

К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО

АВТОРЫ:

Э.М. ПЕРМИНОВ,
К.Т.Н.,
НП «НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
СОВЕТ ЕДИНОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ»

М.Г. ТЯГУНОВ,
Д.Т.Н.,
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

В настоящее время мир стоит перед насущной необходимостью решения проблемы энергетики будущего, которая в 2002 г. была сформулирована ООН как «Энергетическая трилемма» (Energy Trilemma). Ее суть состоит в обеспечении баланса между воз-

действием на экологию, доступом к энергоресурсам и социальной справедливостью. Одной из главных целей развития тысячелетия наряду с преодолением бедности и снижением опасности изменения климата является обеспечение чистой и доступной энергией. В мире активно ищут пути ее достижения.

Ключевые слова: геотермальные, ветровые, солнечные, приливные, волновые электростанции; высокие технологии; экологические проблемы; электроснабжение мегаполисов; распределенные системы.



Морская ВЭС около Копенгагена (Дания)

ВВЕДЕНИЕ

В 2008 г. Генеральная Ассамблея ООН сформулировала инициативу «Устойчивая энергетика для всех», которая предусматривает решение к 2030 г. трех важных взаимосвязанных задач:

- обеспечение всеобщего доступа к современным энергетическим услугам;
- повышение эффективности мирового энергопотребления на 40 %;
- увеличение доли использования возобновляемых энергоресурсов (renewable energy sources; ВИЭ) в мире до 30 %.

Совершенствование современных энергетических и энергосберегающих технологий, поиск новых энергоресурсов, развитие современных технологий возобновляемой энергетики (new renewable energy power engineering, NREE; НВИЭ), выбор технологий и способов управления являются путями решения проблем энергоснабжения, энергосбереже-

ния и энергетической безопасности мира [1].

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАДИГМЫ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Современная возобновляемая энергетика быстро развивается и включает в себя высокотехнологичные производства использования биомассы, гидроэнергетику, в том числе отдельно выделяемую малую модульную мощностью до 10–25 (30) МВт (МГЭС), геотермальные, ветровые, солнечные, приливные, волновые установки и электростанции на их основе. Развитие НВИЭ обосновывается необходимостью совершенствования энергетики и их преимуществами:

1. Неограниченность запасов возобновляемых энергоресурсов.
2. Сохранение ограниченных запасов ископаемого органического топлива и диверсифика-

ция топливно-энергетического баланса.

3. Освоение новых высоких технологий.
4. Усиление экологической безопасности энергетических технологий.
5. Повышение энергетической и экономической эффективности энергетики.
6. Улучшение децентрализованного и локального энергоснабжения.
7. Создание новых высокотехнологичных отраслей энергомашиностроения, связанных с производством оборудования, строительством и эксплуатацией оборудования, электростанций и энергосетей на базе НВИЭ.
8. Развитие новых направлений в науке, связанных с оценкой и использованием энергоресурсов и оборудования НВИЭ.
9. Создание новых современных рабочих мест в энергетике и связанных с нею отраслях производства.

ВИЭ обладают достаточным потенциалом для обеспечения по-



Рис. 1
Солнечная электростанция в Севильи (Испания)

ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ В ПЕРСПЕКТИВЕ ДОЛИ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

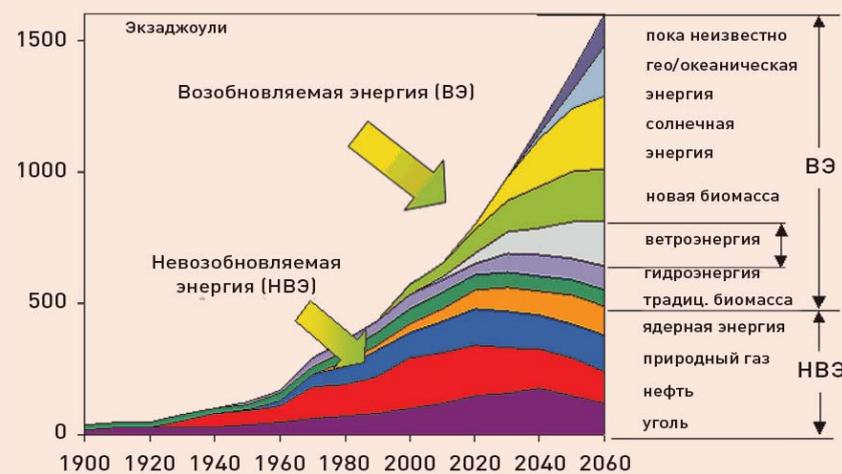


Рис. 2

требностей человечества в энергии и, поскольку им свойственна децентрализация, они могут играть особую роль в решении проблем автономного и регионального распределенного энергоснабжения. Маловероятно также, что они станут причиной войн и вооруженных конфликтов, которыми отличаются богатые нефтью и газом страны.

Особенно важно, что экологические проблемы НВИЭ менее значительны, чем у традиционной топливной энергетики, и успешно решаются. НВИЭ — это и важное направление практического энергосбережения, сохранения природы и климата на планете, поскольку при эксплуатации 1 МВт солнечных, ветровых, геотермальных энергоустановок, малых ГЭС при выработке в среднем 2–4 млн кВт·ч электроэнергии в год заменяется до 1–3 тыс. т условного топлива и предотвращается выброс только в атмосферу почти 2 тыс. т двуоксида углерода, до 15 т сернистого газа и до 2 т оксидов азота в год.

ВЭС и СЭС размещаются на неиспользуемых площадях или успешно совмещаются, например, с сельскохозяйственным производством (опыт Европы), кроме того, установки все больше перемещаются на пустынные, непригодные для других целей территории, морские побережья и морские шельфы (рис. 1).

Активное развитие возобновляемой энергетики во многих странах началось после энергетического кризиса середины 1970-х гг., когда появились коммерческие технологии ее использования, и оно происходит намного быстрее, чем предполагалось еще 10 лет назад. При этом необходимо отметить, что особое значение для успешного развития НВИЭ имеет широкое использование цифровых технологий:

- при создании нового высокотехнологичного оборудования для солнечных, ветровых, приливных, волновых, геотермальных и пр. нетрадиционных установок и электростанций;

СОСТАВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ВВОДИМЫХ В СТРАНАХ ЕС В 2010–2020 ГГ., ГВт



Источник: Европейская комиссия, график ЕвРА

Рис. 3

- для разработки сложных методологий достоверной оценки соответствующих ресурсов;
- для мониторинга и обратной связи при использовании фактически миллионов энергоустановок (ВЭУ, геотермальных установок, «солнечных крыш» и т. д.);
- для обеспечения надежной эксплуатации и эффективного использования большого числа негарантированных по мощности источников генерации;
- для решения проблем надежности гарантированного энергоснабжения потребителей при многочисленных разветвленных энергосетях.

По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), сделанным в начале XXI в., доля различных источников в производстве электрической энергии в 2050 г. может составить: уголь — 25%; газ — 25%; АЭС — 18%; ГЭС — 15%; НВИЭ — 15%. Итого ВИЭ — 30%. По данным Совета по возобновляемой энергии ЕС, доля НВИЭ

в первичной энергии оценивалась в 16,6% в 2010 г., 23,6% в 2020 г., 34,7% в 2030 г. и 47,7% в 2040 г. [2].

