

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДО 2040 ГОДА

О.В. Свидерская, канд. техн. наук, доц.

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

В статье приведен обзор текущего состояния белорусской энергосистемы, проанализирована проблема избытка мощности в белорусской энергосистеме, возникающая в связи с вводом Белорусской АЭС. Также представлены возможные пути решения вышеуказанной проблемы.

Энергосистема Республики Беларусь (ОЭС Беларуси) является самостоятельной энергосистемой и осуществляет энергоснабжение потребителей Республики Беларусь. ОЭС Беларуси – это сложный комплекс, включающий в себя электростанции, котельные, электрические и тепловые сети, которые связаны общностью режима их работы на территории Республики Беларусь.

Установленная мощность генерирующих источников ОЭС Беларуси на 01.01.2023 составила 11 498 МВт. Максимум нагрузки ОЭС Беларуси в 2022 году составил:

- совмещенный максимум нагрузки – 5807 МВт;
- годовой максимум нагрузки – 6220 МВт.

Число часов использования максимальной мощности в 2022 году – 6201 ч.

Согласно приведенным показателям, Белорусская энергосистема обладает достаточным количеством генерирующих мощностей для обеспечения потребляемой нагрузки, в отчетном периоде осуществлялся экспорт электроэнергии. Число часов использования установленной мощности в 2022 году – 3355 ч.

Данный параметр в ОЭС Беларуси имеет относительно низкое значение в связи с:

- существующей структурой генерирующих мощностей станций, которая была создана для обеспечения нужд промышленных потребителей в электроэнергии и тепле и не используется в настоящее время в полном объеме;
- значительной долей ТЭЦ в составе генерирующих мощностей, работающих в максимально экономичном режиме по тепловому графику;
- вводом в состав генерирующих мощностей ОЭС Беларуси Белорусской АЭС мощностью 2340 МВт и сохранением генерирующих мощностей на КЭС для обеспечения необходимого резервирования данного энергоблока.

ОЭС Беларуси работает параллельно с энергосистемами стран СНГ и Балтии в рамках договоров по параллельной работе электроэнергетического совета стран СНГ. Отдельно можно выделить ЭК БРЭЛЛ (электрическое кольцо Беларусь – Россия – Эстония – Латвия – Литва) – совокупность сетей 330-750 кВ, образующих электрическое кольцо Беларусь – Эстония – Латвия – Литва – ОЭС Северо-Запада России – ОЭС Центра России.

Параллельная работа со смежными энергосистемами позволяет обеспечивать качественное регулирование частоты в энергосистеме Беларуси, осуществлять экономически целесообразный импорт/экспорт электроэнергии, поддерживать высокий уровень надежности питания потребителей.

Перетоки мощности в электрическом кольце БРЭЛЛ, в том числе по сетям 330 кВ и выше ОЭС Беларуси, определяются совокупностью обменов мощностью между всеми участниками параллельной работы.

На КЭС ОЭС Беларуси работает значительное количество энергоблоков мощностью 300–400 МВт, единичная мощность двух блоков Белорусской АЭС составляет 1170 МВт. В связи с этим актуальной задачей на современном этапе развития энергосистемы является обеспечение высокоманевренного резерва мощности для ликвидации последствий аварийного отключения одного или нескольких перечисленных выше генерирующих агрегатов.

Решение данной задачи обеспечивается за счет сооружения на крупных генерирующих объектах ОЭС Беларуси пиково-резервных энергоисточников (ПРЭИ) на базе газотурбинных установок.

