

# СХЕМА ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ БЕЛАЭС. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

*Завершилась реализация важнейшего для республики инвестиционного проекта «Строительство АЭС в Республике Беларусь. Выдача мощности и связь с энергосистемой». В рамках сооружения этого уникального электросетевого объекта поэтапно были введены в эксплуатацию 23 пусковых комплекса (ПК), предназначенные для обеспечения функционирования атомной станции в различных режимах работы высоковольтной сети.*



**В.В. БАРИНОВ,**  
главный инженер проекта  
РУП «Белэнергосетьпроект»,  
заслуженный энергетик СНГ

Строительство электросетевых объектов схемы выдачи мощности от АЭС в Белорусскую энергосистему велось с марта 2014 года параллельно с сооружением Белорусской атомной электростанции. Масштабный энергетический объект, призванный обеспечить выдачу мощности станции, был сдан в эксплуатацию, когда до пуска первого энергоблока станции оставалось немногим более года.

## Выбор схемы выдачи мощности

В течение нескольких лет ведущие специалисты-энергетики Беларуси интенсивно прорабатывали технико-экономическое обоснование наиболее целесообразного варианта схемы выдачи мощности БелАЭС в энергосистему. Схема должна была оптимально вписаться в отечественную электросеть и стать органичной частью объединения энергосистем стран СНГ и Балтии, осуществляющих синхронную параллельную работу. При этом учитывались все возможные режимы работы энергосистемы (ремонтные, аварийные, ремонтно-аварийные и др.), проводились расчеты статической и динамической устойчивости работы АЭС в разных режимах. В общей сложности было просчитано около двух десятков вариантов.

Проект разрабатывался по схеме n-2, позволяющей обеспечить бесперебойную выдачу мощности. Схема рассчитана на семь линий электропередачи 330 кВ. Если одна из этих линий будет находиться в ремонте, а еще одна отключится в связи с аварией, то оставшиеся пять надежно обеспечат выдачу всей мощности обоих блоков АЭС в энергосистему.

Проще всего было все семь линий 330 кВ построить заново, добавив к ним распределительные подстанции. Однако перед проектировщиками стояла задача создать надежную систему выдачи мощности с минимальными финансовыми затратами. Поэтому было принято решение максимально использовать существующие линии электропередачи и подстанции.

Проект утверждали ведущие белорусские специалисты. Его внимательно изучала и делегация МАГАТЭ, специально посетившая Министерство энергетики Республики Беларусь. Эксперты Агентства дали проекту высокую оценку.

## Реализация инвестиционного проекта

В результате закрытых торгов, в которых участвовали четыре китайские корпорации, право на реализацию инвестпроекта под ключ получила Северокитайская

электроэнергетическая проектная компания при Китайской электроэнергетической инженерно-консультационной корпорации (NCPE). Капитальные затраты на реализацию проекта составили \$ 340 млн 860 тыс., 95 % этих средств финансировалось за счет связанной кредитной линии Экспортно-импортного банка Китая (Эксимбанк) под гарантию Правительства Республики Беларусь. Заказчиком строительства объектов, входящих в схему выдачи мощности, в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 10 апреля 2014 года № 156 выступило РУП «Гродноэнерго», которое должно было решать непростую задачу координации сложного инвестиционного проекта, реализуемого на территории Гродненской, Минской и Витебской областей.

В 2014 году Правительство Республики Беларусь своим постановлением от 4 апреля № 314 включило строительство электросетевых объектов схемы выдачи мощности Белорусской АЭС в перечень инвестиционных проектов, для реализации которых все оборудование и запасные части при ввозе

на территорию республики освобождались от таможенных пошлин и налога на добавленную стоимость.

Возведение объектов выдачи мощности велось в соответствии с Координационным планом строительства и реконструкции линий электропередачи и подстанций в 2014–2018 годах схемы выдачи мощности Белорусской АЭС, утвержденным в установленном порядке всеми заинтересованными сторонами Республики Беларусь и согласованным с Россией и Литвой, так как Белорусская энергосистема связана с энергосистемами этих стран линиями электропередачи 750 кВ и 330 кВ, что требует координации их использования для оперативных перетоков в различных режимах (включая аварийные), а также отключения на период плановых ремонтов.

Согласно Координационному плану были поочередно введены в эксплуатацию 23 ПК, девять из которых являлись результатом реконструкции действующих высоковольтных линий и ПС 330 кВ. При этом 19 ПК будут выдавать электроэнергию в Белорусскую энергосистему с момента пуска первого энергоблока атомной станции, еще четыре предназначены для выдачи мощности второго энергоблока в Гродненскую и Минскую энергосистемы.

