

Научная статья  
УДК 621.313.12

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Юрий Игоревич Филин

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Без стабильного электроснабжения потребителей невозможно представить жизнь современного общества. Работа, досуг, экономическое, социальное и физическое благополучие зависят от достаточного и бесперебойного энергоснабжения. Для этих целей обычно используют дизельные генераторные установки или аккумуляторные батареи. В последнее время все чаще внедряют систему резервного питания, основанную на топливных элементах, которая ранее рассматривалась как технология будущего, но уже сейчас является крайне перспективной и активно развивающейся во всем мире. Системы питания на топливных элементах - это альтернативная технология энергоснабжения. Топливные элементы преобразуют химическую энергию топлива в электричество посредством химической реакции положительно заряженных ионов водорода с кислородом или другим окислителем. Перспективы использования в промышленности – это питание потребителей, которым требуется многочасовое резервное электроснабжение с целью избежать долгосрочных перебоев в подаче электроэнергии. Стабильность и долговечность источников питания, основанных на топливных элементах, являются свойствами, которые делают их наиболее пригодными для длительного использования в качестве резервных источников питания в сравнении с аккумуляторными батареями и дизель-генераторами. Топливные элементы практически не нуждаются в техническом обслуживании, а их состояние может контролироваться удаленно. Источники питания, основанные на топливных элементах, сохраняют свою работоспособность в широком диапазоне температур. Системы на основе топливных элементов для резервного электроснабжения обеспечивают повышенную надежность сети, экологическую выгоду и экономичную эксплуатацию по сравнению с существующими технологиями, которые основаны на аккумуляторных батареях и использовании дизельного топлива.

**Ключевые слова:** топливный элемент, резервный источник питания, дизельный генератор, аккумулятор.

**Для цитирования:** Филин Ю.И. Перспективы использования топливных элементов в качестве резервных источников питания // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 5 (105). С. 61-64.

Original article

## PROSPECTS FOR USING FUEL CELLS AS BACKUP POWER SOURCES

Yuri I. Filin

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** It is impossible to imagine the life of modern society without a stable supply of electricity to consumers. Work, leisure, economic, social and physical well-being depend on sufficient and uninterrupted energy supply. Diesel generators or storage batteries are usually used for these purposes. Recently, a backup power system based on fuel elements has been increasingly introduced, which was previously considered as a technology of the future, but is already extremely promising and actively developing all over the world. Fuel cell power systems are an alternative energy supply technology. Fuel cells convert the chemical energy of fuel into electricity through the chemical reaction of positively charged hydrogen ions with oxygen or another oxidizer. The prospects for use in industry are the supply of consumers who require many hours of backup power supply in order to avoid long-term interruptions in the supply of electricity. The stability and durability of fuel cell-based power supplies are the properties that make them most suitable for long-term use as backup power sources in comparison with rechargeable batteries and diesel generators. Fuel cells practically do not need maintenance, and their condition can be monitored remotely. Fuel cell-based power supplies maintain their operability over a wide temperature range. Fuel cell-based systems for backup power supply provide increased network reliability, environmental benefits and economical operation compared to existing technologies that are based on accumulative batteries and the use of diesel fuel.

**Keywords:** fuel cell, backup power source, diesel generator, battery.

**For citation:** Filin Y.I. Prospects for the use of fuel cells as backup power sources // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. №5 (105). 61-64.

**Введение. Постановка задачи.** Использование топливных элементов ранее рассматривалось как технология будущего для применения в различных отраслях промышленности [1]. Однако в настоящее время она достигла «зрелости» и является прямым конкурентом аккумуляторных батарей и дизельных генераторов, которые активно используются в качестве резервных источников питания в

электроснабжении [2] (рис. 1). Топливные элементы имеют более длительный срок службы, особенно в режиме «ожидания» эксплуатации и не требуют технического обслуживания, а также менее чувствительны к перепадам температур [3].



Рисунок 1 – Источники питания: а - свинцово-кислотная батарея; б - топливный элемент; в – дизельный генератор

Целью данной работы является рассмотрение перспектив и возможностей применения топливных элементов в качестве источников резервного питания а также сравнение их с характеристиками аккумуляторных батарей и генераторов.

**Общие сведения.** Топливные элементы преобразуют химическую энергию топлива в электричество посредством химической реакции положительно заряженных ионов водорода с кислородом или другим окислителем. Они отличаются от аккумуляторов тем, что для поддержания химической реакции им требуется постоянный источник топлива и кислород или воздух (рисунок 2).

