

*Савчук Иван Викторович, к.т.н., доцент*

*ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»*

*Шадеркин Павел Николаевич, магистрант 1 курса кафедры*

*«Энергообеспечения с/х», ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»*

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Аннотация:** Применение в электрических сетях гибридных накопителей энергии большой энергоемкости является перспективной технологией, которая может найти широкое применение в электроэнергетических системах и электрических сетях России, обеспечивая повышение энергоэффективности, надежности, устойчивости и экономичности.

**Ключевые слова:** гибридная электростанция, надежность, электроснабжение ветроэнергетика, солнечная энергия, дизельный генератор.

**Annotation:** The use of hybrid energy storage devices of high energy intensity in electric networks is a promising technology that can be widely used in electric power systems and electric networks in Russia, providing increased energy efficiency, reliability, stability and efficiency.

**Keywords:** hybrid power plant, reliability, electricity supply, wind power, solar energy, diesel generator.

### **Введение**

Энергетические накопители автономных энергосистем являются стандартными начальными структурными элементами. Накопители энергии

запасают избыток электрической энергии в период наименьших нагрузок в течении суток, так же могут отдавать накопившуюся электроэнергию в момент достижения пиковых значений нагрузки в течении суток, тем самым повышая показатели передачи качества и надежности электроэнергии потребителям. В установках, подключенных к электрической сети, и имеющие наличие НЭ, и связанных с ними преобразователей позволяет питать электроэнергией абонентов при отключениях сети [2; 3; 5].

В настоящее время в автономных системах электроснабжения в качестве накопителей электрической энергии широко используются аккумуляторные батареи различного вида такие как: «свинцово-кислотные», «натрий-серные», «литий-ионные» и «никель-кадмиевые» АКБ. Стоимость АКБ может составлять до половины стоимости всего энергетического оборудования, а время их службы в процессе эксплуатации зависит от определенного количества циклов «заряд – разряд». Из известных накопителей энергии, предлагающихся сегодня для использования, особый интерес представляют электрохимические конденсаторы (ЭК) или ионисторы (суперконденсаторы). Различия особенностей ЭК это их способность быстро принимать заряд неопределенное количество раз и так же полностью разряжаться за период времени некоторых миллисекунд до некоторых десятков минут, при этом передовая высокие показатели мощности в нагрузку. К недостаткам возможности применения ЭК можно отнести, а это невысокая плотность энергии и высокий саморазряд. Однако из-за более высокой выходной мощности по сравнению с ЭК ионисторы можно использовать с батареями, чтобы совместить их преимущества и компенсировать недостатки. Многообещающим представляется применение ионисторов в системах электроэнергетики, для стабилизации напряжения и сглаживания пиковых нагрузок [2; 3; 9].

Гибридные накопители энергии также позволяют коммерческим и промышленным организациям снизить затраты на электроэнергию за счет более низких тарифов в ночное время и использования накопленной энергии днем, когда тарифы выше [2; 3; 7; 8].

**Целью работы** является применение систем гибридных накопителей энергетических систем конечными потребителями при установленной мощности.

### **Анализ использования гибридных накопителей энергии**

На рисунке 1 представлен график нагрузки с указанием базисных, промежуточных и пиковых нагрузок. В момент промежуточных нагрузок включается в работу аккумуляторная часть гибридного накопителя электроэнергии, которая может покрывать нагрузку потребителя в течение длительного времени (1-5 часов), в момент пиковых нагрузок начинает работать суперконденсаторная часть и компенсирует возмущения длительностью до нескольких первых минут, выдавая большую мощность за короткое время, тем самым компенсируя пиковые нагрузки и обеспечивая качество напряжения в системах электроснабжения [5; 6].



Рисунок 1 – График нагрузки с указанием базисных, промежуточных и пиковых нагрузок

### **Использование гибридных накопителей электроэнергии для обеспечения качества напряжения**

Особенность работы энергогенерирующего оборудования, а в частности, необходимость поддержания равенства выработки электроэнергии и ее

потребления в течение всего периода эксплуатации оборудования и непрерывности выработки электроэнергии с учетом потери энергии в сети при транспортировке потребителю, предопределяет неравномерный режим его работы [1; 2; 3].

Нагрузка на сеть в течение суток зависит от нагрузки подключенных потребителей в это время. Включение и выключение конкретного потребителя следует естественным ежедневным циклам и социальным ритмам. Учитывая мобильность, возникает довольно сложная проблема выгодной балансировки нагрузки между разными типами силовых установок [4; 7].

На сегодняшний день известны способы сглаживания пиковых нагрузок в крупных энергосистемах. Они заключаются в подключении к электростанциям в пиковое время дополнительной мощности ГЭС (например, утром и вечером), включении в работу гидроаккумулирующих, газотурбинных электростанций, переброски избыточной электроэнергии из регионов с другими часовыми поясами, установлении смещенных графиков работы некоторых предприятий и железнодорожного транспорта и т.п. [3; 8].

### **Выбор составляющих модулей гибридного накопителя электроэнергии**

Гибридный накопитель энергии состоит из трех модулей, на рисунках 2, и 3 представлены упрощенная схема и блок-схема накопителя:

- батареи литий-ионных аккумуляторов;
- батареи суперконденсаторов;
- устройств согласования с сетью.

