

УДК 621.31

П.П. Проценко, И.К. Калашников**ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ
И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рассмотрена необходимость использования технологий промышленного аккумулирования и хранения энергии, а также перспектива их применения в Амурской области.

Ключевые слова: аккумулирование, хранение энергии, возобновляемые источники энергии, электростанция, мощность.

**ENERGY ACCUMULATION AND STORAGE TECHNOLOGIES
AND THE PERSPECTIVE OF THEIR USE IN THE AMUR REGION**

This paper discusses the need to use industrial energy storage and storage technologies. The prospect of their application in the Amur region is considered.

Key words: accumulation, energy storage, renewable energy, power plant, power.

DOI: 10/22250/jasu.16

Важность развития технологий накопления и хранения энергии в последнее время связана с рядом значимых факторов – распространением и развитием генерации электрической энергии на базе возобновляемых источников энергии, неравномерностью потребления электроэнергии в пиковые часы и в ночное время, а также несбалансированным размещением электростанций. Данные технологии позволят исключить необходимость строительства и содержания новых резервов мощности.

По сравнению с другими производящими отраслями, в электроэнергетике должно производиться столько товара, т.е. электроэнергии, сколько в данный момент требуется потребителю. Это связано с невозможностью хранить излишки энергии в промышленных масштабах.

Поэтому при проектировке электростанций их расчетная мощность выше той, что будет идти на транзит потребителю, что необходимо для создания резерва мощности. Существует несколько основных типов электростанций, самые распространенные в наше время – это ТЭС, АЭС и ГЭС, небольшая доля приходится на нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). В каждой энергосистеме могут присутствовать не все виды электростанций, это связано с географическими, климатическими и экономическими показателями регионов. Все они характеризуются своими показателями маневренности, т.е. возможностью изменять количество вырабатываемой мощности в зависимости от потребления. Например, АЭС обладает малой маневренностью, вызванной безопасностью эксплуатации. Работа солнечных и ветряных электростанций сильно зависит от погодных условий. Лучше всего с этой ролью справляются ТЭС, именно поэтому их количество в энергосистеме России наибольшее, следовательно, с этим связано большое потребление ископаемого топлива и значительное загрязнение окружающей среды.

Из-за дисбаланса между потребляемой и производимой электроэнергией ухудшается качество электроэнергии, возможно изменение частоты в энергосистеме или изменение уровня напряжения.

В связи с перечисленными факторами необходимо объединять генерирующие мощности в объединенные энергосистемы, чтобы обеспечивать достаточный уровень маневренности и надежно-

сти энергоснабжения. В связи с этим приходится устанавливать много оборудования, связующего отдельные электростанции, что вызывает дополнительные экономические затраты и увеличивает риск выхода из строя отдельных узлов. А крупные аварии могут на время вывести из строя всю энергосистему, что неблагоприятно для потребителей.

Использование накопителей энергии разной номинальной мощности будет способствовать созданию децентрализованной энергосистемы, а это наиболее экономически выгодная концепция.

Проблему поможет решить развитие технологий аккумулирования и хранения энергии в промышленных масштабах. Рассмотрим наиболее перспективные технологии накопления и хранения энергии (таблица).

Классификация систем аккумулирования и хранения энергии

| Накопители механической энергии | Химические накопители энергии | Электрические накопители |
|---|---|--|
| Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) | Аккумуляторные батареи (Ni-Cd, Li-ion и т.д.) | Ионисторы |
| Твердотельная аккумулирующая станция (ТАЭС) | Проточная батарея | Сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИН) |
| Накопители на сжатом воздухе | | |

Накопители механической энергии

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). ГАЭС – это технология накопления и хранения энергии с долгой историей. Первые ГАЭС появились в конце XIX в. и к настоящему моменту обладают наибольшей энергетической емкостью.

По данным Energy Storage Database Министерства энергетики США, более 98% установленной мощности промышленных накопителей энергии приходится на ГАЭС.

В состав ГАЭС входят комплекс генераторов и насосов либо обратимые гидрогенераторы, способные работать как в режиме генераторов, так и в режиме насосов. В часы ночного минимума потребления электрической энергии ГАЭС использует дешевую электроэнергию для перекачки воды в верхний бьеф. В периоды утреннего и вечернего максимумов энергопотребления ГАЭС вырабатывает дорогую электрическую энергию, сбрасывая воду в нижний бьеф.

Современные ГАЭС обладают довольно высоким КПД, равным 70–75%.

Твердотельные аккумулирующие электростанции (ТАЭС). Новосибирская компания «Энергозапас» предложила новый тип гравитационных накопителей энергии. ТАЭС является разновидностью накопителя потенциальной энергии, но в отличие от ГАЭС энергоносителем является не вода, а грунт. Станция будет представлять собой громоздкое сооружение (проектная мощность может достигать 1 ГВт при высоте сооружения 300 м и площади основания 1 кв. км). Система будет состоять из большого числа ячеек с грузами, на каждые несколько сотен ячеек – один обратимый генератор, который может работать в режиме подъемника либо генератора. Запасание потенциальной энергии будет производиться путем подъема этих грузов на высоту с помощью подъемников, а выработка электроэнергии обратно в сеть – путем их опускания. КПД цикла составляет не менее 80%.