Основной функцией пиково-резервных энергоисточников является создание гарантированного высокоманевренного резерва мощности, предназначенного для ликвидации небаланса электрических мощностей при отключении энергоблока Белорусской АЭС (либо иных генерирующих единиц) и сохранение надежного электроснабжения без отключения потребителей ОЭС Беларуси. Использование пиково-резервных энергоисточников для покрытия пиковых нагрузок является лишь частным случаем их эксплуатации в отдельные часы суток (нерегулярно, в отдельные дни года) в зависимости от состава генерирующего оборудования на энергоисточниках ОЭС Беларуси и в первую очередь Белорусской АЭС. Решение о включении маневренных ПРЭИ в пиковом режиме, времени и мощности включаемых установок будет определяться фактически складывающимися режимами работы энергосистемы в рамках краткосрочного планирования (на сутки вперед либо в течение суток), принимая во внимание:

- продолжительность пика электропотребления ОЭС Беларуси;
- наличие и величину резерва мощности на включенном недогруженном оборудовании энергосистемы, в том числе и на оборудовании ТЭЦ при изменении теплового графика их работы в связи с колебаниями температуры наружного воздуха;
- фактическую загрузку межгосударственных сечений ОЭС Беларуси и наличие ремонтных схем, ограничивающих переток мощности со смежными энергосистемами;
- колебания нагрузки энергоисточников на ВИЭ;
- обеспечение требуемой величины быстродействующего резерва мощности.

Устанавливаемые ПРЭИ в перспективе дополнительно могут использоваться для решения следующих задач:

1. Обеспечение баланса электрических мощностей в часы резкого роста электропотребления. В настоящее время в покрытии электрических нагрузок ОЭС Беларуси участвует в среднем 8–10 энергоблоков КЭС, с учетом ввода Белорусской АЭС количество включенных энергоблоков КЭС снизится до 1–3. Маневренность ОЭС Беларуси

будет невысока (особенно в отопительный период) ввиду минимального числа включенных энергоблоков на КЭС. Поэтому при резком росте электропотребления ОЭС Беларуси в отдельных режимах (например, в утренние часы) частичное включение ПРЭИ (порядка 100–150 МВт) позволит обеспечить согласованное с ростом электропотребления изменение генерации энергосистемы с соблюдением договорных величин отклонений межгосударственных сальдо перетоков.

2. Обеспечение баланса электрических мощностей при незапланированном росте электропотребления промышленными потребителями. Включение части ПРЭИ позволит компенсировать резкие колебания электропотребления, обусловленных резким изменением режима работы. В частности, в энергосистеме функционирует крупный промышленный потребитель ОАО «БМЗ», способные за малое время изменять свою нагрузку в диапазоне от 0 до 300 МВт.

3. Покрытие кратковременных пиковых нагрузок в отдельные дни года для исключения необходимости включения в работу дополнительного оборудования. Например, пик электропотребления выходного дня длится не более 1-2 часов, в течение всего остального времени суток электропотребление находится на уровне значительно ниже максимального. В данной ситуации включение дополнительного генерирующего оборудования на весь день является нецелесообразным и покрытие пика возможно за счет частичного включения ПРЭИ.

В связи со значительной неравномерностью суточного графика нагрузки ОЭС Беларуси при работе энергоблоков Белорусской АЭС в базовой части графика без реализации специальных мероприятий требуется ежесуточный останов части конденсационных блоков и теплофикационных мощностей на ТЭС в ночные часы, что недопустимо по условиям надежности и безопасности работы электростанций.

Для решения данной задачи на объектах ГПО «Белэнерго» в настоящее время установлены электродоты, работа которых в ночное время частично компенсирует «провалы» нагрузки суточного графика.

Работа электродотов, устанавливаемых на ТЭЦ, ГРЭС и котельных предусматривается в следующем режиме:

- в ночной период суток (с 23.00 до 6.00) – отпуск тепловой энергии потребителям или её накопление в баках-аккумуляторах;
- в дневной период суток – отключение электродотов и покрытие тепловых нагрузок осуществляется за счет аккумулированной в баках тепловой энергии.

В отопительный период намечается включение всех электродотов с диапазоном нагрузок 800–870 МВт. В межотопительный период в связи с низкими тепловыми нагрузками и необходимостью проведения ремонтов тепловых сетей величина потребляемой электрической мощности электродотами снижается до 400–500 МВт.

