

Лекция 14

Перспективные источники энергии в мире

Перспективные источники энергии включают в себя как возобновляемые источники энергии (ВИЭ), так и традиционные.

Перспективные источники энергии включают в себя возобновляемые источники энергии (ВИЭ), традиционные и новые.

Возобновляемые источники:

- солнечные электростанции;
- биомасса;
- ветровые электростанции;
- ГЭС;
- ГАЭС.

Традиционные источники:

- парогазовые установки (ПГУ);
- угольные электростанции;
- атомные электростанции.

Новые:

- водородная энергетика.

Проблемы использования ВИЭ

По мере увеличения доли ВИЭ возникают проблемы, решение которых требует значительных финансовых средств и применения новых технологий. Нестабильность генерации ВИЭ требует создания накопителей большой емкости и строительства новых линий электропередачи.

СЭС, ВЭС и малых ГЭС (МГЭС без регулирования стока) имеют очень незначительную гарантированную мощность.

Проблема гарантированного электроснабжения потребителей от этих электростанций не может быть решена без применения дополнительных мер, таких как:

- работа в централизованной электрической сети;
- создание средств регулирования величины потребления электроэнергии, в том числе путем установки накопителей устройств энергии на стороне потребителя;
- объединение нескольких типов электростанций ВИЭ в гибридные энергокомплексы совместно с дублирующими источниками энергоснабжения на органическом топливе (например, ДЭС).

Последний способ в наибольшей степени удовлетворяет требованиям надежного и гарантированного энергоснабжения потребителей.

Согласно данным IRENA, на конец 2021 года суммарная установленная электрическая мощность ВИЭ в мире достигла 3 064

ГВт, а их доля в общей установленной электрической мощности мировой энергосистемы выросла за 10 лет с 26,2 до 38,3 %.

Мировыми лидерами по установленной электрической мощности ВИЭ являются Китай, США, Бразилия, Индия и Германия, на долю которых приходится 58,4 % общей мировой установленной электрической мощности ВИЭ.

2021 году Китай стал первой страной в мире, в которой установленная мощность ВИЭ превысила 1 ТВт. Китай занимает лидирующие позиции почти по всем видам технологий ВИЭ.

Установленная мощность ВЭС (с учетом ГЭС) на 1 января 2022 года (по данным РЭА Минэнерго России), %.

| | |
|---------------|------|
| Китай | 33,3 |
| США | 10,6 |
| Индия | 5,2 |
| Бразилия | 4,8 |
| Германия | 4,5 |
| Япония | 3,7 |
| Канада | 3,4 |
| Испания | 2,0 |
| Франция | 1,9 |
| Италия | 1,9 |
| Россия | 1,8 |
| Остальной мир | 26,9 |

ВИЭ и накопители являются ресурсоемкими технологиями, обладают низкой надежностью, а увеличение их доли в энергобалансе приводит к необходимости усиления систем передачи, распределения и резервирования мощности для компенсации рисков, связанных с неблагоприятными погодными условиями.

В рамках полного жизненного цикла развитие ВИЭ вносит негативный вклад в сокращение выбросов углеводородов, поскольку производство солнечных панелей, лопастей и опор ВЭС — чрезвычайно энергоемкие процессы. Производство ВИЭ требует большого количества материалов, получение которых создает экологические проблемы.

Широкое использование ветроэнергетики может значительно больше влиять на климат, чем использование углеродного или углеводородного топлива. Так, за последние 10 лет скорость ветра на побережье Западной Европы существенно снизилась. Это привело к снижению выработки электроэнергии ветроэнергетическими установками. Снижение скорости ветра приводит к уменьшению распространения влажного воздуха, уносимого ветром с поверхности океана в глубину материков. В результате уменьшается количество осадков происходит перегрев суши, что вызывает засуху и пожары. При этом уменьшение уноса влажного воздуха с поверхности океана

повышает влажность воздуха над ним и соответственно, приводит уже к перегреву океана, что существенным образом может сказаться и уже сказывается на таянии арктических льдов, может привести к нарушению установившихся течений и к изменению климата земли.

С растущей долей СЭС, ВЭС и накопителей многократно увеличивается потребление «критических материалов» (литий, медь, никель, марганец, хром, цинк, хром, редкоземельные элементы (РЗЭ) и др.). Эти материалы необходимы также для производства многих других товаров в оборонной, телекоммуникационной, энергетической и др. промышленности. Литий и кобальт широко используются в производстве аккумуляторов энергии, РЗЭ используются для производства наиболее мощных магнитов для ветрогенераторов. Добыча РЗЭ негативно влияет на окружающую среду, т.к. сопряжена с производством большого количества радиотоксичных отходов, что идет в разрез с «зеленой» повесткой. Так, литий становится критически важным материалом для мировой экономики, его сейчас уже называют «новой нефтью».

