РАЗДЕЛ XV. ЭНЕРГЕТИКА

Винокуров С.Д., Шатов Д.В., Винокуров В.Д., Колтаков А.А.
Мобильная энергоустановка с генератором на топливных элементах для обслуживания авиационных комплексов

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/lj-11-2020-72

idsp: ljjournal-11-2020-72

Аннотация

В статье проводится анализ существующих наземных комплексов электроснабжения воздушных судов и представлена структурная схема энергоустановки с электрохимическим генератором и статическими преобразователями энергии постоянного тока, которая позволяет повысить мобильность аэродромных электроагрегатов за счет снижения габаритов и использования новых схемных решений преобразователей электроэнергии.

Ключевые слова: электрохимический генератор, топливные элементы

Abstract

The article analyzes the existing ground-based power supply systems for aircraft and presents a structural diagram of a power plant with an electrochemical generator and static DC power converters, which allows increasing the mobility of aerodrome power units by reducing the size and using new circuit solutions for power converters.

Keywords: electrochemical generator, fuel cells

В настоящее время на постоянных аэродромах базирования авиации для осуществления наземного обслуживания электроэнергетических систем воздушных судов (ВС) и запуска их авиационных двигателей используется централизованная система электроснабжения (ЦСЭС).

Достоинством ЦСЭС является возможность одновременного обслуживания 8-12 самолетов и вертолетов, низкие экономические затраты, невысокие материальные и трудовые затраты на обслуживание данной системы, а также сокращение количества обслуживающего персонала. Однако в случае обрыва линий электропередач нарушается связь объектов аэродрома с источниками электроснабжения, наступает режим вынужденной автономности, который может достигать несколько суток. В этой связи возникает потребность в использовании автономных энергетических установок.

В настоящее время мобильные средства электроснабжения ВС представлены аэродромными подвижными электроагрегатами (АПА), преимущество которых является возможность их перемещения своим ходом к месту обеспечения электрической энергией ВС. Они полностью автономны, обладают высокой проходимостью благодаря размещению специального оборудования на автомобильных базовых шасси. Их электроэнергетические системы состоят из одного или нескольких источников электрической энергии – генераторов, со своей аппаратурой управления, регулирования и защиты. Для привода роторов генераторов используется двигатель внутреннего сгорания (ДВС), мощность которого определяется исходя из суммарной номинальной мощности источников электрической энергии с учетом кратковременных перегрузок при их работе, вызванных запуском авиационных двигателей, одновременным включением большого числа бортовых потребителей.

Недостатками электроэнергетических систем с ДВС является низкий коэффициент полезного действия (КПД) преобразования энергии (20-30%) вследствие многоступенчатости механической передачи. Сложные кинематические схемы передачи крутящего момента от вала ДВС на ротор генераторов снижают надежность системы и качество электроэнергии. Нерациональность работы заключается также в использовании ДВС большой мощности и повышенном удельном расходе топлива.

Поэтому задача поиска рационального использования топлива, а также разработка научно обоснованных технических решений по созданию энергоустановок, позволяющих повысить экономичность процесса преобразования энергии и питания бортовых потребителей качественной энергией является актуальной и имеет существенную значимость для повышения боеготовности авиационных частей и подразделений.

Из всего многообразия типов источников электрической энергии критериям безопасности, простоты эксплуатации в широких диапазонах температур окружающей среды и высокой степени надежности и живучести удовлетворяют химические источники тока (ХИТ), которые уже применяются в качестве аварийных источников питания.

Они обладают рядом достоинств: отсутствием шума и вибрации; высоким КПД и отсутствием потребления реагентов в нерабочем состоянии; модульной конструкцией, позволяющей получать установки различной мощности и напряжения и размещать их в пространстве разной формы; простотой эксплуатации и хранения; достаточно высокой надежностью; возможностью работы в широких диапазонах внешнего давления и температур.

Недостатком используемых аккумуляторных батарей (АКБ) является неспособность к длительной работе, а значит, их использование в качестве постоянных источников электропитания на АПА становится нецелесообразным.

Электрохимические генераторы (ЭХГ), нашедшие применение в космической технике и на подводных лодках [1], перспективны в качестве источников электрической энергии для АПА. Они представляют собой ХИТ, в котором активные компоненты не заложены, а поступают извне, и по мере их поступления происходит выработка электрической энергии. В отличие от АКБ, они не требуют заряда в течение длительного времени, необходимо лишь заряжать баллоны с топливом и окислителем, что занимает значительно меньше времени. В ЭХГ химическая энергия топлива непосредственно превращается в электрическую в одну стадию с электрическим КПД равным 50-60 %. Ресурс работы достигает до 40 тысяч часов, обслуживание занимает 1-2 % от времени работы, процесс саморазряда отсутствует, вследствие этого они могут находиться в нерабочем состоянии (на хранении) сколь угодно долгое время и не требуют при этом обслуживания.

Электрохимический генератор состоит из батареи топливных элементов (ТЭ), систем переработки и подвода топлива, окислителя, системы отвода продуктов реакции, системы регулирования температуры. Топливный элемент не имеет движущихся частей, что обеспечивает долговечность и надежность его работы, имеет значительно больший КПД за счет преобразования химической энергии топлива в электричество в одну стадию и большую экономичность за счет отсутствия потребления реагентов в нерабочем состоянии. Основными его достоинствами для применения на военной технике являются: отсутствие вредных продуктов реакции, более высокая удельная энергия, нечувствительность к ударам, вибрации, радиации, вакууму, способность выдерживать кратковременные перегрузки до 100% номинальной мощности, отсутствие радиопомех и излучений, эксплуатация в широких пределах внешнего давления и температур.

