

УДК 621.311

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ**

Андреев В.А.

Научный руководитель – ассистент Ханевская В.А.

С развитием энергетики люди столкнулись с проблемой эффективного сохранения излишков энергии для последующего использования. Особенно пагубно сказывается данная проблема на развитии способов выработки энергии с использованием возобновляемых источников энергии, например, гидроэнергетика, гелиоэнергетика, ветроэнергетика и тд. Проблема заключается в том, что такие способы не могут обеспечить гарантированное поступление энергии потребителям в связи с суточными, сезонными или вовсе плохо прогнозируемыми изменениями их мощности. Именно поэтому сегодня решение данной проблемы вызывает повышенный интерес. Эффективное хранение энергии позволит выровнять пики нагрузок, снизить стоимость электроэнергии в пиковые часы потребления, эффективно использовать возобновляемые источники энергии. На данный момент существует множество способов хранения энергии, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

**Гидроаккумулятор.**

Гидроаккумулятор является наиболее старой, отлаженной и распространенной технологией хранения энергии в больших объемах. Принцип работы довольно прост: две емкости для воды расположены на разном уровне высоты. Во время минимальной потребности в электроэнергии, энергия используется для закачивания воды в верхний резервуар. Во время пика потребления электричества вода с верхнего резервуара сливается вниз, проходит через турбину гидрогенератора, который вырабатывает электричество. Затем вода проходит в нижнюю емкость, откуда затем может пройти данный цикл много раз. Преимущество данной технологии заключается в том, что вода может проходить большое количество циклов, а эффективность составляет порядка 75-85%. Однако среди недостатков можно выделить то, что установка гидроаккумуляторов является дорогостоящей и требует особые географические условия. Установленная мощность всех гидроаккумуляторов в мире составляет порядка 140ГВт. На данный момент в Германии разрабатываются проекты гидроаккумуляторов, которые будут размещены в местах неиспользуемых угледобывающих шахт, а также на дне океана в специально созданных сферических хранилищах.



Рисунок 1 – Верхний резервуар с водой.

### **Сжатый воздух.**

Данная технология заключается в следующем: накопленная энергия подается на электродвигатель, приводящий в действие компрессор. Сжатый в компрессоре воздух охлаждается и хранится при давлении 60-70 атмосфер. Затем при необходимости воздух извлекается из накопителя, нагревается и подается в газовую турбину, где сжатого и нагретый воздух вращает турбину, а генератор подает электроэнергию в энергосистему [6]. Среди минусов данной технологии можно выделить низкий КПД - менее 55%. Это объясняется тем, что часть энергии в процессе сжатия газа превращается в тепловую форму. Установленная мощность в мире не превышает 400 МВт. На сегодняшний день разработана перспективная технология CAES, направленная на повышение эффективности. Она заключается в том, что цикл сжатия и расширения газовой турбины разделяется на два отдельных процесса. После сжатия и охлаждения воздуха в компрессоре, тепловая энергия, выработанная при этом, хранится в герметичном пространстве во время низкого спроса электроэнергии в виде сжатого воздуха. Затем сжатый воздух извлекается путем выкачивания из резервуара воздуха, смешивается с топливом и сжигается, а после расширяется через турбину. Отработанное тепло может быть захвачено через рекуператор перед выпуском в атмосферу и использовано для дальнейшего нагрева холодного воздуха. Эффективность данной технологии в пределах 60-80%. Также энергия в системе CAES может храниться более года, а срок службы таких систем 20-40 лет [2]. Также испытывается новая система EnergyBag – хранение сжатого воздуха в

полимерных накопителях на глубине в несколько сотен метров. Данная система обеспечивает КПД в порядке 75-85%.