Главное преимущество ТАЭС заключается в том, что строительство можно осуществлять на любой равнинной местности, – следовательно, ее можно располагать в непосредственной близости от участка сети, где наиболее остро стоит проблема дисбаланса между потребляемой и производимой мощностью, либо рядом с особо важными объектами, которым требуется большое количество резервной мощности на случай аварии.

На данный момент построен прототип такой станции, а в 2021 г. компания планирует запустить опытно-промышленную ТАЭС мощностью 2 МВт.

Накопители на сжатом воздухе

Это способ аккумулирования за счет нагнетания воздуха в герметичный резервуар с помощью компрессора. Для промышленного накопления требуется резервуар природного происхождения

(например, подземные пустоты), так как воздух будет находиться при очень большом давлении и в результате этого стоимость искусственных резервуаров выйдет за рамки экономической выгоды данного накопителя.

Промышленные накопители такого типа вынуждены запасать тепловую энергию, так как при сжатии при постоянном объеме часть энергии переходит во внутреннюю энергию. В связи с рассеиванием тепла понижается КПД накопителя. КПД может быть повышен, если сохранять тепло, вырабатываемое при сжатии, и расходовать его при расширении. КПД не более 55%.

Электрохимические накопители энергии

Аккумуляторные батареи – одна из самых широко используемых технологий накопления электрической энергии как в промышленности, так и в быту. Принцип работы аккумуляторов основан на обратимости протекания химических реакций. Самыми распространенными типами серийно выпускаемых аккумуляторных батарей являются свинцово-кислотные, литий-ионные, никель-кадмиевые.

Реагентами в свинцовых аккумуляторах служат диоксид свинца (PbO_2) и свинец (Pb), электролитом – раствор серной кислоты. По области применения свинцово-кислотные АКБ разделяют на стартерные (для пуска ДВС), стационарные (в качестве источников резервного питания), тяговые (электротранспорт) и портативные (питание инструментов, приборов).

КПД таких накопителей может достигать 98 %. К основным недостаткам можно отнести: явление саморазряда, малое количество циклов заряда – разряда, потеря емкости со временем, низкий диапазон рабочих температур.

По сравнению с механическими накопителями энергии у химических больше плотность накопления энергии, в связи с чем они занимают гораздо меньше места при той же мощности и емкости.

Электрические накопители энергии

Традиционные электролитические конденсаторы в простейшем случае представляют собой устройство для накопления энергии электрического поля, состоящее из двух электродов в форме пластин, разделенные диэлектриком. Конденсаторы применяются для накопления малого количества электрической энергии и характеризуются высокой плотностью энергии и малым временем зарядки/разрядки.

Ионисторы (суперконденсаторы). Это устройства, накопление электрической энергии в которых происходит благодаря заряду двойного электрического слоя. Этот слой является обкладками конденсатора и образован поверхностью проводника и слоем прилегающих к нему ионов электролита. Благодаря тому, что расстояние между заряженной поверхностью проводника, из которого изготавливаются электроды, и слоем ионов очень мало, а величина поверхности проводника (например, активированного угля) достигает $1500...2000 \text{ м}^2/\text{г}$, емкость угольного электрода массой 1 г может составлять $100...500 \text{ Ф}$.

Преимущества ионисторов: 1) высокие токи заряда и разряда без нагрева элемента; 2) большое число циклов заряда и разряда, порядка 100000 и более; 3) работа без потери емкости на большом диапазоне температур как в жару, так и в холод.

Недостатки: 1) низкое рабочее напряжение одного элемента (2,5–3) В; 2) высокая стоимость; 3) большой ток саморазряда по сравнению с аккумуляторами.

Сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИН). Технология основана на явлении сверхпроводимости. У некоторых материалов при температуре ниже критической электрическое сопротивление стремится к нулю. Это позволяет создавать в индуктивных катушках магнитный поток, запертый внутри сердечника в течение практически бесконечного промежутка времени из-за ничтожно малых потерь или их полного отсутствия.

СПИН запасает энергию постоянного тока, – следовательно, для его работы необходимы выпрямительные устройства для накопления энергии и инвертирующие устройства для возвращения ее в сеть. Применение подобных устройств вносит дополнительные потери в систему, но у современных преобразователей высокие значения КПД, порядка 97-98%. Вследствие этого СПИН является одной из самых эффективных систем накопления энергии.

Удельная энергия, запасаемая в СПИН, тем выше, чем выше индукция магнитного поля. Магнитное поле в СПИН достаточно велико, поэтому в настоящее время СПИН выполняются на базе низкотемпературных сверхпроводящих материалов (НТСП), что не позволяет говорить об их экономической эффективности по сравнению с другими промышленными накопителями. Их эффективность в промышленном масштабе может стать выгодной в том случае, если будут открыты высокотемпературные сверхпроводящие материалы (ВТСП).

