

Международный журнал
информационных технологий
и энергоэффективности |



Том 9 Номер 1 (39)



2024



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности
Т.9 №1(39) Ч.2 2024 г.

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Мецгер Н.В., Сагитов Д.И.** Работа системы стабилизации полета квадрокоптера **3**

Metzger N.V., Sagitov D.I. Operation of the Quadcopter Flight Stabilization System

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

2. **Ячков И.В., Егоров А.Ю., Сапаров И.И., Хлебников М.Д.** Оптимизация солнечных батарей для космических аппаратов: новые материалы и технологии **9**

Yachkov I.V., Egorov A.Yu., Saparov I.I., Khlebnikov M.D Optimization of Solar Panels for Spacecraft: New Materials and Technologies

3. **Сташкевич А.С., Шинкарев В.В., Карагодин Н.В.** Инновации в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в высоковольтных сетях **17**

Stashkevich A.S., Shinkarev V.V., Karagodin N.V. Innovations in the Field of Energy Saving and Energy Efficiency Improvement in High-Voltage Networks



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 681.51

РАБОТА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛЕТА КВАДРОКОПТЕРА

¹Мецгер Н.В., Сагитов Д.И.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», Санкт-Петербург, Россия (196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 36), e-mail: ¹legoprofi@yandex.ru

Статья представляет обзор основных комплектующих квадрокоптера (Датчиков, сенсоров, контроллеров и двигателей), а также анализ системы работы стабилизации полета. Особое внимание уделяется приборам, без которых система не могла бы существовать, и возможным улучшениям и дополнения, применимым к этой системе в ближайшем будущем.

Ключевые слова: БПЛА, квадрокоптер, акселерометр, компас, камера, электросхема, стабилизация, развитие.

OPERATION OF THE QUADROCOPTER FLIGHT STABILIZATION SYSTEM

¹Metzger N.V., Sagitov D.I.

St. Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia (196210, St. Petersburg, Pilotov str., 36), e-mail: ¹legoprofi@yandex.ru

The article presents an overview of the main components of the quadcopter (Sensors, sensors, controllers and engines), as well as an analysis of the flight stabilization system. Special attention is paid to the devices without which the system could not exist, and possible improvements and additions applicable to this system in the near future.

Keywords: UAV, quadcopter, accelerometer, compass, camera, wiring diagram, stabilization, development.

Квадрокоптер (от англ. quadcopter — «вертолет с четырьмя винтами») — это БПЛА (беспилотный летательный аппарат) с четырьмя пропеллерами, который обычно управляется пультом дистанционного управления с земли, в некоторых случаях полет осуществляется автономно, при помощи программы, в рамках которой оператор задает требуемый маршрут. Как правило, на нём устанавливается камера (или несколько камер), позволяющая вести в полёте фото- и видеосъёмку, некоторые модели оснащены сканером LiDar (от англ. Light detection and ranging – «Обнаружение с помощью света и оценка расстояния»), позволяющим строить трехмерные модели рельефа, объекта или сооружения.

За последние 10 лет рынок квадрокоптеров серьезно расширился и по сей день продолжает свое стремительное развитие (рисунок 1, 2). Диапазон моделей охватывает широкую аудиторию: от любителей-фотографов до профессионалов (военных, геодезистов, операторов и инженеров). Но благодаря какой системе операторы БПЛА полагаются на бесперебойную работы продукта, не волнуясь о сильном ветре, тряске во время полета и о потере управления?



Рисунок 1 – Компактный дрон для любительской фотографии

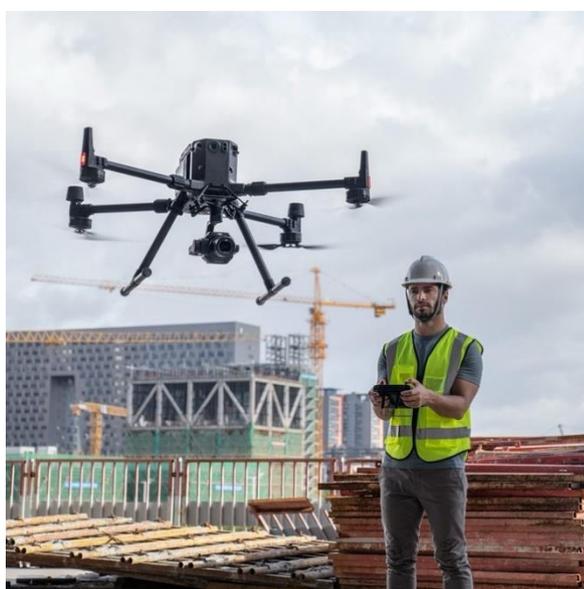


Рисунок 2 – Промышленный БПЛА, позволяющий выполнять широкий спектр задач

Структура квадрокоптера

Для того, чтобы понять, как работает система стабилизации полета, необходимо выделить основные элементы БПЛА. Основа любого квадрокоптера – рама, к которой крепятся четыре безколлекторных двигателя (в некоторых случаях – коллекторные, для удешевления производства и облегчения конструкции), вращающихся в разных направлениях. (рисунок 3)



Рисунок 3 – Схема вращения двигателей Квадрокоптера

Для контроля тяги используются регуляторы оборотов (могут быть внешними, а также могут быть интегрированы в полетный контроллер), которые позволяют регулировать количество оборотов в минуту на каждом двигателе индивидуально. Сигналы к регуляторам поступают от полетного контроллера, который содержит в себе множество различных устройств. В их состав чаще всего входят: акселерометр, гироскоп, компас, GPS модуль, барометр, датчики расстояния, сенсоры температуры, передатчики радио-и видеосигнала (рисунок 4). Питание всех элементов происходит от Аккумуляторной батареи.



Структура БПЛА:

1. *Рама*
2. *Электродвигатели*
3. *Регуляторы оборотов*
4. *Полетный контроллер*
5. *Пропеллеры (винты)*

Рисунок 4 – Структура БПЛА

Актуальность системы стабилизации

Большую часть своего эксплуатационного цикла БПЛА проводит на открытой местности, на высоте от 50 и до 500 метров, где воздушные потоки гораздо сильнее, чем на поверхности Земли. Неравномерность этих потоков (завихрения, турбулентность)

представляет большую опасность как для сравнительно небольших квадрокоптеров, так и для массивных промышленных моделей.

Существует распространенное мнение, что чем больше беспилотник, тем более он устойчив. Однако это не всегда так. Ключевую роль в стабилизации полета играет не только совершенный полетный контроллер с наиболее точными датчиками и актуальным программным обеспечением, но и мощные двигатели с точными регуляторами оборотов.

Движение квадрокоптера в пространстве

Для того, чтобы выяснить, что именно в полете требуется стабилизировать, необходимо выявить направления, в которых беспилотник перемещается в пространстве.

Существует 3 вида изменения положения квадрокоптера (рисунок 5): рысканье, тангаж и крен [4]. Отклонения квадрокоптера измеряются

Рысканье (от англ. Yaw) – вращение или поворот квадрокоптера вправо или влево, как поворот головы или смена курса.

Тангаж (от англ. Pitch) – наклон передней части квадрокоптера вверх или вниз.

Крен (от англ. Roll) – наклон квадрокоптера влево или вправо, в отличии от рысканья, осуществляется

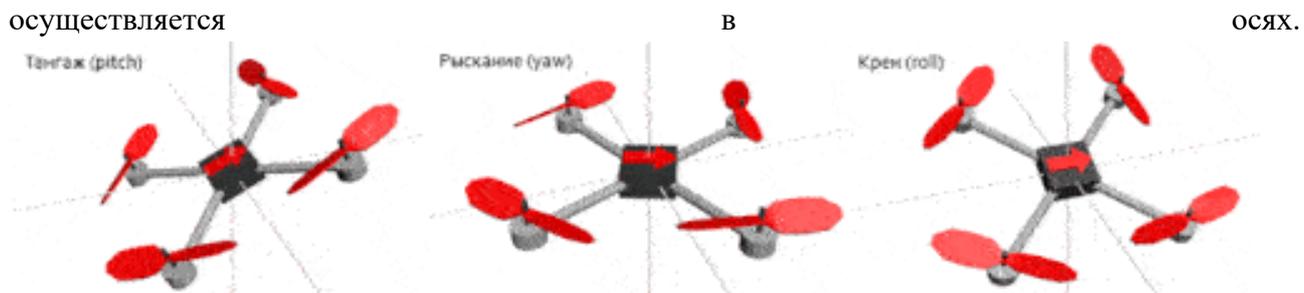


Рис. 4. Виды движения квадрокоптера в пространстве

Принцип работы системы стабилизации полета

Система стабилизации полета установлена практически в каждом квадрокоптере, ведь без нее полет возможен только в безветренную погоду или в закрытом помещении. Так на каком же принципе она работает?