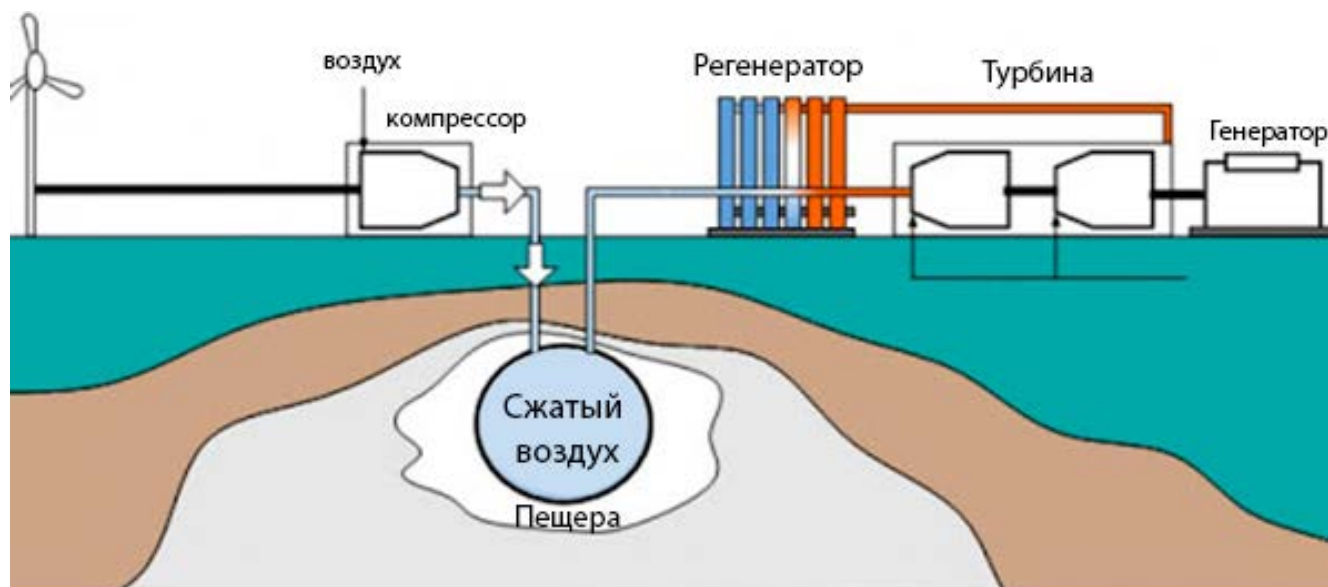


Рисунок 2 – Хранение энергии сжатого воздуха.

### **Расплавленная соль.**

Расплавленная соль имеет свойство удерживать тепло в течение длительного времени. Соль может быть разогрета и расплавлена солнечным инфракрасным излучением. Принцип работы башенных солнечных электростанций заключается в следующем: множество отражателей направляют солнечную энергию на резервуар с солью, который установлен на вершине башни, установленной в центре станции [4]. Расплавленная соль может храниться несколько часов и использоваться, например, для отопления домов вечером, или немедленно вырабатывать электроэнергию посредством парогенератора и турбины. Главное преимущество данной технологии – функционирование расплавленной соли при высоких температурах – более 500 С, благодаря чему работа паровой турбины становится более эффективной. Одним из подобных проектов является солнечный парк в Арабских Эмиратах. В лаборатории AlphabetX изучают возможность использования расплавов соли в сочетании с антифризом [3].