Рассмотрим перспективы использования данных технологий аккумулирования и хранения энергии для Амурской области.

Применение систем накопления и хранения энергии в области во многом связано с климатическими и географическими параметрами. Здесь суровые зимы: на севере, в горных районах, средняя температура января достигает отметки минус 31°C, в Благовещенске – минус 21,5°C. Поэтому экономически нецелесообразно применять электрохимические накопители, которые могут стабильно работать только в узком диапазоне температур. Гораздо перспективней и экономически выгодней будет строительство ГАЭС, поскольку в области большое количество полноводных рек (Селемджа, Гилюй, Зeya, Бурей), а горный рельеф на севере обеспечит достаточный перепад высот. ГАЭС можно построить практически в любом районе области, она неприхотлива к условиям окружающей среды.

Наиболее перспективные направления внедрения технологий аккумулирования и хранения энергии для Амурской области

Использование накопителей вместе с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии. Амурская область ввиду географических особенностей (многочисленные горные массивы), находящаяся вдали от морского побережья, не располагает достаточными ветровыми ресурсами (среднегодовая скорость ветра не превышает 4 м/с), что исключает возможность постройки ветровых парков. Для области наиболее перспективным нетрадиционным источником энергии является солнечное излучение. С учетом облачности и времени года среднее число солнечных часов в сутках в зимние и летние периоды – 5 и 12 часов соответственно. Величина солнечной радиации: на севере 90-95 ккал/см², на юге 110-117 ккал/см² в год. Таким образом, в Амурской области перспективно использовать солнечные электростанции, а для их нормального режима работы необходимо строительство накопителей энергии.

Использование накопителей для резервирования электроэнергии для наиболее важных потребителей. На территории области действуют такие предприятия как космодром «Восточный», ГПЗ, Амурский завод железобетонных конструкций, начато строительство Амурского ГХК. Эти потребители являются особо важными для государства, даже кратковременный перебой в их электроснабжении нарушит сложный технологический процесс и приведет к экономическим издержкам.

На территории области есть несколько населенных пунктов, находящихся в труднодоступных условиях (села Бысса, Игнашино, Осежино; поселки: Снежногорский, Апрельский), их энергосистема является децентрализованной. Питание они получают от дизель-генераторных электростанций. Применение накопителей энергии обеспечит ряд преимуществ:

- 1) резерв на случай аварийной ситуации или кратковременных ремонтных работ;
- 2) стабилизация частоты и напряжения в сети при прохождении пиковых нагрузок;

3) более равномерный график нагрузки в течение суток, что приведет к уменьшению расхода топлива, затрат на топливо и уменьшению выбросов в атмосферу.

1. Эриксон, К. Хранение энергии: что, как и почему / К. Эриксон, О. Нью // Экология и право. – 2019. – № 74. – С. 22-24.

2. Пат. 2699855 Российская Федерация, МПК F03G 3/00, F03G 7/08. Промышленная система накопления энергии / С. В. Солобоев, А. А. Брызгалов; ООО «Энергозапас». – № 2018123773; заявл. 29.06.2018; опубл. 11.09.2019. Бюл. №26.

3. Savard, С. Развитие технологий накопления электрической энергии / С. Savard, Э. В. Яковлева // Молодой ученый. – 2017. – № 50. – С. 76-81.

УДК 697.32

Ю.В. Хондошко

ПРОБЛЕМЫ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА В КОТЕЛЬНЫХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

В статье рассмотрены основные проблемы сжигания твердого низкосортного топлива в котельных в системе жилищно-коммунального хозяйства Амурской области, предложены пути повышения эффективности использования твердого топлива и имеющегося оборудования котельных.

Ключевые слова: твердое топливо, уголь, котельная, система теплоснабжения, топочная камера, летучие вещества.

PROBLEMS OF BURNING OF SOLID LOW-VARIED FUEL IN BOILER OF SMALL AND MEDIUM POWER

The article discusses the main problems of burning low-grade solid fuel in boiler houses in the housing and communal services system of the Amur Region, suggests solutions to improve the efficiency of using solid fuel and existing boiler equipment.

Key words: solid fuel, coal, boiler room, heat supply system, combustion chamber, volatiles.

DOI: 10/22250/jasu.17

В сфере жилищно-коммунального хозяйства всегда остро стоит вопрос качества топлива, сжигаемого в отопительных котельных. Общие технические условия регламентируют коэффициент полезного действия котлов на уровне 67-75%, и это было бы достижимо, если бы осуществлялась поставка качественного угля. Но, как правило, угли доставляются высокозольные, рядовые, с большим содержанием примесей, мелочи и влаги.

Большинство исследований показывает, что высокоэкономичное сжигание бурых и каменных углей в чугунных секционных котлах возможно при соблюдении следующих условий:

размер кусков используемого угля должен быть двух классов: 13-25 и 25-50 мм;
влажность углей не должна превышать 8%;