

Рустамов Насим Тулегенович
Доктор технических наук, МКТУ им. Ходжи Ахмеда Ясави,
г. Туркестан, Республика Казахстан

Мухаммадиев Бахтияр Сапарович
и.о.доцента, Джизакский Политехнический институт
г.Джизак, Республика Узбекистан

НАКОПЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ЕЁ ХРАНЕНИЕ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ.

Аннотация: В данной статье рассматривается анализ перспектив накопления и хранения энергии в современной энергосистеме с учетом разнообразных технологий хранения (интермодальные хранилища: балансирующие резервы, аккумуляторные системы, pumped hydro и др.).

Ключевые слова: энергия, накопитель, преобразователь, система хранения, источник, сглаживание, спрос, производство, генерация.

Rustamov Nasim Tulegenovich
Doctor of Technical Sciences, MKTU named after Khoja Ahmed Yasavi,
Turkestan, Republic of Kazakhstan

Mukhammediev Bakhtiyar Saparovich
Acting Associate Professor, Jizzakh Polytechnic Institute
Jizzakh, Republic of Uzbekistan

ENERGY ACCUMULATION AND ITS STORAGE IN AN ENERGY SYSTEM

Abstract: This paper analyzes the prospects for energy accumulation and storage in a modern energy system, taking into account various storage technologies (intermodal storage: balancing reserves, battery storage systems, pumped hydro, and others).

Keywords: energy, accumulator, converter, storage system, source, smoothing, demand, production, generation.

Введение. Нынешние технологии накопления электроэнергии существенно упрощает установку возобновляемых источников энергии в большом количестве, при помощи которых появляется возможность

обеспечением электроэнергией, в то время, когда возобновляемые источники по каким-то причинам не могут этого сделать.

Цель работы - анализ и выбор накопителей энергии разнообразного типа.

Метод решения. Современные направления развития электроэнергетических систем зачастую связаны с обширным внедрением новейших технологий, особенно генерации при помощи возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели, ветрогенераторы и т.д., автоматизированные системы управлением переменным током, благодаря чему появляется возможность вводить в эксплуатацию новые генерирующие мощности и способность снизить напряженность в экологической среде от электроэнергетики [1].

Энергетическая система - это система, обеспечивающая производство, передачу, распределение и использование энергии. Сбор (генерация) энергии — процесс производства энергии из различных источников, а хранение энергии — накопление энергии для последующего использования. К основным способам генерации энергии относятся солнечная энергия (*solnechnaya energiya*) — используется в солнечных электростанциях (СЭС), энергия ветра (ветровая энергия) — применяются ветровые электростанции (ВЭС) и тепловая энергия (*teplovaya energiya*) — например, газовые электростанции.

Развитие системы генерации и накопления энергии направлено на обеспечение энергетической безопасности, снижение зависимости от традиционных источников топлива и сокращение выбросов парниковых газов.

Накопитель энергии, это устройство, воспринимающее, сохраняющее и выделяющее [энергию](#) для использования без преобразования её вида. Накопители энергии различаются объёмом запасаемой энергии, скоростью её накопления и отдачи («зарядки» и «разрядки»), удельной энергоёмкостью (плотностью накопленной энергии), возможными сроками её хранения и другими параметрами, включая надёжность и стоимость изготовления и обслуживания. Например, при производстве электрической энергии с использованием [возобновляемых источников](#) (вода, ветер, солнце и др.)

возникает проблема непостоянства их [мощности](#). Поэтому энергию источника при её избытке необходимо запасти в накопителе энергии, а затем уже расходовать эту накопленную энергию в необходимом количестве. При этом накопитель энергии будет играть роль [демпфирующего устройства](#), сглаживающего [колебания](#) мощности источника (например, [гидроаккумулирующая электростанция](#)). Если вид энергии при этом меняется, например с электрической на механическую, то этот переход осуществляет преобразователь энергии, в данном случае [электродвигатель](#).

Все накопители энергии делятся по виду энергии, с помощью которого происходит хранение (рис.1):



Рис.1. Классификация накопителей энергии по виду энергии [2].

Не рассматриваются малозначимые с энергетической точки зрения накопители, например [фосфоресцирующие](#) составы – накопители [световой энергии](#).

Системы хранения электроэнергии (ЭЭ) разделяют на системы промышленного хранения энергии, характеризующиеся относительно большой емкостью, и относительно малые накопители, используемые для нужд домохозяйств и индивидуальных потребителей [3].

Наиболее распространенным способом (99% мировых мощностей) промышленного хранения электроэнергии являются механические системы, в первую очередь – гидроаккумулирующие.