В любом полетном контроллере находятся два важных датчика: акселерометр и гироскоп [2]. Однако, существует мнение, что два этих датчика выполняют одну и ту же функцию: измерение угла отклонения БПЛА от горизонта по трем осям. На самом деле, это - заблуждение. Именно гироскоп отвечает за измерение угла летательного аппарата и угловой скорости, в то время как акселерометр измеряет ускорение, тоже по трем осям.

Для обработки информации, полученной с этих двух датчиков, существует специальное программное обеспечение полетного контроллера. Ветряные потоки воздействуют на квадрокоптер, он отклоняется от начального курса. Программа получает исходные данные с акселерометра и гироскопа: углы крена и тангажа. Далее путем математических вычислений контроллер высчитывает поправки, то есть необходимую мощность, которую нужно подать на двигатели, чтобы компенсировать углы отклонения. Для осуществления этих вычислений используется ПИД регулятор.

ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный) регулятор – такой алгоритм, который на основании величин отклонения, которые необходимо стабилизировать (компенсировать), посылает сигнал на регуляторы оборотов, которые в свою очередь меняет

частоту вращения моторов (их мощность) индивидуально. Чтобы найти эту поправку, используется следующая формула:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t). \quad [3]$$

Важным замечанием является то, что акселерометр и гироскоп расположены так, чтобы их оси совпадали с осями квадрокоптера.

Дополнительные функции стабилизации полета

Для решения более сложных задач, отличных от пейзажной видеосъемки и разведки территории, требуется дополнительный функционал системы стабилизации. Для более продвинутых моделей характерны более продвинутое полетные контроллеры, производящие замер, анализ и расчет параметров с большей частотой, для обеспечения плавности полета. Помимо такого рода улучшений, используются дополнительные устройства. Например, датчик GPS и барометр, которые замеряет координаты БПЛА в пространстве с максимальной точностью, что позволяет нивелировать любые отклонения от заданного курса, а также определяют зоны работы беспилотника.

Во время полета также используются специализированные видеокамеры, которые фотографируют поверхность под квадрокоптером во время полета, и сопоставляют ее с теми фото, которые получает камера в данный момент, при обнаружении отклонений производятся корректировки. Такая система называется VPS (Visual Positioning System – визуальная система позиционирования). Она особенно актуальна система при потере связи с пультом и слабым GPS сигнале (рисунок 6).



Рисунок 6 – Работы VPS на квадрокоптере DJI Mavic 2 Zoom

Также эти датчики-камеры способны измерять расстояние до объектов, что позволяет избегать столкновения во время полета и автоматизировать полет в целом. (AOAS – Aircraft Optical Avoidance System)

Таким образом, системы стабилизации полета квадрокоптеров с каждым годом продолжают стремительно развиваться. Совершенство этой системы зависит от оснащения БПЛА и технических возможностей полетного контроллера. Применения новых технологий, например нейросетей, позволит добиться улучшения безопасности, эффективности, автоматизации и надежности полетов в ближайшем будущем. БПЛА применяются во многих областях и существенно облегчают жизнь современного человека.

Список литературы

1. Официальная страница DJI. - Режим доступа: <https://www.dji.com>
2. Гироскоп. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп#:~:text=Гироско́п%20\(от%20др.,гироскопа%20—%20юла%20\(волчок\).](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп#:~:text=Гироско́п%20(от%20др.,гироскопа%20—%20юла%20(волчок).)
3. Гэн К., Чулин Н. А. Алгоритмы стабилизации для автоматического управления траекторным движением БПЛА. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-stabilizatsii-kvadrokoptera-uglovaya-stabilizatsiya>
4. Как летает квадрокоптер, пропеллеры и двигатели в подробностях. - Режим доступа: <https://quadrone.ru/blog/stati/kak-letaet-kvadrokopter-propellery-i-dvigatel-v-podrobnostyakh>

References

1. Official DJI page. - Access mode: <https://www.dji.com>
 2. Gyroscope. – Access mode: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп#:~:text=Gyroscope%20\(from%20dr.,gyroscope%20—%20yula%20\(top\).](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гироскоп#:~:text=Gyroscope%20(from%20dr.,gyroscope%20—%20yula%20(top).)
 3. Geng K., Chulin N. A. Stabilization algorithms for automatic control of the trajectory of the UAV. – Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-stabilizatsii-kvadrokoptera-uglovaya-stabilizatsiya>
 4. How the quadcopter, propellers and engines fly in detail. - Access mode: <https://quadrone.ru/blog/stati/kak-letaet-kvadrokopter-propellery-i-dvigatel-v-podrobnostyakh>
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 629.7.064.56

ОПТИМИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ: НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

¹Ячков И.В., ²Егоров А.Ю., ³Сапаров И.И., ⁴Хлебников М.Д.

«Научно-производственное объединение имени Семёна Алексеевича Лавочкина», Химки, Россия (141402, г. Химки, Ленинградская ул., 24), e-mail: ¹IvanIachkov113@gmail.com, ²Artyueg@gmail.com, ³ilnara198@mail.ru, ⁴moscov.99@mail.ru

Данная статья обсуждает важность и вызовы, связанные с повышением электрических характеристик солнечных элементов, используемых в космических миссиях. Будут рассмотрены технологические новшества, концепции геометрии элементов, применение новых материалов, а также системы управления энергией и мониторинга. В рамках этой статьи будут проанализированы основные проблемы, с которыми сталкиваются солнечные элементы в космосе. Рассматриваются разнообразные технические решения, инновации и методы оптимизации, направленные на улучшение электрических характеристик, долговечности и эффективности солнечных элементов и солнечных батарей космического назначения.

Ключевые слова: Солнечные элементы, космические аппараты, солнечные батареи, электрические характеристики, технические решения, оптимизация, повышение эффективности, долговечность, управление энергией, мониторинг, космические миссии, надежность, ВАХ, ток короткого замыкания.

OPTIMIZATION OF SOLAR PANELS FOR SPACECRAFT: NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES

¹Yachkov I.V., ²Egorov A.Yu., ³Saparov I.I., ⁴Khlebnikov M.D.

“Research and Production Association named after Semyon Alekseevich Lavochkin”, Khimki, Russia (141402, Khimki, Leningradskaya str., 24), e-mail: ¹IvanIachkov113@gmail.com, ²Artyueg@gmail.com, ³ilnara198@mail.ru, ⁴moscov.99@mail.ru

This article discusses the importance and challenges associated with enhancing the electrical characteristics of solar elements utilized in space missions. Technological innovations, geometry concepts of the elements, the application of new materials, as well as energy management and monitoring systems, will be examined. Within this article, the primary issues faced by solar elements in space will be analyzed. Various technical solutions, innovations, and optimization methods aimed at improving the electrical characteristics, durability, and efficiency of solar elements and solar arrays intended for space applications are considered.

Keywords: Solar elements, spacecraft, solar arrays, electrical characteristics, technical solutions, optimization, efficiency enhancement, durability, energy management, monitoring, space missions, reliability, IV curve, short-circuit current.

Солнечные батареи играют ключевую роль в обеспечении энергии космических аппаратов и спутников. Их надежная и эффективная работа в условиях космоса имеет решающее значение для функционирования космических миссий и обеспечения стабильности энергетического снабжения. Однако, в процессе эксплуатации в космосе, солнечные элементы

подвержены различным факторам, которые могут негативно влиять на их электрические характеристики и, следовательно, на производство энергии.

В условиях космоса солнечные элементы подвергаются ряду уникальных вызовов и проблем, которые оказывают непосредственное влияние на их электрические характеристики и долговечность, такие как солнечное излучение, радиационные пояса, температурные колебания и микрометеориты. С целью увеличения эффективности и продолжительности службы солнечных элементов необходимо разработать системы, способные повысить электрические характеристики элементов и солнечных батарей (СБ) в процессе эксплуатации в космосе.

1. Радиационные факторы:

Радиационное воздействие в космосе оказывает сильное влияние на солнечные элементы, гораздо большее, чем ближе к Земле, где их защищает магнитосфера. Даже в условиях околоземного пространства космическая радиация, включая солнечное излучение и частицы в радиационных поясах, может вызывать деградацию материалов, используемых в солнечных батареях.