До последнего времени противниками широкого развития НВИЭ выступали представители традици-

онной энергетики. Сейчас ситуация меняется. Исследования в области НВИЭ проводятся структурами, которые принято считать конкурентными для новой энергетики. Финансирование и активное участие в разработках по созданию эффективных

солнечных модулей, ветроустановок (ВЭУ), топливных элементов (ТЭ), автомобилей с водородными двигателями осуществляют нефтегазовые и энергетические компании Shell, Exxon, Standard Oil, E.ON, General Electric, Total и др. На рис. 2 приводится график развития мировой энергетики, предложенный еще в 2005 г. фирмой Shell, где на уровне 2060 г. доля НВИЭ оценивается примерно в 70%.

На рис. 3 показаны объемы ввода новых энерго мощностей в странах ЕС в 2010–2020 гг., подтверждающие приоритет развития НВИЭ.

Как видно из диаграммы, вводимая мощность на базе НВИЭ, составляющая 212,5 ГВт, почти вдвое превышает мощность в 120,5 ГВт при выработке энергии с использованием всех других энергоресурсов.

На рис. 4 и 5 даны показатели развития солнечной и ветровой энергетики в мире за последние годы, приведенные представителями Международных организаций IRENA и WWEA на Международном конгрессе «REENCON-XXI. Возобновляемая энергетика XXI века: энергетическая и экономическая эффективность», проходившем в Москве 5–6 июня 2018 г. [3].

За 10 лет мощность СЭС только на базе фотоэлектрического преобразования (ФЭП) увеличилась в 44 раза и превысила 402 ГВт. Выработка электроэнергии выросла за эти годы в 40 раз, а ее себестоимость снизилась в 10 раз.

Мощность ВЭУ в мире за 10 лет выросла в 5,7 раза, а к концу 2018 г. превысила 600 ГВт. Себестоимость производимой электроэнергии снизилась более чем в 6 раз.

Установленная мощность электростанций в мире в конце 2018 г. была равна около 6500 ГВт, АЭС —

ВВОДЫ МОЩНОСТИ СЭС ЗА 2007–2017 ГГ.

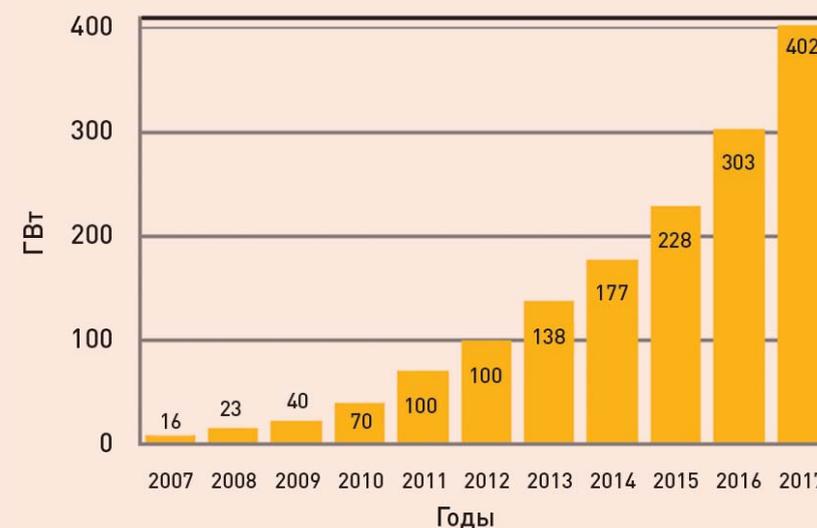


Рис. 4

ВВОДЫ МОЩНОСТИ ВЭУ ЗА 2007–2017 ГГ.



Рис. 5

350 ГВт, а электростанций на основе ВИЭ — более 2000 ГВт, включая крупные ГЭС, что составляет почти 30,8 % от общей мощности. Новые технологии использования ВИЭ (ВЭС, СЭС, ГеоТЭС, МГЭС, биоустановки и т. д.) дают около 1000 ГВт, что составляет 15,4 % [4].

Сегодня почти 200 стран мира приняли программы развития НВИЭ, которые успешно реализуются. В 2015 г. Всемирная ветроэнергетическая ассоциация (ВВЭА) на очередной конференции, рассмотрев все аспекты использования НВИЭ, соответствующей политики развития, производства, эксплуатации оборудования и электростанций, а также экономические и социальные проблемы, поддержала научно обоснованные программы и выступила с предложениями о 100 %-м энергоснабжении за счет ВИЭ в мире уже в обозримом будущем и призвала все заинтересованные страны и структуры присоединиться к этой кампании.

Технический комитет ВВЭА в докладе «Энергия ветра — 2050» в 2015 г. изложил стратегию развития НВИЭ, предусматривающую к 2050 г. почти 100 %-е энергоснабжение за счет ВИЭ. В докладе отмечается, что нет базовых технических барьеров для получения энергии ветра, чтобы обеспечить большую часть будущего глобального энергоснабжения, по крайней мере, на первом этапе до 40 % за счет ветровой энергии уже к 2050 г. Использование энергии ветра многие считают основным вариантом выработки электроэнергии во многих странах. Интеграция ветроэнергетики с традиционной сетью рассматривается сегодня как технологический вызов. Конференции ВВЭА в 2016–2018 гг. эти программы поддержали и детализировали [4].

Оставшаяся часть необходимого энергопотребления может быть

обеспечена, в первую очередь, за счет солнечной энергии, масштабные прогнозы по развитию которой в мире даются Международным энергетическим агентством (МЭА). «Быстрое снижение стоимости фотоэлектрических модулей и систем, повышение их КПД в последние несколько лет открывают новые перспективы для использования солнечной энергии в качестве важного источника электричества в ближайшие годы и десятилетия. Уже в 20-х годах XXI в. солнечная энергетика на фоне растущих надбавок за выброс парниковых газов, которые будут налагаться на традиционные виды топлива (что уже существует в ряде стран), станет коммерчески рентабельной, а затем превзойдет по объемам традиционную энергетику», — сообщила исполнительный директор МЭА Мария ванн дер Хувен в 2018 г. Отмечается, что если в 2008 г. стоимость солнечной энергии за ватт установленной мощности в КНР, Австралии, Германии, Италии равнялась \$ 4, то сейчас она снизилась до \$ 0,4, к 2030 г. может опуститься до \$ 0,2 и ниже.

Снижение стоимости объектов НВИЭ и производимой на них электроэнергии отчасти тормозится неизбежным по мере их развития ростом расходов на поддержание стабильной работы энергетических систем или на их возможную кардинальную перестройку, включая цифровизацию энергетики, которая играет важную роль при мониторинге разнообразных многочисленных объектов и создании «умных» сетей. В странах, успешно развивающих возобновляемую энергетику, — КНР, ФРГ, США, Дании, Норвегии и ряде других уже достигнуты показатели себестоимости, сравнимые с традиционной энергетикой. Например, по данным министерства инфраструктуры канадской провинции Альберта, которая по многим условиям близка к нашей стране, там строятся три СЭС Canadian Solar суммарной мощностью 94 МВт. По расчетам, солнечная энергия, вырабатываемая на них, будет обеспечивать 55 % годового потребления электроэнергии провинции Альберта. Электроэнергия будет закупаться на основе 20-летних договоров купли-продажи по средней

ФАКТИЧЕСКИЕ ЦЕНЫ СОЛНЕЧНОЙ ГЕНЕРАЦИИ



Рис. 6



19 Всероссийская специализированная выставка

Электро-2020. Энергосбережение

• ЭЛЕКТРО

- Электротехническое оборудование
- Генераторы, трансформаторы, электроприводы
- Кабель, провод
- Светотехника
- Высоковольтное и низковольтное оборудование
- КИП, автоматика
- Электроинструмент

• ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКА

- Электро-, гидро-, теплоэнергетика
- Нетрадиционная и возобновляемая энергетика
- СИП и ЛЭП
- Энергоэффективные, ресурсосберегающие технологии и оборудование
- Приборы и системы учета
- Тепло-, электро-, газоснабжение
- АСУТП, системы контроля

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ • ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- Тепловые, электрические сети
- Оборудование для магистральных и разводящих сетей
- Энергоменеджмент, энергоаудит

Организатор
**Волгоград
ЭКСПО**
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

(8442) 93-43-02
www.volgogradexpo.ru

Генеральный интернет-партнер
Официальный партнер
Информационный партнер

elec.ru
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ РЫНОК
ЭНЕРГИЯ ЕДИНОЙ СЕТИ

**18-20
МАРТА**

**ВОЛГОГРАД
ЭКСПОЦЕНТР**
пр. Ленина 65А

Рис. 7
Вид на центр Сан-Диего

МИР ГОТОВИТСЯ К ЭНЕРГО- ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗА СЧЕТ НВИЭ

В 1953 г. в мире жили 2 675 766 000 человек и лишь 30 % из них проживали в городах. В 2016 г. нас стало уже 7,3 млрд человек, и более 50 % из них проживали в городах. В 2025 г. предположительно на нашей планете будет жить 8 млрд человек, причем 65 % людей будут проживать в городах. Будущее человечества решается в городах! Уже сегодня более 80 % используемой в мире энергии приходится на города и более 40 % потребности в энергии в мире требуется для энергообеспечения зданий. Это означает, что следует уже сейчас создавать энергоэффективное городское пространство будущего — здания, кварталы, улицы, рабочие места, системы энергоснабжения и многое другое. Нужно разрабатывать концепции строительства и эксплуатации экологически сбалансированных городов с эффективным потреблением энергии и максимальным использованием «более экологически приемлемой» возобновляемой энергии. Все большее количество городов снабжается

электроэнергией уже на 50–70 % из ВИЭ. Их число увеличилось более чем в два раза за период между 2015 и 2018 г. — с 42 до 101. Это такие города, как Окленд, Бразилиа, Найроби и Осло. Более 50 городов из 14 стран объявили о своих программах перехода к 100 %-му энергоснабжению за счет НВИЭ. Все связанные с этим технологические и информационно-управленческие сложности наглядно можно представить на примере американского города Сан-Диего, одного из красивейших и престижных городов США, решающего такую задачу (рис. 7). [5].

Представители американских корпораций Apple, Google, Microsoft, корейской Samsung и ряда других в 2017–2018 гг. заявили, что все офисы, торговые залы, служебные и производственные объекты компаний перешли на 100 %-е энергоснабжение из ВИЭ.

Такая политика дает возможность экономить и сохранять ресурсы и энергию в больших масштабах, а также ограничить сжигание ископаемых органических энергоресурсов и сократить загрязнение окружающей среды. Это позволяет сохранять жизненно важный уклад цивилизации и взять на себя ответственность за будущее наших детей и потомков.

цене 4,8 канадских цента (3,6 цента США) за киловатт-час. Это ниже действующего в провинции тарифа на электроэнергию, который равен 6,8 цента за киловатт-час. В проектах СЭС будут использоваться двусторонние (bi-facial) солнечные панели Canadian Solar, которые генерируют на 20 % больше энергии, чем стандартные солнечные модули, благодаря своей способности вырабатывать электроэнергию и на передней, и на задней сторонах панелей. Эти модули хорошо подходят для снежных канадских зим, так как снег усиливает отражение солнечного света.

В провинции Альберта также будет построено пять ветровых электростанций суммарной мощностью 763,7 МВт со средневзвешенной ценой киловатт-часа менее 3 центов США. На рис. 6 приведены фактические цены солнечной генерации, достигнутые в 2017 г. по ряду стран.

Таким образом, сегодня можно говорить об НВИЭ как конкурентном способе производства электроэнергии. В определенных условиях солнечная и ветровая энергетики могут быть уже сегодня достаточно дешевыми технологиями генерации. Разумеется, речь идет о сравнительной экономике современных технологий и новых объектов.

Естественно, для такого перехода требуется и соответствующее оборудование. Например, в США разрабатывается проект 50-мегаваттного морского ветрогенератора, примерно в 6 раз мощнее предыдущего 8,8-мегаваттного рекордсмена, установленного на побережье Шотландии. Испытания прототипа прошли летом 2018 г. в штате Колорадо [6]. Огромная турбина с лопастями длиной 200 м отличается от обычной своим разворотом лопастной системы в противоположную сторону. Сегодня в мире наибольшее распространение получили ветровые турбины с тремя лопастями, расположенными навстречу ветровому потоку. Лопасти этого, так называемого сегментированного (состоящего из нескольких сегментов) ультралегкого ротора с изменяемой формой (SUMR), развернуты по ветру и будут собираться на строительной площадке ВЭС. Они, как пальмы, станут прогибаться по направлению ветра, а при сильном ветре будут складываться (рис. 8). Такая ВЭУ станет производить самую дешевую электроэнергию.

Необходимо обратить внимание и особо отметить, что возобновляемая энергетика является элементом новой низкоуглеродной («зеленой») экономической модели энергетики с меньшим неблагоприятным воздействием на окружающую среду. Ее эффективность будет еще больше

проявляться тогда, когда будут введены жесткие глобальные правила регулирования антропогенных выбросов для традиционной энергетики, которые пока в большинстве стран отсутствуют. Это создаст новую экономическую реальность, в которой возобновляемая энергетика должна стать неотъемлемым и определяющим элементом. Кроме того, возобновляемая энергетика является механизмом стимулирования развития высокотехнологичной экономики, совершенно новых технологий в промышленности, направлений в науке, что обеспечивает занятость и создание новых рабочих мест.

Мировым энергетическим сообществом активно обсуждаются и решаются вопросы энергетики будущего с учетом, прежде всего, значительного роста доли НВИЭ. В мире получили распространение и поддержку идеи председателя Государственной ассоциации энергетических предприятий и председателя совета директоров Государственной электросетевой корпорации КНР Лю Чженья, изложенные им в книге, изданной в 2015 г. на китайском, английском и русском языках «Глобальное энергетическое объединение». Автор — энергетик, профессионал с мировым именем рассмотрел стратегию «экологически чистого долгосрочного развития мировой энергетики» и предложил ряд интересных и важных решений. Он раскрывает тенденции замещения ископаемого топлива неисчерпаемыми ВИЭ и отмечает, что при решении проблем энергетики будущего необходимо исходить из исторического, дифференцированного и открытого подхода. Рассматривая вопросы энергоснабжения и энергопотребления, регионы концентрации производства электроэнергии на основе НВИЭ в арктической и экваториальной областях, автор излагает план формирования глобального мирового энергообъединения и связанные

СХЕМА ПРЕДЛАГАЕМОЙ ВЭУ

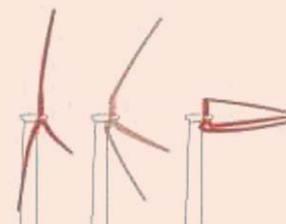


Рис. 8

РЕГИСТРАЦИЯ ИЗОБРЕТЕНИЙ, ПОЛЕЗНЫХ МОДЕЛЕЙ, ТОВАРНЫХ ЗНАКОВ, ПРОГРАММ ДЛЯ ЭВМ

Эксперты АО «НТЦ ФСК ЕЭС» подготовят и оформят необходимые материалы для получения патентов и регистрационных свидетельств, удостоверяющих исключительное право на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации.

ГЛАВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА СОТРУДНИЧЕСТВА С НАШЕЙ КОМПАНИЕЙ

- АО «НТЦ ФСК ЕЭС» оказывает услуги на всех этапах регистрации – от подготовки комплекта заявочных материалов до получения документов исключительного права.
- Наши эксперты сочетают профессиональные технические знания с высшей квалификацией патентных поверенных РФ и имеют опыт работы более 20 лет.



+7 (499) 613-73-18

с этим инновационные технологии и инженерные разработки [7].

Подобная тематика вызывает большой интерес энергетиков многих стран. Использование цифровых технологий позволяет заглянуть в будущее, создавая эффективные виртуальные модели энергетики будущего и соответствующие компьютерные программы, задавая различные граничные условия. Можно сказать, что широкое и активное внедрение цифровых технологий в возобновляемую энергетику обеспечило синергию науки и производства, стало важным фактором ее роста и позволило:

- объединить разные векторы развития и скоординировать интересы;
- устранить барьеры развития разных стран и технологий;
- обеспечить мониторинг всех работ и процессов и обратную связь;
- интегрировать национальные информационные системы;
- осуществлять обмен данными;
- создать профессиональные кластеры по направлениям НВИЭ;
- объединить интересы участников решения проблемы развития НВИЭ;
- делать прогнозы развития;
- скоординировать цены на оборудование и продукцию;
- повысить качество оперативного управления.

Ученые из Лаппеенрантского технологического университета (LUT) в Финляндии в конце 2016 г. разработали модель мировой энергетической системы, функционирующей на 100 % на основе ВИЭ [12]. Модель демонстрирует работу электроэнергетической системы, в которой основными энергоисточниками являются солнце и ветер. Была создана симуляция такой энергосистемы для Евразии, в том числе для России (Eurasian Super

Grid for 100 % Renewable Energy power supply: Generation and storage technologies in the cost optimal mix).

В модели, названной «Интернет энергии» (Internet of Energy Model), визуализирована работа мировой электроэнергетики в 2030 г. с предпосылкой, что система функционирует на основе только ВИЭ. «С помощью такой модели каждый может изучить, как должна выглядеть энергосистема на основе ВИЭ. Ученые впервые смогли сделать это для глобального масштаба», — говорит Кристиан Брейер, профессор LUT и ведущий разработчик модели. Модель показывает, как может быть организовано производство электроэнергии, чтобы покрывать спрос в каждый час календарного года. При этом разработка предполагает нахождение наиболее экономичного решения. Оптимальное сочетание генерации, хранения и сетевого хозяйства обеспечивает стоимость электроэнергии в районе € 55–70 за мегаватт-час во всех основных регионах мира.

В дальнейшем авторы модели планируют расширить ее на весь энергетический сектор, в том числе теплоснабжение и транспорт, и, кроме того, смоделировать процесс перехода от нынешней энергетической системы к новой, полностью возобновляемой энергетике. По словам исследователей, созданная модель развеивает мифы о возобновляемой энергетике. Один из распространенных мифов: система на основе 100 % ВИЭ не может работать стабильно и регулярно из-за прерывистого характера солнечной и ветровой генерации. Еще один миф — о базовой нагрузке, о том, что энергосистема не может функционировать без «базовых» мощностей, таких как угольные и атомные электростанции. Модель подтверждает, что данные мифы действительно являются не больше, чем мифами.

Ученые Стэнфордского университета в США под руководством Марка Джейкобсона создали и опубликовали в научном журнале «Джоуль» (Joule) модель мировой энергосистемы, которая к 2050 г. будет функционировать исключительно на основе ВИЭ: «Стопроцентно чистая и возобновляемая энергия на основе ветра, воды и солнца для всех секторов. Дорожные карты для 139 стран мира». Авторы модели составили соответствующие программы перехода «к стопроцентно чистой энергии» для 139 стран (по которым смогли получить исходные статистические данные для анализа), где описаны пути трансформации и результаты.

Модель предусматривает, что уже к 2030 г. 80 % мировой энергии будет производиться на базе ВИЭ. К 2050 г. их доля будет доведена до 100 %. Необходимо отметить, что в модели речь идет не только об электроэнергетике, а обо всем потреблении энергии человеком. Решение, которое предлагают ученые, затрагивает все сферы, в которых потребляется энергия (транспорт, отопление / охлаждение, промышленность, сельское, лесное хозяйство, рыболовство). При этом основным производителем энергии станет солнечная энергетика (фотоэлектрическая и тепловая — суммарно 57,55 %), ветроэнергетика обеспечит 37,14 %, гидроэнергетика — 4 %, энергия волн — 0,58 %, приливов — 0,06 %, геотермальная — 0,67 %.

Авторы модели отказываются от атомной энергетики и биоэнергетики в связи с экологическими и операционными рисками. Также не планируется увеличивать мощности ГЭС, предполагается лишь увеличение их коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) с нынешнего мирового уровня в 42 до 50 %. Суммарный объем мощностей, который

Международный форум «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

ДИСКУССИОННАЯ ПАНЕЛЬ

«ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ»

реклама

под эгидой НИК АЗ РНК СИГРЭ «Оборудование для магистральных и распределительных электрических сетей»



5 декабря
13:30 – 15:00

Москва, ВДНХ, 75 павильон, зал № 2

Вопросы для обсуждения:

- **Высокотемпературное сверхпроводящее токоограничивающее устройство (ВТСП ТОУ)**
- **Сверхпроводящий кабель с эффектом токоограничения**
- **Вставка постоянного тока для объединения энергосистем**
- **Электромеханическая вставка переменного тока на базе асинхронизированного преобразователя частоты (АСЭМПЧ)**
- **Высоковольтные вводы для ВТСП ТОУ 220 кВ и высоковольтные трансформаторные вводы с RIN-изоляцией**
- **Токоограничивающее устройство коммутационного типа 220 кВ**

Модератор: **Советник генерального директора, Председатель научно-технического совета АО «НТЦ ФСК ЕЭС» Ю.А. Дементьев**

требуется построить в мире для выполнения условий модели, равен примерно 46 200 ГВт, не считая еще 6 тыс. ГВт дополнительных пиковых мощностей накопителей энергии! Невероятная цифра, если учитывать, что установленная мощность мировой электроэнергетики равняется сегодня приблизительно 6,5 тыс. ГВт. Сумма инвестиций, которые потребуются для осуществления такой энергетической трансформации, также впечатляет — \$ 125 трлн. Для размещения этих мощностей понадобится чуть меньше 1 % земной поверхности (суши).

Следует отметить, что модель предусматривает существенное снижение потребления энергии к 2050 г. по сравнению с традиционными прогнозами (business as usual). Лишь в малой степени это произойдет за счет роста энергоэффективности. Основной выигрыш связан с всеобщей электрификацией. При этом исчезают:

- а) потери энергии в процессе преобразования топлива («электродвигатель эффективнее двигателя внутреннего сгорания»);
- б) расход энергии, связанный с добычей, переработкой и доставкой ископаемого сырья.

Такой сценарий развития энергетического сектора обеспечит выполнение и амбициозной задачи Парижского климатического соглашения — ограничить повышение средней температуры на планете 1,5 °С, что «технически и экономически выполнимо», считают авторы исследования.