Рассмотрим накопители электроэнергии. Из множества электрических аккумуляторов наиболее перспективными для применения как в бытовой [электронной технике](#), так и в [электромобилях](#) являются [литий-ионные аккумуляторы](#). Их удельная энергоёмкость (одна из самых высоких для электрических аккумуляторов) 400–720 кДж/кг, удельная мощность около 300 Вт/кг. Важное достоинство – отсутствие так называемой эффекта памяти (низкий уровень саморазряда); недостатки – относительно небольшой срок службы (свыше 1000 циклов), подверженность старению (срок службы не более 5 лет). Из ёмкостных накопителей наиболее перспективны [электрохимические конденсаторы](#) (суперконденсаторы, или ионисторы), которые, по мнению отечественных и зарубежных специалистов, в будущем могут вытеснить электрохимические аккумуляторы. Удельная энергоёмкость их в десятки раз больше, чем у обычных электролитических конденсаторов.

Любая [катушка индуктивности](#) является индуктивным накопителем электроэнергии, но срок хранения энергии ничтожен из-за активного сопротивления [обмоток](#). В условиях [сверхпроводимости](#) индуктивные накопители приобретают техническую реальность.

Системы хранения энергии (Bess-Battery Energy Storage Systems) позволяют сохранять запасную энергию и использовать ее при пиковом спросе или нестабильности энергосистемы. Они играют ключевую роль в стабилизации энергосистемы, особенно при использовании возобновляемых источников энергии, поскольку генерация зависит от погодных условий.

Такие системы хранения энергии помогают сглаживать колебания в энергосистеме, увеличивать долю "зеленой" энергетики и повысить надежность энергосистемы.

Балансирующие резервы — это специальные мощности в энергосистеме, предназначенные для оперативного устранения небалансов между производством и потреблением электроэнергии, вызванных непредвиденными изменениями нагрузки, ошибками прогнозирования выработки (особенно от ВИЭ — ветровых и солнечных станций) и аварийными отключениями генераторов или линий электропередачи.

Система аккумуляторов содержит отдельные аккумуляторные элементы, которые преобразуют химическую энергию в электрическую и обратно. Элементы собраны в модули, которые, в свою очередь, образуют аккумуляторные блоки.

Технология pumped hydro (PSH) — это система хранения энергии, в которой используется вода и гравитация для хранения и выпуска электричества. Принцип работы: в периоды низкого спроса на энергию электричество используется для перекачивания воды из нижнего резервуара в верхний. Когда спрос на энергию высокий, накопленная вода сбрасывается обратно в нижний резервуар через турбины, генерируя электричество. Преимущества технологии- это большая ёмкость хранения по сравнению с батареями, что делает её подходящей для управления энергией в крупных масштабах, долгий срок службы, часто превышающий 50 лет и высокая эффективность, обычно в диапазоне 70–80%.

При хранении энергии различают несколько методов, таких как длительное хранение энергии и быстро высвобождаемой. Некоторые технологические методы больше заточены под обеспечение коротких всплесков электроэнергии для приложений, которые обеспечивают качество электроэнергии, к примеру, сглаживание выработки возобновляемых источников энергии от часа к часу. Так же, оборудование выйдет из строя если поток электроэнергии вдруг станет резким и неплавным [1].

Возобновляемая электроэнергия или другая доступная продукция могут храниться в периоды низкого спроса и высвободиться в периоды более высокого спроса. Ниже приведен график показывающий зависимость

выравнивания нагрузки или снижение пиковой нагрузки, относится к использованию электроэнергии, хранящейся в периоды низкого спроса, для удовлетворения пикового спроса на электроэнергию в тот же день, но чуть позже (рис.2):

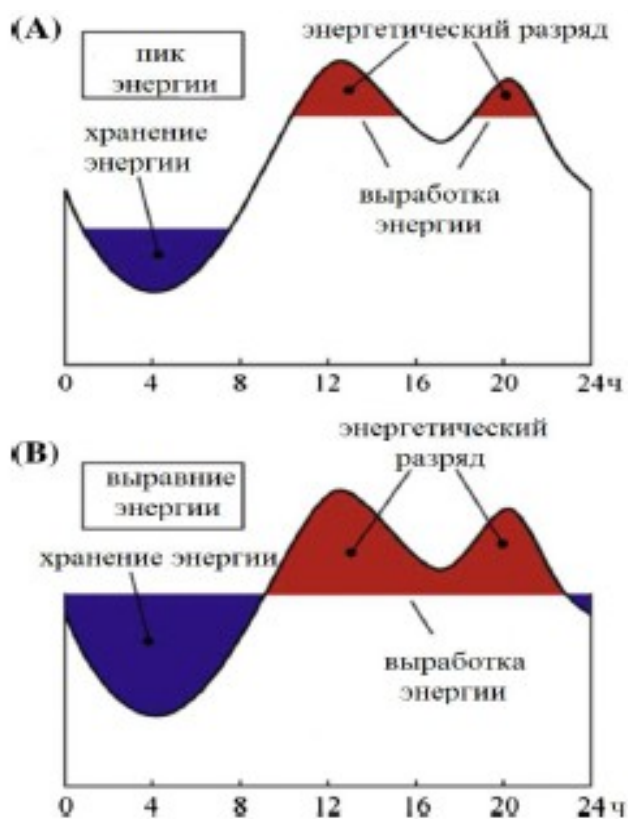


Рис.2. Однодневный профиль нагрузки системы хранения электроэнергии [4].