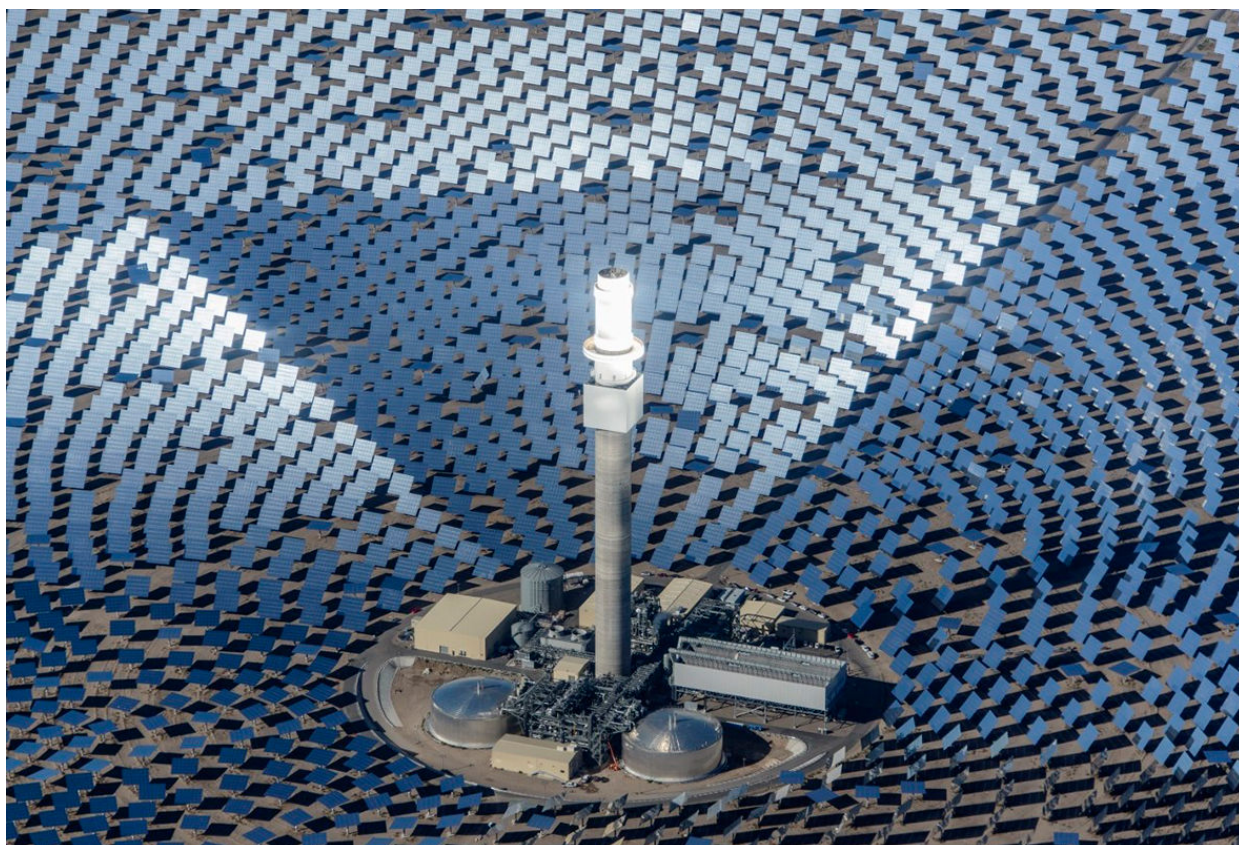


Рисунок 3 – Башенная солнечная электростанция.

### **Проточный химический аккумулятор.**

Аккумулятор отличается от редокс-батареи тем, что аккумулятор выполнен в виде единого корпуса, в котором находятся сразу химические вещества и электроды, с помощью которых вырабатывается электричество. Проточная редокс-батарея позволяет отдельно вынести модуль, преобразующий энергию химических веществ в электроэнергию, и отдельно резервуары, в которых электроэнергия в виде химических веществ будет храниться [5]. Принцип работы проточного аккумулятора состоит в следующем: две жидкости, которые выполняют роль электродов, движутся через топливную ячейку с мембраной, в которой происходит ионное взаимодействие жидких электродов и генерация зарядов разных знаков [4]. В ячейке установлены неподвижные электроды, которые используются для подачи накопленной электрической энергии. Данный процесс происходит без перемешивания жидкостей, что позволяет использовать жидкие электроды много раз. Преимущество данного типа аккумулятора заключается в том, что он надежен, прост в эксплуатации, а также имеет долгий срок службы. КПД составляет порядка 70-80%, но его можно варьировать в зависимости от нужд. Основным недостатком является низкая плотность хранимой энергии. В настоящее время в Германии планируют установить под землей цистерны с электролитами, а именно ванадий, соленая вода, раствор хлора или цинка, а также возвести проточную аккумуляторную батарею на 700 МВт\*ч в местных пещерах. Главная цель проекта состоит в уравнивании распределения возобновляемой энергии в течение суток для того, чтобы