Подобные работы по моделированию энергетики будущего выполнены и в Германии, в том числе на случай отсутствия солнца и ветра в течение 2 недель в январе — феврале (как это было в 2006 г.), в Венгрии и ряде других стран, где сформулированы похожие принципы

МОЩНОСТИ НВИЭ НА УРОВНЕ 2050 Г., ГВт

1	КНР	4993	10	Мексика	185
2	США	2506	11	Южная Корея	146
3	Индия	1795	12	Россия	281
4	Европейский союз	1154	13	Австралия	176
5	Индонезия	382	14	Канада	122
6	Япония	297	15	Турция	105
7	Бразилия	233	16	Аргентина	62
8	Саудовская Аравия	214	17	Остальные страны	1564
9	ЮАР	117	18	Мировая мощность	14 333

Таблица 1

и условия и получены близкие показатели, однако имеющие отличия.

В табл. 1 представлены некоторые данные о перспективах развития НВИЭ в мире на уровне 2050 г. по работам Международной ассоциации возобновляемой энергетики IRENA и WWEA с учетом проработок ряда стран и организаций при реализации Парижских соглашений по климату, которые были представлены в докладе на Международном конгрессе «REENCON-XXI. Возобновляемая энергетика XXI века: энергетическая и экономическая эффективность» в Москве в Сколково [3].

Предполагается, что через 30 лет мощности на базе НВИЭ более чем в 2 раза могут превысить мощности всех существующих сегодня электростанций. Причем речь не идет о 100 %-м энергоснабжении на основе НВИЭ. Но НВИЭ станут основным инновационным решением в процессе развития энергетики XXI в. и изменят мировую энергетическую стратегию. Таким образом, в мировой энергетике совершается техническая революция — за 30 лет создана новая крупная отрасль, успешно конкурирующая технически и экономически с традиционными технологиями энергетики и имеющая большие перспективы. Бурное развитие возобновляемой энергетики — одно из наиболее важных

достижений XXI в., как мы уже отмечали, обеспечивается в значительной степени за счет внедрения цифровых технологий, без которых создание и эксплуатация миллионов энергоустановок НВИЭ были бы крайне затруднительны [2, 4].

Мировое энергетическое сообщество признает, что создается новая парадигма развития электроэнергетики — интегратор многообразия потребителей и производителей электрической энергии. При этом изменение парадигмы связано с либерализацией рынков, увеличением субъектов рынка, интенсивным развитием децентрализованной распределенной генерации, появлением новых энергоресурсов и принципиально новых технологий производства, преобразования и передачи электроэнергии, ужесточением экологических требований, и, конечно, интенсивным развитием возобновляемой энергетики, внедрением цифровых технологий.

Вопросы функционирования и безопасности такой жизнеобеспечивающей системы, какой представляется будущая энергетика, требуют более четко структурированного и организованного принципа построения, чем неконтролируемый глобальный рынок энергии. Очевидно, что речь идет о построении глобальной распределенной энергетической системы с генерацией в значительных

масштабах на основе современных технологий использования ВИЭ.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Обеспечение энергетической безопасности становится особенно важным сейчас, когда создание континентальных, межконтинентальных и глобальной энергетических систем уже является не только теоретическим вопросом. Широкую известность, как уже говорилось выше, приобрела книга Лю Чжэнья «Глобальное энергетическое объединение» [7]. Принципы построения глобальной энергетической системы, описываемой в книге, —

открытость, интеграция и сотрудничество.

Для выполнения задач построения глобальной энергетической системы создана «Организация по развитию и кооперации глобального энергетического объединения» (GEIDCO), которая зарегистрирована в г. Пекине (КНР), является неправительственной международной НКО, образована на добровольной основе заинтересованными предприятиями, организациями и физическими лицами, приверженными идеям устойчивого развития.

Цель GEIDCO заключается в содействии созданию глобального энергетического объединения (ГЭО [Global Energy Interconnection (GEI)]) для удовлетворения глобального спроса на «зеленую», экологически чистую электроэнергию для реализации инициативы ООН «Устойчивая энергетика для всех» и инициатив, препятствующих изменению

климата, а также для обеспечения устойчивого развития человечества.

GEIDCO стремится распространять концепцию ГЭО, участвуя в разработке плана его развития, внедрении технических инноваций и проведении исследований, налаживая международное сотрудничество, содействуя реализации отдельных инженерных проектов, оказывая консалтинговые услуги. Ожидается, что ГЭО поможет расширению сотрудничества между странами всех континентов Земли, поможет обеспечить доступ к электроэнергии в таких регионах, как Азия, Африка и Южная Америка, будет способствовать сокращению разрыва в уровне промышленного развития и благосостояния между регионами мира.

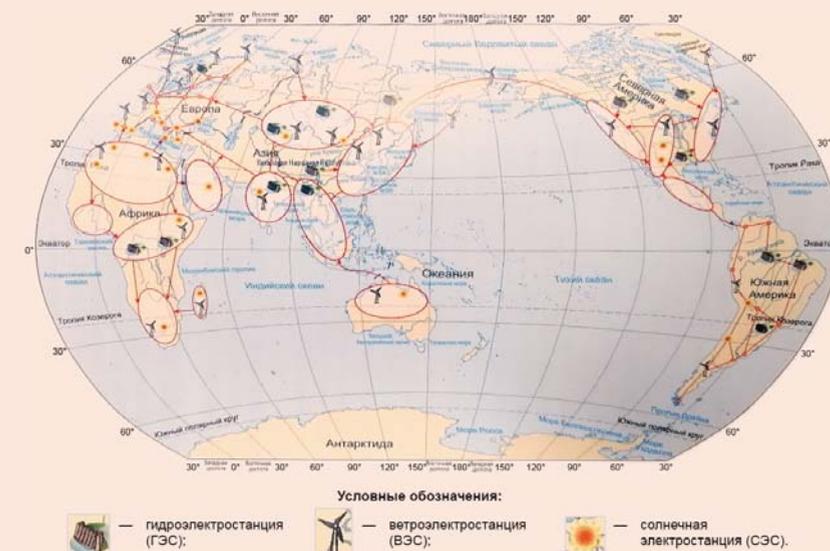
На рис. 9 показано, как различные регионы мира будут соединены в общую электрическую сеть.

Как будет строиться ГЭО для Европы, показано на рис. 10, для объединения Европы и Азии — на рис. 11, ГЭО для азиатского континента, включая страны АСЕАН, — на рис. 12. Обозначения на всех рисунках такие же, как на рис. 9.

Единая энергосистема (ЕЭС) России может стать связующим звеном между национальными энергосистемами Европы и Азии. А установление электрических связей ЕЭС России с энергосистемой Северной Америки обеспечит дальнейшее формирование ГЭО энергетических систем мира.

При построении ГЭО в качестве основных генераторов электроэнергии рассматриваются гидравлические (ГЭС), ветровые (ВЭС) и солнечные (СЭС) электростанции. Такая однозначная ориентация глобальной энергосистемы на указанные виды установок на основе ВИЭ вызывает наибольшие проблемы, связанные

СХЕМА ГЛОБАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ



Источник: [1]

Рис. 9

с нерегулярностью поступления первичного энергоресурса этих энергоустановок. Поэтому принципы построения ГЭО с использованием ВЭС и СЭС требуют дальнейшего обсуждения. К тому же нельзя забывать, что степень объединения энергосистем стран на разных континентах различна, уровень энергообеспеченности потребителей в этих странах также сильно различается. И задачи развития энергетики у них тоже разные. Для энергосистем, например, стран АСЕАН, важно выбрать такой путь развития национальной энергетики, который наилучшим образом учитывал бы их островное географическое положение. Аналогичная проблема возникает и при определении пути развития энергетики изолированных энергорайонов России, к которым относится более половины территории страны.

