

7. Питание IoT датчика с помощью радиоволн



Беспроводной сбор энергии (WPC) открывает новые возможности для питания интеллектуальных устройств IoT. Идея заключается в снабжении любых устройств и датчиков IoT сферы при помощи радиочастоты.

В используемой лабораторной установке использовали высокочастотный источник питания 2,45 ГГц, а выходная мощность около 20 Вт.

Генератор радиосигнала имеет низкую мощность и высокую частоту. Микрополосовая антенна улавливает электромагнитное излучение, схема согласования импеданса, а далее устройство, использующее или накапливающее электроэнергию.

После приема радиочастотная энергия проходит через схему выпрямителя на диодах Шоттки, которые подключены к светодиодной лампе.

“”

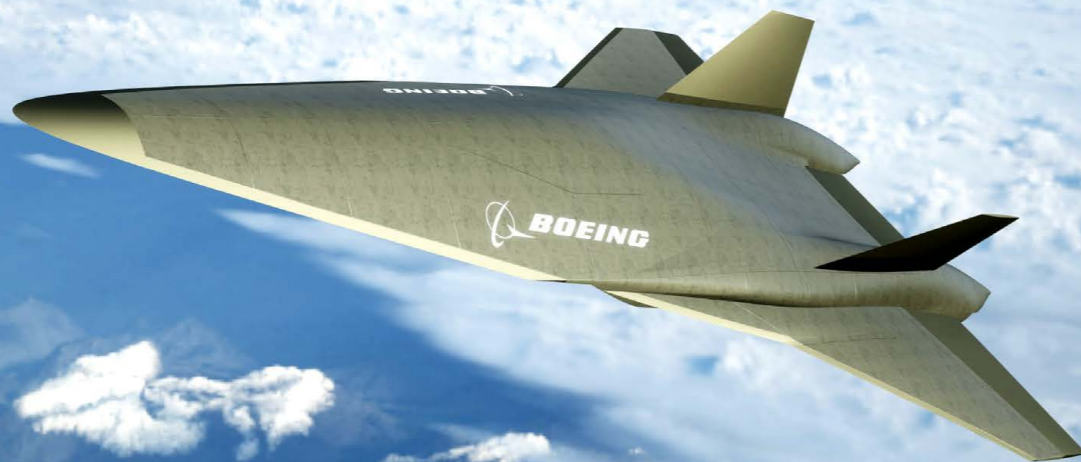
Такой метод передачи энергии потенциально облегчит питание всевозможных датчиков, а также способствует развитию беспроводной зарядки с использованием радиочастотной энергии. Также есть возможность сначала накапливать энергию микроволнового излучения, только после этого ее использовать.

Источник: online-journals.org/index.php/i-joe/article/view/30839

Текущее состояние исследований и разработок авиационных силовых установок в Европейском Союзе и США за август 2023 г.

Михайлов Алексей Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент, научный руководитель фронтальной НИР «Формирование теории нового класса электрических машин, созданных с помощью аддитивных технологий», руководитель группы силовых установок



Концепт гиперзвукового пассажирского самолета Boeing

1. Разработка пассажирского самолета с крейсерской скоростью до $M=4$

NASA в рамках программы Advanced Air Vehicles Program (AAVP) заключила два 12-месячных контракта на исследование возможности создания, оценку рисков и идентификацию критических технологий для создания пассажирского самолета с крейсерской скоростью $M=2...4$.

В один консорциум под руководством Boeing входят Exosonic, GE Aerospace, Georgia Tech Aerospace Systems Design Laboratory, Rolls-Royce North American Technologies, и ряд других компаний. В другой консорциум под руководством Northrop Grumman Aeronautics Systems входят Blue Ridge Research and Consulting, Boom Supersonic, и Rolls-Royce North American Technologies.

Перед заключением первых контрактов по программе AAVP в NASA провели анализ бизнес-кейсов и маркетинговый анализ, который показал, что существует более 50 маршрутов между городами, для которых актуальна разработка сверх/гиперзвукового пассажирского самолета. На текущий момент сверхзвуковые полеты пассажирских самолетов над сушей запрещены, поэтому рассматриваются маршруты над Тихим и Атлантическим океаном.

Каждый консорциум разработает дорожную карту развития критических технологий создания гиперзвукового пассажирского самолета, включая критические технологии по планеру, бортовой энергосистеме, силовой установке, системе терморегулирования, а также материалам/технологиям, включая композиционные материалы. Кроме того, каждый консорциум разработает открытый концептуальный облик подобного гиперзвукового пассажирского самолета.

Результаты, полученные в рамках проекта AAVP, аванпроекты летательных аппаратов и дорожные карты развития критических технологий, должны стать фундаментом при разработке стратегии NASA в области гиперзвуковых транспортных систем.

Источник: aerospacetestinginternational.com/news/nasa-partners-with-boeing-on-mach-4-passenger-aircraft.html

2. Консорциум для разработки жидкостно-водородных авиационных топливных систем

Компании GKN Aerospace, Marshall и Parker Aerospace заключили соглашение о намерениях для создания консорциума, который займется исследованиями и разработками в области жидкостно-водородных авиационных топливных систем для перспективных экологически чистых самолетов.

На текущий момент водородные силовые установки на базе топливных элементов или тепловых двигателей рассматриваются в качестве критической технологии для создания углеродно-нейтральных самолетов.

Основной целью консорциума GKN Aerospace, Marshall и Parker Aerospace является развитие критических технологий для создания водородных топливных систем, которые будут пригодны как для топливных элементов, так и традиционных газотурбинных двигателей.

Объединение компетенций GKN Aerospace, Marshall и Parker Aerospace позволит эффективно разрабатывать масштабируемые компоненты для создания полноценных водородных топливных систем летательных аппаратов различной размерности, вплоть до ближне-среднемагистральных самолетов.

Фундаментом для созданного консорциума послужат результаты исследований и разработок GKN Aerospace в рамках программы H2GEAR, которую финансирует UK Aerospace Technology Institute.

В планах консорциума провести летные испытания водородной силовой установки с инновационной жидкостно-водородной топливной системой до конца 2020-х годов.

Источник: aerospacetestinginternational.com/news/gkn-aerospace-marshall-and-parker-aerospace-join-forces-to-explore-liquid-hydrogen-fuel-systems-for-zero-emission-aircraft.html

3. Завод для производства силовых установок гиперзвуковых ЛА

В городе Elkton (США, Мэриленд) открыт новый завод Northrop Grumman по производству прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД) для гиперзвуковых летательных аппаратов. Новый завод Hypersonics Capability Center является первым в США производственным центром в области ПВРД, в том числе гиперзвуковых ПВРД со сверхзвуковым горением (ГПВРД).

Основным заказчиком Hypersonics Capability Center является Министерство обороны США, в том числе по проекту создания крылатой ракеты Hypersonic Attack Cruise Missile для нужд военно-воздушных сил.