избежать перебоев с электричеством, вызванных отсутствием ветра или пасмурной погодой [4].

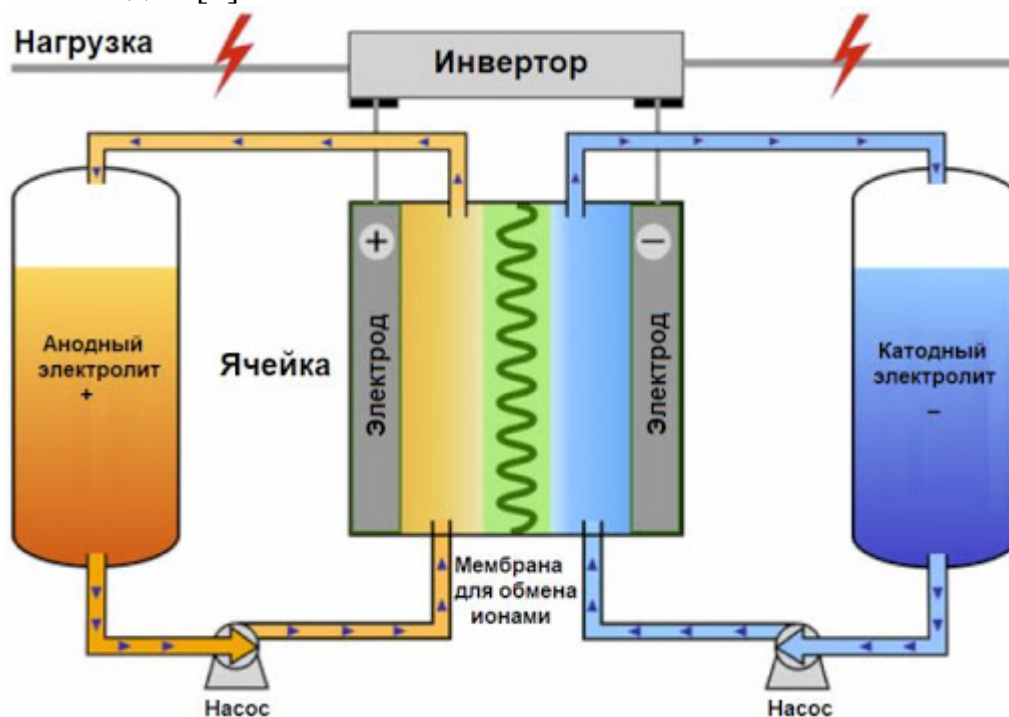


Рисунок 4 – Схема проточной редокс-батареи.

### Супермаховик.

Данный вид накопления энергии основан на накоплении кинетической энергии и преобразовании ее в электрическую при необходимости. Накопитель представляет собой цилиндрическую емкость, внутри которой на активных магнитных подшипниках подвешен супермаховик. Супермаховик выполнен из огромного числа слоев углеволоконного композита. На валу маховика установлен ротор мотора-генератора, который раскручивает маховик при приеме энергии и вырабатывает ток при подключении нагрузки. Данная технология имеет широкую область применения: от автономных источников бесперебойного питания для частных хозяйств до крупных промышленных установок [1]. Главным преимуществом является то, что массивный маховик способен мгновенно преобразовать накопленную кинетическую энергию в электрическую. Супермаховик может быть использован в качестве буфера, задача которого – компенсировать резкие пики и спады потребления в течение суток. Среди преимуществ также можно выделить: длительный срок службы более 10 лет, КПД порядка 90%, простота в обслуживании и отсутствие потребности в регулярном обслуживании, экологически безопасен, минимальные эксплуатационные затраты, высокая степень автоматизации. Немецкая компания ATZ производит сегодня накопители на 20 МДж, способные отдавать в нагрузку мощность до 250 кВт, оснащенные системой синхронизации с сетью. Американская компания BeaconPower выпускает цилиндрические накопители на 6 кВт\*ч и на 25 кВт\*ч, которые можно использовать, набирая кластерами, для обеспечения устойчивости параметров тока в промышленных электросетях страны [1].

