

УДК 621.311

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ  
IMPROVEMENT OF ENERGY STORAGE SYSTEMS**

В.Н. Коршун, И.В. Ковалец, Г.Н. Загрузин

Научный руководитель – Е.М. Гецман, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Korshun, I. Kovalets, G. Zagruzin

Supervisor – E. Hetsman, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** В настоящее время важной составляющей самых популярных источников возобновляемой энергии является их ненадежность. Солнечные батареи бесполезны ночью в пасмурную погоду или ночью, а ветряки – в безветренную погоду. Человечество стало на путь совершенствования систем накопления энергии, ведь наступит то время, когда традиционные источники энергии выйдут из системы энергоснабжения, а возобновляемые источники энергии станут основой всей энергосистемы.

**Abstract:** Currently, an important component of the most popular renewable energy sources is their unreliability. Solar panels are useless at night in cloudy weather or at night, and wind turbines - in calm weather. Humanity has embarked on the path of improving energy storage systems, because the time will come when traditional energy sources will leave the energy supply system, and renewable energy sources will become the basis of the entire energy system.

**Ключевые слова:** система накопления энергии, гибридный накопитель, энергия, энергосистема, эффективность.

**Keywords:** energy storage system, hybrid storage, energy, power system, efficiency.

**Введение**

Мир энергетики постоянно находится на пути своего совершенствования, а вместе с ней – система накопления энергии. С самого начала формирования энергосистем бралось во внимание одновременность процессов производства и потребления электроэнергии, а также необходимость поддерживать в любой момент времени баланс между вырабатываемой и потребляемой мощностью. В структуре энергосистемы происходят существенные изменения, которые связаны с ограниченностью традиционных видов топлива, а, следовательно, происходит переход к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Такой источник энергии имеет достаточно непредсказуемый характер и зависит от погодных условий. Энергетика, работающая на этих источниках, использует потоки энергии, которые уже существуют в окружающем нас пространстве, происходит перераспределение этой энергии, но не нарушение её общего баланса. Поэтому для гарантированного обеспечения баланса необходим некоторый объём резервной мощности, который пока реализуется за счёт генерации традиционного вида топлива. Это способ поддержания баланса имеет свои технические и экономические ограничения, но он не решает проблему

внедрения возобновляемых источников энергии в состав традиционной энергосистемы.

Внедрение систем накопления энергии является одним из главных направлений развития энергосистемы. Устройства накопления энергии - это системы, хранящая энергию в различных её формах (электрохимическая, кинетическая, потенциальная, электромагнитная, химическая и тепловая) с использованием топливных элементов, аккумуляторов, конденсаторов, гидроаккумуляторов, супермагнитов, водорода и т. д.

### **Основная часть**

За последнее столетие человечество изобрело и продолжает изобретать большое количество разновидностей накопителей. Одни превращают электрическую энергию в механическую (примером может быть гидроаккумулирующие станции и маховики), другие преобразовывают электроэнергию в химическую энергию веществ внутри батарей (например, натрий-серные, литий-ионные аккумуляторы и др. Достаточно длительное время ребром стоит вопрос об использовании накопителей, которые должны располагаться рядом с возобновляемыми источниками энергии. В тот момент, когда выработка электроэнергии падает, например, ночью, в пасмурную погоду или безветренную, накопитель отдаёт в сеть запасённую энергию, обеспечивая питание сеть, даже когда не идёт выработка энергии, а лишь использование её накопленной части. при производстве электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии возникает проблема непостоянства их мощности, поэтому накопленную энергию необходимо использовать в необходимом количестве.

На современном этапе возникает потребность в использовании новых устройств, исключающие недостатки, которые присущи уже созданным и эксплуатируемым приборам. Примером может быть гибридный накопитель электрической энергии (рисунок 1). Рассмотрим такой тип системы накопления энергии более подробно.

Гибридная система конструируется в виде единого устройства, которое объединяет в себе солнечные батареи и ветряные турбины. Данная система позволяет регулировать спады и подъёмы энергии, которая получается от ветряков и солнечных батарей, а также обеспечивает общую надёжность. В гибридных системах накопления используются сочетания разных видов накопителей. Соотношение накопителей определяется требованиями площадки, необходимым количеством энергии, а также количеством вырабатываемой мощности.

В настоящее время учёные-инженеры работают над созданием батареи, работающей дольше, чем используемые сейчас. Такие батареи будут хранить энергию, полученную от ветра или солнца, то есть от возобновляемых источников энергии, что является очень актуальным и необходимым в наше время. Для того, чтобы использовать эту энергию в момент отсутствия источников получения энергии, например, в пасмурный день, ночь или безветренную погоду. Это позволит в большей степени отказаться от альтернативных источников энергии и в максимальном количестве использовать

возобновляемые источники энергии в составе традиционной энергосистемы. Сочетание двух технологий дает явное преимущество для расширенных вспомогательных услуг и дальнейшей интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему.