Все топливные элементы состоят из анода, катода и электролита, который позволяет положительно заряженным ионам водорода (или протонам) перемещаться между двумя сторонами топливного элемента (рисунок 2). Анод и катод содержат катализаторы, которые заставляют топливо проходить реакции окисления, в результате которых образуются положительно заряженные ионы водорода и электроны. Ионы водорода после реакции проходят через электролит. В то же время электроны проходят от анода к катоду через внешнюю цепь, вырабатывая электричество постоянного тока. На катоде ионы водорода, электроны и кислород вступают в реакцию с образованием воды.

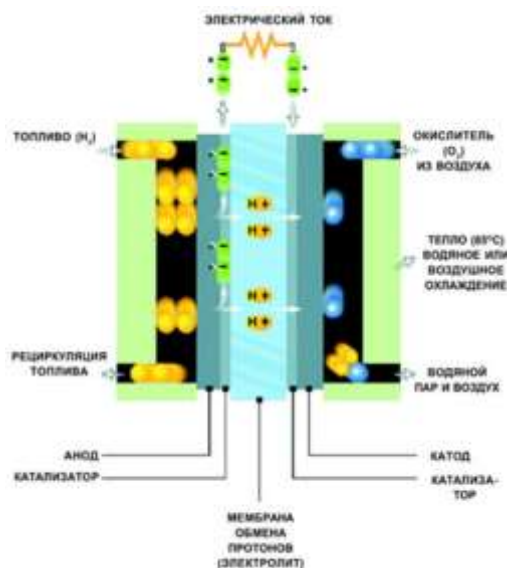


Рисунок 2 – Схема топливного элемента

**Сравнительные характеристики топливных элементов, аккумуляторов и дизельных генераторов.** Топливные элементы являются источниками питания постоянного тока похожими на аккумуляторные батареи [4]. Существенное отличие заключается в том, что топливо хранится вне топливного элемента и, как правило, в виде сжатого газообразного водорода или в виде гидрида металла.

Они могут производить энергию до тех пор, пока в баках есть топливо. Заряжаются просто «засыпкой» баков необходимым топливом. В этом смысле топливные элементы напоминают дизельные генераторы. Мощность системы зависит от размера хранилища газа (бака).

**Долговечность.** Топливные элементы обладают отличной долговечностью как в эксплуатации, так и в режиме ожидания (долговечность в режиме ожидания обычно является наиболее важным параметром). Например, ожидаемый срок службы систем полимерных электролитических топливных элементов компании Cellkraft превышает 20 000 часов работы, что примерно в два раза больше, чем типичные источники питания [5].

По сравнению с батареями в электрохимически активной части топливных элементов отсутствует химическая деградация [6], поэтому срок службы систем в режиме ожидания практически не ограничен.

Накопитель энергии в виде сжатого водорода практически не имеет «саморазряда». При использовании максимально допустимой скорости утечки ( $6 \text{ см}^3/\text{ч}$ ) 50% «саморазряда» заняло бы 95 лет. Эти значения можно сравнить с показателями свинцово-кислотных аккумуляторов, которые из-за присущей им химической нестабильности имеют срок службы менее десяти лет даже в оптимальных условиях (температура окружающей среды  $20^\circ\text{C}$  или менее). При более высокой температуре скорость деградации значительно ускоряется. Дизельные генераторы при надлежащем техническом обслуживании могут достигать более 30 лет совместного срока службы, включая до 5000 часов активной работы [7].

**Техническое обслуживание.** Резервные источники питания на топливных элементах не нуждаются в техническом обслуживании. В свою очередь батареи также практически не требуют ТО, однако есть необходимость иногда их подзаряжать для поддержания уровня заряда батарей из-за саморазряда. Дизельные генераторы имеют наибольшие потребности в техническом обслуживании, которое включает в себя проверку уровня масла в картере, уровня охлаждающей жидкости, загрязненности воздушного фильтра, состояния и натяжения приводных ремней, запуск двигателя установки, прогрев его до необходимого теплового значения, проверка основных параметров работы на холостом режиме, замена масла и масляного фильтра, топливных и воздушного фильтров.

**Надёжность.** Из-за небольшого, реального опыта использования топливных элементов имеются ограниченные, но многообещающие данные о надежности. Как в топливных элементах, так и в батареях элементы соединены последовательно. Это означает, что самые слабые ячейки влияют на производительность и надежность. Однако блоки топливных элементов могут работать, даже если некоторые элементы не обеспечивают нормативов напряжения. Еще одним положительным фактором является то, что топливо в топливных элементах не хранится в объеме элемента, поэтому не может возникнуть «несбалансированная» выработка электроэнергии. Надежность топливных элементов также зависит от многих инженерных решений: материалов для прокладок, выбора насосов и так далее. Другим важным фактором надежности является то, насколько хорошо система топливных элементов собрана и установлена. В отличие от этого, аккумуляторы не нуждаются в сложной установке. Надежность аккумуляторов в основном определяется их возрастом, которая со временем снижается ввиду уменьшения их пропускной способности. Так же емкость батарей в значительной степени зависит от воздействия температуры.

