

УДК 621.181.25

**АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС
БЕЛАРУСИ НА ЭЛЕКТРОКОТЛЫ
ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF REPLACING BELARUSIAN
THERMAL POWER PLANT EQUIPMENT WITH ELECTRIC BOILERS**

М. С. Карака

Научный руководитель – И.Л. Иокова, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
irina.iokova@gmail.ru

M. Karaka

Supervisor – I. Iokova, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: краткое описание технологического процесса работы тепловых электростанций Республики Беларусь, анализ имеющегося оборудования, оценка перспективы установки электродкотлов и использования возможностей БелАЭС.

Abstract: a brief description of the technological process of operation of thermal power plants of the Republic of Belarus, an analysis of the available equipment, an assessment of the prospects for installing electric boilers and using the capabilities of the Belarusian NPP.

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, электродкотлы, альтернативные источники энергии.

Keywords: thermal power station, electric boilers, alternative energy sources.

Введение

Режимы работы электростанций, их маневренность (диапазон регулирования нагрузок, время пуска, мобильность) и экономичность определяются графиками электрических нагрузок и областями их работы. ТЭС при выработке электроэнергии только на отпускаемом тепле имеют низкую маневренность и используются для покрытия базовых нагрузок, как и АЭС [1]. Для выравнивания суточных графиков нагрузки энергосистемы возможно применение электродкотлов и баков-аккумуляторов теплоты на энергоисточниках. В настоящее время, когда прирост потребления электроэнергии в стране ниже запланированного, возникает проблема эффективной режимной интеграции АЭС в баланс энергосистемы в части прохождения ночных провалов нагрузок [2].

Основная часть

Котлы, работающие от электрической энергии для производства пара или горячей воды, делятся на два основных типа: блоки сопротивления, в которых электрический ток протекает через резисторы, погруженные в воду внутри защитной трубы; электродные блоки, в которых два электрода погружены в воду, через которую протекает электрический ток, имеющий собственное сопротивление. В этом случае контроль проводимости воды является одним из основных факторов к хорошей и безопасной работе установки. Блоки

сопротивления обычно предназначены для небольших систем, как с горячей водой при низкой температуре, так и с паром при низком давлении. Электродные котлы можно разделить на две группы в зависимости от напряжения: низковольтные, работающие на 600 В и ниже, с максимальной мощностью несколько мегаватт, и средневольтные, работающие на 10–20 кВ, с максимальной мощностью 50 МВт. Обе группы доступны с погружными электродами, где выходная мощность регулируется перемещением изолирующих экранов или регулировкой уровня погружения электродов. Для группы среднего напряжения доступны устройства с распыляющими электродами, выходная мощность которых регулируется путем изменения количества воды, распыляемой на электроды. Многие преимущества, такие как отсутствие выбросов, минимальные требования к пространству, простота обслуживания и относительно низкая стоимость, могут способствовать привлекательности этих котлов, но стоимость электроэнергии остается основным фактором, определяющим выбор [3].

Использование высокоэффективных технологий также растет в результате повышения осведомленности общественности об экологических проблемах. Кроме того, в течение прогнозируемого периода попытки правительств многих стран сократить выбросы углерода и растущие экологические проблемы, вероятно, будут способствовать расширению рынка электрических котлов.

Электрические котлы имеют КПД примерно до 98% и минимальный уровень шума. К тому же такие котлы потребляют меньше электроэнергии. Кроме того, у производителей есть возможность инвестировать в исследования и разработки, предлагать продукты, которые являются экологически безопасными, энергоэффективными, поскольку потребители теперь меняют свои вкусы и предпочтения в сторону продуктов, которые сокращают выбросы.

Однако ожидается, что высокая стоимость современных электрических котлов и высокие затраты на техническое обслуживание и ремонт будут препятствовать росту рынка электрических котлов в течение прогнозируемого периода.