Гибридную систему накопления энергии хорошо использовать для малого бизнеса или частных домохозяйств, в тех направлениях, где важна отдача электроэнергии для потребителей с высокими пиковыми нагрузками и необходим максимально длительный период эксплуатации сети, когда необходимо использовать наколенную энергию.

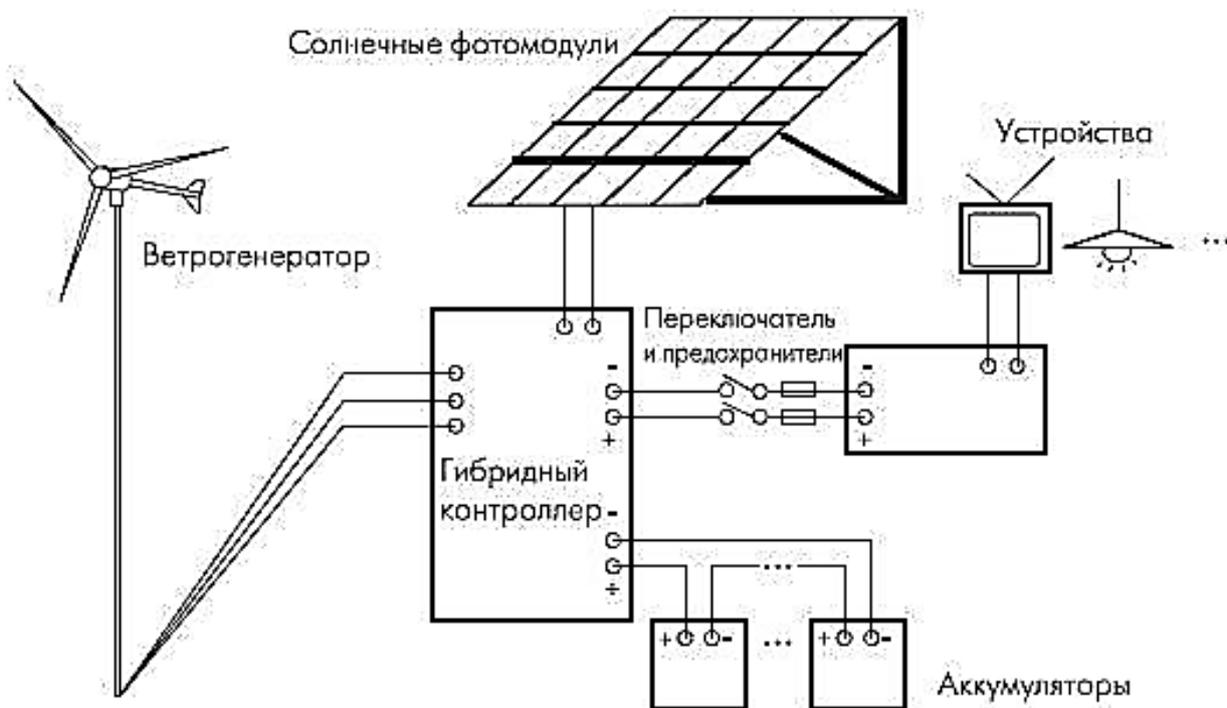


Рисунок 1 – Схема гибридного накопителя электрической энергии

Гибридный накопитель энергии чаще всего применяется в качестве накопителя энергии, а также источника бесперебойного питания, в составе системы аварийного энергоснабжения, работающей при длительном отсутствии сетевого напряжения, в составе солнечной или ветряной системы энергоснабжения и многое другое. В настоящее время данная система находит не очень широкое практическое применение, потому что система дорогостоящая, не раскрыт её полный потенциал. Но из-за активного развития энергетики будет происходить модернизация и усовершенствование систем накопления энергии

Приблизившись к реальным условиям, были проведены исследования в условиях лаборатории. Цель данного эксперимента: определить функциональные возможности гибридной системы накопления энергии. Мощность данной системы не менее 100кВт, а энергоёмкость 100 кВтч. Для реализации эксперимента был разработан стенд, состоящий из подсистем газотурбинной электростанции, имеющая напряжение 6,3 кВ и установленную

мощностью 1250 кВт, понижающего трансформатора с напряжением 6,3кВ/0,4кВ, блока активных и реактивных тестовых нагрузок (рисунок 2).

В ходе проведённого испытания происходили исследовались режимы работы преобразователей с фиксированным напряжением равным 630 В звена постоянного тока и с циклическим режимом, при котором происходит изменение напряжения от 420В до 720В.