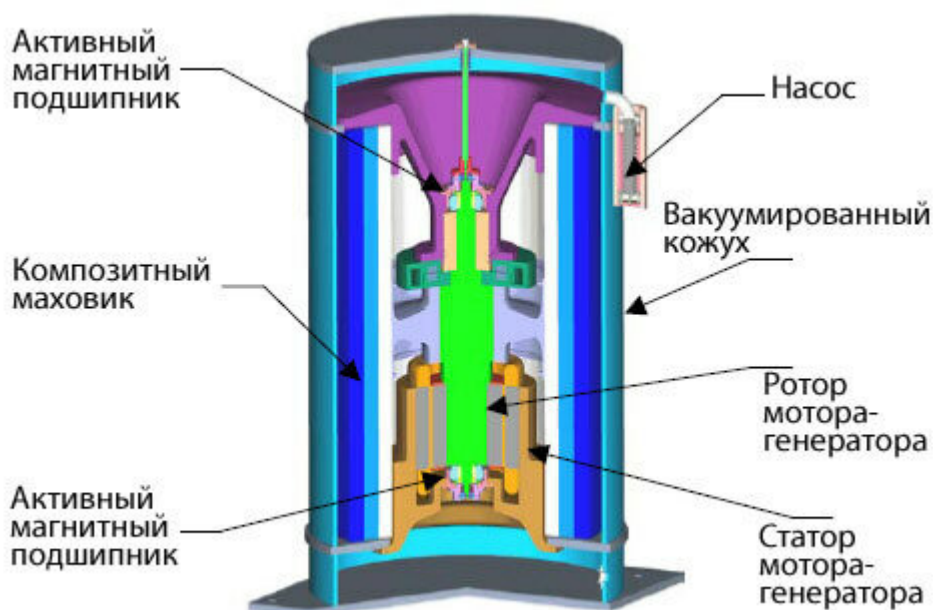


Рисунок 5 – Устройство супермаховика

Таким образом, сегодня нет единственного идеального способа хранения энергии. У каждого способа есть свои плюсы и минусы в разных областях. Однако, проблема хранения энергии не решена до конца. Множество проектов находятся на стадии разработки или уже реализованы и активно используются. С каждым годом появляются новые методы или совершенствуются старые.

#### Литература

1. Кинетические накопители энергии для электроэнергетики // [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1887-kineticheskie-nakopiteli-jenergii-dlja.html>. Дата доступа: 21.10.2020
2. Накопитель энергии сжатого воздуха // [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.intechopen.com/books/energy-storage-technologies-and-applications/compressed-air-energy-storage>. Дата доступа: 13.10.2020
3. ПроектMalta: хранение энергии при помощи расплавленной соли выходит на новый уровень // [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/madrobots/blog/434408>. Дата доступа: 15.10.2020
4. Промышленные устройства хранения электроэнергии уровень // [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/energy/2137-promyshlennye-ustroystva-hraneniya-elektroenergii.html>. Дата доступа: 15.10.2020
5. Редокс-батареи: стационарная энергетика // [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://postnauka.ru/faq/89594>. Дата доступа: 20.10.2020
6. Храним энергию мешками // [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/142784>. Дата доступа: 13.10.2020