

УДК 620.93

**АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ
ЖИДКОГО ВОЗДУХА
LIQUID AIR ENERGY STORAGE**

Д.Д. Казыро, Ю.А. Филимонов

Научный руководитель – В.В. Янчук, ассистент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Kazyro, Y. Filimonov

Supervisor – V. Yanchuk, assistant

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной работе рассматривается система аккумулирования электроэнергии на основе жидкого воздуха, которая позволяет согласовывать графики производства и потребления электроэнергии.

Abstract: In this paper, a liquid air-based energy storage system is considered, which makes it possible to coordinate the schedules of electricity production and consumption.

Ключевые слова: аккумулирование энергии; жидкий воздух.

Keywords: energy storage; liquid air.

Введение

На сегодняшний день, в связи с неравномерной нагрузкой сети в течение дня, возникает вопрос о хранении и последующем использовании электроэнергии. С ростом спроса на энергию из-за быстрой индустриализации и экологических проблем, связанных с использованием ископаемого топлива в качестве основного источника энергии, доля возобновляемых источников в энергетическом балансе стран увеличивается. Однако прерывистый характер выработки энергии возобновляемыми источниками энергии требует хранения энергии, произведенной в непиковые часы. Под аккумулированием энергии понимается использование устройства или системы устройств – аккумулятора энергии, поглощающий излишки энергии, которые можно получить обратно в удобное для потребления время.

Основная часть

Для решения этой проблемы можно обратиться к технологии, использующей жидкий воздух (LAES – Liquid Air Energy Storage). В LAES-системе используется технология сжатия и охлаждения воздуха до жидкого состояния (78К) и последующее хранение. В период повышенного спроса на электроэнергию, к жидкому воздуху подводят теплоту и, переведя его в газообразное состояние, подают в турбину. При процессе подвода теплоты из 1 м³ жидкого воздуха около 700 м³ газообразного воздуха. Для получения 1кг жидкого воздуха затрачивается 0,5 кВт энергии.[1] Весь процесс можно разделить на 3 этапа:

- Сжижение. На данном этапе воздух очищается от пыли и других веществ, сжимается в компрессоре, охлаждается за счёт процесса дросселирования. В сепараторе воздух разделяется на фазы: жидкость

- отводится в резервуары, а газ возвращается в цикл (рисунок 1).
- Хранение. Жидкий воздух хранится в теплоизолированных резервуарах под низким давлением. Поскольку объем небольшой, стоимость хранения не очень высока. Кроме того, технология хранения уже известна, поскольку такое оборудование уже используется для хранения жидких азота, кислорода и т.д.
 - Использование. При наличии повышенного спроса на электроэнергию жидкий воздух нагревается и газифицируется. Это позволяет использовать воздух с давлением и температурой, подходящими для вращения турбины и электрогенератора для выработки электроэнергии (рисунок 2).