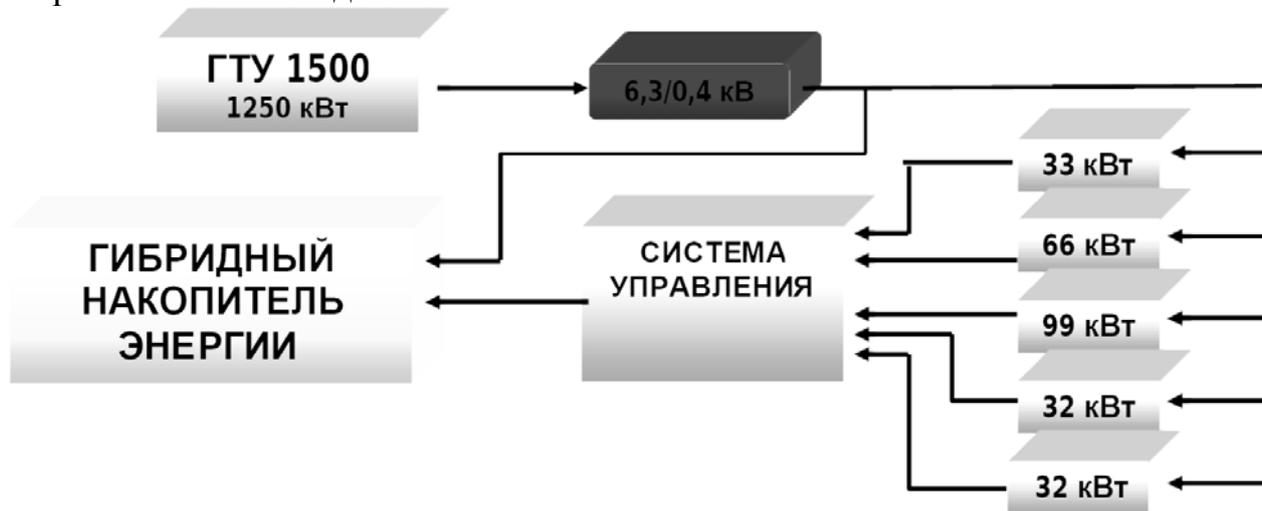


Рисунок 2 – Структурная схема испытательного стенда

Для того, чтобы определить эффективность использования гибридной системы накопления электроэнергии, в работе был проведен анализ различных накопителей электроэнергии по 6 основным параметрам: удельная мощность, время зарядки, время разрядки, удельная энергия, количество циклов зарядки/разрядки и эффективность зарядки/разрядки. Результаты данного анализа приведены в таблице 1.

Была определена степень влияния компенсационных режимов работы на эффективность системы накопления в целом по гибридной и отдельным схемам, а также, эффективность использования гибридной схемы накопителя при работе с сетью и потребителем электрической энергии.

Таблица 1 – Сравнительная таблица накопителей электроэнергии.

Параметр	Аккумуляторные батареи	Суперконденсаторы	Конденсаторы
Время зарядки	1,1 – 5,2 ч.	0.3 – 30 с.	$10^{-3} - 10^{-6}$ с
Время разрядки	0.29 – 3,3 ч.	0.3 – 30 с.	$10^{-3} - 10^{-6}$ с
Удельная энергия, (Втч/кг)	7 – 100	1 – 9	<0.1
Количество циклов	1000	>500000	>500000
Удельная мощность, (Вт/кг)	<1000	<10000	<100000
Эффективность зарядки/разрядки	0.75 – 0.9	0.89 – 0.96	>0.98

## Заключение

Системы накопления электроэнергии интенсивно развиваются достаточно быстрыми темпами, модернизируются технологии, возникает всё большая необходимость работать над улучшением данных систем. Использование гибридной системы накопителя электроэнергии позволяет сглаживать суточный график потребления электроэнергии.

Можно сказать, что гибридное сочетание аккумуляторов и суперконденсаторов в одном накопителе может дать существенный эффект. Если не подключать суперконденсатор к аккумулятору, то происходит компенсация возмущения длительностью до нескольких первых минут. При более длительных возмущениях (например, минуты или часы) в работу подключается аккумуляторная часть накопителя. А наличие в составе накопителя суперконденсаторной части (чаще всего это происходит при параллельном с аккумулятором включении) позволяет сглаживать фронты импульсов тока и напряжения, тем самым обеспечивая снижение мгновенной мощности, которая отдаётся или получается от аккумуляторной части накопителя.

## Литература

1. Гибридный накопитель электроэнергии для ЕНЭС на базе аккумуляторов и суперконденсаторов [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [https://www.sskgroup.ru/files/doklad\\_zhuk.pdf/](https://www.sskgroup.ru/files/doklad_zhuk.pdf/). Дата доступа: 27.10.2021.
2. 7 трендов 2020 года в области возобновляемой энергетики [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/trendov-oblasti-vozobnovlyaemoi-energetiki/>. Дата доступа: 27.10.2021.
3. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://energypolicy.ru/sistemy-nakopleniya-energii-rossijsk/energetika/2020/16/18/>. Дата доступа: 27.10.2021.