Для СЭС использование критических материалов составляет существенную долю стоимости солнечных модулей. Ключевыми в данном отношении являются кремний (10 – 15 % стоимости модуля) и серебро (5 – 10 %). Добыча многих дефицитных сырьевых материалов сосредоточена на нескольких месторождениях, борьба за которые уже вышла на международный уровень.

За последний год цены на полукристаллический кремний высокого качества удвоились, а серебро подорожало на 30 %. Увеличение стоимости этих материалов привело к повышению стоимости солнечных модулей на 16 %.

Для ВЭС дефицитные материалы составляют 15 % стоимости турбины. Большая часть затрат относится к закупкам стали, меди, РЗЭ и цинка. С июня 2020 года по 2022 год цены на сталь удвоились в Китае и утроились в Северной Америке, цены на медь увеличились на 50 %. Эти изменения привели к увеличению стоимости турбин на 8 – 10 %.

Утилизация выработавшего свой срок оборудования ВИЭ также связана с серьезными экологическими проблемами. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) прогнозирует, что к 2050 году при выполнении существующих планов «солнечный» мусор будет в два раза превышать тоннаж пластиковых отходов в мире.

Материалоемкость СЭС в расчете на один установленный кВт в 27 раз выше, чем для ПГУ и в 14 раз выше, чем для ТЭС на угле. Для ВЭС эти величины равны 17 и 9. При этом перечень основных материалов для создания СЭС и ВЭС весьма значителен, гораздо больше, чем для ПГУ и ТЭС на угле.

В будущем начнется демонтаж ВИЭ, выработавших свой ресурс. Встанет проблема утилизации лопастей, солнечных панелей и др.

Технологий их утилизации нет. В США и Австралии уже столкнулись с этой проблемой, но пока ничего сделать не могут. Разрезают лопасти на куски и закапывают в землю.

Водородная энергетика

В последнее время все большее внимание уделяется использованию водорода в качестве универсального энергоносителя, который не меняет своих свойств с течением времени и является самым энергоемким накопителем энергии на единицу массы.

При сжигании водорода образуется вода, не выделяется углекислый газ, сернистый газ, зола, смолы.

В периоды избыточного производства электроэнергии она может использоваться для получения водорода, а в периоды спада уже водород используют для получения электроэнергии.

Спрос на водород начинает резко расти. Причиной этого являются нетрадиционные потребители водорода, а новые направления его использования, а именно, использование на транспорте и в энергетике.

Перспективным является использование водорода в газотурбинных установках. Сжигание водорода как добавление к природному газу в объеме до 20 – 30 % сокращает выбросы CO₂ на 10 %. Проведение опыта работы на чистом водороде показало, что переход на сжигание чистого водорода в камере сгорания ГТУ нецелесообразно.

Мировая энергетика рассматривает решение проблемы покрытия суточных и сезонных графиков нагрузки путем развития водородной энергетике в качестве универсального накопителя и источника энергии. В часы избытка электроэнергии производится водород, энергия которого может быть использована в часы пиковой нагрузки. Такой подход позволяет выравнять нагрузку ТЭС и АЭС, что обеспечивает повышение их экономичности и надежности эксплуатации.

Некоторые страны, которые активно работают над развитием водородной энергетике:

- Япония. Лидер в использовании водорода в качестве топлива для автомобилей. Крупные корпорации страны, например Toyota и Honda, инвестируют значительные средства в исследования и разработки водородных технологий;

- США. В стране создана сеть заправочных станций для водородных автомобилей;

- Европейский союз. В 2020 году ЕС принял стратегию развития водородной энергетике до 2050 года. В программе приоритет отдан выработке водорода методом электролиза воды при помощи электроэнергии, полученной из возобновляемых источников энергии — солнечной и ветряной энергии.

Доля России на мировом рынке производства водорода составляет 7 % (5 млн тонн в год). Страна занимает пятое место в мире после Китая, США, ЕС и Индии.

Водородная энергетика как использование водорода в качестве топлива обладает высокой степенью, связанных с химической агрессивностью водорода.