Отмечается, что открытие Hypersonic Attack Cruise Missile означает переход от разработки и испытаний демонстраторов технологий ГПВРД к полномасштабному производству подобных силовых установок.

Производственный центр Hypersonics Capability Center имеет избыточные мощности для консолидации перспективных проектов Министерства обороны США в области гиперзвуковых ЛА.

Одновременно Northrop Grumman инвестирует средства в новый производственный центр в области крылатых ракет в Allegany Ballistics Laboratory (США, Западная Вирджиния), а также расширение и переоснащение производственного центра в области твердотопливных ракетных двигателей (США, Юта).

Источник: aerospacetestinginternational.com/news/defense/northrop-grumman-opens-hypersonic-missile-engine-factory-in-maryland-usa.html

4. Воздушный компрессор для авиационных силовых установок на базе ВВТЭ

Компания ZeroAvia объявила об успешной разработке и испытании высокоэффективного воздушного компрессора для авиационных силовых установок на базе водородно-воздушных топливных элементов (ВВТЭ).

По заявлениям ZeroAvia это первый воздушный компрессор в мире, который разработан для СУ на базе ВВТЭ мощностью до 900 кВт. Отмечается, что новый компрессор ZeroAvia имеет непревзойденную удельную мощность на единицу объема и существенно более высокую мощность по сравнению с другими компрессорами для ВВТЭ.

На текущий момент в СУ на базе ВВТЭ не применялись специально разработанные воздушные компрессоры, что снижало их производительность, габаритные размеры и массу.



Концепт аэротакси с гибридной силовой установкой на базе турбогенератора Rolls-Royce

Для функционирования ВВТЭ необходимо обеспечить потребный расход кислорода для осуществления химической реакции, при увеличении высоты полета плотность воздуха уменьшается, что обуславливает необходимость применения воздушного компрессора. Таким образом, для авиационных ВВТЭ крайне важно наличие компактного, легкого, но при этом мощного и эффективного авиационного компрессора.

Привод воздушного компрессора осуществляется от основного электродвигателя, что устраняет необходимость применения инвертора и электродвигателя для привода непосредственно компрессора. Уменьшение количества компонентов системы обуславливает удешевление и упрощение системы, что также важно при сертификации СУ на базе ВВТЭ.

По заявлениям ZeroAvia разработка нового воздушного компрессора стала важнейшим фактором при разработке финальной конфигурации силовой установки ZA600.

Источник: electrive.com/2023/08/29/zeroavia-presents-dedicated-compressor-for-hydrogen-aircrafts

5. Самолета с архитектурой Blended Wing Body

Департамент военно-воздушных сил (ВВС) Министерства обороны США выбрал компанию JetZero исполнителем контракта по разработке демонстратора военнотранспортного самолета с интегральной аэродинамической схемой Blended Wing Body.



Концепт военно-транспортного самолета JetZero

Отмечается, что переход на интегральную аэродинамическую схему типа Blended Wing Body позволит снизить аэродинамическое сопротивление самолета на величину до 30% при одновременном повышении подъемной силы по сравнению с аналогичным самолетом традиционной аэродинамической схемы. Существенное повышение аэродинамического качества при переходе на интегральную аэродинамическую схему позволяет увеличить полезную нагрузку, дальность/длительность полета.

В National Defense Authorization Act за 2023 финансовый год выделено \$235 млн. на 4 года на повышение уровня зрелости транспортногo самолета двойного назначения, выполненного по аэродинамической схеме Blended Wing Body с привлечением дополнительных частных инвестиций.

Ожидается, что первая программа летных испытаний демонстратора JetZero завершится до конца 2027 года.

Источник: af.mil/DesktopModules/ArticleCS/Print.aspx?PortalId=1&ModuleId=850&Article=3494520

6. Консорциум Hydrogen in Aviation

Группа ведущих компаний авиационного и энергетического сектора Великобритании объявила о создании консорциума Hydrogen in Aviation для интенсификации работ в области декарбонизации авиации. Основными участниками консорциума Hydrogen in Aviation (HIA) являются easyJet, Rolls-Royce, Airbus, Ørsted, GKN Aerospace и Bristol Airport. В настоящее время в авиационной отрасли рассматривается несколько основных технологий, которые могут быть использованы для декарбонизации – устойчиво производимые авиационные топлива, синтетические авиационные топлива, электрические силовые установки и аккумуляторные батареи, тепловые двигатели на водородном топливе, электрические силовые установки и водородно-воздушные топливные элементы. По оценке участников HIA необходимо сконцентрировать усилия на развитии водородных технологий в авиации.

Airbus ведет разработку линейки водородных самолетов с вводом в эксплуатацию в 2035 году, а Rolls-Royce успешно провел наземные испытания газотурбинного двигателя, работающего на водородном топливе в 2022 году. Компании ZeroAvia и Universal Hydrogen активно развивают направление силовых установок на базе водородно-воздушных топливных элементов (ВВТЭ) для региональной авиации.

Основной целью HIA является обеспечение лидерства Великобритании в области водородных технологий для декарбонизации авиационной отрасли. HIA берет на себя роль интегратора и связующего звена между авиационным и энергетическим сектором страны, а также Правительством Великобритании и локальными регуляторными органами. Для обеспечения лидерства в области водородных технологий необходима прозрачная дорожная карта по масштабированию инфраструктуры и совершенствованию регуляторных норм.

Деятельность HIA будет сосредоточена на трех направлениях – развитие инфраструктуры, совершенствование нормативного регулирования и привлечение средств в исследования и разработки в области водородных технологий в Великобритании. HIA ведется разработка 10-летней программы развития водородных технологий для декарбонизации авиационной отрасли Великобритании.

Источник: rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/uk-hydrogen-alliance-established-to-accelerate-zero-carbon-aviation.aspx

Современные отечественные и мировые достижения в области разработки и применения беспилотных летательных аппаратов

Уразбахтин Руслан Рустемович

Руководитель отдела исследований БПЛА

Мустаев Эдгар Ильдарович (инженер)

Дойников Антон Игоревич (инженер)

Дернов Михаил Юрьевич (инженер 2 категории)

Хакимьянов Артур Радилович (инженер 2 категории)

Кильметов Рафаэль Айдарович (инженер 1 категории)

Норкин Дмитрий Федорович (инженер)

1. Контроль состояния бетонных мостов при помощи БПЛА

В исследовании БПЛА применяются для определения размеров трещин в бетонных мостах, что позволяет отказаться от промышленного альпинизма и, соответственно, повысить безопасность и снизить стоимость проведения работ. Группой исследователей была разработана новая бизнес-модель с использованием БПЛА, который обеспечивает обнаружение трещин с высокой вероятностью и измерение размеров этих трещин. Трещины на бетонных мостах являются потенциальной причиной их разрушения, поэтому проверка наличия трещин и контроль за их состоянием является важным показателем для оценки уровня износа мостов. На мосту Ай-Хе был проведен эксперимент с применением БПЛА, в рамках которого исследовались трещины на боковой стороне моста, что было обусловлено степенью освещенности.

