

Электроэнергетика Беларуси: энергоэкономические особенности развития

Потребность в энергии в мире ежегодно возрастает, а запасы традиционных энергоресурсов, необходимых для производства электроэнергии, истощаются. Люди в поисках новых запасов все глубже проникают в недра земли и начинают осваивать труднодоступные районы Арктики и Антарктики, что приводит к удорожанию энергоресурсов. В перспективе и эти запасы будут истощены. По этой причине человечество осваивает производство энергии на базе возобновляемых энергоресурсов (солнце, ветер, гидроресурсы, биомасса, геотермальная энергия и др.), которые можно считать неисчерпаемыми. В этом состоит первая причина перехода от ископаемых энергоресурсов к возобновляемым.

Другая причина – экологическая. Сжигание ископаемых энергоресурсов приводит к загрязнению окружающей среды и потеплению в глобальном масштабе, что ведет к необратимому изменению климата.

Парижское соглашение по климату 2015 г. нацеливает все страны мира на решение этой глобальной проблемы, учитывая, что она может быть решена только благодаря согласованным действиям всех государств.

Использование энергии расщепления атома в целом экологично, и атомные станции функционируют достаточно надежно. Однако маловероятные аварийные ситуации, происходящие на них (Чернобыльская АЭС, АЭС «Фукусима» и др.), оказывают колоссальное, на многие сотни лет, негативное влияние на окружающую среду. Именно авария на АЭС «Фукусима» стала последней каплей в чаше терпения ответственности Германии, настаивающей на необходимости отказа от использования атомной энергии. В итоге правительство ФРГ приняло решение о поэтапном, до 2022 г., закрытии всех атомных электростанций страны, взяв курс на развитие возобновляемой энергетики. Данная стратегия развития системы энергоснабжения страны получила название «энергоповорот». Аналогичный курс провозгласили и многие другие страны, которые не только прекращают строительство новых АЭС, но и выводят из эксплуатации действующие станции. Благодаря вводу источников энергии на базе возобновляемых энергоресурсов практически исключается негатив-

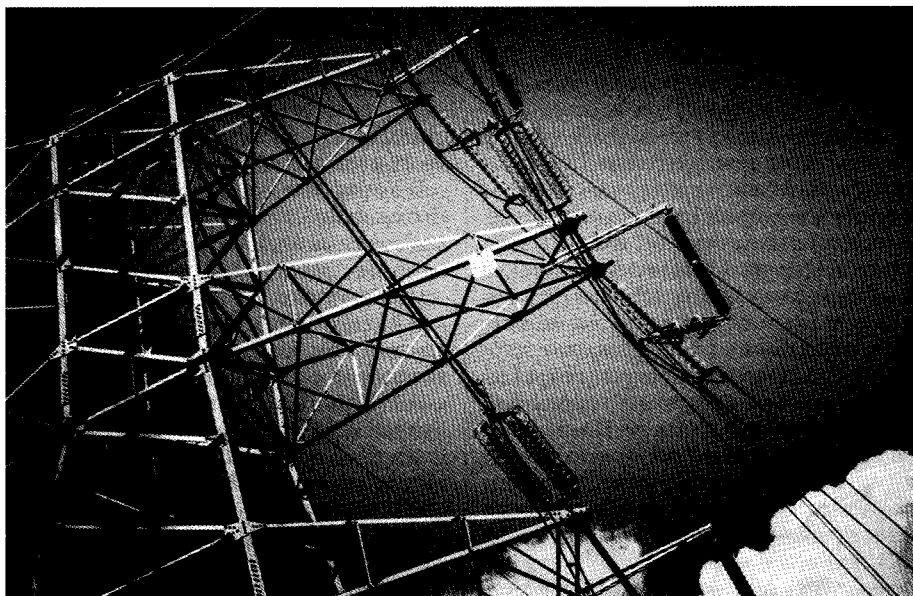
ное воздействие на окружающую среду. Если сопоставлять ВИЭ с атомными электростанциями, то исключаются аварии, приводящие к катастрофическим радиоактивным выбросам.

Третья причина развития данной стратегии объясняется экономическими соображениями. Производство электроэнергии осуществляется без расхода ископаемого топлива, затраты на которое на традиционных электростанциях

составляют примерно 70–80 % от общих затрат на выработку электроэнергии.