В рамках схемы выдачи мощности было построено 1302 км новых ВЛ 330 кВ, проходящих по территории Гродненской, Минской и Витебской областей, проведена реконструкция 670 км существующих ЛЭП 330 кВ и множества пересекаемых ВЛ 10–110 кВ. При этом построена только одна новая подстанция – ПС «Поставы» на семь присоединений 330 кВ. Кроме того, задействованы существующие понижающие подстанции 330 кВ «Россь», «Столбцы», «Сморгонь», «Полоцк», «Минск-Восточная», «Молодечно», «Борисов», «Витебск», Лукомльская ГРЭС, а также ОПУ 330 кВ Минской ТЭЦ-4.

Необходимо отметить, что в связи с переносом срока ввода в эксплуатацию первого и второго блоков БелАЭС и отсутствием возможности полноценного ввода в работу элегазового распределительного устройства 330 кВ на станции (КРУЭ) специалисты РУП «Белэнергосетьпроект» были вынуждены разработать ряд временных схем и транзитов ВЛ 330 кВ с соответствующим расчетом уставок и параметрированием терминалов защит для обеспечения надежной работы ЛЭП до момента включения КРУЭ. Некоторые ВЛ 330 кВ до этого момента будут находиться лишь под охранным напряжением.

В соответствии с проектом на новых ЛЭП были построены быстродействующие каналы связи с использованием оптоволоконного кабеля в грозозащитном тросе (ОКГТ). В рамках реконструкции на существующих ВЛ 330 кВ и 110 кВ грозотросы были заменены на ОКГТ, что позволит значительно повысить надежность работы устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики как на атомной станции, так и в Белорусской энергосистеме в целом.

Что касается системы противоаварийной автоматики (ПА), призванной предотвращать любые аварийные ситуации на атомной станции, то ее проектирование было поручено РУП «Белэнергосетьпроект», несмотря на то что в целом разработку проекта БелАЭС осуществляло российское ОАО «НИАЭП» (г. Нижний Новгород). Проект ПА создавался в соответствии с разработанными специалистами «Белэнергосетьпроект» техническими требованиями к оборудованию ПА. Содержащиеся в них нормы жестче, чем действующие в России, что значительно усложнило задачу для производителей данного оборудования.

## Реконструкция электросетевых объектов

Реализация инвестиционного проекта по созданию схемы выдачи мощности БелАЭС побудила энергетиков к ускорению полномасштабной реконструкции многих других электросетевых объектов, прежде всего линий электропередачи 0,4–330 кВ и электрических понижающих подстанций различных напряжений.

Одним из особо значимых объектов реконструкции стала ПС 220 кВ «Столбцы». Актуальность ее технического обновления была обусловлена физическим и моральным износом оборудования и необходимостью перевода подстанции на напряжение 330 кВ (с установкой автотрансформатора АТ1н напряжением 330/110/10 кВ, мощностью 125 МВА и подключением его в ячейку 110 кВ, ранее используемую для автотрансформатора АТ1 220/110 кВ) для организации выдачи мощности Белорусской АЭС по намечаемому транзиту ВЛ 330 кВ Белорусская АЭС – Столбцы – Барановичи. Для этого на ПС «Барановичи» также была организована ячейка 330 кВ с одновременным строительством новой ВЛ 330 кВ по трассе демонтируемой ВЛ 220 кВ Барановичи – Столбцы, а ОПУ 330 кВ преобразовано в схему с тремя полуторными присоединениями.

Кроме того, форсированными темпами была начата реконструкция важнейшей системообразующей ПС 330 кВ «Минск-Северная» на 4 присоединения 330 кВ и 13 присоединений 110 кВ с одновременной реконструкцией ВЛ 110–330 кВ и созданием на них быстродействующих каналов связи путем замены грозотроса на ОКГТ.

В свое время ПС 330 кВ «Минск-Северная» была построена для разгрузки значительной части Минского кольца ЛЭП 110 кВ и для передачи электроэнергии с Лукомльской ГРЭС. Первую реконструкцию подстанция пережила в 1987 году. Тогда были заменены все трансформаторы тока напряжением 110 кВ и некоторые – напряжением 330 кВ, построено новое здание ОПУ-2, компрессорная (с одновременной реконструкцией воздухопроводов) для обеспечения надежного срабатывания воздушных выключо-



Монтаж опоры ВЛ 330 кВ

чателей, сооружена дополнительная ячейка 330 кВ к 426-й линии, что позволило замкнуть Минское кольцо, в состав которого входят ПС «Минск-Северная», ТЭЦ-4, ПС «Колядичи» и ПС «Восточная». Одновременно были смонтированы новые щиты постоянного тока и заменены воздушные выключатели.

