

УДК 621.3

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ
INNOVATIVE ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES**

О.А. Ковальчук, А.А. Таркайло

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
vladmir70@rambler.ru

O. Kovalchuk, A. Tarkaylo

Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: на сегодняшний день остро стоит вопрос аккумуляции энергии. Улучшение способов и эффективности хранения энергии способствует не только созданию более устойчивой и высокоэффективной системы электроснабжения, но и стимулирует развитие новых технологий и отраслей. Так какие же инновации есть в области хранения энергии?

Abstract: today, the issue of energy storage is acute. Improving energy storage methods and efficiency contributes not only to the creation of a more stable and highly efficient power supply system, but also stimulates the development of new technologies and industries. So what innovations are there in the field of energy storage?

Ключевые слова: энергия, электроэнергия, хранилище энергии, гидроаккумуляторы, расплавленная соль, проточные батареи, термальные хранилища, супермаховик, сжатый воздух, гравитационные аккумуляторы.

Keywords: energy, electric power, energy storage, hydraulic accumulators, molten salt, flow batteries, thermal storage, super flywheel, compressed air, gravity accumulators.

Введение

Энергия – это жизненно важный ресурс современного общества. Часто количество производимой энергии превосходит количество потребляемой, в связи с чем возникает необходимость в хранении избыточной энергии. Также в настоящее время активно внедряются электростанции, работающие на основе возобновляемых источников энергии. В качестве примера можно привести солнечные или ветровые электростанции, которые сопровождаются значительными пиками и спадами производства электроэнергии. Для сглаживания неравномерного производства электроэнергии необходимо применять системы накопления энергии (ESS). Данные системы способны обеспечить энергетическую безопасность и готовность к чрезвычайным ситуациям. Рассмотрим инновационные подходы к хранению энергии, которые сейчас разрабатываются и активно внедряются, а также их влияние на ведущие отрасли энергетики.

Основная часть

Любая система накопления энергии представляет собой сложную многокомпонентную систему с несколькими потенциальными способами преобразования энергии. Весь процесс осуществляется с помощью стандартизированных компонентов (трансформаторы, системы преобразования энергии и новые типы электрохимических аккумуляторов).

Инновационные технологии хранения энергии:

1. Гидроаккумуляторы

Гидроаккумуляторы являются одной из самых старых форм хранения энергии, используемых на данный момент. Они состоят из двух резервуаров разной высоты. Принцип работы заключается в том, что излишки энергии используются для закачивания воды в верхний резервуар. Когда появляется потребность в электроэнергии, вода спускается в нижний резервуар, вращая при этом гидрогенератор и вырабатывая электричество. Данная технология имеет большой срок службы (около 40 лет), эффективность ее составляет 70-85%. Гидроаккумуляторы имеют высокую установленную мощность – примерно 140 ГВт [1]. Одним из недостатков данной технологии является то, что для ее внедрения необходима специальная местность, где имеются большие перепады по высоте. Также при использовании гидроаккумуляторов затопливается огромная территория, что приводит к снижению эффективности из-за испарения воды и оборачивается катастрофическими последствиями для окружающей среды. На данный момент гидроаккумулирующие электростанции работают более, чем в 30 странах мира.

2. Расплавленная соль

Энергию солнца можно сохранить с помощью расплавленной соли, поскольку она может достаточно долго удерживать тепло. Солнечные лучи с помощью зеркал направляются на резервуар, через который пропускается жидкость – расплавленная соль. В результате эта соль нагревается, после чего отправляется в теплоизолированную цистерну для хранения. Когда требуется электричество, теплоту расплавленной соли используют для нагревания воды. Полученный пар приводит в движение турбину, которая и вырабатывает необходимое электричество. Такой способ выработки электроэнергии является возобновляемым и не имеет вредных выбросов парниковых газов.

Также ученые из компании Alphabet разработали способ, в котором нагретую тепловым насосом соль сохраняют, а далее соединяют с недорогим холодным антифризом. В результате столкновения теплого и холодного воздуха образуется поток ветра, вращающий турбину. Таким образом энергию можно сохранить на несколько недель.

3. Проточные батареи

Проточная батарея состоит из ядра и двух емкостей, где находится два отличных друг от друга электролита: анодный и катодный. Ядро представляет собой резервуар, разделенный мембраной, которая не позволяет смешиваться электролитам. Электролиты прокачивают через ядро, в результате чего ионы проникают через мембрану и образуют разность потенциалов на электродах. Для получения электрического тока к электродам необходимо подключить нагрузку. Поскольку электролиты не смешиваются между собой, то их можно

перекачивать по кругу очень много раз. На сегодняшний день широко распространены ванадиевые проточные батареи с графитовыми электродами, где в качестве электролита выступает раствор ванадиевой соли и серной кислоты. Электродвижущая сила таких батарей составляет порядка 1.15-1.55 В [2], хотя батареи с другими электролитами могут достигать до 2.5 В. Все дело в том, что мембрана в ядре является самой уязвимой частью проточного аккумулятора. Со временем она испытывает коррозию, что приводит к разрушению. Благодаря химическим свойствам ванадия эту проблему можно контролировать.

Преимущества:

- у проточных батарей не происходит саморазряд, когда отключены насосы и нагрузка;
- в них очень легко при необходимости заменить электролит;
- имеют большой срок службы;
- нет вредных выбросов.

Основным недостатком данной технологии является высокая стоимость ванадия.

В 2022 году в Китае заработала крупнейшая в мире проточная батарея. Ее выходная мощность составляет 100 МВт. В Японии используют системы с мощностью 60 МВт. В целом можно с уверенностью заявить, что проточные батареи являются перспективной технологией хранения энергии.