Европейское энергокольцо строится при участии в генерации для европейских потребителей крупных солнечных и ветровых электростанций, расположенных на севере Африки.

Азиатское энергетическое кольцо должно объединять Северо-Восточное и Юго-Восточное энергетические кольца. Северо-Восточное кольцо строится на основе генерации электростанций России, Монголии и Центральной Азии на базе солнечных электростанций, расположенных в пустынях, и крупных ГЭС.

Полное Азиатское энергетическое кольцо должно связать страны Центральной, Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии, включая государства, расположенные на архипелагах островов Тихого и Индийского океанов, энергетические

системы которых находятся в стадии активного развития.

Экономическая целесообразность объединения энергетических систем обычно обосновывается двумя основными эффектами: взаимным резервированием мощности энергосистем и взаимным обменом электроэнергией. Обмен электроэнергией определяет количественный показатель эффективности объединения для взаимных расчетов, а резервирование — качественный показатель надежности электроснабжения потребителей всех участников энергетической системы. С технической стороны это совершенно верно, на что указывает многолетний опыт работы уникальной межконтинентальной энергетической системы, которой является ЕЭС России (в прошлом ЕЭС СССР).

Однако мощное влияние политических факторов, особенно заметных на международной арене в последние годы, ставит в целом теоретически верный подход к построению ГЭО под сомнение. Точнее, предполагает включение в этот подход таких системных решений, которые бы повысили энергетическую безопасность как всего объединения, так и каждого из его участников.

РОССИЙСКИЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ БОЛЬШИХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ

Многие из технических и организационных проблем объединения энергетических систем были решены при создании ЕЭС СССР.

В 2021 г. исполняется 100 лет со дня фактического основания диспетчерского управления объединенными энергетическими системами. В 1921 г. были объединены на параллельную работу семь

СХЕМА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ ГЭО



Источник: [1]

Рис. 10

«РТСОФТ»: НАДЕЖНОСТЬ, ПРОФЕССИОНАЛИЗМ, ИННОВАЦИИ

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

- **АСДТУ**
Автоматизированные системы диспетчерского и технологического управления
- **ССПИ, СОТИ, ССПТИ**
Системы сбора и передачи технологической (оперативной, неоперативной) информации
- **АСУТП ПС**
Автоматизированные системы управления технологическими процессами подстанций и электрической части станций
- **РЗА И ПА**
Релейная защита и противоаварийная автоматика
- **СМРП И ПКЭ**
Системы мониторинга параметров электрической сети

ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ СТЕНД «РТСОФТ» А 220

НА МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ – 2019»

- **НА СТЕНДЕ БУДУТ ПРЕДСТАВЛЕНЫ**
решения, продукты и сервисы для электроэнергетики
- **СРЕДИ НИХ: КОМПЛЕКСНОЕ И АТТЕСТОВАННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ**
на базе ПТК СМАРТ-КП2 для цифровизации объектов сетевого предприятия - от центра управления сетями до подстанции, включая создание цифровых подстанций

ЖДЕМ ВАС НА СТЕНДЕ «РТСОФТ»

с 3 по 6 декабря
Москва, ВДНХ, павильон 75, зал А

СТРУКТУРА УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОБЪЕДИНЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ И ЕЭС РОССИИ НА 01.01.2019

Энергетические системы	Всего, МВт	ТЭС		ГЭС		ВЭС		СЭС		АЭС	
		МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт	%
ЕЭС РОССИИ	243 243,20	164 586,60	67,7	48 506,30	19,9	183,9	0,08	834,2	0,3	29 132,20	12
ОЭС Центра	52 447,30	37 049,90	70,6	1 800,10	3,4	—	—	—	—	13 597,30	25,9
ОЭС Средней Волги	27 591,80	16 349,30	59,3	6 990,50	25,3	85	0,3	95	0,3	4 072,00	14,8
ОЭС Урала	53 614,30	50 017,50	93,3	1 871,20	3,5	1,6	0	239	0,5	1 485,00	2,8
ОЭС Северо-Запада	24 551,80	15 648,60	63,7	2 950,30	12	5,3	0,02	—	—	5 947,60	24,2
ОЭС Юга	23 535,90	13 025,80	55,3	5 942,80	25,3	92	0,4	445	1,9	4 030,30	17,1
ОЭС Сибири	51 861,10	26 514,50	51,1	25 291,40	48,8	—	—	55,2	0,1	—	—
ОЭС Востока	9 641,00	5 981,00	62	3 660,00	38	—	—	—	—	—	—

Источник: <https://minenergo.gov.ru/node/532>
Таблица 2

электростанций Москвы и области, а 17 декабря 1921 г. Управлением объединенных государственных электростанций (ОГЭС) Московского района Главэлектро ВСНХ РСФСР были изданы учредительные документы, в которых определены структура и функции диспетчерского управления ОГЭС [8, 10].

Управляемость ЕЭС СССР обеспечивалась единым правом собственности и вертикально интегрированной системой оперативно-диспетчерского и технологического управления.

Концентрация крупных электростанций в местах, близких к источникам первичной энергии, повышала их экономичность за счет уменьшения стоимости передачи топлива от мест добычи до места использования.

Надежность, живучесть и стабильность электроснабжения потребителей определяются структурой энергосистемы: составом генераторов, схемой электрической сети и видом потребителей электроэнергии — чем меньше будет гарантированная мощность генераторов, тем ниже будет гарантия бесперебойности электроснабжения.

Живучесть большой электрической системы — комплекса генераторов, сетей и потребителей — достигается путем деления этой системы на более мелкие составные части с последующим объединением их на параллельную работу.

Объединение энергосистем было основано на принципе системности в энергетике. Для ЕЭС была определена и постоянно корректировалась оптимальная структура генерирующей мощности, приведенная для 2018 г. в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что почти все энергетические объединения России имеют достаточно большое количество источников, регулирующих мощность станций за исключением систем Центра и Северо-Запада, где мощность атомных электростанций превышает системный резерв в 18–20 %. При этом нужно иметь в виду, что такой дисбаланс образовался в основном после того, как прекратилось централизованное планирование развития ЕЭС России.

Наиболее пристальное внимание при анализе структуры установлен-

ной мощности энергосистем нужно обратить на особенности установок, использующих ВИЭ.

УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ НВИЭ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Энергетические установки на основе НВИЭ, которые включаются в состав генерирующего оборудования ГЭО (СЭС и ВЭС, волновые станции и ПЭС), не имеют собственных средств аккумуляции энергетического ресурса, поэтому они не имеют гарантированной мощности, т. е. мощности, которая подается потребителю электроэнергией с заданной гарантией бесперебойности (обычно 95–97 %).

Особенно часто именно солнечные и ветровые энергоустановки дублируют мощность гарантирующего поставщика электроэнергии (тепловых, атомных, гидравлических, геотермальных и др. типов электростанций) и, как представля-

СХЕМА ОБЪЕДИНЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКОЙ, АФРИКАНСКОЙ И АЗИАТСКОЙ ЧАСТЕЙ ГЭО



Источник: [1]

Рис. 11

ется, в настоящее время могут рассматриваться только как средство экономии топливных ресурсов гарантирующих поставщиков.

Исключение составляют те районы мира, где поступление энергоресурса (солнечной радиации или ветровых потоков) имеет вероятность, не меньшую гарантии электроснабжения. Для солнечных электростанций, например, это 320–340 солнечных дней в году, но и то только в дневное время. В странах Европы и Америки гарантия получения

солнечной энергии в год не превышает 50 %, точность прогноза ее выработки на сутки вперед и того меньше.

