

и балластная) и пара блоков аккумуляторных батарей. Расчет модели проводился с использованием только постоянного тока и при этом не был нарушен основной физический закон – баланс мощности. Такое допущение позволило не вводить в модель громоздкие преобразователи, что свело время моделирования к минимуму.

**Яцко П.В., магистр МГЭУ им. А.Д. Сахарова БГУ,
Красовский В.И., к.т.н., доцент**

*Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск*

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И АККУМУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С целью снижения негативного воздействия деятельности людей на окружающую среду и истощения запасов полезных ископаемых, используемых для углеводородного топлива, сектор производства электроэнергии можно трансформировать за счет широкого использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). С учетом принимаемой концепции (использование ВИЭ), а также с учетом характера их работы (периодические изменения в выработке энергии), аккумулирование энергии будет являться одной из ключевых технологий, имеющей решающее значение для обеспечения этой трансформации.

Аккумулирование не сэкономит энергию, а наоборот приведет к дополнительным потерям, но оно позволит значительно облегчить управление потреблением энергии и, соответственно, во многих случаях поможет снизить ее нерациональное использование. Известно, что генерируемая электроэнергия большинства ВИЭ подвержена периодическим и случайным изменениям (ветровая, солнечная и гидро-энергия). При этом скорость потребления энергии потребителями изменяется во времени как в течение дня, так и в течении года. Приведение в соответствие выработки и потребления энергии во времени может осуществляться посредством аккумулирования [1-2].

Для выполнения разных функций, связанных с работой ЭС и с ВИЭ, мощность и энергоемкость аккумулирующих устройств должны быть неодинаковыми, также как и их быстроедействие. Например, если рассматривать применение систем аккумулирования для технологий ВИЭ, работающих на энергии ветра, как правило, можно учитывать два обстоятельства. Одно из них заключается в том, что колебания энергии ветра присутствуют на разных скоростях ветра, что требует от системы

аккумуляции выравнивания графика выдаваемой мощности в разных временных диапазонах. Второе обстоятельство будет складываться из доминирующего характера нагрузок потребителя электрической энергии.

Нужно учитывать, что при интеграции малых объемов ВИЭ (доля в 5-10%) в сеть энергосистемы не вызывает трудностей. Для эффективного использования ВИЭ в странах с 25-40% годовой долей выработки от ВИЭ по отношению к традиционным источникам энергии применяют ряд технических решений, одним из которых является применение аккумуляции (хранения энергии) [3].

Таблица 1. Основные технические характеристики аккумуляторных технологий

Тип	Литий-ионные	Натрий-сернокислый	Свинцово-кислотный	Проточный	Воздушно-цинковый
Диапазон мощности	от 1 кВт до 50 МВт	от 0,5 кВт до 50 МВт	несколько МВт	от нескольких кВт до нескольких МВт	до 10 МВт
Энергетический диапазон	До 10 МВт·ч	До 350 МВт·ч	До 10 МВт·ч	100 кВт·ч до нескольких МВт·ч	до 40 МВт·ч
Время разряда	10 мин – 4 ч	6 ч – 7 ч	Мин. > 20 ч	Несколько ч	4 ч
Число циклов	2000-10000	2000-5000	500-3000	>12000	5000
Срок службы	15-20 лет	<15 лет	5-15 лет	10-20 лет	15 лет
Время реакции	Несколько мс	Несколько мс	Несколько мс	Несколько мс	Несколько мс
КПД	90-98%	75-85%	75-85%	70-75%	75%
Плотность энергии	120-180 Вт·ч/кг	100-120 Вт·ч/кг	25-35 Вт·ч/кг	10-25 Вт·ч/л	-
Капитальные затраты: энергия	390-1300 евро / кВт·ч	400-600 евро / кВт·ч	100-200 евро / кВт·ч	100-400 евро / кВт·ч	160-250 евро / кВт·ч
Капитальные затраты: мощность	150-1000 евро / кВт	3000-4000 евро / кВт	100-500 евро / кВт	500-1300 евро / кВт	1000 евро / кВт

В системах аккумуляции, работающих в статическом режиме, преимущественно можно применять литий-ионные либо ванадиевые окислительно-восстановительные батареи, поскольку они могут обладать большой емкостью для поддержания выдаваемой мощности в заданном диапазоне. В системах, работающих преимущественно в динамическом режиме, можно использовать суперконденсаторы либо супермаховики. При применении в качестве возобновляемого источника энергии ветрогенератора, нужно учитывать то, что колебания энергии ветра делятся на кратковременные и долговременные составляющие, и для эффективного применения аккумуляющих систем можно использовать двухуровневые системы хранения, например, литий-ионные батареи и суперконденсаторы, или ванадиевые редокс батареи и супермаховики, и т.д. [4].

Проанализировав представленную информацию можно сделать вывод о том, что выбор аккумулирующих устройств может зависеть от параметров электрической сети и/или возобновляемого источника энергии. Применяя накопители энергии можно аккумулировать электроэнергию, вырабатываемую от ВИЭ во время малых нагрузок (ночное время), и генерировать в дневное время при пиковых нагрузках. Аккумулирующие системы могут участвовать в накоплении электроэнергии из электросети в момент дефицита нагрузок и выдавать электроэнергию в момент повышенного спроса, а также способствовать поддержанию организованной системы противоаварийного управления и этим содействовать предотвращению каскадных аварий, что является одной из основных проблем электроэнергетики.

Список использованных источников

1. Арский Ю.М. Экологическая экспертиза: Обзорная информация, выпуск №6 / Ю.М. Арский. – Москва: ВИНТИ, 2018 – 145с.;
2. Жарков П.В. Перспективные технологии производства тепловой и электрической энергии/ П.В. Жарков, А. Ю. Маринченко и др. – Иркутск: ИРНТИУ, 218. – 102с.;
3. International Energy Agency, The power of transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems / International Energy Agency – Paris, 2014. – 238 с.;
4. Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века: материалы 19-й международной научной конференции, 23–24 мая 2019 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 3 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А.Д. Сахарова Бел. гос. ун-та; редкол.: С. А. Маскевича [и др.]; под ред. д-ра ф.-м. н., проф. С.А. Маскевича, д-ра с.-х. н., проф. С.С. Позняка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 300с.