К недостаткам ВИЭ может быть отнесено отсутствие выработки электроэнергии при безветренной погоде для ветроэнергоустановок и в ночное время или в облачную погоду для солнечных энергоустановок. Для компенсации этой недовыработки возможны два подхода к использованию возобновляемой энергетики на базе ветра и солнца. Первый – сохранение существующей централизованной системы электрообеспечения потребителей энергии с целью резервирования ВИЭ. В данном случае развитие возобновляемой энергетики можно рассматривать как энергоресурсосберегающее мероприятие. Второй – применение накопителей энергии достаточной мощности с целью резервирования. Предполагается, что избыток генерируемой ВИЭ мощности используется для накопления энергии, которая оказывается необходимой для компенсации дефицита мощности в энергосистеме в период превышения потребляемой мощности по сравнению с генерируемой. При этом удорожается стоимость развития ВИЭ, что может отрицательно сказаться на их экономической эффективности.

В настоящее время еще нет достаточно мощных и экономически эффективных накопителей энергии, способных

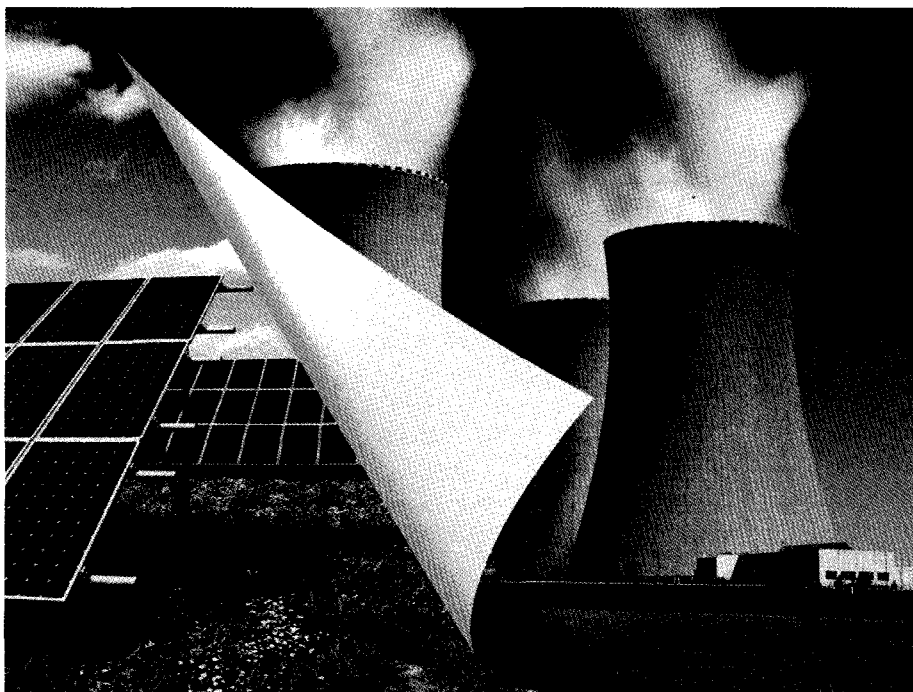


накапливать большие объемы энергии, не считая, например, сравнительно небольших по мощности ионно-литиевых и некоторых других аккумуляторов, применяемых в электроавтомобилях. К накопителям электроэнергии могут быть отнесены насосно-аккумулирующие гидроэлектростанции, которые могут накапливать электроэнергию в ночное время, когда может быть избыток предлагаемой генерируемой мощности, и выдавать ее в сеть энергосистемы при росте потребности в электроэнергии. Однако не везде имеются возможности развития в достаточном размере такой системы накопления энергии.

Бестопливная система электроснабжения создается сейчас в Чили, где на высоте 2,5 км строятся солнечные электростанции, которые будут работать по термодинамическому принципу. В горной пустыне заканчивается строительство одной из них – огромной мощности с радиусом зеркальной площади 1,5 км. Она будет подогревать с помощью солнечных лучей соль в башне до 600 °С. В расплавленном виде соль попадет в теплообменники для производства водяного пара, который, поступая в паровые турбины, будет обеспечивать выработку электроэнергии. Другая часть жидкой соли поступит в емкости с высокой теплоизоляцией, а в ночное время, когда нет солнца, накопленное тепло может использоваться для производства электроэнергии. Достоинством этой станции является то, что на данной высоте круглый год есть солнце (в дневное время). Намечается постройка еще 6 таких станций, в результате чего страна более чем с 10-миллионным населением и большим потреблением электроэнергии на металлургическое производство может отказаться от использования ископаемого топлива для производства электроэнергии и весь транспорт перевести на электротягу.