Как в водогрейных, так и в паровых электродных котлах используется электродный принцип нагрева, который обеспечивает простоту конструкции и регулирования мощности, достаточно высокие надежность, срок службы и энергетические показатели. Промышленность выпускает электродные водогрейные котлы типа КЭВ, КЭВЗ и улучшенные модификации. Они используются в системе горячего водоснабжения, отопления и вентиляции. Номинальные значения температуры воды в котлах на выходе 95°C, на входе 70°C, максимально допустимая температура на выходе 130°C. Паровые электродные котлы более универсальны, могут использоваться не только для обеспечения паром технологического процесса, но и для горячего водоснабжения, отопления и вентиляции. В электрических паровых котлах используется только электродный принцип нагрева. Как и водогрейные, они могут быть низковольтными и высоковольтными. Разница состоит лишь в том,

что в паровых котлах нормальным режимом является кипение воды и рассчитаны они на более высокое давление.

Рассмотрим причины замены газомазутного оборудования на электрическое для промышленных предприятий Республики Беларусь. Повышенная гибкость тепловых электростанций на базе электрокотлов приведет к снижению выбросов CO₂ и снижению потребления топлива. На примере расчетов, проведенных в Дании в 2021 году сравним расчеты электростанций с введением электроустановок и без них. Ежегодные выбросы CO₂ с более гибкими ТЭС будут на 28 миллионов тонн ниже в 2025 году и на 39 миллионов тонн ниже в 2030 году, что примерно сопоставимо по масштабам с общими годовыми выбросами CO₂ [4]. Основными причинами таких сокращений является снижение производства тепла и электроэнергии на основе ископаемых топлив и использование возобновляемых источников энергии.

Впоследствии, примерно в 2010 году, появился новый рынок для электродных котлов: регулирование сетей, справляющихся с растущей долей прерывистой ветрогенерации. Первые запросы поступили от датских муниципальных ТЭЦ, которым датский сетевой регулятор требовал установить тепловые накопители, чтобы помочь предотвратить потенциальную нестабильность сети, возникающую из-за значительной мощности ветра в сети.

В Дании электродный котел PARAT Halvorsen использовался преимущественно для регулирования первичной сети. В этом приложении вся мощность котла используется для отрицательного регулирования сети. Это означает, что когда в сети слишком много энергии, котел автоматически включается, достигая полной тепловой мощности за 30 секунд, помогая стабилизировать частоту сети. Электродный котел с минимальным количеством трубопроводов и отсутствием нагревательных поверхностей особенно подходит для такого быстрого наращивания мощности.

В других странах, в частности в Германии, сформировался рынок электродных котлов с отрицательным вторичным регулированием, то есть поглощением энергии из сети, но в течение более длительных периодов времени.

Другой рынок - это ТЭЦ, которые сталкиваются с ситуацией, когда поставка тепла для централизованного теплоснабжения приносит больший доход, чем продажа электроэнергии. Они могут использовать электродный котел для преобразования своей энергии в тепло вместо того, чтобы поставлять дешевую электроэнергию в сеть.

Электродный котел также может использоваться для регулирования внутренней нагрузки на многоагрегатных ТЭЦ при запуске или остановке агрегата, позволяя поддерживать нагрузку на поршневые двигатели или газовые турбины на оптимальном уровне.

Некоторые пользователи, кроме того, считают, что электродный котел может стать важной частью плана резервного копирования в случае сбоя в подаче газа или других частях инфраструктуры. В таких обстоятельствах

электродный котел может обеспечивать централизованное теплоснабжение или подачу пара критически важным клиентам. Электродный котел может достичь полной нагрузки в холодных условиях за 5-10 минут, что выгодно для резервного котла.

В Норвегии пользователи используют электродный котел, потому что электричество конкурирует с нефтью и газом в качестве источника тепла. Использование электроэнергии также улучшает экологические показатели.

Традиционный котел, работающий на огне, нуждается в камере сгорания и секции трубы для передачи тепла от пламени к воде. Это приводит к большому, тяжелому и дорогостоящему строительству. В электродном котле тепло вырабатывается непосредственно в компактном объеме воды между электродами.