Системы хранения электроэнергии выполняют ряд значимых функций:

1. Служат основным источником энергии (а также являются аварийным источником энергии), так как могут полностью обеспечивать потребителей постоянным и бесперебойным электроснабжением длительный период времени без подключения к электрическим сетям.

2 Регулируют параметры системы – снижают потери электроэнергии, выравнивают пиковые нагрузки в сети и повышают ее качество за счет регулярного управления напряжением и частотой.

3 Оптимизируют потребление, то есть управляют графиком потребления за счет частичного обеспечения электроснабжения или аккумуляции электроэнергии [5].

Вывод. Накопители энергии находят все более широкое применение в электроэнергетических системах, автономных энергетических установках, транспортных системах, бортовом оборудовании, технологической аппаратуре, электрофизических стендах и т. д.

Эффекты при использовании накопителей энергии - для генерации: использование накопителей позволит улучшить процесс производства электроэнергии за счёт выравнивания графика нагрузки, а также позволит избавить тепловую генерацию от роли регулятора. В свою очередь это позволит снизить расходов на углеводородное топливо, повышения коэффициента использования установленной мощности электростанций, снизить потребность в строительстве новых электростанций и повысить надёжность снабжения электричеством потребителя.

Исходя из вышеуказанных, можно прийти к выводу что:

- использование накопителей энергии эффективно решает проблему несовпадения графиков производства и потребления электроэнергии, это особенно важно для автономных энергосистем, где спрос на электроэнергию не всегда совпадает с её выработкой;

- применение систем накопления энергии позволяет повышать надёжность и стабильность электроснабжения, создавать запасы энергии на время возможных перебоев или неисправностей, сглаживать пиковые нагрузки [6];

- использование накопителей позволяет оптимизировать потоки энергии и хранить её невостребованные объёмы, полученные при избытке альтернативной генерации;

- в будущем системы накопления энергии могут играть ключевую роль в развитии возобновляемых источников энергии и уменьшении негативного воздействия человеческой деятельности на окружающую среду;

– дальнейшее развитие систем накопления энергии может привести к созданию более эффективных, экологически чистых и безопасных решений в области энергетики.

Использованная литература.

1. Н.В. Фролов. Применение сетевых накопителей электрической энергии в системах электроснабжения: магистерская диссертация – Тольятти, 2023.- 76 с.
2. Марьенков С. А. Применение технологии накопления электрической энергии для увеличения надежности системы электроснабжения на базе возобновляемых источников электрической энергии// Международный научно-исследовательский журнал. 2016 № 6 (48), ч. 2 С. 103–107.
3. Приоритетные направления, ключевые технологии и сценарии развития систем накопления энергии / Л. В. Калимуллин, Д. К. Левченко, Ю. Б. Смирнова, Е. С. Тузикова // Вестник ИГЭУ. 2019 № 1 С. 42–54.
4. П.А.Воронин, Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение/М.:Издательский дом “ДодекаXXI”,2018.–384 с.
5. Лисогурский И. А., Лисогурская Л. Н. Накопители электрической энергии: Функции и перспективные технологические направления развития // Вестник магистратуры. 2018 № 12-4 (87). С. 44–45.
6. Каманина М.А. и др. НИУ «Московский энергетический институт». Межд. научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 7 (64) Т.1. Июль 2023 г.
7. Рустамов Н. Т. и др. Коэффициент полезного действия фрактальных солнечных коллекторов //Экономика и социум. – 2025. – №. 2-2 (129). – С. 405-412.
8. Мухаммадиев Б. С. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ (УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ) КОНСТРУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ //Экономика и социум. – 2025. – №. 2-2 (129). – С. 363-367.
9. Saparovich M. B., Akbarovna K. M. ISHLAB CHI QARISHDA QO'LLANILADIGAN O'ZGARTKICHLARNING ASOSIY XUSUSIYATLARI VA

ISHLASH TAMOYILLARI //INNOVATION IN THE MODERN EDUCATION SYSTEM. – 2024. – Т. 5. – №. 47. – С. 255-261.

10. Мухаммадиев Б. С., Эшонкулова М. Н. Определение оптимальных соотношений параметров преобразователя механических напряжений с дискретным выходом //Экономика и социум. – 2021. – №. 11-2 (90). – С. 207-211.

11. Мухаммадиев Б. С. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ //Экономика и социум. – 2025. – №. 11-2 (138). – С. 872-875.