ИНТЕГРАЦИЯ ВИЭ С ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ

Согласно концепции энергоповорота, принятой в Германии и других странах Европы, ВИЭ должны полностью заменить АЭС, а также многие тепловые электростанции. Однако это невозможно из-за непостоянства погодных условий как на протяжении года, так и в течение суток. Предположим, что максимум электрической нагрузки в энергосистеме в зимние рабочие сутки имеет место в 17–18 ч. В это время уже отсутствует генерация на солнечных электростанциях, и предположим, что в это время может отсутствовать или быть минимальным ветер. Тогда при отсутствии резерва мощности на традиционных электростанциях



часть потребителей останется без электроэнергии. Такая ситуация часто будет приводить к прекращению электроснабжения потребителей или к их ограничению в энергии.

В этой связи представляется, что основная функция ВИЭ должна заключаться в энергоресурсосбережении в системе энергоснабжения. Это означает, что, когда дует ветер и светит солнце, ВИЭ должны работать на полную мощность, а тепловые электростанции должны разгружаться, обеспечивая при этом экономично топливо. Атомная электростанция должна работать с постоянной нагрузкой, ибо она не может по техническим соображениям работать в переменном режиме. При слабоветренной и облачной погоде ВИЭ будут разгружаться, снижая генерацию энергии, а тепловые электростанции – загружаться, восполняя недостаток генерации мощности. Поскольку безветренность и отсутствие солнечного света могут совпадать по времени, то суммарная мощность тепловых электростанций, учитывая также мощности ГЭС и биогенерации, должна быть достаточной для покрытия всей электрической нагрузки, подключенной к энергосистеме (не считая варианта с накопителями энергии).

Иначе говоря, ВИЭ не могут заменить всю мощность традиционных электростанций. Если в Европе предполагается вывод из эксплуатации всех оставшихся АЭС, то вместо них для обеспечения баланса мощности должны быть введены традиционные тепловые электростанции, чтобы не возникло дефицита мощности. Этим объясняется то обстоятельство, что запланированный на 2022 г. вывод

из эксплуатации еще работающих АЭС в Германии предлагается перенести на 2032 г.

Следует отметить, что из-за большой вероятности недовыработки электроэнергии на ВИЭ вследствие колебания погодных условий, времени суток и периода года в системе энергообеспечения должна быть как минимум базовая мощность, равная ночной электрической нагрузке в рабочие сутки зимнего периода года. На эту роль хорошо подходит атомная электростанция. Для покрытия остальной электрической нагрузки, не считая теплофикационной мощности ТЭЦ, должны быть использованы маневренные генерирующие источники, такие как газотурбинные и газопоршневые установки, которые должны резервировать ВИЭ. Понимая это, правительство ФРГ финансирует строительство совместно с РФ второй нитки газопровода из России в Германию.

Проблема энергоповорота актуальна не только для стран, не имеющих собственных энергоресурсов, но и для государств, имеющих их в достаточном объеме. Это обусловливается тремя причинами, указанными ранее. Кроме того, следует учитывать также ценность энергоресурсов как сырья для химической промышленности.

Необходимо принимать во внимание и фактор удаленности потребителей энергии от места добычи сырья. В России есть все виды энергоресурсов, однако из-за огромной территории и неравномерного размещения запасов много средств приходится тратить на транспортировку энергоресурсов до основных



потребителей энергии. Возобновляемые энергоресурсы дают возможность рассредоточить места производства энергии, приблизив их к потребителям электроэнергии. Это позволяет существенно снизить затраты на производство и доставку электроэнергии к удаленным потребителям. Для бесперебойного электрообеспечения очень важно разрабатывать эффективные накопители энергии, что обеспечит расширение сферы эффективного применения ВИЭ.

В связи с предстоящим вводом в Беларуси АЭС и необходимостью обеспечения стабильного режима работы энергосистемы возникают проблемы технической совместимости работы электростанций различных типов в составе энергосистемы. Одной из проблем является обеспечение баланса мощности в системе в период ночного минимума электрической нагрузки. Если рассматривать зимний период года, то сумма предлагаемых мощностей АЭС и теплофикационных мощностей ТЭЦ оказывается больше спроса на мощность со стороны потребителей энергии. Решить эту проблему можно либо снижением генерации электроэнергии, либо увеличением спроса. Снижение генерации АЭС технически трудно осуществимо. Снижение генерации теплофикационной мощности недопустимо, так как это связано с недоотпуском потребителям тепла в зимнее время. Остается увеличение электропотребления в ночное время.