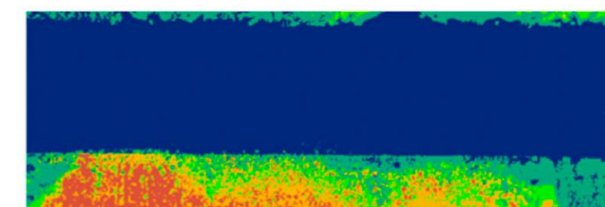
Для измерения трещин с использованием БПЛА были выбраны изображения с однократным увеличением. Были реализованы три метода извлечения связующих точек: ручной выбор точек соединения, случайный выбор точек с помощью SIFT (Scale Invariant Feature Transform, Преобразование масштабного инвариантного объекта) и автоматическое создание связующих точек с помощью LPS (Local Positioning Solution, Решение для локального позиционирования). В каждом методе использовалось определенное количество связующих точек.



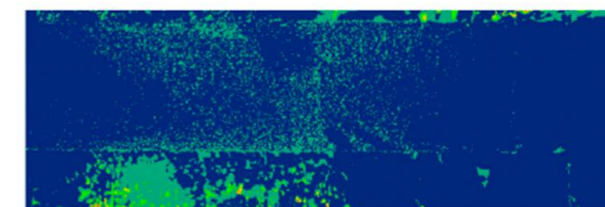
Мост Ай-Хе, расположенный в районе Янмей города Таюань, Тайвань

Нахождение трещин и определение их размеров производилось следующим образом:

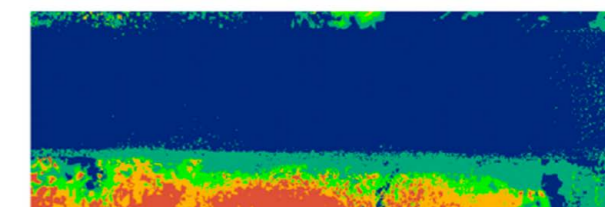
- Изображения помещаются в абсолютную систему координат через блочную триангуляцию;
- Высота верхней части моста устанавливается равной 0;
- ЦМР моста генерируются тремя различными методами, описанными выше;
- Цифровые изображения преобразуются в ортоизображения с размером пикселя 0,1 мм через билинейную интерполяцию;
- Используется цифровая модель для определения размеров и расположения трещин в бетонных мостах;
- Результаты ручного выбора и автоматического создания связующих точек с помощью SIFT-LPS показаны на цифровой модели рельефа а, с и иллюстрации ортоизображений а и с;
- Автоматическое создание связующих точек обеспечивает приемлемую точность;
- Результаты имеют наибольшую погрешность в нижней части моста из-за отсутствия контрольных точек (цифровая модель рельефа а, с).
- Блочная триангуляция с автоматическим созданием связующих точек из SIFT-LPS имеет большие ошибки в горизонтальном направлении (иллюстрация ортоизображений с), что может привести к ошибкам при измерении размеров трещин.



(a)



(b)



(c)

Цифровая модель рельефа, получаемая в результате:

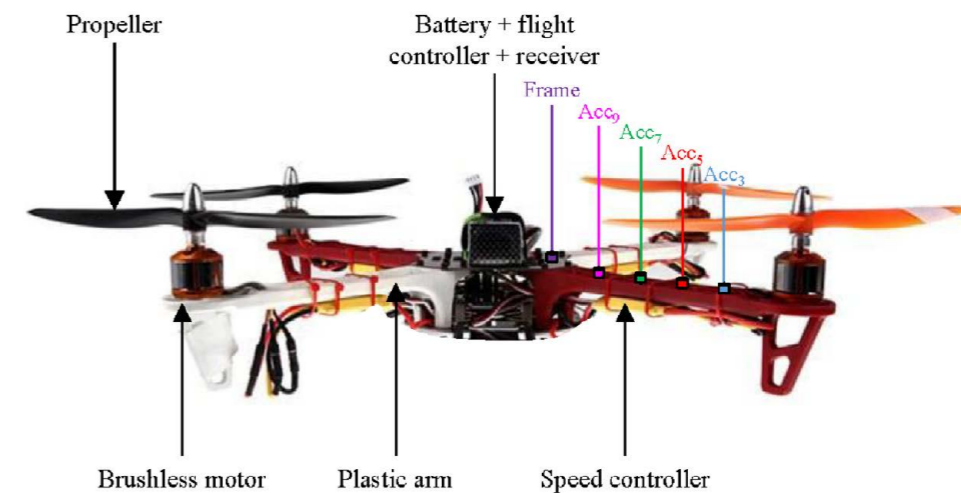
(a) ручного выбора связующей точки; (b) генерации связующей точки с помощью SIFT; (c) генерации связующей точки из SIFT-LPS.

2. Сбор энергии вибрации на беспилотном квадрокоптере

Авторами статьи проводились исследования оригинального способа увеличения времени полета квадрокоптера – сбора энергии от вибраций. Исследования проводились на классическом квадрокоптере. Для оценки величины электроэнергии, получаемой за от вибраций, авторами был проведен полный динамический анализ для режима висения. Для проведения экспериментальных исследований подверженные вибрациям части квадрокоптера были заменены на пьезоэлектрические элементы. В рамках проводимого исследования были протестированы различные типы пьезоэлектрических структур, включая некоторые коммерческие преобразователи (DuraAct от Piezo-electric Instrument и зуммеры Murata) и специальная пьезоэлектрическая краска. Оригинальные пьезоэлектрические элементы, созданные группой исследователей, способны вырабатывать до 5,35 мВт энергии во время стационарного полета. Такое количество электроэнергии является достаточным для питания датчиков с низким энергопотреблением.

В рамках работ экспериментальными методами был проведен модальный анализ, для квадрокоптера DJI F450. В результате модального анализа была проведена количественная оценка воздействия основного источника вибраций (деформация конструктивных элементов) и проектирование рамы квадрокоптера, которая позволяет использовать пьезоэлектрические структуры, сохраняя при этом аналогичное оригинальной раме динамическое поведение. Исследователями был проведен вибрационный анализ рамы квадрокоптера DJI F450 в реальных условиях и сделаны выводы по потенциальным объемам электроэнергии, которые могут быть получены с использованием различных типов пьезоэлектрических структур.

Выбор дрона для исследований был обусловлен его высокой популярностью на рынке классических квадрокоптеров. Было определено, что на всех режимах работы основными источниками вибрационного возбуждения, измеряемого в различных областях рамы, являются электродвигатели. В связи с этим уровень вибраций повышается по мере приближения к электродвигателям на лучах квадрокоптера. На основании этого исследователями было принято решение модернизировать лучи квадрокоптера путем внедрения в них пьезоэлементов для сбора электроэнергии.