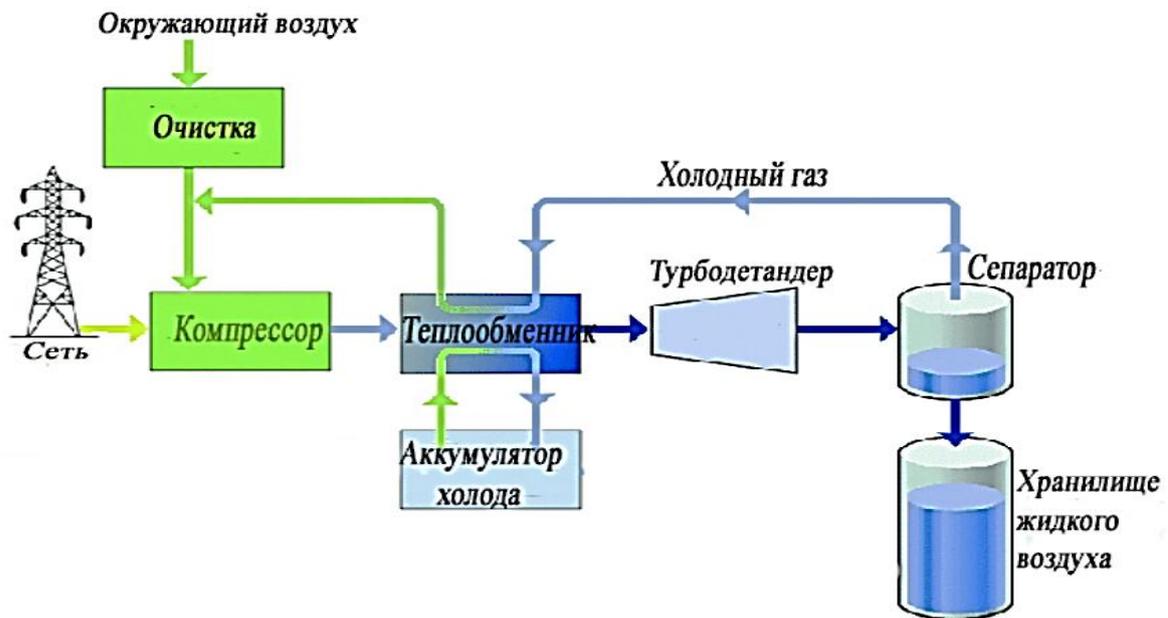


Рисунок 1 – Принципиальная схема сжижения и хранения системы LAES

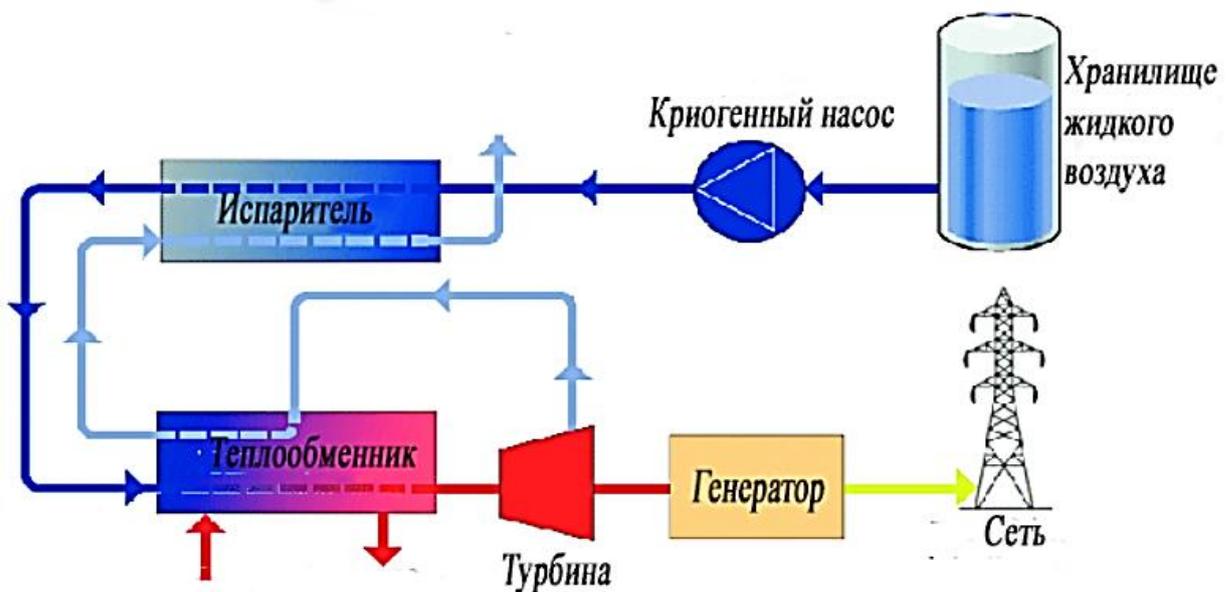


Рисунок 2 – Использование жидкого воздуха

Как видно на схеме, можно использовать теплоту, получаемую в процессе сжатия в компрессоре, для подогрева жидкого воздуха перед турбиной, тем самым снизив расходы. Также можно использовать отработанный холод, образующийся на 3 этапе, чтобы охладить поступающий воздух при сжатии. Это уменьшает количество энергии, используемой для охлаждения, и повышает общую эффективность системы.[6]

Технология LAES обладает рядом достоинств:

- В качестве рабочего тела используется доступный атмосферный воздух.
- Жидкий воздух занимает минимальный объём при хранении.
- Большая часть технологии хорошо отработана. В течение многих лет многие компоненты системы LAES, такие как компрессоры, детандеры и резервуары для хранения, использовались в других процессах в отрасли промышленных газов.
- Комбинированное производство тепла и электроэнергии.
- Отсутствие географических ограничений.

Заключение

Система LAES зарекомендовала себя в качестве хорошей альтернативы Li-ion аккумуляторам. При хранении одинакового количества энергии, аккумулятор, основанный на жидком воздухе, занимает меньший объём и, что не менее важно, не наносит вред экологии. Расчётный срок службы установки LAES равен 30 годам, в течение которых производительность может поддерживаться на высоком уровне с незначительным ухудшением с течением времени. После окончания срока службы система может быть полностью переработана.

Литература

1. Epicam – Technology [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.epicam.co.uk/basic-systems.php>. – Дата доступа: 25.10.2023.
2. Liquid air energy storage [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sinovoltaics.com/learning-center/storage/liquid-air-energy-storage/>. – Дата доступа: 25.10.2023.
3. Liquid air storage [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.thegreenage.co.uk/tech/liquid-air-storage/>. – Дата доступа: 24.10.2023.
4. Liquid air energy storage [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.shi-fw.com/our-solutions/energy-storage/liquid-air-energy-storage/>. – Дата доступа: 25.10.2023.
5. Tech-economic analysis of liquid air energy storage – a promising role for carbon neutrality in China. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X23021837>. – Дата доступа: 25.10.2023.
6. A closer look at liquid air energy storage [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pv-magazine.com/2021/08/02/a-closer-look-at-liquid-air-energy-storage/>. – Дата доступа: 25.10.2023.