Атомная энергетика

В настоящее время 33 страны эксплуатируют АЭС. По состоянию на январь 2023 года в мире насчитывается 413 работающих реакторов общей мощностью 378 млн кВт. Атомная энергетика дает 10 % электроэнергии в мире (в США 20 %, в России — 20 %). Но только 15 из них активно развивают эту технологию.

По количеству реакторов лидируют США (93), затем Франция (56), Китай (55) и Россия (37). По количеству вырабатываемой электроэнергии на атомных станциях лидируют также США. Россия занимает 4-ое место.

В основном атомную энергетику используют развитые страны. Среди них можно отметить Францию, где доля производства электроэнергии АЭС от общего объёма составляет 70 %, Бельгию (51 %), Швецию (31%), Швейцарию (29 %), Южную Корею (28 %), США (20 %), Великобританию (15 %), Канаду (14 %).

подавляющее большинство АЭС находится в странах Северной Америки, Восточной Азии, Европы, а также на территории бывшего СССР, в то время как в Африке их почти нет, а в Австралии и Океании их вообще нет.

Китай является одним из лидеров по установленной мощности, однако АЭС дают только 4 % электроэнергии страны. Китайская Народная Республика осуществляет самую масштабную программу строительства новых АЭС, также значительные программы развития атомной энергетики имеют Индия, Россия, Южная Корея.

В то же время существуют и противоположная тенденция, выраженные в отказе от ядерной энергетики. Италия, Казахстан, Литва, Австрия и Германия закрыли все АЭС и полностью отказались от ядерной энергетики. Бельгия, Испания, Швейцария, Швеция осуществляют долгосрочную политику по отказу от ядерной энергетики. Азербайджан и Грузия отказались от ядерной энергетики по причине распада СССР. Австрия, Куба, Ливия, КНДР, Вьетнам, Польша по политическим, экономическим или техническим причинам остановили свои ядерные программы перед пуском своих первых АЭС, хотя Польша в долгосрочной перспективе не исключает возможности строить АЭС вновь. Армения вначале отказалась от атомной энергетики Армения, однако затем ее единственная АЭС была вновь пущена в эксплуатацию. Тайвань заморозил строительство новой АЭС и планирует закрыть все действующие АЭС к 2025 году. Имеющие АЭС

Нидерланды и Швеция планировали отказаться от атомной энергетики, но пока приостановили такие мероприятия.

В 2023 году Комитет по Таксономии ЕС признал статус атомной энергетики как соответствующей требованиям «безуглеродной» экономики. Проекты новых АЭС, использующие наилучшие доступные технологии («Поколение III+»), признаются «зелёными» до 2045 года, а передовые ядерные энергетические технологии («Поколение IV») считаются «зелеными» бессрочно. Такой статус атомной энергетики в корне меняет подход к развитию отрасли, поскольку относит ядерную энергетику к неуглеродной.

Оценка эффективности перспективных источников энергии

Для оценки эффективности различных источников энергии используется показатель энергетической окупаемости EROI (energy return on investment) — отношение энергии, поставленной потребителю, к энергии, затраченной на ее получение и доставку. Так, при значении EROI 1:1 для получения энергии необходимо затратить то же количество энергии. Это работа с нулевой отдачей.

| Источник энергии | Показатель энергетической окупаемости EROI | |
|---|--|------------------------------|
| | без аккумуляции энергии | с аккумуляцией энергии |
| Фотоэлектрическая система (Германия) | 3,9 | 1,6 |
| Биомасса | 3,5 | - |
| Ветер | 16 | 3,9 |
| Солнечная энергия (CSP) | 19 | 9 |
| Газовые турбины в парогазовом цикле (ПГУ) | 28 | - |
| Уголь (ТЭС) | 30 | - |
| ГЭС средней величины | 49 | - |
| ГАЭС | - | 35 |
| Атомная энергия (реактор с водой под давлением) | 75 | - |

| | | |
|-----------------------|-------|-----|
| Водородная энергетика | 1:2,5 | 1:5 |
|-----------------------|-------|-----|

Значения EROI от 100 до 50 обеспечивают высокий рост экономики. При EROI равном 9 и ниже поддержание современного уровня экономики становится невозможным, а при EROI = 7 начинается деградация. Поддержание современного уровня цивилизации и ее развитие требует значений EROI не менее 15. По оценкам специалистов для водородной энергетике EROI составляет от 1:2,5 до 1:5. Крупномасштабное внедрение ВИЭ приведет к низкому EROI энергетике и росту тарифов.

Без использования ископаемого топлива невозможно создать ТЭК с показателем $EROI \geq 13$, что необходимо для устойчивого развития экономики.