Изображение дрона DJI F450 и его комплектующих

Площадь поверхностей лучей была увеличена в 3 раза для обеспечения возможности установки пьезоэлементов и обеспечения их эффективной работы. При этом жесткость и форма оригинального луча были сохранены. Для сохранения свойств оригинальных лучей рамы проводилось дополнительное исследование, основанное на проведении вибрационного анализа нескольких вариантов исполнения лучей, отличающихся между собой толщиной. Сравнение оригинального и модернизированного лучей представлено ниже.

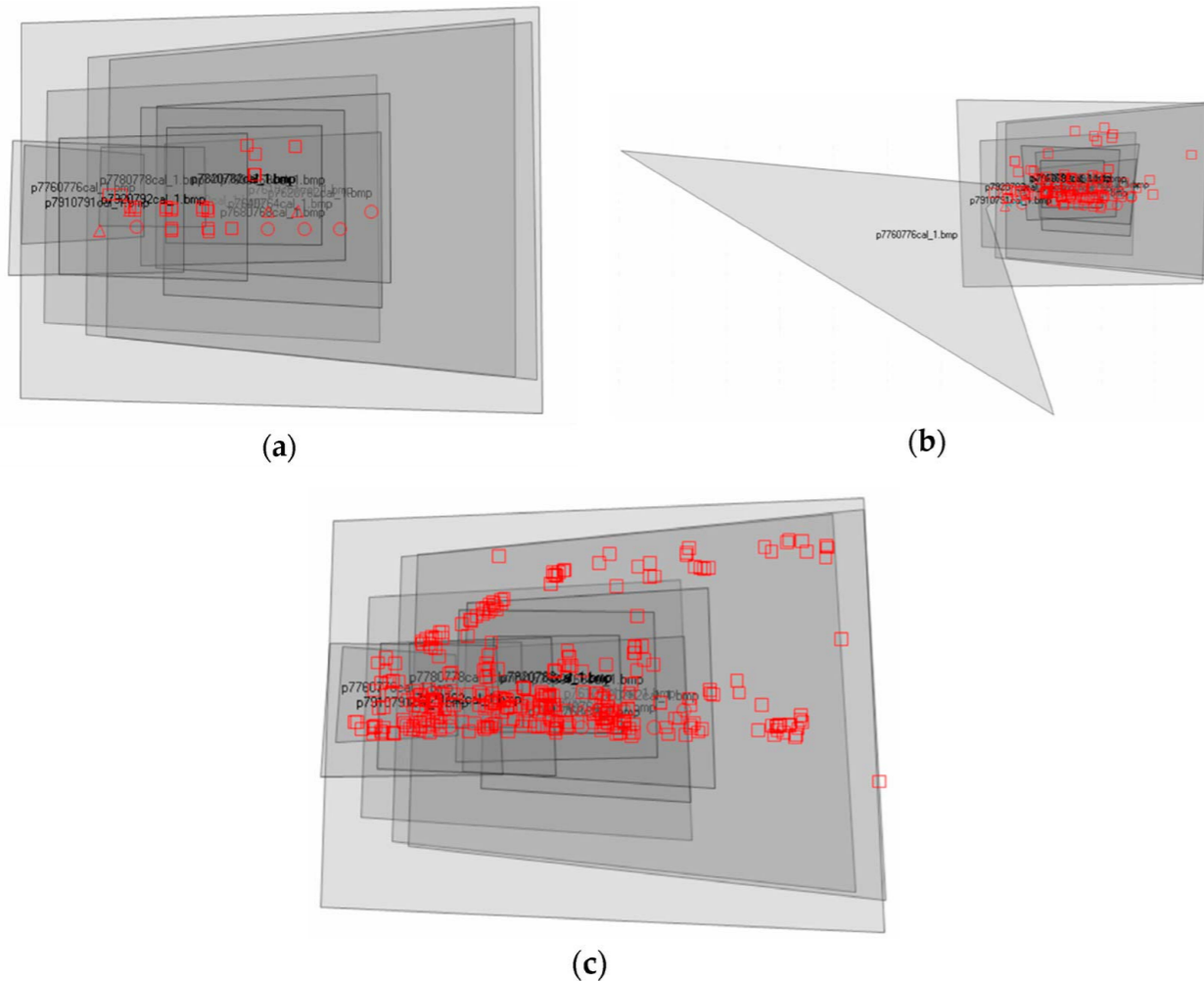


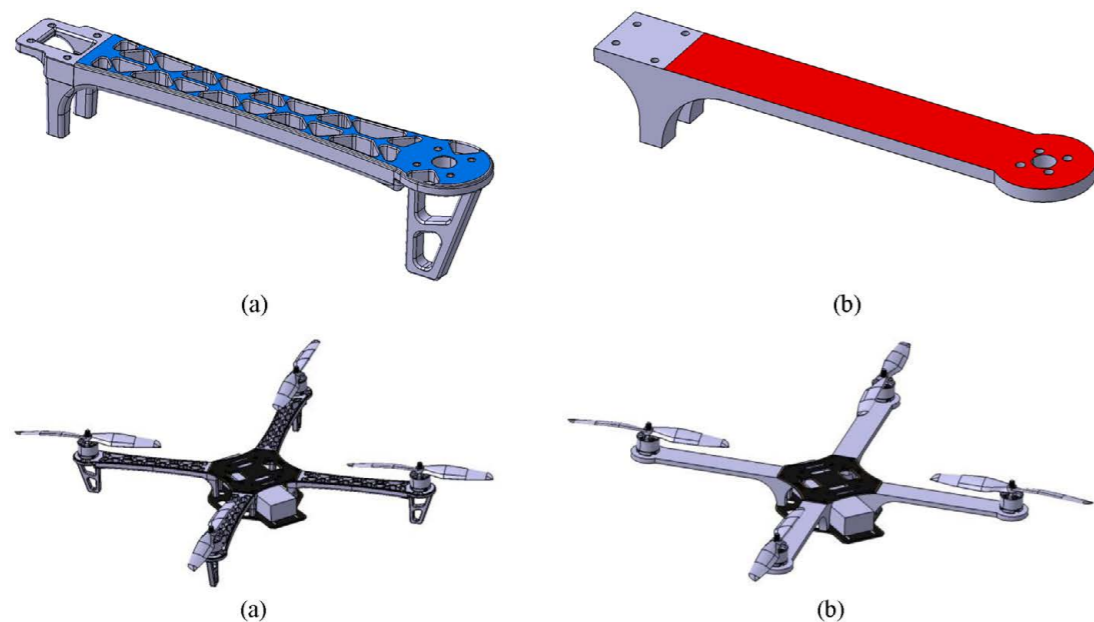
Иллюстрация ортоизображений полученных в результате:

(a) ручного выбора связующей точки; (b) генерации связующей точки с помощью SIFT; (c) генерации связующей точки из SIFT-LPS

В настоящее время БПЛА находят неожиданные применения, при этом решая проблемы обеспечения безопасности промышленных альпинистов и снижая стоимость проведения опасных работ. При этом существует ряд ограничений, обусловленный условиями эксплуатации БПЛА и их техническими характеристиками.