Системообразующая сеть ОЭС Беларуси сформирована на напряжении 330–750 кВ. Напряжение 220 кВ используется частично в Минской, Брестской, Гродненской, Гомельской и Могилевской энергосистемах наряду с напряжением 330 кВ.

Межсистемные связи ОЭС Республики Беларусь с энергосистемами России, Украины и Литвы организованы на напряжении 330 кВ и 750 кВ. ОЭС Беларуси связана с энергосистемами соседних государств по следующим межсистемным ВЛ:

- с энергосистемой России по четырем ВЛ:

- ВЛ 750 кВ Белорусская – Смоленская АЭС;

- ВЛ 330 кВ Полоцк – Новосокольники;

- ВЛ 330 кВ Витебск – Талашкино;

- ВЛ 330 кВ Кричев – Рославль.

- с энергосистемой Украины по двум ВЛ (отключены в настоящее время):

- ВЛ 330 кВ Мозырь – Чернобыльская АЭС;

- ВЛ 330 кВ Гомель – Чернигов.

- с энергосистемой Литвы по четырем ВЛ:

- ВЛ 330 кВ Молодечно – Вильнюс (намечается вывод из эксплуатации до 2024 г.);

- ВЛ 330 кВ Поставы – Игналинская АЭС;

- ВЛ 330 кВ Поставы – Утена (находится на реконструкции до 2025 г.);

- ВЛ 330 кВ Гродно – Алитус (находится на реконструкции до 2025 г.).

Основными целями развития до 2040 года системообразующей сети 220 кВ и выше ОЭС Беларуси являются:

- организация выдачи мощности существующих электростанций при их реконструкции, вводе новых блоков;

- повышение надежности электроснабжения отдельных крупных энергоузлов;

- формирование системообразующей сети в соответствии с актуальными задачами;

- поэтапный вывод из эксплуатации сети напряжением 220 кВ.

В рамках развития основной сети 330 кВ намечается:

- демонтаж ВЛ 330 кВ Вильнюс – Молодечно;

- организация ВЛ 330 кВ Мозырь – Калийная, Микашевичи – Петриков;

- сооружение ПС 330 кВ Цна, захода-выхода ВЛ 330 кВ Белорусская АЭС – Минск Северная и ТЭЦ-4 – Минск Северная на ПС 330 кВ Цна;

- сооружение ПС 330 кВ Индустриальный Парк, захода-выхода ВЛ 330 кВ Борисов – ТЭЦ-5 на ПС 330 кВ Индустриальный Парк, ВЛ 330 кВ Индустриальный Парк – Коллядичи;

- сооружение ПС 330 кВ Речица, захода-выхода ВЛ 330 кВ Гомсельмаш – Мозырь на ПС 330 кВ Речица, ВЛ 330 кВ Речица – Металлургическая;

- сооружение ВЛ 330 кВ №2 Россь – Гродно Южная.

Одной из основных задач развития системообразующих электрических сетей до 2040 года является формирование системообразующей сети на напряжении 330 кВ путем поэтапного вывода из эксплуатации сети напряжением 220 кВ и организации выдачи мощности реконструируемых и вновь сооружаемых энергоблоков электростанций ОЭС Беларуси на напряжении 330 кВ.

В связи с низкой загрузкой, шунтированием сетями 330 кВ и физическим износом существующих ВЛ 220 кВ в ОЭС Беларуси намечен постепенный вывод их из эксплуатации.

Некоторые участки ВЛ 220 кВ, сохранившиеся в удовлетворительном состоянии по объективным причинам (их качественное сооружение, своевременные ремонты, климатические условия и др.) могут быть использованы для нужд энергосистемы при переводе ВЛ на напряжение 110 кВ.