В настоящее время в Беларуси выбрана именно такая стратегия, суть которой состоит в строительстве на ряде тепловых электростанций электродров, которые обеспечили бы нагрев во-

ды в ночное время и ее использование в остальное время суток. В это время возможно снижение генерации теплофикационной мощности. Для компенсации возникающего при этом дефицита активной мощности в энергосистеме должны загружаться конденсационные мощности и, в частности, генерирующие источники на возобновляемых энергоресурсах, газотурбинные и газопоршневые генерирующие установки, конденсационные агрегаты и конденсационные мощности ТЭЦ. Система автоматического регулирования частоты и активной мощности, существующая в энергосистеме, должна быть модернизирована включением в состав регулирующих субъектов всех упомянутых генерирующих источников.

Она должна регулировать нагрузку этих агрегатов. Возобновляемые источники должны работать с максимальной мощностью, соответствующей мощности ветрового потока и солнечного излучения, поскольку при этом обеспечивается минимальный расход топлива в энергосистеме. В качестве регулирующих станций должны использоваться высокоманевренные тепловые электростанции, способные запускаться в работу и загружаться в течение нескольких минут. Разумеется, следует учитывать различного рода технические ограничения по регулирующим генерирующим источникам.

В покрытии суммарного графика электрической нагрузки могут участвовать ВИЭ как входящие в состав Белорусской энергосистемы, так и находящиеся в собственности потребителей электроэнергии (предприятия, организации и др.). В первом случае экономический эффект их использования определяется экономией топлива в энергосистеме. Во втором – снижением затрат потребителей на покупку электроэнергии из энергосистемы. Экономическая эффективность определяется на основе сопоставления инвестиционных затрат с получаемым эффектом. Избыточная электроэнергия может продаваться в энергосистему, но тариф на нее должен быть минимальным и даже равным нулю, чтобы была экономическая заинтересованность энергосистемы в приеме этой энергии.

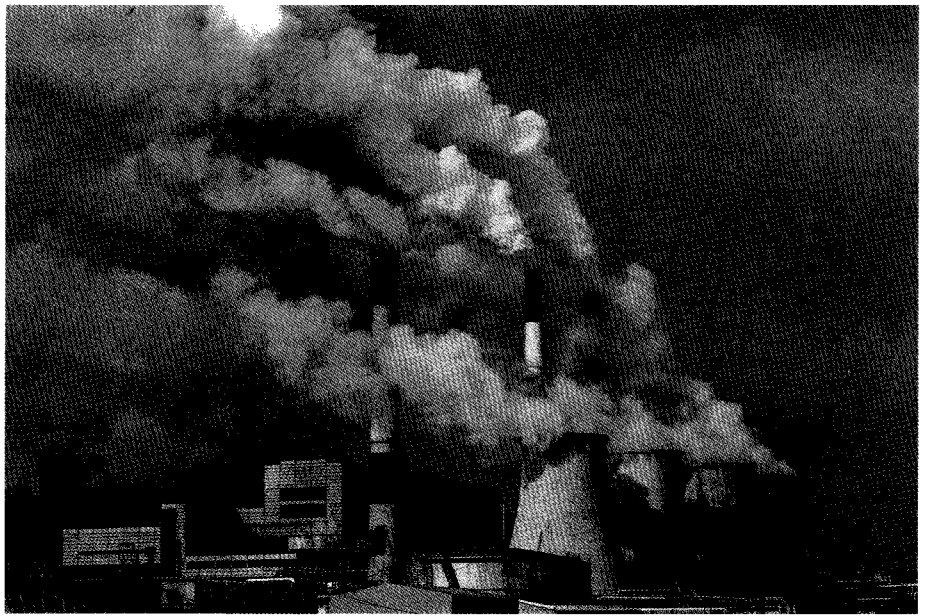
Чтобы выявить условия совместимости режима работы электростанций различных типов в составе гибридной энергосистемы (ядерная, углеводородная, возобновляемая), необходимо проанализировать режимы ее работы для всего годового периода, включая зимние и летние сутки, как рабочие, так и выходные.