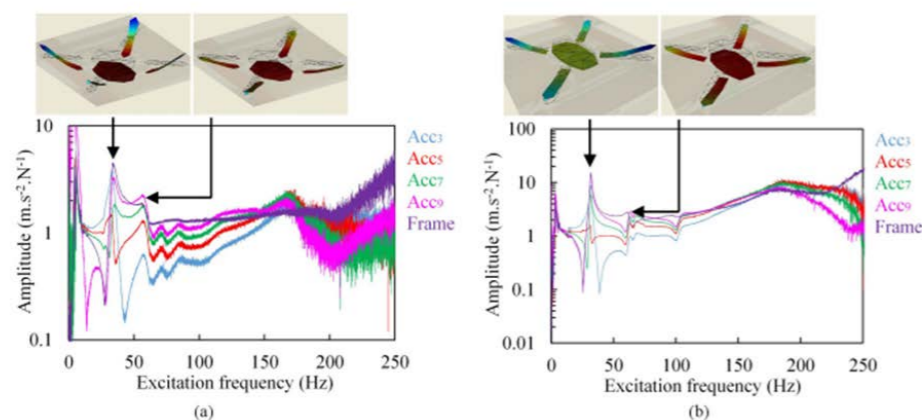
По мнению специалистов ПИШ «Моторы Будущего», при работе в области «беспилотия» важно гнаться не только за техническим уровнем, но и проводить постоянный мониторинг областей, где могут применяться БПЛА и решать при этом проблемные задачи.

Источник: mdpi.com/2504-446X/7/6/342



Сравнение конструкций лучей, (a) изначальная конструкция, (b) измененный вариант

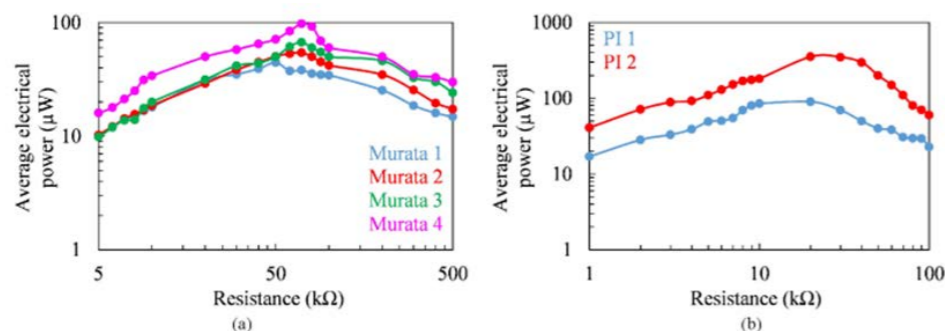
После выбора оптимальной конструкции луча с точки зрения повторяемости механических и вибрационных свойств оригинального луча была произведена контрольная проверка схожести вибрационного поведения, а также частот и амплитуд модальных форм рамы БПЛА с измененными лучами и выключенными электродвигателями в сравнении с БПЛА на оригинальной раме.



Сравнение конструкций БПЛА: (a) оригинальная конструкция; (b) модернизированный вариант

Получив подтверждения эквивалентности измененной конструкции в сравнении с оригиналом, были проведены исследования по получению электрической мощности с различных типов пьезоэлектрических элементов в режиме висения в целях оценки их эффективности.

Ниже представлены графики зависимости средней электрической мощности от резистивных нагрузок для различных типов пьезоэлектрических элементов.



Средняя электрическая мощность, вырабатываемая различными пьезоэлектрическими типами и конструкциями во время зависания:

(a) пьезоэлементы Murata, (b) пьезоэлементы PI DuraAct 876.A15

Исходя из полученных экспериментальных результатов, были сделаны основные выводы по преобразованию энергии вибрации конструкции БПЛА в электроэнергию через пьезоэлектрические элементы. Установлено, что возможно внедрить пьезоэлектрические элементы в раму БПЛА с ее модернизацией, не приводящей к ухудшению работоспособности и характеристик БПЛА. На сегодняшнем уровне развития науки и техники количество получаемой электроэнергии достаточно только для питания различных датчиков с низким потреблением электроэнергии, например акселерометров и датчиков температуры.

Развитие систем электроснабжения БПЛА является актуальной задачей. Поиск вариантов выработки электроэнергии на борту БПЛА также является актуальной задачи, позволяющей увеличить время полета БПЛА тем самым расширить их применяемость. В ПИШ «Моторы Будущего» начинается ряд работ в области систем электроснабжения БПЛА.

Исходя из полученных экспериментальных результатов, были сделаны основные выводы по преобразованию энергии вибрации конструкции БПЛА в электроэнергию через пьезоэлектрические элементы. Установлено, что возможно внедрить пьезоэлектрические элементы в раму БПЛА с ее модернизацией, не приводящей к ухудшению работоспособности и характеристик БПЛА. На сегодняшнем уровне развития науки и техники количество получаемой электроэнергии достаточно только для питания различных датчиков с низким потреблением электроэнергии, например акселерометров и датчиков температуры.

Развитие систем электроснабжения БПЛА является актуальной задачей. Поиск вариантов выработки электроэнергии на борту БПЛА также является актуальной задачи, позволяющей увеличить время полета БПЛА тем самым расширить их применяемость. В ПИШ «Моторы Будущего» начинается ряд работ в области систем электроснабжения БПЛА.