Электроны с энергией от 0,2 до 1,0 МэВ и протоны с энергией от 4 до 40 МэВ оказывают наиболее отрицательное воздействие, создавая дополнительные точки рекомбинации в материалах фотоэлементов. Это приводит к снижению эффективности и выходной мощности этих материалов. Уменьшение тока в длинноволновой области приводит к увеличению тока насыщения и уменьшению фотоэлектрического напряжения. В результате, вместе с уменьшением выходной мощности, это вызывает падение напряжения. Это критично для работоспособности солнечных батарей, используемых в режиме постоянного напряжения (Рисунок 1) [1].

Исследования деградации солнечных батарей на спутниках, летающих на низких орбитах, показывают, что протоны радиационных поясов приводят к значительной деградации. Это подтверждается наблюдениями на спутниках "Телстар1", "Телстар2", и "NEOS A1", где радиация составила до 3,5% за определенный период полета. Наблюдается также сильная деградация фотоприемников из лития на спутнике NTS-1. Важно отметить, что некоторые фотоприемники с неглубоким переходом также испытывают сильную деградацию, но их абсолютная мощность остается выше обычных фотоприемников, 47 - 50 мВт против 39,1 мВт соответственно.

2. Температурные условия:

Космос характеризуется экстремальными температурными колебаниями, где солнечные элементы подвергаются значительным изменениям температуры от экстремального холода в тени до высоких температур при попадании под прямое солнечное излучение. Эти колебания могут вызывать термические напряжения, в последствии чего концентрация носителей заряда, связанная с энергией запрещенной зоны и энергией носителей, увеличивается при повышении температуры. Для кремниевых приборов чувствительность к температуре составляет 2,2 мВ/°С, но это влияние уменьшается при повышении напряжения. При протекании идеального тока эффективность линейно уменьшается с увеличением температуры до ~200 °С для кремния и до -300 °С для арсенида галлия. В случае рекомбинационного тока КПД при 20 °С ниже на ~25%. Так же с ростом температуры наблюдается линейное снижение эффективности. БС. (Рисунок 2).

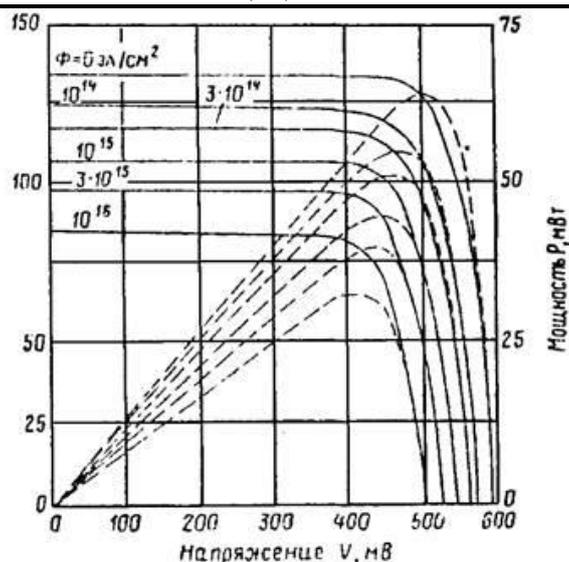


Рисунок 1 - Влияние электронного облучения с энергией 1 МэВ на ВАХ кремниевых ФП

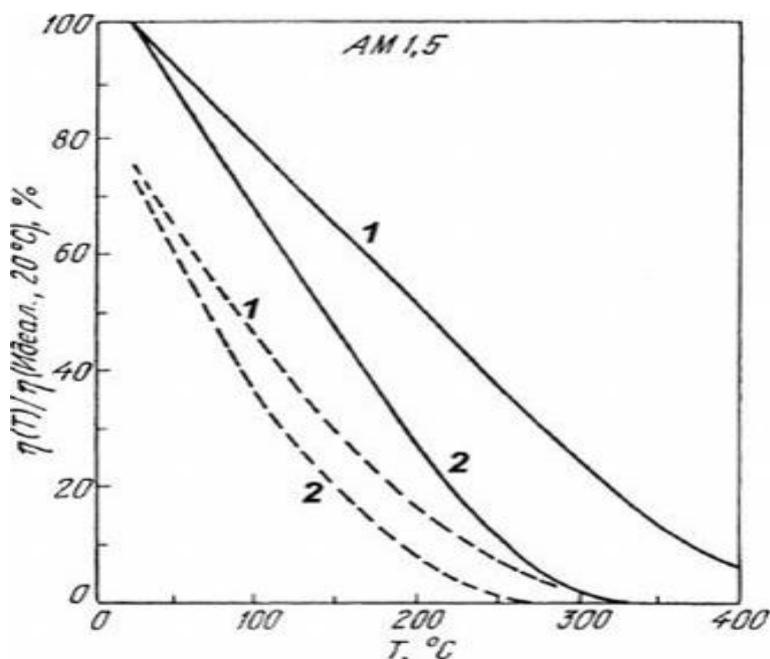


Рисунок 2 - Нормированные значения КПД для СБ на кремнии и арсениде галлия

При низких температурах возникают проблемы с производительностью элементов. Уменьшение подвижности носителей заряда из-за их рассеяния заряженными примесями ведет к уменьшению диффузионной длины неосновных носителей и, как следствие, снижению тока короткого замыкания. Также не исключено изменение сопротивления контактов. В кремниевых солнечных элементах частично решают эту проблему, используя алюминиевое покрытие на тыльной стороне [2].

3. Микрометеориты и космический мусор:

В космосе солнечные панели также подвержены ударным нагрузкам от микрометеоритов и обломков космического мусора, что может привести к повреждениям поверхности и ухудшению электрических свойств элементов [3].

4. Длительность службы и деградация:

Долговечность солнечных батарей ограничена временем их службы в космосе. В процессе эксплуатации происходит постепенная деградация, связанная с выходом из строя отдельных солнечных ячеек или ухудшением электрических характеристик всей системы в целом как описано выше [4].

5. Эффективность и максимизация энергии:

Важной проблемой является повышение эффективности солнечных батарей и максимизация получаемой энергии при ограниченном пространстве солнечных элементов на космических аппаратах.

Решение данных проблем требует разработки новых технологий, инноваций в материалах, улучшения формы солнечных элементов, а также создания систем управления и мониторинга, способных адаптироваться к переменным условиям космической среды и обеспечивать стабильность работы солнечных батарей на протяжении всей их службы в космосе.

Технические решения и инновации, направленные на улучшение электрических характеристик солнечных элементов для космического применения, охватывают широкий спектр технологий, материалов и методов оптимизации.

Разработка новых материалов для солнечных элементов играет важную роль в улучшении их эффективности. Использование полупроводниковых материалов с высокой степенью преобразования солнечной энергии, таких как гибридные перовскитные или тонкие пленочные солнечные элементы, позволяет увеличить выходную мощность БС. Так же разработка новых материалов для защиты БС в космосе включает многослойные покрытия, наноматериалы, солнечные фильтры, гибридные покрытия и тонкопленочные материалы. Они обеспечивают улучшенную защиту от солнечного излучения, а также позволяют обеспечить оптимальные рабочие температурные режимы, сохраняя максимальную энергоэффективность и срок службы.

К примеру, самая мощная солнечная батарея на Международной космической станции (МКС) имеет мощность 248 кВт и состоит из четырех модулей по 62 кВт каждый. Площадь это БС составляет 2400 м². Каждый модуль включает две солнечные батареи весом 1062 кг. Замена кремниевых фотоэлементов на фотоэлементы с арсенидом-галлием может увеличить общую мощность батареи до 1296 кВт при удельной массе 6.6 кг/кВт и удельной мощности 540 Вт/м². Это открывает перспективы для создания солнечного буксира мощностью до 1 МВт. Удельная мощность на отдельных аппаратах за рубежом достигается 5000 Вт/кг за счет тонкопленочных гетероструктурных ФЭП, которые клеят на корпус малого КА [5].

Стоит отметить что, Российские учёные создали прочное и прозрачное покрытие для защиты солнечных батарей и оптики космических аппаратов от микрометеоритов и космического мусора. Новый материал из тантала, кремния и азота превосходит известные защитные покрытия: его скорость роста в 2–7 раз выше, а стойкость к абразивным частицам — в 1,5–5 раз больше. Он способен выдерживать температуры до 1200° и обладает прозрачностью на уровне 80–90% для широкого спектра электромагнитных волн [6]. В совокупности с новой разработкой Российских ученых, открывается перспектива более широкого использования гибридных перовскитных солнечных элементов. Это решение позволит повысить надежность, уменьшит массу и увеличить энергоэффективность.