Группой ученых из ВУНЦ ВВС «ВВА» [2] разработана функциональная схема автономной авиационной энергоустановки с генератором на топливных элементах,

учитывающая особенности обслуживания авиационных комплексов и требования к качеству выдаваемой электрической энергии, которая представлена на рисунке 1. Источником электроэнергии является ЭХГ на топливных элементах с последовательным их соединением в батарею. С выхода генератора снимается напряжение постоянного тока, которое с помощью статических преобразователей подводится к бортовым потребителям ВС.

1 – электрохимический генератор на топливных элементах; 2 - стабилизатор; 3,5 -DC-DC преобразователь; 4 - коммутационные элементы; 6, 7 - инверторы; 8 - блок автоматического управления и контроля; 9 – блок защиты.

Рисунок 1 – Функциональная схема авиационной энергоустановки

При подключении нагрузки к любому выходу устройства напряжение с генератора на топливных элементах 1 поступает через стабилизатор 2, первый DC-DC преобразователь 3 и далее либо в систему постоянного тока, где преобразуется вторым DC-DC преобразователем 5, либо в систему переменного тока на инверторы 6, 7, где преобразуется в однофазное или трехфазное напряжение частотой 400 Гц. Выходные сигналы фиксируются и контролируются блоком автоматического управления и контроля 8 и поступают в блок защиты 9. При изменении нагрузки напряжение генератора меняется, при этом стабилизатор совместно с первым DC-DC преобразователем поддерживают постоянное напряжение, необходимое для рабочего диапазона входных напряжений инверторов 6, 7, либо для DC-DC преобразователя 5. В случае аварийных режимов сигнал фиксируется блоком автоматического управления и контроля, поступает в блок защиты, который выдает управляющий сигнал на отключение соответствующей ветви системы при помощи коммутационных элементов 4.

Инверторы построены с применением высокочастотных импульсных схем, что позволяет воспроизводить синусоидальное напряжение на выходе. Форма сигнала формируется посредством широтно-импульсной модуляции, на выходе инвертора встроен сглаживающий фильтр. В качестве силовых элементов используются мощные IGBT-транзисторы, которые позволяют снизить массо-габаритные характеристики инвертора за счет меньшего их нагрева при работе.

В связи с тем, что бортовые потребители являются мощной нагрузкой, DC-DC преобразователи реализованы по схеме с двойным преобразованием энергии с гальванической развязкой, что обеспечивает высокую эффективность и надежность при резком изменении нагрузки. Задача согласования нагрузки с потребителем решается управлением работы силовых ключей в широтно-импульсном режиме. Использование высококачественной элементной базы и новых материалов позволят эксплуатировать энергоустановку при перепадах температур окружающей среды с коэффициентом

полезного действия более 95%. Точность поддержания выходного напряжения должна составлять 1%.

Использование широтно-импульсного преобразователя позволяет отказаться от громоздких дросселей для накопления энергии, что позволяет снизить вес установки на 2%.

Таким образом, на средствах наземного обеспечения электрической энергией бортовых потребителей ВС и запуска авиационных двигателей в качестве автономных источников целесообразно использовать электрохимические генераторы на топливных элементах. Представленная энергоустановка учитывает особенности обеспечения электрической энергией бортовых потребителей на полевых аэродромах и позволяет более эффективно использовать энергетические возможности топливных элементов. Использование статических преобразователей совместно с генератором на топливных элементах позволяет создавать мобильные энергоустановки, подающие на борт ВС энергию требуемого качества. Такие автономные энергоустановки выгодно использовать на холмистых и горных территориях, где штатные АПА применять невозможно.

1. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 280 с.
2. Патент на изобретение № 2440644. МПК H01M 14/00. «Авиационная энергоустановка с генератором на топливных элементах». Заявка № 2010143066. Опубликовано 20.01.2012 года. 4с.

Винокуров С.Д., Колтаков А.А., Винокуров В.Д., Бульба А.Д.
Обоснование структуры перспективной электрохимической энергоустановки для
питания наземных пунктов дистанционного управления беспилотными
летательными аппаратами

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/lj-11-2020-73

idsp: ljjournal-11-2020-73

Аннотация

В статье предложена структурная схема перспективной электрохимической энергоустановки для использования в качестве малогабаритного автономного источника питания наземных пунктов дистанционного управления БЛА, методом обобщенных параметров обоснованы оптимальный тип электролита топливного элемента, а также используемые реагенты.

Ключевые слова: электрохимическая энергоустановка, беспилотные летательные аппараты.

Abstract

The article proposes a structural diagram of a promising electrochemical power plant for use as a small-sized autonomous power source for ground stations for remote control of UAVs; the method of generalized parameters substantiates the optimal type of fuel cell electrolyte, as well as the reagents used.

Keywords: electrochemical power plant, unmanned aerial vehicles.

В настоящее время в различных областях деятельности наблюдается бурное развитие беспилотной авиации. В зависимости от решаемых задач и размеров данных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) их базирование осуществляется либо на аэродромах, либо на открытой местности. Для управления полетами БЛА используются