Эти мероприятия позволят организовать новые связи в сети 110 кВ для создания дополнительных источников электроснабжения потребителей, что будет способствовать повышению надежности электроснабжения последних, снизят капиталовложения в электросетевое строительство сети 110 кВ, уменьшат объем отвода земли, связанный с вырубкой лесов и отчуждением сельскохозяйственных угодий.

Основными критериями при определении дальнейшей перспективы эксплуатации сети 220 кВ являются: обеспечение выдачи мощности генерирующих источников; обеспечение надежного питания существующих и намечаемых на перспективу потребителей; обеспечение допустимых уровней нагрузок и снижение уровней перегрузок силового и электросетевого оборудования во всех режимах работы; обеспечение допустимых уровней напряжения в сетях 35 кВ и выше во всех режимах работы.

Постепенный естественный физический износ оборудования, конструкций, материалов в распределительных электрических сетях приводит к снижению надежности электроснабжения, а увеличение подключенных к сети нагрузок - к снижению качества электроэнергии и повышению потерь электроэнергии. Уровень автоматизации объектов сети оказывается недостаточным. Поэтому существует необходимость развития и модернизации распределительных электрических сетей и их технического перевооружения, которые должны осуществляться на современных принципах и современной элементной базе.

Повышению надежности электроснабжения потребителей до 2040 года будет способствовать применение:

- секционирующих пунктов, особенно с использованием автоматических секционирующих устройств (СУ) – реклоузеров на базе вакуумных выключателей,
- автоматики автоматического включения резерва,
- устройств для определения мест повреждения сети,
- микропроцессорных устройств для систем контроля, защиты, управления, средств связи и передачи данных,
- многоуровневых автоматизированных систем учета электроэнергии.

Проектные решения для вновь сооружаемых распределительных сетей должны предусматривать использование:

- современного энергоэффективного электрооборудования,
- изолированных проводов,
- кабелей 10(6) кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена,
- усовершенствованных конструкций трансформаторных подстанций (ТП) напряжением 6–10/0,38 кВ, трансформаторов, распределительных пунктов (РП), распределительных устройств (РУ), выключателей, не требующих частых ремонтов.

Эти мероприятия способствуют увеличению продолжительности межремонтного периода, снижению времени и средств на обслуживание сети.

В целях повышения уровня электробезопасности, ограничения перенапряжений при перемежающихся замыканиях на землю и обеспечения селективной работы релейной защиты распределительную сеть 10 (6) кВ рекомендуется выполнять с резистивным заземлением нейтрали с установкой резисторов на шинах 10 (6) кВ питающих подстанций 110 (35) кВ.

Для снижения потерь мощности следует рассматривать вопрос перевода распределительных сетей напряжением 6 кВ на напряжение 10 кВ.

Ключевым направлением развития распределительных электрических сетей напряжением 0,4–10 (6) кВ является их автоматизация.

Основными задачами автоматизации распределительных электрических сетей 10 (6) кВ являются:

- увеличение оперативности переключений путем замены коммутационных аппаратов с ручным приводом управления на моторные или электромагнитные с возможностью дистанционного управления ими в ТП, РП, КТП, установки реклоузеров и/или управляемых выключателей нагрузки, разъединителей на линиях электропередачи;
- автоматическое управление переключениями при аварийном отключении элементов электрической сети 10 (6) кВ;
- обеспечение расширенных функций мониторинга и диагностики текущего состояния применяемого электрооборудования с возможностью принятия превентивных мер по предотвращению аварийных ситуаций;
- изменение схем построения распределительной электрической сети 10 (6) кВ для достижения максимального эффекта при ее автоматизации;
- оптимизация режима работы электрической сети за счет наличия в ней дистанционно управляемых элементов на основе расчетов с использованием динамической модели электрической сети и полученной телеметрической информации с объектов автоматизации;
- повышение пропускной способности распределительных электрических сетей;
- снижение потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года, утвержденная Постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 25 февраля 2020 г. № 7.