Источники: M. Perez, K. Billon, T. Gerges, J.F. Capsal, M. Cabrera, S. Chesné, C. Jean-Mistral. Vibration energy harvesting on a drone quadcopter based on piezoelectric structures // Mechanics & Industry 23(20), doi.org/10.1051/meca/2022021

3. Сверхбыстрое динамическое машинное зрение с пространственно-временными фотонными вычислениями

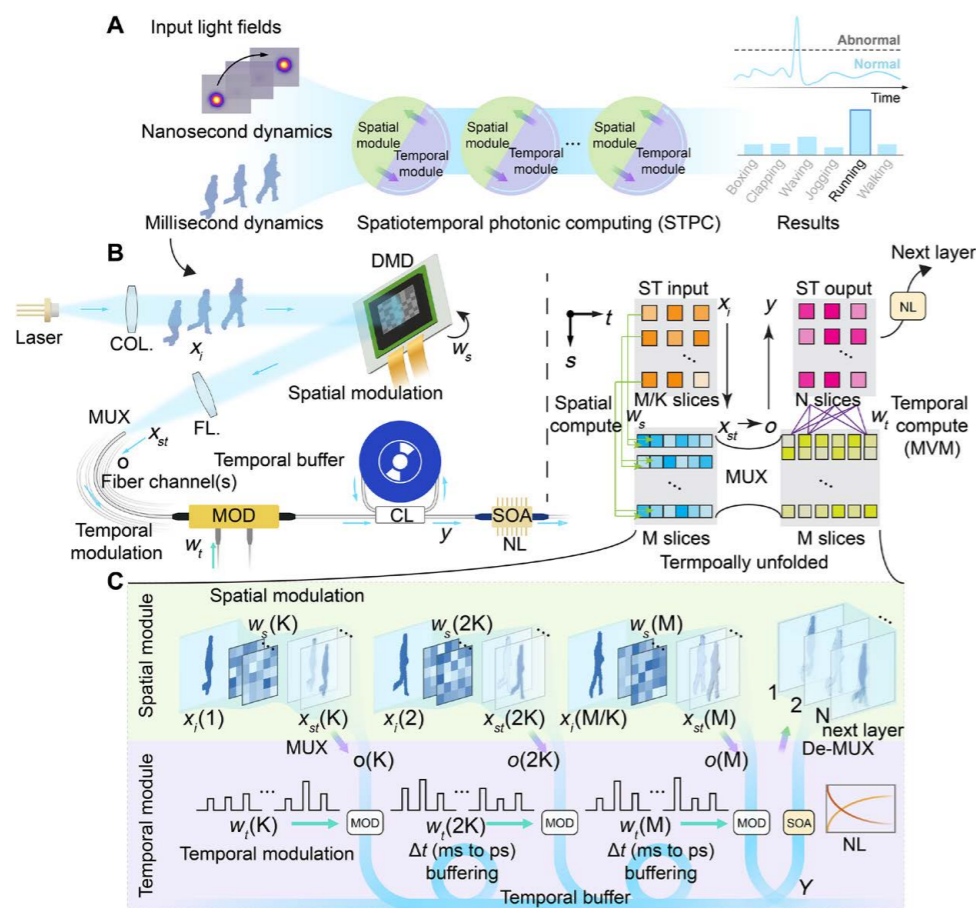
Сверхбыстрое динамическое машинное зрение в оптической области может открыть перспективы для высокопроизводительных вычислений. В работе исследователей предлагается архитектура пространственно-временных фотонных вычислений, которая сочетает высокопараллельные пространственные вычисления с высокоскоростными временными вычислениями и обеспечивает трехмерную пространственно-временную плоскость. Разработана единая система обучения для оптимизации физической системы и сетевой модели. Скорость фотонной обработки эталонного набора видеоданных увеличивается в 40 раз в системе пространственного мультиплексирования с в 35 раз меньшим количеством параметров. Система мультиплексирования по длине волны реализует полностью оптические нелинейные вычисления динамического светового поля со временем кадра 3,57 наносекунд.

Предлагаемая архитектура открывает путь к сверхбыстрому передовому машинному зрению, свободному от ограничений памяти, и найдет применение в беспилотных системах, автономном вождении, сверхбыстрой науке и т. д.

В исследовании реализуется архитектура пространственно-временных фотонных вычислений (STPC) для сверхбыстрого динамического машинного зрения. Путем совместной оптимизации общего блока STPC, STPC извлекает пространственно-временную информацию и делает прогнозы на основе изменяющихся во времени световых полей. По сути, архитектура STPC включает модуль пространственных вычислений, модуль пространственно-временного мультиплексирования и модуль временных вычислений. В частности, модуль пространственных вычислений включает в себя пространственный модулятор, который выполняет поточечное умножение, свертку и т. д.

Для эффективного вычисления и преобразования между пространственной и временной оптической динамикой разрабатывается пространственное мультиплексирование (SMUX) и мультиплексирование по длине волны (WMUX) для согласования высокопараллельных пространственных выходов и высокоскоростных временных входов при адекватном сохранении информации о контенте. Таким образом, пространственный контент обрабатывается и сопоставляется с параллельными последовательностями временной динамики в пространстве и спектре, что приводит к созданию временного пространства пространственно-временных признаков, совместимого с вычислениями.

В модуле временных вычислений для хранения и объединения быстроизменяющихся оптических сигналов создается аналоговый временной буфер, позволяющий задерживать информацию и воспроизводить ее в оптической области. Затем выполняется временное матрично-векторное умножение (MVM) для построения взвешенных связей во временной области, которые разрабатываются совместно с модулями пространственных вычислений для реализации комплексных вычислений во всей пространственно-временной плоскости. Архитектура STPC дополнена экспериментальным методом обучения системы, что позволяет оптимизировать параметрическую физическую систему вместе с вычислительной моделью и повысить точность STPC более чем на 80%. Эксперименты сети SMUX-STPC показали превосходную производительность в задачах классификации импульсных последовательностей, распознавания действий человека и отслеживания движения объектов. По сравнению с существующими методами фотонных вычислений система SMUX-STPC повышает эффективность параметров и сокращает время вывода более чем на порядок. Двухслойная полностью оптическая сеть WMUX-STPC с многомерной нелинейной функцией активации распознает сверхбыстрые последовательности мигания с временем кадра в наносекундах, без задержек чтения/записи памяти. Архитектура STPC поддерживает высокопроизводительные фотонные нейронные сети и позволяет анализировать динамические визуальные сцены в реальном времени за пределами наносекундных масштабов времени. Эксперименты сети SMUX-STPC показали превосходную производительность в задачах классификации импульсных последовательностей, распознавания действий человека и отслеживания движения объектов.