Из сказанного следует, что мощность недублированных НВИЭ, таких как СЭС и ВЭС, не может быть больше величины резерва мощности энергосистемы, а их использование в изолированных энергосистемах (энергорайонах) без гарантирующего поставщика энергии лишает потребителей гарантированного электроснабжения.

Это свойство СЭС и ВЭС обуславливает необходимость создания специальных условий для их использования: или гарантирующего электрогенератора, или накопителя электроэнергии, или управляемого электропотребителя, или всего вместе. Эти технические проблемы требуют своего решения для всех трех основных задач энергетики: управление развитием и проектированием новых энергообъектов, планирование режимов их работы на длительные или краткосрочные периоды времени, оперативное

управление режимом работы энергосистемы и защитой ее элементов от аварийных ситуаций.

Однако объединение национальных энергосистем затруднено не только из-за технических проблем. Основными трудностями объединения будут политические проблемы, в первую очередь различия в законодательстве стран — возможных участниц объединения. Например, текущие нормативы резервирования в России выше мировых, поэтому дополнительное резервирование мощности ЕЭС России из внешних энергосистем не будет экономически обосновано.

В то же время российские тарифы на электроэнергию выше, чем, например, китайские, что создаст проблему для коммерческой диспетчеризации межнациональной энергосистемы.

Японское законодательство просто запрещает импорт электроэнергии. Следовательно, для создания Азиатского энергообъединения Японии придется снять этот запрет, и всем его участникам потребуется привести свое законодательство в соответствие с правилами построения и работы ГЭО.

Правда, действующая Энергетическая хартия предполагает многостороннее энергетическое сотрудничество. Она играет важную роль в рамках международных усилий по созданию правовой базы для различных международных проектов в сфере энергетики, энергетической безопасности стран, основанной на принципах открытых, конкурентных рынков и устойчивого развития.

Однако опыт международных отношений последних лет показывает,

что в открытую конкуренцию все более вмешивается политический протекционизм. Так, правила Всемирной торговой организации перестают превалировать над национальными интересами, например, в США. Сюда относятся и торговая война с Китаем, и санкции против Ирана и России, западноевропейских компаний, участвующих в проекте «Северный поток-2», и ограничение доступа Турции к новейшим американским самолетам F-35 за приобретение ею зенитно-ракетных комплексов С-400 российского производства и др.

Это еще раз позволяет сказать о том, что рыночный механизм работает только в условиях экономики 1.0 и перестает работать в условиях манипулирования спросом для удовлетворения якобы рыночного предложения. Иными словами, при построении глобальной энергетической системы должны учитываться системные факторы в полном объеме, но в первую очередь факторы энергетической безопасности, которые в значительной степени определяют структуру ГЭО. Распределенная энергетика — один из принципиальных путей развития ГЭО.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Распределенная энергетика должна обеспечить безопасное и надежное энергообеспечение всех участников. Учитывая, что развитие систем энергоснабжения многих стран связано на первом этапе с созданием изолированных самобалансирующихся энергосистем, становится ясно, что объединение этих изолированных энергосистем в единую сеть наиболее разумно при построении распределенной энергосистемы: объединения разумно управляемых

(умных) энергосистем островного типа [9]. Управление энергетической системой, состоящей из такой сети локальных энергосистем, значительно проще, а коммерческие расчеты более прозрачны и просты.

При рассогласовании режимов работы частей энергосистемы она разделяется на самостоятельно работающие «острова», каждый из которых восстанавливает работоспособность самостоятельно, а расчеты за поставку электроэнергии ведутся по величине межсистемных перетоков мощности. Объединение «островных» частично самобалансирующихся энергосистем (ЭЭС) и следует назвать распределенной энергосистемой, имеющей следующую концепцию построения:

- по структуре:
 - множество самобалансирующихся энергоузлов, связанных друг с другом по рабочей и резервной мощности;
 - потребность энергоузлов обеспечивается собственными энергоресурсами с заданной гарантией, в общем случае не равной 95–97 %;
 - потребители энергии регулируют потребляемую мощность с различной гарантией энергоснабжения для отдельных электропотребителей (в том числе со сниженной по сравнению с потребителями ЕЭС России);
 - гарантированное на уровне ЕЭС России энергоснабжение обеспечивается только для объектов жизнеобеспечения локальной энергосистемы;
 - регулирование межсистемных перетоков мощности обеспечивает надежность их работы и качество потребляемой электроэнергии.
- по режиму:
 - в регулировании баланса мощности активно участвуют потребители электрической и тепловой энергии;
 - гарантированное на уровне ЕЭС России энергоснабжение обеспечивается только для объектов жизнеобеспечения локальной энергосистемы;
 - регулирование межсистемных перетоков мощности обеспечивает надежность их работы и качество потребляемой электроэнергии.

Задача определения структуры генерирующих источников распределенной ЭЭС тогда можно сформулировать следующим образом: найти такое сочетание потребителей электрической и тепловой энергии различного вида и такое сочетание источников электрической и тепловой энергии, при котором степень дублирования генерирующей мощности будет минимальной, а гарантия бесперебойности энергоснабжения потребителей всеми видами требуемой им энергии будет максимальной.

Тогда задачи развития и планирования режимов могут решаться по методике, отличающейся от принятой, где все потребители обеспечиваются гарантированным электроснабжением, а уровни гарантии определяются еще на стадии планирования.

Обычно баланс гарантированной мощности j -й ЭЭС в i -й интервал времени задается в виде:

$$P_{ээсij}^{пот} + P_{ээсij}^{птр} = N_{аэсij} + N_{тэсij} + N_{гэсij} + N_{бл.сij} + P_{ij}^{пер}, \quad (1)$$

где $P_{ээсij}^{пот}$ — мощность потребления ЭЭС в i -м интервале времени;

$P_{ээсij}^{птр}$ — потери мощности в сетях ЭЭС;

$N_{аэсij}$ — генерация АЭС;

$N_{тэсij}$ — генерация ТЭС;

$N_{гэсij}$ — генерация ГЭС;

$N_{бл.сij}$ — генерация блок-станций (распределенная генерация);

$P_{ij}^{пер}$ — переток мощности между локальными энергосистемами (для избыточных $P_{ij}^{пер} < 0$, для дефицитных $P_{ij}^{пер} > 0$);

$P_{ij}^{пер}$ — координирующий работу ЭЭС

параметр, позволяющий рассматривать каждую i -ую ЭЭС отдельно от других. Для изолированных ЭЭС $P_{ij}^{пер} = 0$.