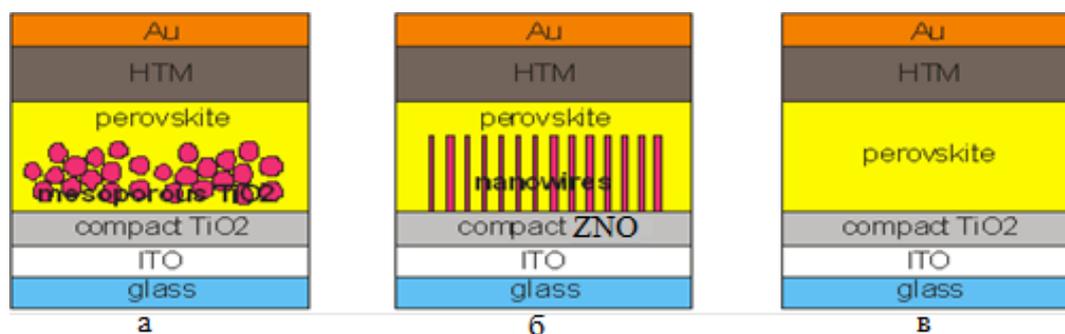


Рисунок 3а,б,в – структура перовскитных солнечных элементов

На рисунке 3 схематично изображены три типа солнечных батарей на основе перовскита. В первом случае (рисунок 3а) в качестве дополнительного электрода используется мезопористый оксид титана. Такая конструкция позволяет добиться высокой скорости преобразования солнечной энергии в постоянный электрический ток [7]. Однако, заполнение таких мезопористых структур перовскитом очень сложна и в последствии дорога. Согласно второму варианту (рисунок 3б) в качестве пористой структуры используются нанотрубки из оксида цинка. Благодаря их вертикальной структуре скорость перехода и рекомбинации электронов выше. В свою очередь такое решение позволяет уменьшить размеры пластин при сохранении той же эффективности. Так же солнечные батареи на основе перовскитов способны выдавать неплохие показатели энергоэффективности, даже когда представляют собой обычную планарную структуру (Рисунок 3в) [8]. Переходный узел, НТМ — hole transport material (материал, который служит основой для переноса дырок). Перовскиты обладают высокой проводимостью порядка $10^{-3} \text{ см} \cdot \text{см}^3$, которая требует большой слой НТМ, чтобы избежать сквозных отверстий. Однако высокая стоимость его производства требует альтернатив, таких как полупроводники р-типа: NiO, CuCsN, CuI, CsSnI3. Они обеспечивают хорошую оптическую прозрачность и высокое качество пленки перовскита. В качестве электрода используется оксид индия олова (ITO), с высокой пропускной способностью света. Альтернативой ITO может служить олово легированное фтором (FTO), Compact TiO2 (пористый диоксид титана) повышающего эффективность процесса поглощения. Все слои рекомендуется (кроме слоя перовскита) наносить последовательно золь-гель методом. К основным преимуществам перед другими методами (спрей-пиролиз, осаждение из газовой фазы, магнетронное распыление и др.) можно отнести нанесение почти на любую форму, проще контролировать уровень легирования, а также он не требует сложной аппаратуры.

Усовершенствование геометрии солнечных батарей также играет важную роль в повышении их производительности. Разработка более эффективной геометрии солнечных элементов может повысить захват солнечного излучения и увеличить производительность. Многие инженерные решения, такие как многокаскадные системы (позволяют настраивать БС на различные спектры света), специальные углы наклона солнечных панелей для максимизации экспозиции к солнечному свету, способствуют улучшению электрических характеристик. Разработка систем управления энергией для солнечных элементов позволяет максимизировать выходную энергию и улучшить их адаптивность к переменным условиям в

космосе. Это включает в себя разработку максимальной точки мощности и алгоритмов максимизации эффективности работы солнечных батарей. Использование метода отслеживания максимальной точки мощности позволит солнечным батареям работать на оптимальной точке максимальной мощности, что повышает эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую.

Эти технические решения и инновации направлены на повышение эффективности, долговечности и надежности солнечных элементов для космических миссий. Интеграция этих технологий позволяет создавать более продвинутые системы солнечной энергии, обеспечивая более эффективную и долговечную работу космических аппаратов и спутников.

Космические миссии предоставляют много примеров успешной реализации методов улучшения электрических характеристик солнечных элементов. Рассмотрим несколько из них:

1. Миссия «Juno» (NASA, Юпитер):

Аппарат «Juno», исследующий планету Юпитер, оснащен солнечными батареями, которые были спроектированы для работы в экстремальных условиях. Для этого использовались современные технологии производства и новые материалы, которые позволили улучшить электрические характеристики солнечных элементов, обеспечивая эффективную работу аппарата даже на большом удалении от Солнца.

2. Миссия «Mars Rover» (NASA):

Рoverы, исследующие поверхность Марса, такие как «Opportunity» и «Curiosity», также использовали солнечные батареи для получения энергии. Уникальные методы ориентации солнечных панелей и технологии максимальной точки мощности были реализованы для максимизации эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую.

3. «Международная космическая станция» (МКС):

Солнечные панели на МКС претерпели эволюцию с течением времени. Применение новых материалов и технологий управления энергией позволило увеличить производство электроэнергии, обеспечивая жизненно важные функции станции и эксперименты на борту.

Эти примеры демонстрируют, как технические решения, методы улучшения дизайна, материалов и управления энергией позволяют значительно повысить эффективность и долговечность солнечных элементов в космических условиях, обеспечивая энергию для различных космических миссий и аппаратов.

В заключение, исследования и разработки в области повышения электрических характеристик солнечных элементов для космического применения являются ключевым направлением в современной космической инженерии. Эксплуатация солнечных батарей в условиях космоса представляет значительные технические вызовы, такие как радиационное воздействие, температурные колебания и воздействие микрометеоритов, которые могут негативно повлиять на эффективность и надежность этих систем.

Новые материалы, инновационные решения, использование нанотехнологий и развитие систем управления энергией представляют собой потенциальные пути для улучшения электрических характеристик солнечных элементов. Эксперименты и исследования в этих областях позволяют совершенствовать технологии солнечной энергии, делая их более эффективными, надежными и адаптивными к условиям космоса. Большие перспективы имеют перовскитные солнечные элементы в совокупности с новейшими Российскими разработками в области защитных покрытий.

Благодаря непрерывным исследованиям и инновациям, космическая индустрия будет продолжать совершенствоваться солнечные элементы, обеспечивая стабильное энергетическое обеспечение для космических миссий и способствуя развитию космической науки и технологий в целом.

Список литературы

1. Влияние космической радиации на солнечные батареи искусственных спутников Земли и способы защиты [Электронный ресурс] URL: <https://kazedu.com/referat/96608>. - (дата обращения: 23.11.2023)
2. Влияние температуры и радиации на КПД солнечного элемента [Электронный ресурс] URL: https://ozlib.com/848063/tehnika/vliyanie_temperatury_radiatsii_solnechnogo_elementa. - (дата обращения: 23.11.2023)
3. П.С. Гончаров, М.В. Житный, А.Л. Копейка, А.М. Денисов Результаты моделирования ударного воздействия малоразмерных частиц на солнечные элементы космического аппарата // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2022 — С. 1 – 12.
4. Деградация оптических параметров ФП [Электронный ресурс] URL: https://studbooks.net/1818192/matematika_himiya_fizika/degradatsiya_opticheskikh_parametrov. - (дата обращения: 23.11.2023)
5. В.М Мельников, И.Н. Матюшенко, Н.А. Чернова, Б.Н. Харлов Проблемы создания в космосе крупногабаритных конструкций // Труды МАИ. — 2014 — С. 7.
6. Российские космические аппараты станут надёжнее [Электронный ресурс] URL: <https://www.meteo vesti.ru/news/1693628511900-rossiyskie-kosmicheskie-apparaty-stanut-nadyozhnee> . - (дата обращения: 23.11.2023)
7. S. D. Stranks, G. E. Eperon, G. Granchini, C. Menelaou., Electron-hole diffusion lengths exceeding 1 micrometer in an organometal trihalide perovskite absorber, — Science, 2013 — p.341 7.
8. J. H. Qiu, Y. C. Qiu, K. Y. Yan., All-solid-state hybrid solar cells based on a new organometal halide perovskite sensitizer, — Nanoscale, 2013