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ВИЭ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Отсутствие затрат на топливо на ВИЭ делает себестоимость производства электроэнергии на них значительно меньше, чем на тепловых электростанциях. Возьмем, к примеру, ветроэнергоустановку. Примем удельную стоимость ее равной 2 500 евро/кВт, срок службы – 20 лет, тогда удельные годовые амортизационные отчисления составят примерно $2\,500 / 20 = 125$ евро/кВт. При удельной годовой выработке электроэнергии в размере примерно 3 000 кВт·ч на 1 кВт установленной мощности, что характерно для многих действующих ветроэнергоустановок, амортизационная составляющая себестоимости производства электроэнергии составит $125 \text{ евро} / 3\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 4,16$ цента/кВт·ч. Затраты на обслуживание (зарплата персонала, запасные части для эксплуатационно-ремонтных работ и др.) примем равными примерно 1 цент/кВт·ч. Тогда себестоимость электроэнергии составит 5,16 цента/кВт·ч. Если строительство ветроэнергоустановки осуществлялось из собственных средств производителя энергии, то амортизационные отчисления используются для восстановления объекта по истечении срока его службы. Даже если учитывать другие затраты, связанные, например, с доставкой электроэнергии потребителям, размер которых составит не более 1–2 центов/кВт·ч, то себестоимость полезного отпуска энергии получается на уровне примерно 6 центов/кВт·ч, что примерно в два раза меньше средней себестоимости производства в энергосистеме. Тариф, как известно, формируется на базе себестоимости с добавлением различных нацелов, сумма которых составит несколько центов/кВт·ч.

Аналогичные для ВЭУ расчеты могут быть приведены и для солнечных установок. Удельная стоимость и удельная выра-



ботка электроэнергии для них несколько хуже, чем для ВЭУ. Из-за этого затраты на производство 1 кВт·ч для СЭУ являются сегодня несколько выше, чем для ВЭУ. Однако благодаря научно-техническому прогрессу технико-экономические показатели СЭУ постоянно улучшаются, и можно надеяться, что в ближайшем будущем конкурентоспособность их по сравнению с другими генерирующими источниками будет повышаться. Это способствует снижению себестоимости полезного отпуска электроэнергии.

Возобновляемые источники энергии могут рассматриваться в большинстве случаев как источники распределенной генерации энергии, которые располагаются вблизи потребителей энергии. Это существенно снижает затраты на передачу и распределение электроэнергии, что не может не сказаться на снижении тарифов на энергию, принимая во внимание также более низкие затраты на производство электроэнергии по сравнению с традиционными электростанциями.

Экономическим преимуществом ВИЭ по сравнению с тепловыми электростанциями является отсутствие затрат на топливо, которые достигают 70–80 % от себестоимости производства электроэнергии на ТЭС. К недостаткам относятся сравнительно высокая удельная стоимость единицы установленной мощности (1 кВт) и сравнительно небольшое удельное производство электроэнергии (кВт·ч/кВт). От соотношения этих показателей существенно зависит конкурентоспособность применения возобновляемых источников энергии в энергосистеме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Развитие генерирующих источников на базе таких возобновляемых энергоресурсов, как ветер и солнце, следует рассматривать в качестве энергоресурсосберегающих мероприятий, призванных обеспечить снижение расхода топлива на производство электроэнергии. Самостоятельное значение они могут иметь лишь при наличии соответствующих накопителей энергии, используемых для отпуска электроэнергии при отсутствии ветра и солнечного излучения.

2. Формирование гибридной энергосистемы, включающей в себя атомную и углеводородные станции, а также станции на базе возобновляемых энергоресурсов, требует модернизации системы автоматического регулирования мощности энергоисточников, обеспечивающей как совместимость режима работы генерирующих источников различного типа, так и минимизацию затрат на топливо в энергосистеме.

Леонид ПАДАЛКО,
доктор экономических наук,
профессор

ЛИТЕРАТУРА

1. Падалко Л. П., Заборовский А. М. К вопросу развития белорусской электроэнергетики на базе атомных энерготехнологий в условиях роста цен на топливно-энергетические ресурсы // Экономический бюллетень НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. – 2007. – № 4.
2. Падалко Л. П. Экономическая эффективность развития распределенной генерации энергии на базе ветроэлектрогенерирующих установок // Энергетическая стратегия. – 2008. – № 2.
3. Падалко Л. П. Распределенная генерация энергии – эффективный источник энергосбережения // Главный энергетик. Энергосбережение. – 2009. – № 1.
4. Падалко Л. Экономические критерии в задачах технического совершенствования, повышения эффективности и развития энергетических систем // Энергетика и ТЭК. – 2010 – № 5.
5. Падалко Л. П. Экономические основы формирования в Беларуси электрогенерирующей системы на базе возобновляемых источников энергии // Экономика, моделирование, прогнозирование: сб. науч. тр.; вып. 5. – Минск: НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь, 2011.