STPC для сверхбыстрой динамической обработки светового поля

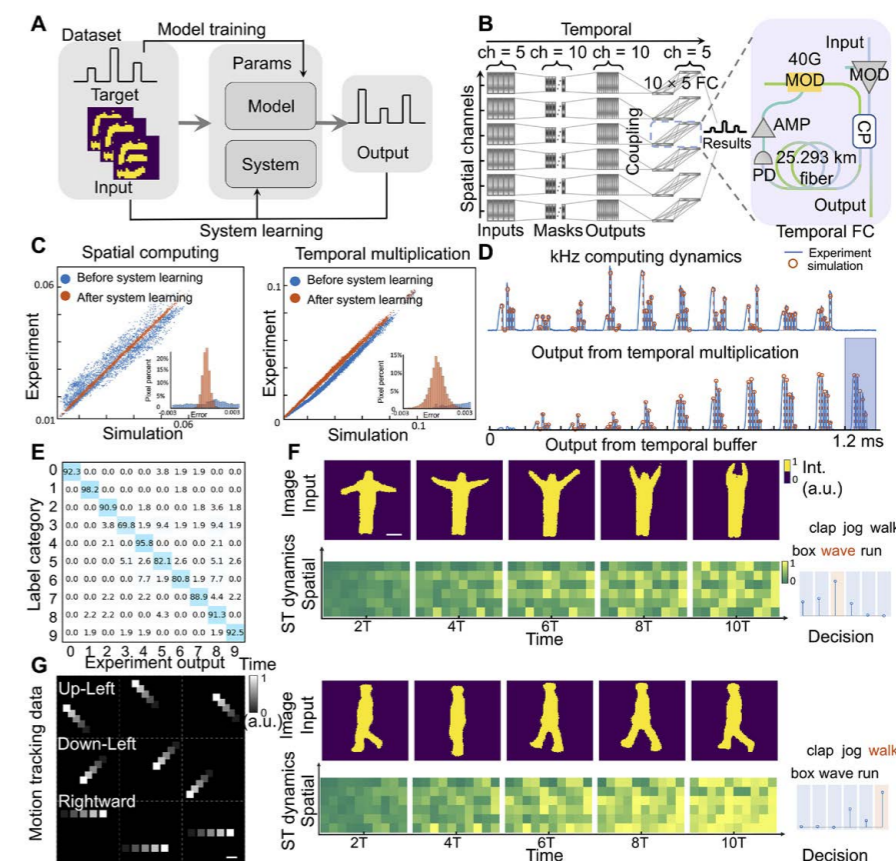
Архитектура STPC проиллюстрирована на рисунке выше (пункт А). Изменяющиеся во времени световые поля от миллисекунды до наносекунды из динамической сцены распространяются в сеть STPC, которая состоит из каскадных блоков STPC, каждый из которых имеет пространственный модуль и временной модуль, соединенные модулем мультиплексирования. Посредством комбинации пространственных и временных операций блок STPC извлекает информацию из многомерных динамических световых полей и выводит семантическую информацию из содержимого сцены. Базовая система STPC показана слева на рисунке ниже В, а сетевая модель — справа. Развернутая система показана на рисунке ниже С. Каждый блок STPC преобразует пространственно-временной вход $x(s, t)$ на выход $y(s, t)$, где s, t — пространственная и временная координаты соответственно. Выход $y(s, t)$ впоследствии активируется нелинейно и подается на следующий уровень. В каждом пространственно-временном (ST) уровне имеются три основные процедуры: пространственная модуляция в модуле пространственных вычислений, пространственно-временное мультиплексирование и MVM в модуле временных вычислений.

(А) Архитектура STPC. Динамическая сцена, закодированная в пространственно-временных световых полях, поступает в сеть STPC, состоящую из блоков STPC. Каждый блок содержит пространственный модуль и временной модуль, соединенные модулем мультиплексирования. Принятие решений окончательно выполняется последним блоком STPC.

(В) Базовая система блока STPC (слева) и соответствующая сетевая модель (справа). В пространственном модуле DMD выполняет пространственную модуляцию и расширяет стек во временном измерении. Посредством временных модуляций в модуляторах (MOD) и буферизации в рекуррентном буфере временной модуль выполняет взвешенное соединение (MVM) во временной области и выдает выходной сигнал y , который активируется фотонной нелинейностью (NL) и подается на следующий уровень.

(С) Развернутая система блока STPC во времени. M/K пространственно-временные входные срезы расширяются K раз в пространственном модуле, создавая M выходных срезов.

На рисунке ниже пункт А иллюстрирует процесс обучения физических экспериментов STPC, включая обучение модели и обучение системы.



Сеть STPC с пространственным мультиплексированием (SMUX) для высокоскоростного динамического анализа сцены

Вся система состоит из трех частей: наборы данных с входными и целевыми парами, экспериментальная система и экспериментальные выходные данные. Экспериментальная система содержит параметры модели и параметры системы. Параметры модели включают веса STPC, которые в первую очередь включают маски пространственных вычислений и веса временной модуляции. Параметры системы характеризуют передаточную функцию экспериментальной физической системы с пространственными и временными модулями, которые могут быть первоначально откалиброваны случайными входными данными. Учитывая входные данные для обучения и целевые пары, мы предварительно обучаем систему, используя откалиброванные параметры системы, до достижения сходимости. Из-за смещения и шума в калибровочных данных экспериментальные результаты отклоняются от моделирования. Здесь разрабатывается процесс обучения системы для точного обучения параметров системы, когда параметры модели фиксированы, а параметры системы обновляются, чтобы с более высокой точностью соответствовать экспериментальным результатам. После завершения процесса обучения система лучше соответствует численному прогнозу, и мы используем уточненные параметры системы для окончательного обучения параметров модели, которые впоследствии используются для экспериментов.

(A) Обучение модели и обучение системы. Экспериментальная система содержит параметры модели и параметры системы. Параметры модели, настроенные в STPC, изучаются с помощью обучающих входных и целевых пар, в то время как системные параметры, характеризующие передаточную функцию физической системы, изучаются с помощью экспериментальных входных и выходных данных для повышения точности моделирования системы.

(B) Сеть SMUX-STPC, состоящая из шести пространственных подразделений, была разработана для распознавания динамики высокоскоростного видео. Для получения окончательных результатов каждое деление было рассчитано в пространстве и времени.

(C) Пространственные вычисления и точность временного умножения до (синий) и после (оранжевый) обучения системы в эксперименте по классификации резких рукописных цифр. На вставке показано распределение ошибок до и после обучения системы.

(D) Килогерцовая вычислительная динамика системы STPC. Результаты временного умножения вводились во временной буфер и объединялись во временном буфере. Оранжевые кружки представляют результаты моделирования, а графики зеленой линии представляют результаты эксперимента.

(E) Экспериментальная матрица путаницы классификации рукописных цифр.

(F) Два образца из эксперимента по распознаванию действий человека. Первая и третья строки показывают входные кадры в сеть STPC. Вторая и четвертая строки показывают пространственно-временную динамику во временном буфере вместе с окончательным решением.

(G) Примеры в наборе данных отслеживания движения. Квадратные объекты были настроены на движение в трех направлениях: вверх-влево, вниз-влево и вправо.

Этап предварительного обучения – это процесс изучения параметров модели нейронной сети, а обучение системы – это процесс изучения параметров экспериментальной системы. Эти два шага можно выполнять итеративно, чтобы совместно асимптотически приблизиться к лучшей вычислительной модели нейронной сети и наиболее точной модели системы. Предложенный метод обучения системы создал единую обучаемую структуру как с параметрами экспериментальной системы, так и с параметрами вычислительной модели, тем самым исследуя полное параметрическое пространство и достигая оптимальной сходимости.

Таким образом, за счет предложенного исследователями подхода достигается многократное увеличение скорости обработки информации, что в перспективе позволит существенно ускорить реакции БПЛА и сделает их эксплуатацию безопаснее, позволит им выполнять более сложные задачи.