Дизельные генераторы представляют собой сложные системы, для запуска которых требуется значительное количество электроэнергии. Запуск является единственным наиболее важным элементом для обеспечения надежности дизельных генераторов, особенно в холодных условиях. При надлежащем техническом обслуживании дизельные генераторы обладают относительно высокой надежностью [8].

**Контроль за техническим состоянием.** Технические данные систем топливных элементов могут контролироваться удаленно. В свою очередь, следить за состоянием аккумуляторов значительно сложнее. Энергетическую емкость можно измерить, разрядив и зарядив аккумулятор, но в реальных условиях это используется не часто. Обычно аккумулятор просто заменяется через определенный промежуток времени. Неполнота данных о состоянии батарей, связанных с пропускной способностью, снижают надежность и увеличивают затраты. Чтобы обеспечить высокую надежность, батареи заменяются задолго до того, как могут возникнуть проблемы.

В дизель-генераторах их состояние, а также накопленное топливо, как и в топливных элементах, могут быть легко измерены.

**Термостойкость.** Топливные элементы требуют охлаждения, поскольку они работают и производят электроэнергию. При правильной системе охлаждения система топливных элементов может работать при высоких температурах окружающей среды (до  $50^\circ\text{C}$ ). Охлаждение системы топливных элементов, как правило, реализуется с помощью радиатора. В режиме ожидания охлаждение не требуется и система топливных элементов может выдерживать очень высокие температуры окружающей среды. Деградации не ожидается даже при температуре окружающей среды до  $75^\circ\text{C}$ . Дизельные гене-

раторы также хорошо работают при высоких температурах окружающей среды, если подобрана необходимая система охлаждения.

Правильно спроектированные и эксплуатируемые системы топливных элементов могут выдерживать очень низкие температуры и, соответственно, без проблем запускаться (например, работоспособность системы Cellkraft начинается с  $-33^{\circ}\text{C}$ ). В минусовых условиях не происходит снижения энергетической мощности или потери электроэнергии. Емкость аккумуляторных батарей и выработка энергии значительно снижается при низких температурах. Дизельные генераторы должны постоянно нагреваться электрическим отоплением, чтобы быть готовыми к запуску в холодных условиях.

**Выводы:** 1. Стабильность и долговечность источников питания, основанных на топливных элементах, являются свойствами, которые делают их наиболее пригодными для длительного использования в качестве резервных источников питания в сравнении с аккумуляторными батареями и дизельными генераторами.

2. Топливные элементы практически не нуждаются в техническом обслуживании, а их состояние может контролироваться удаленно.

3. Источники питания, основанные на топливных элементах, сохраняют свою работоспособность в широком диапазоне температур (от  $-33$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ).

#### Список источников

1. Топливные элементы. Устройство, виды, принцип действия топливных элементов / А.А. Кусамин, С.А. Осмоловский, В.А. Черкашин и др. // Экономика и социум. 2022. № 5-1 (96). С. 1049-1055.

2. Усков А.Е. Выбор оптимального резервного источника электроснабжения // Сельский механизатор. 2022. № 1. С. 36-38.

3. Никишин Т.П., Денисов Е.С., Адьютантов Н.А. Релаксационные процессы батарей твердополимерных водородных топливных элементов и оценка их диагностических свойств // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2020. № 7. С. 1-12.

4. Копылова Е.А., Безик В.А. Особенности применения возобновляемых источников энергии // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 248-252.

5. Сравнительный анализ различных видов топливных элементов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <http://www.cleandex.ru/articles/2015/08/08/fuelcell-comparative> (дата обращения: 01.03.2023).

6. Доброго К.В., Бладыко Ю.В. Моделирование аккумуляторных батарей и их сборок с учетом деградации параметров // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2021. Т. 64, № 1. С. 27-39.

7. Моделирование динамических режимов систем электроснабжения с резервными дизельными генераторами / Ю.Н. Булатов, А.В. Крюков, В.Х. Нгуен, З.Х. Чан // Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 34. С. 38-48.

8. Кирдищев Д.В. Применение метода последовательного анализа при выявлении дефектов топливной аппаратуры дизеля // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69, № 4 (49). С. 12-17.

#### Информация об авторе:

**Ю.И. Филин** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### Information about the author:

**Yu.I. Filin** - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Electric Power Engineering and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The author is responsible for his work, submitted data and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 25.09.2024, принята к публикации 30.09.2024.

The article was submitted 20.03.2024; approved after reviewing 25.09.2024; accepted for publication 30.09.2024.

© Филин Ю.И.