References

1. The Influence of Space Radiation on the Solar Panels of Earth's Artificial Satellites and Protection Methods [Online resource] URL: <https://kazedu.com/referat/96608>. - (accessed: 23.11.2023)

2. Influence of Temperature and Radiation on the Efficiency of Solar Cells [Online resource] URL:
https://ozlib.com/848063/tehnika/vliyanie_temperatury_radiatsii_solnechnogo_elementa. - (accessed: 23.11.2023)
 3. P.S. Goncharov, M.V. Zhitny, A.L. Kopeika, A.M. Denisov Modeling Results of Impact on Small Particle Solar Elements of a Spacecraft // Proceedings of Tula State University. Technical Sciences. — 2022 — P. 1 – 12.
 4. Degradation of Optical Parameters of Photovoltaic Elements [Online resource] URL:
https://studbooks.net/1818192/matematika_himiya_fizika/degradatsiya_opticheskikh_parametrov. - (accessed: 23.11.2023)
 5. V.M. Melnikov, I.N. Matyushenko, N.A. Chernova, B.N. Kharlov Issues in Creating Large-Scale Structures in Space // Proceedings of Moscow Aviation Institute. — 2014 — P. 7.
 6. Russian Spacecraft Will Become More Reliable [Online resource] URL:
<https://www.meteo Vesti.ru/news/1693628511900-rossiyskie-kosmicheskie-apparaty-stanut-nadyozhnee> . - (accessed: 23.11.2023)
 7. S. D. Stranks, G. E. Eperon, G. Granchini, C. Menelaou., Electron-hole diffusion lengths exceeding 1 micrometer in an organometal trihalide perovskite absorber, — Science, 2013 — p.341 7.
 8. J. H. Qiu, Y. C. Qiu, K. Y. Yan., All-solid-state hybrid solar cells based on a new organometal halide perovskite sensitizer, — Nanoscale, 2013
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.315

ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ

¹Сташкевич А.С., Шинкарев В.В., Карагодин Н.В.,
ФГБОУ ВО «ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Оренбург, Россия
(460018, город Оренбург, пр-кт Победы, д.13), e-mail: ¹maildlyvsegoo56@mail.ru

Одним из актуальных вопросов в области современной энергетики является тема энергосберегающих и энергоэффективных технологий, которые применяются в сетях высокого напряжения на сегодняшний день. Необходимость в применении энергоэффективных решений в высоковольтных сетях обусловлена значительными потерями при передаче электроэнергии на дальние расстояния, большими затратами на собственные нужды подстанции и другими факторами. Снижение потерь в высоковольтных сетях, а также модернизация и замена старого оборудования на новое – ключевые задачи электросетевых кампаний, деятельность которых связана с передачей энергии на расстояния, а также с обслуживанием имеющегося оборудования. Данная статья посвящена теме инновационных решений в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в высоковольтных сетях, таких как: энергоэффективная подстанция, цифровые и интеллектуальные подстанции (smart grid), включая цифровой учёт электроэнергии. Цель работы: собрать информацию по инновационным решениям в области энергосбережения и энергетической эффективности на примере разных энергетических компаний и холдингов в российской энергетической отрасли. В статье описаны современные методики по энергосбережению, приведены актуальные пути развития и внедрения инноваций по энергосбережению и энергоэффективности на примере российских компаний.

Ключевые слова: энергетика, инновации, оптимизация, энергосбережение, энергоэффективность, повышение энергоэффективности, снижение потерь при передаче электроэнергии, энергоэффективная подстанция, smart grid.

INNOVATIONS IN THE FIELD OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT IN HIGH-VOLTAGE NETWORKS

¹Stashkevich A.S., Shinkarev V.V., Karagodin N.V.,
ORENBURG STATE UNIVERSITY, Orenburg, Russia (460018, Orenburg, Pobedy Ave., 13.),
email: ¹maildlyvsegoo56@mail.ru

One of the topical issues in the field of modern energy is the topic of energy-saving and energy-efficient technologies that are used in high-voltage networks today. The need to use energy-efficient solutions in high-voltage networks is due to significant losses in the transmission of electricity over long distances, high costs for the substation's own needs and other factors. Reduction of losses in high-voltage networks, as well as modernization and replacement of old equipment with new ones are the key tasks of electric grid campaigns, whose activities are related to the transmission of energy to power stations, as well as to the maintenance of existing equipment. This article is devoted to the topic of innovative solutions in the field of energy saving and energy efficiency improvement in

high-voltage net-works, such as: energy-efficient substation, digital and intelligent substations (smart grid), including digital accounting of electricity. The purpose of the work: to collect information on innovative solutions in the field of energy saving and energy efficiency on the example of various energy companies and holdings in the Russian energy industry. The article describes modern methods of energy saving, provides current ways of development and implementation of innovations in energy saving and energy efficiency on the example of Russian companies.

Keywords: energy, innovation, optimization, energy saving, energy efficiency, energy efficiency improvement, reduction of losses during electricity transmission, energy efficient substation, smart grid.

В настоящий момент вопрос об энергосбережении и энергетической эффективности является одним из ключевых для компаний, чья деятельность связана с энергетикой. Систематический рост цен и тарифов на энергоресурсы приводит к тому, что дорожает процесс производства и обслуживание имеющегося оборудования на любом предприятии.

В 2021 году Президент РФ, выступая на форуме «Российская энергетическая неделя», сказал: «Россия имеет огромный потенциал в сфере повышения энергоэффективности — примерно 1/3 от настоящего объема потребления энергии». В связи с этим Правительство РФ обновило государственную программу «Энергосбережение и повышение энергоэффективности». Согласно поручению Президента РФ, необходимо усилить работу по всем секторам национальной экономики, включая промышленность, сельское хозяйство, транспорт, ЖКХ. Указанное должно позволить снизить энергоёмкость ВВП, а значит и оказать влияние на снижение негативного воздействия на окружающую среду.[1]

9 сентября 2023 года Правительство РФ опубликовало постановление №1473 об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». В данном документе присутствует информация о текущей ситуации в сфере электроснабжения, которая характеризуется значительным физическим износом оборудования, высокими показателями удельных расходов топлива и потерь в сетях, а в сфере теплоснабжения - высоким физическим износом тепловых сетей, высокими показателями удельных расходов сетевой воды и удельных расходов топлива котельными. [2] Потери в электрических сетях за 2021 год составляют 24,44 млрд. кВт*ч (4,26%), а в 2022 году составили 24,70 млрд. кВт*ч (4,34%). Изменение в потерях электрической энергии составило 1,08% (на основе отчёта эмиссионных ценных бумаг ПАО «Россети» за 2022 год).

Основываясь на данных показателях потерь и нормативных документах, становится ясным, что энергетические компании должны стремиться к энергосбережению, а также к повышению энергетической эффективности. Так, в сфере электроэнергетики и теплоэнергетики необходимы стимулирование развития когенерации, альтернативных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), снижение удельных показателей потребления топлива и перевод генерирующих мощностей, в том числе котельных, на экономичные виды топлива, внедрение мер по снижению потерь электрической энергии и тепла, повышению эффективности использования топлива.

Причины потери электроэнергии в системах электроснабжения

Принципиальная схема электроснабжения состоит из следующих элементов: электростанция, потребители электроэнергии, электрические сети и системы. Потери энергии начинаются с генерации электроэнергии на электрической станции, с процесса преобразования внутренней энергии сжигаемого топлива в электрическую энергию в

генераторе. КПД процесса низкий из-за малоэффективной работы двигателя. В конденсационных электростанциях коэффициент полезного действия составляет около 30 %, а в теплоэлектростанциях достигает до 80 %. При передаче сгенерированной электроэнергии по линиям электропередачи, потери на нагрев проводов достигают до 20%, что является одним из негативных факторов при транспортировке электроэнергии до потребителей. [3]

Снижение потерь в системе электроснабжения может достигаться за счет:

1. Компенсации реактивной мощности посредством установки компенсирующих устройств.
2. Регулирования графиков нагрузки в системе.
3. Использования сверхпроводящих кабелей, а также снижения потерь электроэнергии в реакторах, ЛЭП и шинопроводах.
4. Снижения потерь при трансформации электроэнергии. Правильный выбор количества и мощности трансформаторов, а также подбор рационального режима работы. Использование автотрансформаторов и компенсирующих устройств способствует снижению электрических потерь.
5. Использования для компенсации реактивной энергии аккумуляторов статических конденсаторов, напряжение которых составляет 6-8 кВ.
6. Использование синхронных электродвигателей, которые работают в режиме перевозбуждения.[4]
7. Совершенствования технологического процесса в системе электроснабжения.