4. Термальные хранилища

Для охлаждения помещений в жаркую погоду можно использовать термальные хранилища. Работают они по следующему принципу: излишки энергии, например, солнечной или ветровой, используют для заморозки воды. Затем в жаркую погоду лед будет таять, в результате чего будут охлаждаться помещения. Данная система позволяет экономить на кондиционерах. Такая система используется в Австралии и Калифорнии.

5. Супермаховик

Супермаховик – это система, предназначенная для накопления кинетической энергии. Разработал эту систему российский ученый Нурбей Гулиа. Принцип работы таков: когда необходимо сохранить электроэнергию, ее подводят к маховику, в результате чего он начинает вращаться. Когда электроэнергия понадобится, маховик подключают к генератору и кинетическая энергия вращения переходит в электроэнергию. Для поддержания вращения маховика его раскручивают в вакууме. Это позволяет уменьшить трение. Также вращению может помешать сопротивление подшипников, из-за чего маховик устанавливается на магнитный подвес. Сам маховик изготавливают из тонкой металлической ленты, чтобы в случае разрушения он остановился, запутавшись в этой самой ленте, а не разлетелся в разные стороны, как это могло бы быть с монолитным маховиком. Данная система не имеет вредных выбросов. Она может достигать КПД порядка 95%, способна выдержать более 100 циклов «зарядки» и «разрядки». По задумке Н. Гулиа супермаховики должны были использоваться в транспортных средствах,

однако идея не пошла дальше экспериментов. Сейчас их широко используют для выравнивания пиков нагрузки в сетях.

6. Сжатый воздух

Хранилище энергии на сжатом воздухе (CAES) является инновационной технологией. Компрессор, используя ненужную электроэнергию, сжимает воздух и отправляет его в подземное хранилище. Когда возникает необходимость, воздух пропускается через турбину, вырабатывающую электроэнергию. Впервые эту технологию в промышленном масштабе реализовали в Германии в 1978 году. Ее КПД составляет всего 40% [3]. Китай смог решить задачу повышения КПД. Все дело в том, что при сжатии воздуха вырабатывается тепловая энергия, которую в Германии не используют, а подогревают выходящий на турбину воздух сжиганием ископаемого топлива. А в Китае выделяемую тепловую энергию собирают и хранят, после чего используют ее для подогрева выходящего воздуха. Подогревать его нужно для того, чтобы повысить его давление и в результате увеличить производимый эффект. Эффективность сохранения тепловой энергии в китайской установке составляет примерно 98%, а КПД всей установки превышает 70%. Запустили CAES-хранилище в Китае в 2022 году. Для внедрения такой технологии необходимо искать подходящую местность, где можно было бы создать хранилище под землей.

7. Хранение энергии с помощью песка

Хранилище энергии с помощью песка придумала финская компания *Polar Night Energy*. Песок, помещенный в теплоизолированный резервуар, нагревают до 500-600°C [3]. Через нагретый песок проложены трубы, по которым циркулирует вода и нагревается. Нагретая вода идет на отопление домов и других помещений. Такое хранилище очень похоже на хранилище энергии с помощью расплавленной соли, однако имеет и отличия. Песок внутри резервуара не перемешивается, поэтому его температура может отличаться в разных слоях, что можно использовать для регулировки нагрева воды. Также песок зачастую гораздо дешевле соли и более прост в добыче.

8. Гравитационные поезда

Еще один необычный способ хранения энергии разработала Калифорнийская компания *Advanced Rail Energy Storage*. Технология напоминает гидроаккумуляторы, но вместо воды там используются специальные поезда. С помощью избыточной энергии их поднимают в гору. Далее в нужный момент их отправляют вниз, в результате чего моторы вырабатывают необходимую электроэнергию. Технология не требует никаких резервуаров для хранения энергии, не очень трудна в создании. Она не разряжается самопроизвольно. На первый взгляд идея с гравитационными поездами кажется абсурдной, однако ее КПД составляет примерно 80%, что является неплохим показателем. Сейчас данную технологию используют в Калифорнии как альтернативу гидроаккумуляторам из-за дефицита воды.

Также инженеры предложили еще один вариант гравитационного аккумулятора. Это заброшенные шахты. За счет большой глубины шахты можно сохранить приличное количество энергии. Принцип работы прост:

избыточная энергия поднимает лифт с грузом, а затем лифт опускается, вырабатывая энергию. В шахты еще в момент добычи полезных ископаемых проводится электроэнергия, что может значительно облегчить в будущем внедрение хранилища энергии. Использование шахт для хранения энергии дало бы им вторую жизнь.

Заключение

Сегодня в связи с повышением доли возобновляемых источников энергии в современной энергетике вопрос хранения энергии является крайне актуальным. Инженеры и ученые все время пытаются усовершенствовать существующие, а также придумать новые способы хранения энергии, которые смогут держать как можно больше энергии с минимальными потерями, при этом стараясь не наносить вред окружающей среде.

Литература

1. Топ лучших технологий хранения энергии [Электронный ресурс] / Топ лучших технологий хранения энергии. – Режим доступа: <https://hightech.fm/2017/10/30/energy-storage-3/amp/>. Дата доступа: 11.04.2024.
2. Технологии хранения энергии [Электронный ресурс] / Технологии хранения энергии. – Режим доступа: <https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/tekhnologii-khраниeniya-elektricheskoy-energii/>. Дата доступа: 11.04.2024.
3. Электричество и хранение энергии [Электронный ресурс] / Электричество и хранение энергии. – Режим доступа: <https://ru.dsisolar.com/info/electricity-and-energy-storage-80681909.html> /. Дата доступа: 13.04.2024.