Баланс мощности изолированной ЭЭС с установками ВИЭ, не имеющими гарантии электроснабжения, может быть записан так:

$$P_{ээсij}^{пот} + P_{ээсij}^{птр} = N_{гапij} + N_{взуйj} + N_{аккуij} + N_{бл.сij}, \quad (2)$$

или для потребителей с гарантией электроснабжения 95 %, $n < 95$ % и 0 % баланс примет вид:

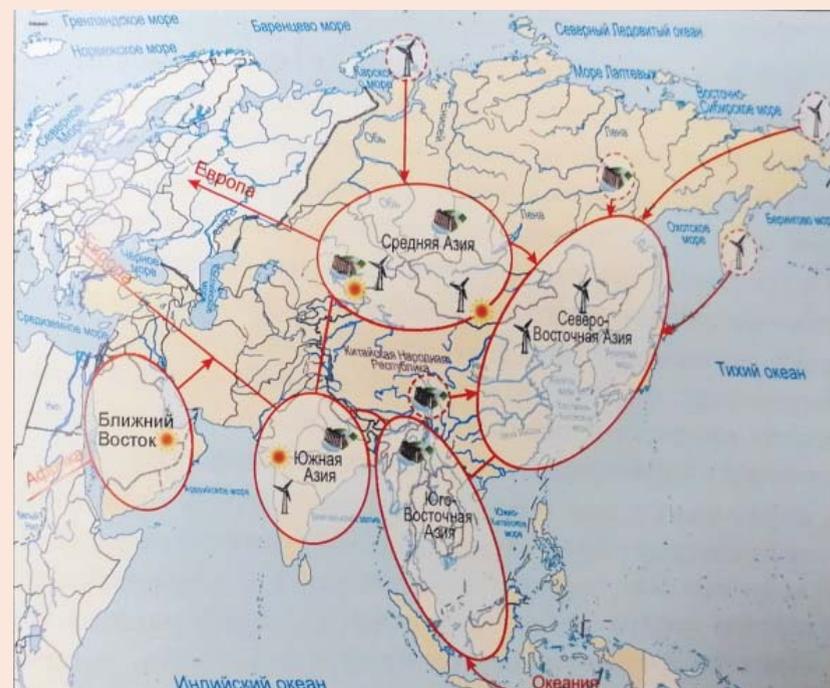
ИНФОРМАЦИЯ

МИРЭС — международная независимая энергетическая неправительственная организация, представляющая интересы топливно-энергетического сектора промышленности стран-участниц.

МИРЭС — аккредитованный ООН орган, работающий в сфере энергетического сектора, охватывающий все виды энергии и энергоресурсов, объединяющий участников из финансово-инвестиционных учреждений, специалистов, ответственных за получение, распределение, поставку энергии, а также потребителей.

Российское представительство «Российский Национальный Комитет МИРЭС» объединяет на своей платформе лидеров энергетического сектора России, специалистов правительственных органов, научных учреждений, неправительственных организаций и обеспечивает диалог широкого круга участников энергетической отрасли.

АЗИАТСКАЯ ЧАСТЬ ГЭО



Источник: [1]

Рис. 12

$$(P_{эсij}^{пот95} + P_{эсij}^{потn} + P_{эсij}^{пот0}) + P_{эсij}^{птр} = N_{гарij}^{95} + N_{взуй}^0 + N_{аккij}^n + N_{бл.сij}^n \quad (3)$$

Для балансирования мощности с заданной гарантией уравнение (3) может быть представлено в виде системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} P_{эсij}^{пот95} + P_{эсij}^{птр95} &= N_{гарij}^{95} \\ P_{эсij}^{потn} + P_{эсij}^{птрn} &= N_{аккij}^n + N_{бл.сij}^n \\ P_{эсij}^{пот0} + P_{эсij}^{птр0} &= N_{взуй}^0 \end{aligned} \right\} (4)$$

При умножении последнего уравнения в системе уравнений (4) на величину расчетного интервала времени оно преобразуется в уравнение (5):

$$E_{эсij}^{пот0} + E_{эсij}^{птр0} = E_{взуй}^0 \quad (5)$$

что означает снабжение потребителя не мощностью, а энергией, потребляемой им в произвольный момент расчетного интервала времени. К потребителям такого типа могут быть отнесены электроприборы с накапливаемым продуктом — например, приборы отопления с тепловыми аккумуляторами, водоподъемные механизмы с аккумулирующей емкостью и др.

ВЫВОДЫ

НВИЭ становятся важным инновационным решением в деле развития энергетики XXI в. и меняют мировую энергетическую стратегию, что необходимо учитывать при планировании энергетики будущего — региональных энергосистем и ГЭО.

Перенос принципов и методов построения информационных систем типа интернета на энергетические системы неправомерен без глубокого переосмысления понятий и базовых задач каждой из них. В частности, предлагаемые решения

«интернета энергии» имеют отношение только к одной из задач управления энергетическими системами — задаче оперативного управления режимом. К задачам планирования и управления развитием энергетических систем нужен иной подход, принцип которого во многом схож с построением распределенных баз данных и многоуровневых вычислительных систем.

Такой подход к построению энергетической системы следует называть принципом распределенной энергетики. Он должен быть использован при проектировании изолированных энергосистем и учтен при формировании принципов их объединения. Особенно это важно при объединении в ГЭО энергосистем с установками на основе ВИЭ.

Принцип построения распределенных систем должен быть внимательно рассмотрен всеми участниками глобальных и иных наднациональных энергообъединений, для чего было бы целесообразно:

- обеспечить опережающие научные исследования в области оптимизации структуры континентальных и межконтинентальных энергосистем;
- наладить эффективное взаимодействие международных научных коллективов стран — участников проекта создания глобальной энергетической системы (ГЭО), в том числе в рамках международных исследований проектов;
- обеспечить широкое обсуждение проектных решений в рамках заинтересованных стран-партнеров (БРИКС, АСЕАН, АТЭС, ШОС и др.);
- привести законодательство стран — участников ГЭО в соответствие с принципами и правилами его построения;
- сформировать международную целевую программу исследова-

ний, позволяющую согласовать цели и интересы участников в решении научных и практических задач программы с единых научно-технических позиций.

И в первую очередь нужно сформулировать принцип создания распределенной энергетической системы и максимально реализовывать его, понимая, что распределенная система всегда будет экономически менее выгодна, чем централизованная, зато надежность энергоснабжения потребителей энергии будет выше, а национальная энергетическая безопасность будет обеспечиваться собственными средствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетика XXI века — время действовать. Доклад МИРЭС, 2000.
2. Прогноз развития энергетики мира и России. М.: ФГБУН «Институт энергетических исследований Российской академии наук»; НОУ Московская школа управления Сколково, 2019.
3. Материалы Международного конгресса «REENCON-XXI. Возобновляемая энергетика XXI века: энергетическая и экономическая эффективность». Москва, Сколково, 5–6 июня 2018 г.
4. REN21, 2018. Renewable Energy Policy Network of the 21st Century. Renewables 2017. Global Status Report.
5. https://www.c-o-k.ru/market_news/gorod-sandiego-gotov-pereyti-na-100-potrebleniya-vozobnovlyaemoy-energii.
6. https://www.c-o-k.ru/market_news/proekt-50megavattного-morskogo-vetrogeneratorsa-po-prototipu-palmy.
7. Лю Чженья. Глобальное энергетическое объединение // Пер. с кит. М.: Изд. дом МЭИ. М., 2016.
8. Совалов С.А. История создания и развития Единой энергетической системы. URL: <https://www.twirpx.com/file/748760/>
9. Халин В.Г., Чернова Г.В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10. С. 46–63.
10. Тягунов М.Г. Концептуальная модель АСУ ТП ГЭС и ГАЭС // Изв. вузов. Энергетика. 1982. № 12. С. 62–67.




Cabex — энергия успеха

19-я Международная выставка кабельно-проводниковой продукции

17–19 марта 2020 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

- Кабели и провода
- Кабельная арматура
- Электромонтажные изделия
- Электротехнические изделия
- Оборудование для монтажа, переработки кабеля
- Материалы для производства кабеля



Забронируйте стенд
www.cabex.ru

Организаторы





Международная Выставочная Компания | +7 (495) 252 11 07 | cabex@mvk.ru

Генеральный информационный партнер

Специальный отраслевой партнер