Отдельной категорией по энергосбережению можно выделить осветительные установки в системах электроснабжения. Энергоэффективность осветительных установок повышается с помощью:

- использования новых источников света с более высоким КПД;
- максимальное использование естественного освещения, экономия на искусственном освещении;
- автоматическое отключение или снижение мощности источников основного освещения при его неиспользовании, использование дежурного освещения в ночные часы.

Данные меры по снижению потерь являются общепринятыми и многими энергетическими компаниями используются уже на протяжении многих лет. Однако эта статья направлена на инновационные решения вопроса энергосбережения и эффективности электрических сетей при передаче электроэнергии.[5]

Цель работы: собрать информацию по инновационным решениям в области энергосбережения и энергетической эффективности на примере разных компаний и холдингов в российской энергетической отрасли.

Инновации в сфере энергосбережения и повышение энергетической эффективности на примере электросетевой компании

Одной из целей электроэнергетических компаний в области энергосбережения является снижение негативного воздействия на окружающую среду в результате сокращения расхода топливно-энергетических ресурсов при осуществлении основных технологических процессов. Для этого планируется применять энергоэффективные и инновационные технологии и

оборудование, а также постоянно улучшать систему управления энергосбережением и повышением энергоэффективности в компаниях электросетевого комплекса. [6]

Стремление электросетевых организаций основан на переходе к модернизированной электрической сети с улучшенными характеристиками надежности, эффективности, доступности, управляемости и клиентоориентированности.

В ближайшие годы запланированы следующие мероприятия по направлениям энергоэффективного и инновационного развития:[7]

1. Автоматизация подстанций среднего и высокого класса напряжения 35-110 (220) кВ;
2. Внедрение интеллектуальных устройств релейной защиты на подстанции высокого напряжения;
3. Внедрение активно-адаптивных сетей с распределенной интеллектуальной системой автоматизации и управления;
4. Применение умных приборов учёта в распределительных электрических сетях с единой системой сбора и учёта данных, а также применение систем управления;
5. Реализация интеллектуальных распределительных сетей (Smart Grid);

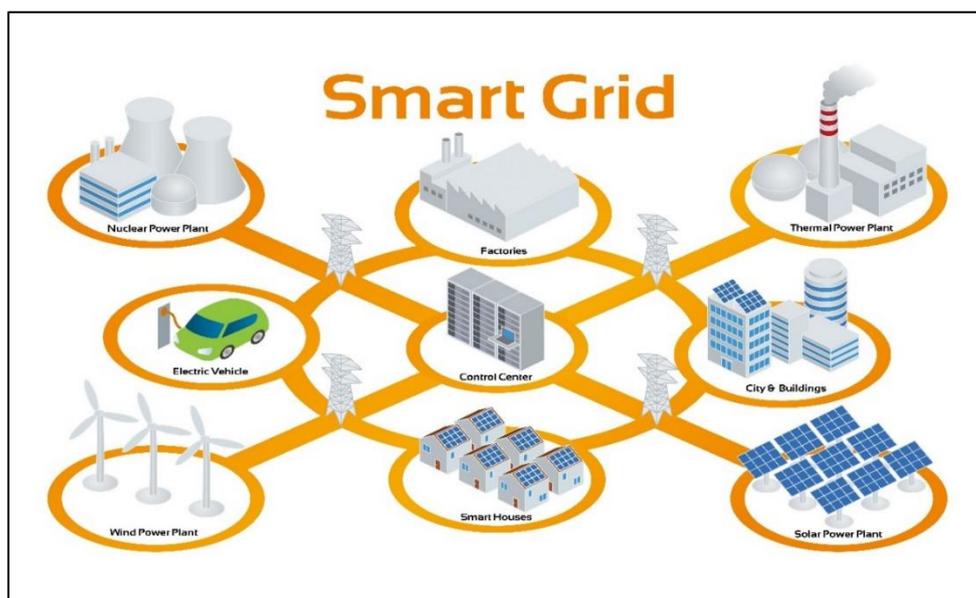


Рисунок 1 – Структурная схема Smart Grid

6. Модернизация системы сбора и передачи информации о технологических режимах работы линий электропередачи, оборудования и устройств на подстанциях на базе современных микропроцессорных систем;
7. Создание активно-адаптивной сети на базе интеллектуального в городских сетях, областных и отдельных энерго-районов;[8]
8. Применение реклоузеров на ВЛ 6-10 кВ с возможностью управления с помощью телемеханики и интеграции в SCADA-систему;
9. Установка устройств определения места повреждения ЛЭП на ВЛ 35-220 кВ при помощи волнового метода;

10. Установка автоматизированных систем мониторинга за состоянием энергетической сети;
11. Внедрение автоматизированной платформы оперативно-технологического управления SCADA/DMS/OMS на базе городских электросетей;

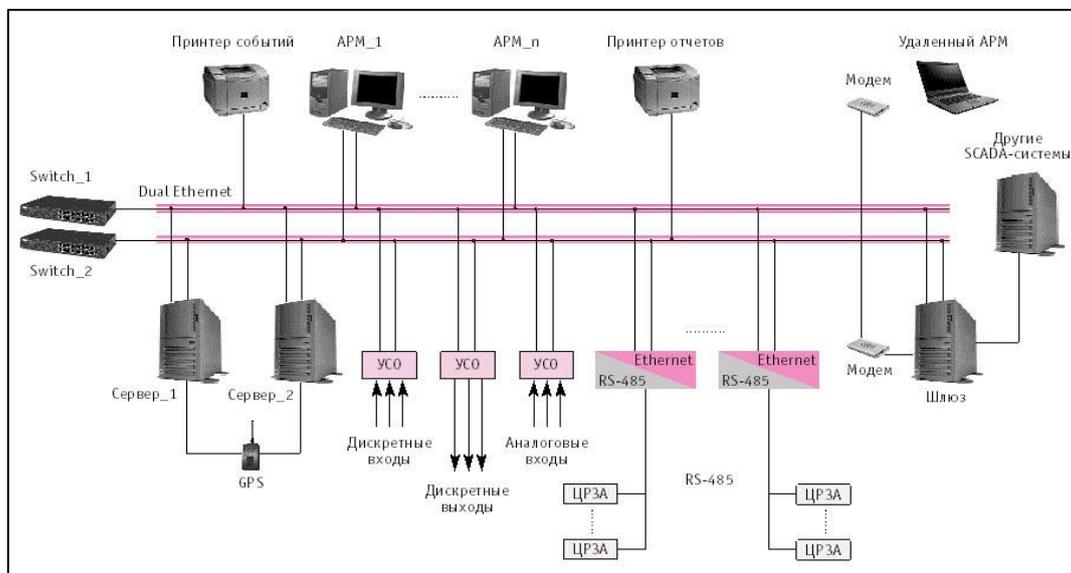


Рисунок 2 – Структурная схема SCADA-системы

12. Внедрение геоинформационных технологий (GIS);
13. Модернизация автоматизированной системы управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования (АС ТОиР);
14. Создание виртуального тренажера для управления мобильными оперативными бригадами («Цифровой электромонтер»);[9]
15. Автоматизация процессов обработки данных об аварийных ситуациях, отключениях и коротких замыканиях на базе специального программного комплекса;
16. Применение новых технологий и материалов в электроэнергетике;
17. Применение опор из композитных материалов для монтажа СКЛ (сервисных (временных) кабельных линий электроснабжения) 6-10 кВ.;
18. Применение передвижных электроустановок обратной трансформации (ПЭОТ) 0,4/10(6) кВ для временного электроснабжения потребителей при авариях;
19. Применение провода СИП-3 АНВП (алюминиевый нетермообработанный высокопрочный) на объектах ВЛ-6кВ.
20. Строительство энергоэффективных подстанций

Энергоэффективная подстанция

В федеральной сетевой компании, которая управляет магистральными сетями высокого, сверхвысокого и ультравысокого классов напряжения, реализуется национальный проект «Энергоэффективная подстанция». Идея данного проекта заключается в следующем: так как расход электроэнергии на собственные нужды подстанции (СН ПС) магистральных сетей 220-750 кВ составляет около 900 млн. кВт*ч в год, то возникает проблема снижения потерь на электроэнергию на собственные нужды подстанции.