С тех пор оборудование подстанции полностью выработало свой технический ресурс и требовало замены, а сама подстанция (ее схемное решение) – технического обновления. Реконструкция этой подстанции с переводом ОРУ 330 кВ на полторную схему, а ОРУ 110 кВ – на схему «две рабочие секционированные выключателями системы шин с шинносоединительными выключателями» позволило значительно увеличить надежность электроснабжения Минского энергоузла и г. Минска.

### Применение повышенных опор облегченного типа

Следует отметить, что в рамках реализации проекта при сооружении некоторых новых ВЛ 330 кВ впервые в Беларуси были применены повышенные опоры облегченного (по сравнению с типовыми унифицированными) типа, конструктивная документация на которые полностью разработана РУП «Белэнергосетьпроект». Конструкции опор оптимизированы по весу. Для решения этой задачи необходимо было по максимуму использовать несущую способность большинства элементов опоры, соблюдая при этом нормативные требования, в том числе в части деформации. В связи с этим пришлось отказаться от простых конструкторских решений. Несущая способность основных элементов опор используется в разных расчетных режимах на 95–100%. Стволы состоят из 10–11 секций, при этом стыковка секций не совпадает с местами крепления раскосов и распорок с поясами. Поскольку высота опор превышает 60 м, на них предусмотрены лестницы, площадки, трапы с ограждениями, система светоограждения на солнечных батареях, аккумуляторы которых заряжаются в течение дня и в темное время суток обеспечивают питание светоограждения. Повышенные анкерно-угловые и промежуточные опоры прошли полный цикл испытаний на специализированном



*Повышенные опоры облегченного типа*

испытательном полигоне в г. Москве и получили соответствующий патент Республики Беларусь.

Новые повышенные (до 65 м) опоры дали возможность прокладывать линии электропередачи над участками лесных массивов длиной 2 км и более. Основное преимущество этого решения – максимально возможное сохранение лесов при строительстве ЛЭП за счет уменьшения ширины просеки в 3,5–4 раза по сравнению с традиционной. Кроме того, линиям на повышенных опорах не опасны снежные циклоны, так как отсутствует риск повреждения линии при падении деревьев (из-за их обледенения) в лесах любой категории.

### Особенности реализации проекта

Контрактом с генподрядчиком была предусмотрена значительная доля участия в осуществлении проекта белорусских строительного-монтажных организаций и использования при строительстве объекта отечественного оборудования, материалов и т.д. В качестве субподрядчиков строительства с китайской стороны выступили строительные-монтажные организации «Сибэй» и «Шаньси», с белорусской – ОАО «Запад-электросетьстрой», ОАО «Белэлектромонтажналадка» и др.

Безусловно, при реализации этого международного проекта, как и всякого другого, возникали определенные сложности. Одна из них – языковой барьер. Найти специалистов, которые знали бы в совершенстве русский и китайский и к тому же имели глубокие познания в области электроэнергетического строительства, – задача не из простых. От качества перевода технической и нормативной документации зависело многое. Вся проектная документация согласовывалась в двух столицах на двух языках обеими сторонами – белорусской и китайской.

При этом участвующие в строительстве китайские организации были обязаны строго соблюдать все требования действующих в Беларуси технических норм и правил, которые зачастую существенно разнятся с применяемыми в Китае. Для того чтобы прийти к необходимому консенсусу, отвечающему требованиям белорусских ТНПА, проводилось множество дополнительных уточнений и согласований, а также осуществлялся авторский надзор за строительством объектов. На это уходило много времени и сил. Требовало предельно внимательного изучения и оборудование китайского производства. Оно должно было не только полностью удовлетворять белорусским техническим стандартам, но и адаптироваться к действующему оборудованию Белорусской энергосистемы. Для решения этой непростой задачи приходилось вести громадную техническую переписку, проводить многочисленные совещания, аудио- и видеоконференции с поставщиками и заводами-производителями оборудования и т.д.

Однако, как говорят, нет худа без добра – в ходе работы над проектом в сотрудничестве с северокитайской компанией NSPE, имеющей в Пекине свой проектный институт, появилась редкая возможность посетить этот институт, познакомиться с процессом выполнения проектно-изыскательских работ в КНР и обменяться опытом с китайскими специалистами, что было полезно обеим сторонам.

Реализация проекта такого уровня сложности способствовала колоссальному профессиональному росту работников РУП «Белэнергосетьпроект», особенно молодых специалистов, активно участвовавших во всех работах, связанных со строительством Белорусской АЭС.