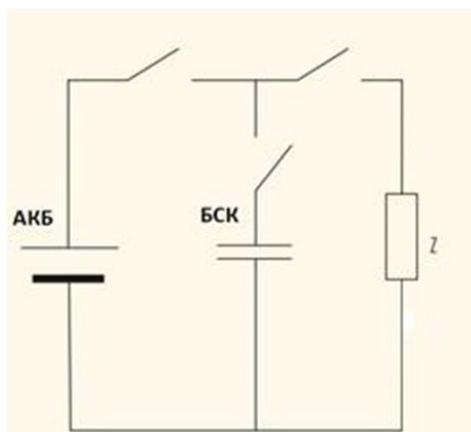


Рисунок 2 – Упрощенная схема гибридного накопителя энергии.

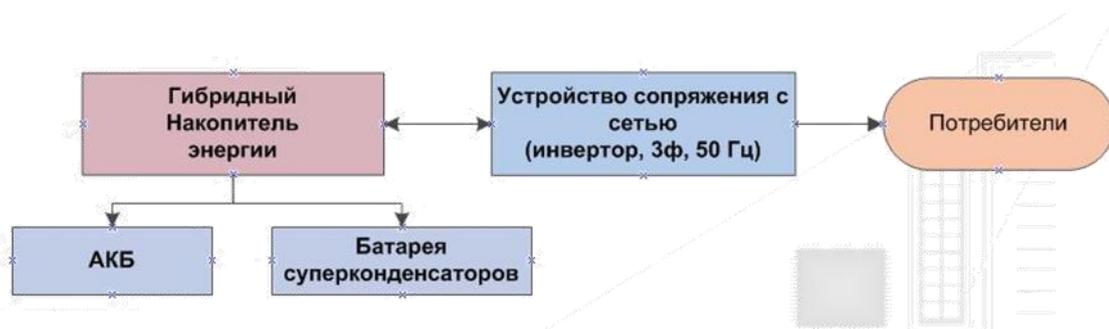


Рисунок 3 – Блок - схема гибридного накопителя энергии.

Модуль накопления состоит из аккумуляторного накопителя энергии и суперконденсаторную часть накопителя энергии. Кроме того, в силовой электронике требуются дополнительные преобразовательные и согласующие устройства для реализации функций заряда/разряда, контроля и управления. Сетевые системы требуют добавления сетевого адаптера к гибриднему накопителю [1; 6].

Первый модуль - батарея литий-ионных аккумуляторов (в данной работе рассматривалась батарея на основе высококачественных литий - ионных аккумуляторов производства Лиотех LT-LFP 700P). В этом модуле мощность из сети аккумулируется в периоды снижения нагрузки (например, ночью) или за счет дополнительных источников энергии (ДГУ, возобновляемые источники энергии). При увеличении нагрузки выше номинального уровня батарея отдает накопленную мощность в сеть для стабилизации напряжения и сглаживания пиковых нагрузок. Кроме того, литий-ионные аккумуляторы могут быть оснащены интеллектуальными блоками управления, которые могут выполнять следующие функции:

- выравнять напряжения на отдельных ячейках;
- коммутация модулей и их защиты по мгновенному значению тока с использованием контактора и быстродействующих предохранителей;
- контроль изоляции элементов [3; 4; 5].

Устройства соединения с сетью должно состоять из двух одинаковых блоков: один для работы с аккумуляторной батареей, другой с батареей

суперконденсаторов и представляет собой два преобразователя постоянного тока в переменный и наоборот с соответствующим согласованием уровней напряжений. Основой сетевого устройства является гибридный инвертор, сочетающий в себе функции инвертора, контроллера заряда солнечной батареи и зарядного устройства 220В для обеспечения бесперебойного питания, с возможностью выбора приоритетов зарядки и нагрузки [5; 6].

### **Выводы**

1. Использование накопителей энергии на промышленных предприятиях позволяет:

- запуск электростанции «с нуля» после внезапного отключения из-за аварии в сети (остановка турбин);

- убрать перегрузку распределительной сети при прохождении пиковых нагрузок (особенно нештатных: резкие перепады температур, опасные условия отключения электроснабжения из-за природных факторов или аварийных ситуаций в сети и т.п.

2. Использование накопителей энергии в энергосистемах, которые содержат возобновляемые источники энергии (ВЭС), позволяет:

- выравнивать переменные графики работы;
- уменьшить колебания мощности;
- обеспечить необходимое качество электроэнергии;
- обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей.

### **Библиографический список:**

1. Боярских Е.А., Савчук И.В. Оптимизация системы электроснабжения с перспективой использования гибридных электроустановок на базе использования возобновляемых источников энергии. / В сборнике: Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. 2020. С. 523-527.

2. Волощук А. М. Двухнаправленный преобразователь тока для ветроэлектростанции: магистер. диссер, СПб. 2016.

3. Злобина С.И. Применение солнечных установок в АПК. В сборнике:

Современные научно–практические решения в АПК. Сборник статей всероссийской научно-практической конференции. 2017. - С. 18-22.

4. Обухов С. Г., Плотников И. А. Сравнительный анализ схем построения автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики. Промышленная Энергетика. 2012. 7: 46 — 51.

5. Полетаев И. Г. Электронный энергетический преобразователь для ветроэлектроустановок: магистер. диссер. 2013.

6. Петрусёв А.С., Сарсикеев Е.Ж. Разработка технических средств повышения эффективности солнечных установок // Вестник науки Сибири. 2015. №1 (15). С. 77-82.

7. Сашина Н.В., Шеметов А.А. Использование явления сверхпроводимости в электротехнике. В сборнике: Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. 2020. - С. 377-379.

8. Серебряков А. В. Энергоэффективные ветроэнергетические установки с оперативной диагностикой для автономных систем электроснабжения 2013. — 170с.

9. Суринский Д.О., Щинников И.А. Тенденции развития направления электродератизации / АгроЭкоИнфо. 2021. № S7.