Анализ показал, что 80% электроэнергии на собственные нужды подстанции распределяется по 3 категориям:

1. 33% - охлаждение трансформаторов и реакторов;
2. 26% - обогрев, кондиционирование и освещение диспетчерского пункта;
3. 21% - обогрев оборудования открытого распределительного устройства (ОРУ) ПС.

Для уменьшения расхода электроэнергии на СН ПС разработаны в качестве пилотных проектов следующие технологии [7]:[10]

Первым пилотным проектом по снижению расхода электроэнергии на СН ПС стала система утилизации тепла на ПС 500 кВ «Нижегородская», которая использует потери электроэнергии в трансформаторе, выделяемые в виде тепла, для отопления общеподстанционного пункта управления (ОПУ). Передача тепла от трансформатора к зданию производится при помощи теплообменников и контура с теплоносителем. Инновационным инженерным решением в проекте является применение теплового насоса для передачи тепла от антифриза к воде в системе отопления ОПУ ПС.



Рисунок 3 – Пример визуализации всех инженерных систем энергоэффективного здания ОПУ

На ПС 500 кВ «Нижегородская» внедрено наибольшее количество технических решений:

- утилизация тепла;
- частотно-регулируемые приводы (ЧРП);
- обогрев ОРУ;
- система мониторинга СН ПС;
- система отключения слабозагруженных ТСН;
- ТСН с сердечником из аморфной стали.

Предлагаемые технические решения позволят сократить до 30 % на расходы на СН ПС с 1720 тыс. кВт·ч в 2012 г. до 1160 тыс. кВт·ч в 2020 г. (без учета введенных в 2021 г.: отключение слабозагруженных ТСН и ТСН с сердечником из аморфной стали).

Проект по модернизации ПС 750 кВ «Владимирская» стал вторым в рамках повышения энергоэффективности. В рамках данного проекта применены:

- система частотного регулирования вентиляторов и маслонасосов на автотрансформаторе АТ-7;
- система жидкостного охлаждения трансформаторов с сухим охладителем и системой утилизации тепла на автотрансформаторе АТ-6.

В основе технологии лежит применение частотно-регулируемого привода с разработанным алгоритмом управления всеми электродвигателями вентиляторов и маслонасосов системы охлаждения, что, с одной стороны, обеспечивает весь перечень технологических и электрических защит, а с другой — значительно сокращает энергопотребление системы охлаждения трансформаторов.[11]

Уникальность разработки заключается в алгоритмах, которые собирают данные о температуре наиболее нагретой точки силовой обмотки и обеспечивают поддержание температуры наиболее нагретой точки силовой обмотки автотрансформатора в допустимом диапазоне со снижением частоты вращения двигателей. Электроэнергия, потребляемая при снижении частоты, пропорциональна третьей степени отношения частот. Таким образом, снижение частоты вращения в два раза приводит к снижению электропотребления в 8 раз.

Технологический эффект от применения частотного регулирования на ПС 750 кВ «Владимирская» достигает 75% от потребления системой охлаждения до реализации проекта, или 1333 тыс. кВт·ч/год. Частотный привод в 2–3 раза эффективнее, чем современные системы мониторинга и управления охлаждением, основанные на ступенчатом включении вентиляторов охлаждения в зависимости от загрузки трансформатора и температуры масла.



Рисунок 4 – Вид сверху на модернизированную ПС 750 кВ «Владимирская»

Высокотемпературная сверхпроводящая кабельная линия постоянного тока в Санкт-Петербурге

Высоковольтные линии высокого напряжения на постоянном токе характеризуются лучшей эффективностью при передаче электроэнергии на большие расстояния. Преимуществом такой системы является:

- Передача энергии большей мощности и без потерь на реактивную мощность;
- Меньшее число изоляторов на опорах ЛЭП при передаче электроэнергии по ВЛ;
- Снижение потерь на коронный разряд;
- Большая пропускная способность, за счёт меньшего влияния индуктивности проводов;
- Возможность связать две энергосистемы с разными значениями частоты сети.

Одним из проектов по внедрению линий на постоянном токе является высокотемпературная сверхпроводящая кабельная линия (ВТСП КЛ) постоянного тока между двумя подстанциями различного класса напряжения, расположенными в Санкт-Петербурге, это: ПС 330 кВ «Центральная» и ПС 110 кВ «РП-9»

ВТСП КЛ передает значительную мощность при минимальном сечении, обладает большей пропускной способностью. При прохождении тока не выделяется тепловая энергия, магнитное поле локализовано внутри кабеля, практически отсутствуют потери электроэнергии на реактивную мощность.

Увеличение числа воздушных и кабельных линий постоянного тока при передаче на большие расстояния будет способствовать росту энергетической эффективности.

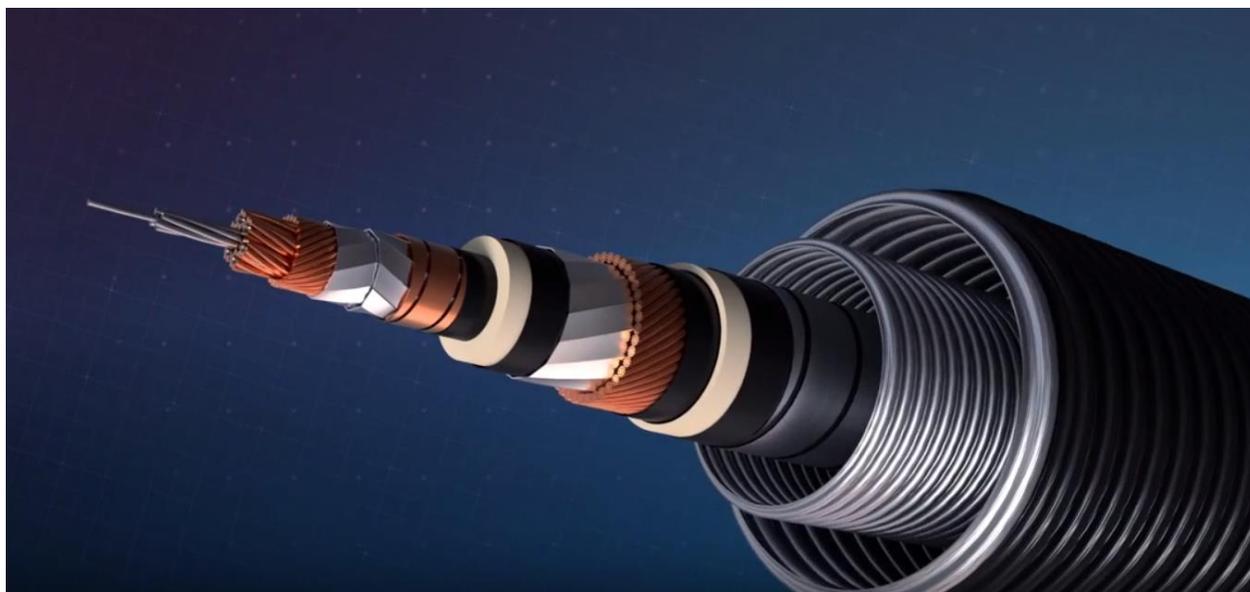


Рисунок 5 – Высокотемпературный сверхпроводящий кабель постоянного тока

В настоящее время в области энергоэффективности реализуются работы в 3-ех направлениях:

1. Модернизация и реновация инфраструктуры;

2. Замена старых кабельных линий на сверхпроводящие, а также замена неизолированных проводов на самонесущие изолированные провода (СИП) с лучшими показателями надежности и эффективности;
3. Внедрение системы «Энергоэффективная подстанция»;
4. Внедрение интеллектуальных системы: smart grid, scada-система, цифровой учёт электроэнергии.

Ключевой задачей электроэнергетических компаний является создание и внедрение автоматизированных систем мониторинга и контроля за состоянием электрической сети. Их цель – принятие решений и технологических операций без вовлечения оперативного персонала. Данные системы по автоматизации технологических процессов нацелены на повышение надежности передачи электроэнергии, а также направлены на снижение затрат на эксплуатацию и снижение потерь в сети.

Инновации в сфере энергосбережения и повышение энергетической эффективности на примере газопромысловой компании

Многие газодобывающие и газоперерабатывающие российские компании также принимают участие в области энергетической эффективности и энергосбережения [8].

Целью политики газопромысловых компаний является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергосбережения, в том числе:

- повышение энергетической эффективности на основе эффективного управления технологическими процессами и применения инновационных технологий и оборудования;
- рациональное использование энергетических ресурсов при производственных процессах, нормирование уровня удельных затрат;
- снижение отрицательного воздействия на биосферу;
- постоянное улучшение системы управления энергетической эффективностью и энергосбережением, обеспечение соответствия требованиям ISO 50001.