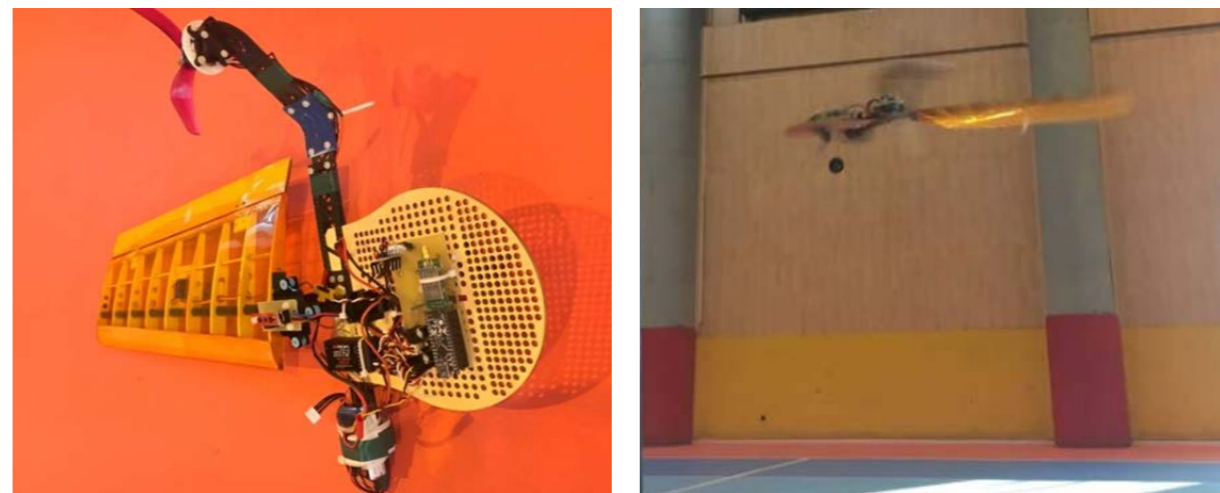
Источник: [science.org/doi/10.1126/sciadv.adg4391](https://doi.org/10.1126/sciadv.adg4391)

4. Однокрылые роботы с пониженным энергопотреблением

Летающие роботизированные системы уже доказали свою высокую перспективность для решения многочисленных реальных задач, включая исследования удаленных районов, доставку посылок в труднодоступные места и поиск выживших в стихийных бедствиях. В последние годы робототехники и специалисты в области компьютерных технологий представили множество конструкций летательных аппаратов, каждая из которых обладает определенными преимуществами и особенностями.

Исследователи из Технологического университета Шарифа в Иране недавно провели исследование по изучению потенциала летающих роботизированных систем с одним крылом, известных как однокрылые летательные аппараты. В их статье, опубликованной в журнале *Intelligent & Robotic Systems*, излагается новый подход, который может помочь лучше контролировать полет этих транспортных средств при навигации в окружающей среде.

В своей статье они представляют новую конструкцию однокрылого БПЛА, которая объединяет в себе черты классического БПЛА и робота. Разработанная конфигурация позволяет упростить сборку дронов такого типа и улучшить расположение их центра тяжести.



Конфигурация с одним крылом. Компоновка, сборка и вид во время лётных испытаний

Технология, разработанная группой исследователей, была протестирована в серии симуляций и, как было установлено, значительно повышает устойчивость однокрылых воздушных аппаратов во время полета, а также улучшает их управляемость. Испытания экспериментальных БПЛА в реальных условиях позволяют оценить их эффективность.

По словам авторов, благодаря простому и компактному дизайну, возможности зависания, БПЛА такого типа могут перемещаться по удаленным и пересеченным местностям, в которых невозможна эксплуатация самолетов.

Направление работ в «беспилотии», связанное с разработкой новых конструкций БПЛА, является актуальным, так как позволяет улучшать их характеристики и расширять сферы применения. Проектирование БПЛА не под готовую конструкцию, а под необходимые параметры и функционал меняет парадигму проектирования в целом. Разработка новых конструкций БПЛА ведется в ПИШ «Моторы Будущего» в рамках исследовательской деятельности.

Источник: techxplore.com

Курсы

Дополнительного профессионального образования

Высококвалифицированный персонал — основа конкурентоспособности любой компании

Направления обучения по повышению квалификации

- Перспективные транспортные электротехнические системы и комплексы
- Энергоэффективность и ресурсосбережение
- Электробезопасность
- Модернизация производства, повышение производительности труда
- Цифровая трансформация промышленных предприятий
- Надежность электротехнических систем и комплексов
- Проектирование, производство и эксплуатация электроэнергетических и электромеханических комплексов и систем
- Перспективные технологии промышленных предприятий
- Релейная защита и автоматика
- Оптимизация и устойчивость электроэнергетических систем
- Перспективные транспортные электротехнические системы и комплексы
- Электромагнитная совместимость в приборостроении

Для кого будут полезны (интересны) курсы

- Для сотрудников промышленных предприятий, занимающихся проектированием перспективных электротехнических комплексов и систем
- Для руководителей служб и подразделений промышленных предприятий и организаций топливно-энергетической отрасли
- Для специалистов различных служб и подразделений промышленных предприятий и организаций топливно-энергетической отрасли
- Для слушателей, желающих повысить профессиональную квалификацию, получить дополнительное образование по программам, разработанным специалистами Передовой инженерной школы «Моторы будущего», по приоритетным направлениям экономики Российской Федерации

Направления обучения по профессиональной переподготовке кадров

- Электроэнергетические системы и сети
- Перспективные системы электропривода
- Электрические станции и подстанции

Квалификация специалистов-преподавателей курсов

- Доктора технических наук, профессора
- Кандидаты технических наук, доценты
- Старшие преподаватели
- Научные сотрудники
- Ведущие специалисты-практики предприятий РФ

Формы обучения

- Очное обучение
- Заочное обучение
- Дистанционное обучение
- Смешанное (очно-заочное)

Специалист получает

- Практические навыки и теоретические знания по выбранной программе.
- Документ установленного образца (удостоверение, диплом)

С перечнем курсов можно ознакомиться по ссылке:



Почему слушатели выбирают нас?



Большой опыт реализации государственных программ, в том числе в сфере бережливого производства, цифровой трансформации предприятия, обучения старшего поколения



В реализации программ участвуют сторонние специалисты: представители реального сектора экономики, ученые мирового уровня, научные сотрудники Передовых инженерных школ



Программы реализуются с использованием дистанционных образовательных технологий и адаптируются под запросы Заказчика.



Бесплатное консультирование и тьюторское сопровождение 24/7 во время и после обучения.



Передовая инженерная школа
Моторы Будущего

Строй своё будущее здесь и сейчас, своими руками
и своим интеллектом!