Экономия топливно-энергетических ресурсов в газопромышленной отрасли

Суммарная величина экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) за 2023 год составила 17 976,9 млн руб., а именно:

- природного газа — 4 008,97 млн м³ (15 809 млн руб.);
- электроэнергии — 377,81 млн кВт•ч (1 570,3 млн руб.);
- тепловой энергии — 185,75 тыс. Гкал (179,84 млн руб.);
- моторного топлива и горюче-смазочных материалов (ГСМ) — 16,96 тыс. т у. т. (417,49 млн руб.).

Перспективные проекты по энергоэффективности в газопромышленной отрасли

На северных территориях нашей страны, где отсутствует постоянное электро- и теплоснабжение и могут наблюдаться перебои с наличием электроэнергии и тепловой энергии, необходимы дополнительные резервные источники. К примеру, предлагается использовать тепло отходящих газов с компрессорных установок.

Также рассматривается использование турбодетандеров на газораспределительных станциях. При проведении ремонтно-восстановительных работ планируется применение мобильных компрессорных станций для сохранения нужного объема газа в системе.



Рисунок 6 – Мобильная компрессорная станция

Вопрос с электроснабжением в северных регионах решается за счёт установки автономных энергоустановок. Это могут быть как дизельные, так и бензиновые генераторы, однако последнее время всё чаще многие нефтегазовые компании внедряют возобновляемые источники энергии (ВИЭ) на удалённых или изолированных территориях, где наблюдается отсутствие постоянной электрической сети

К примеру, в Газпроме в 2021 г. без учета гидроагрегатов использовалось 2732 энергоустановки на базе ВЭР и ВИЭ, таких как турбодетандеры, термоэлектрогенераторы, солнечные фотоэлементы, ветрогенераторы. Общий объем электроэнергии, выработанной на этих энергоустановках, составил 5 649,8 тыс. кВт·ч.



Рисунок 7 – Использование солнечных батарей на площадке Ямсовейского месторождения

Альтернативное моторное топливо

Ведутся активные исследования и разработки в области альтернативного моторного топлива, которое позволит повысить ресурс двигателей специализированной техники, а также повысить энергоэффективность топлива (большое значение получаемой энергии при меньшем расходе топлива). Природный газ является наиболее универсальным и доступным топливом, способным заменить нефтепродукты. Он имеет экологические и экономические преимущества перед традиционными моторными топливами.

Всего на территории России расположено более 584 газозаправочных объектов, из них в управлении ООО «Газпром газомоторное топливо» находится около 300 объектов газозаправочной инфраструктуры. Количество стационарных газозаправочных объектов компаний с учетом введенных в эксплуатацию в 2022 г. составляет 386 единиц.

В 2022 год объем реализации КПП с АГНКС в России составил 947,8 млн куб м.

Многие электросетевые и газовые корпорации продолжают перевод собственной техники на природный газ. За счет использования метана снижены выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 38,8 тыс. т. (в 2022 г. — 34,6 тыс. т). Экономия от замещения нефтяных видов моторного топлива природным газом составила в отчетном году 2,6 млрд руб. (с НДС).

Выводы

Таким образом, развитие новых и энергоэффективных технологий позволит энергетическим компаниям перейти на более технологичное оборудование, которое позволит сократить потери при передаче электроэнергии на дальние расстояния, сократить потери при трансформации электроэнергии. Повсеместное внедрение энергоэффективных подстанций снизит затраты на собственные нужды подстанции (обдув и охлаждение трансформаторов и реакторов, отопление зданий ПС, освещение, обогрев оборудования). С помощью подмагничивания силовых трансформаторов при работе тиристорного регулятора возможно добиться компенсации реактивной мощности в высоковольтных сетях. Применение высоковольтных сверхпроводимых кабельных линий на постоянном токе позволит сократить потери реактивной мощности при её передаче на большие расстояния. Развитие и внедрение умных и цифровых подстанций позволит автоматизировать процессы восстановления системы энергоснабжения при незначительных авариях, а также получить постоянный мониторинг состояния энергосистемы и оборудования, участвующего в генерации и передаче электроэнергии. Применение системы smart grid позволит повысить стабильность в работе электрических сетей, а также увеличить эффективность распределения и потребления энергоресурсов.

Постепенное развитие и альтернативной энергетики положительно сказывается на состоянии энергосистемы страны. Внедрение возобновляемых источников энергии позволяет потребителям сократить зависимость от централизованных систем энергоснабжения. В этих условиях энергоэффективность становится еще одним фактором, влияющим на конкурентоспособность отрасли в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Шорохова, В. О. Пути повышения эффективности и оптимизации использования электрической энергии на примере ПАО «Россети» / В. О. Шорохова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 42 (437). — С. 13-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/437/95296/> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Постановление Правительства РФ №1473 от 9 сентября 2023 года [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/xQ1UWgkZNLRI09zNT6PTlnfK0EsXfxVS.pdf> ;
3. Отчёт эмитента эмиссионных ценных бумаг ПАО «Россети» за 2022 год [Электронный ресурс]: https://rosseti.ru/upload/iblock/40d/yjqajyocyje35smiveb1s6jkw2zengp4/Отчет_эмитента_ФСК_Россети%2012М_2022%20-%20раскрытие.pdf?ysclid=lnym7upw8a694659043;
4. Политика ПАО «Россети» в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Приказ № 483 от 28 января 2022 года.
5. Официальный сайт ПАО «Россети». Интернет-источник. [URL] ПАО «Россети» (rosseti.ru).
6. Национальный проект «Энергоэффективная подстанция». Интернет-источник. [URL] <https://www.ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>.
7. АО «НТЦ ФСК ЕЭС» [Электронный ресурс]: <https://ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>;
8. Энергосбережение и энергоэффективность в ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]: <https://www.gazprom.ru/sustainability/environmental-protection/energy-conservation/>.
9. Гетте, А. И. Энергоэффективность в электрических сетях / А. И. Гетте. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 22 (312). — С. 100-102. — URL: <https://moluch.ru/archive/312/70755/> (дата обращения: 17.11.2023).
10. Врублевских А.А., Горемыкин Е.В. Технология smart grid и цифровая подстанция // STUDNET. - 2020. -Т. 3, №12. -С. 1276-1284.
11. Крысанов В.Н. Вопросы энергосбережения в высоковольтных электрических сетях // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. - 2020. №12. -С. 13-16.

References

1. Shorokhova, V. O. Ways to increase efficiency and optimize the use of electric energy on the example of PJSC ROSSETI / V. O. Shorokhova. — Text : direct // Young scientist. — 2022. — № 42 (437). — P. 13-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/437/95296/> (accessed: 10/20/2023).
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1473 of September 9, 2023 [Electronic resource]: <http://static.government.ru/media/files/xQ1UWgkZNLRI09zNT6PTlnfK0EsXfxVS.pdf> ;
3. Report of the issuer of equity securities of PJSC ROSSETI for 2022 [Electronic resource]: https://rosseti.ru/upload/iblock/40d/yjqajyocyje35smiveb1s6jkw2zengp4/Отчет_эмитента_ФСК_Россети%2012М_2022%20-%20disclosure.pdf?ysclid=lnym7upw8a694659043;
4. The policy of PJSC ROSSETI in the field of energy saving and energy efficiency improvement // Order No. 483 of January 28, 2022.

5. The official website of PJSC ROSSETI. Internet source. [URL] PJSC ROSSETI (rosseti.ru).
 6. National project "Energy Efficient substation". Internet source. [URL] <https://www.ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>.
 7. JSC "STC FGC UES" [Electronic resource]: <https://ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>;
 8. Energy saving and energy efficiency in PJSC Gazprom [Electronic resource]: <https://www.gazprom.ru/sustainability/environmental-protection/energy-conservation/>.
 9. Gette, A. I. Energy efficiency in electric networks / A. I. Gette. — Text: direct // Young scientist. — 2020. — № 22 (312). — Pp. 100-102. — URL: <https://moluch.ru/archive/312/70755/> (date of request: 17.11.2023).
 10. Vrublevskikh A.A., Goremykin E.V. Smart grid technology and digital substation // STUDNET. - 2020. - Vol. 3, No. 12. -pp. 1276-1284.
 11. Krysanov V.N. Energy saving issues in high-voltage electrical networks // Energy conservation and energy efficiency. - 2020. No. 12. - pp. 13-16.
-