Электродный котел использует среднее напряжение в диапазоне 6-24 кВ. В отличие от обычного низковольтного нагревателя, ему не нужен низковольтный трансформатор, поэтому можно избежать затрат, связанных с кабелями и низковольтным распределительным устройством.

Технология электродного котла хорошо зарекомендовала себя и хорошо изучена, опираясь на многолетний опыт. Используемая широко в настоящее время высоконадежная электродная система была разработана PARAT Halvorsen в 1993 году в сотрудничестве с Университетом Тронхейма. Ранее использовавшиеся электроды, как правило, изнашивались из-за больших потоков тока, и их приходилось часто заменять. Основываясь на практических экспериментах и компьютерном моделировании, была разработана концепция симметричного параэлектрода. Потоки тока были снижены до уровня, при котором электроды больше не испытывали чрезмерного износа.

В ответ на рост возобновляемых источников энергии, которые становятся важной частью производства электроэнергии, электродный котел постоянно развивается. Версия 24 кВ была разработана в 2015 году и в настоящее время успешно эксплуатируется. Система управления котлом также была улучшена, и время отклика сократилось, чтобы котел мог выполнять сложную задачу первичного регулирования. Диапазон мощности электродных котлов PARAT составляет 5-60 МВт.

С вводом Белорусской АЭС наиболее удобным и простым, но и затратным является вариант использования электродных котлов. Они позволят обеспечить баланс электропотребления и генерации электроэнергии в нормальных режимах работы энергосистемы, используя в часы ночных провалов электропотребления избытки производства электроэнергии в системе теплоснабжения. При возникновении аварийных ситуаций могут потребоваться резервные источники электроэнергии на Лукомльской ГРЭС (0,15 ГВт), Новополоцкой ТЭЦ (0,1 ГВт), Березовской ГРЭС (0,25 ГВт) и Минской ТЭЦ-5 (0,3 ГВт) [5].

Заключение

Установку электродных котлов следует рассматривать как оптимальный вариант использования теплофикационных турбоагрегатов в переменном режиме со снижением потребляемой электрической мощности ночью,

поскольку обеспечивают максимальное снижение её выдачи в энергосистему при меньшей разгрузке самого турбоагрегата.

В энергетическом же отношении, установка электрокотлов приведет к повышению удельных расходов топлива на производство электроэнергии, что можно считать допустимым за полученную при этом дополнительную гибкую мощность с сохранением работы теплофикационных турбоагрегатов с меньшей фактической разгрузкой. Выбор структуры генерирующих мощностей должен включать в себя учет режима их использования. Тогда можно выбрать технически приемлемую структуру с возможностью их разгрузки в ночное время суток для преодоления минимальной нагрузки в ночные часы, как в отопительный, так и неотопительный периоды года. Помимо базовых генерирующих мощностей, основную роль в которых будет играть АЭС и действующие мощности, структуру формируют парогазовые и газотурбинные установки, используемые в базовом (более 5000 час/год), полупиковом (от 2000 до 5000 час/год) и пиковом (менее 2000 час/год) режимах, а также гидро- и ветроэнергоустановки [6].

Литература

1. Технологические процессы выработки электроэнергии на ТЭС и ГЭС: учебное пособие / Н. Н. Галашов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010.-90 с.
2. Дмитриев Г.М., Падалко Л.П. / Выбор оптимальной структуры генерирующих мощностей в Белорусской энергосистеме // Энергетика и ТЭК. 2012. № 9/10 (114/115).-13 с.
3. Energy Conversion and Management / Giovanni Petrecca. - Springer International Publishing Switzerland, 2014. -350 с.
4. Danish Energy Agency. System integration of wind power by use of the DH/ CHP systems in north-east China – contributing to efficiently incorporating wind power into the system; July 2015.
5. Романюк В.Н., Бобич А.А. К вопросу о диверсификации вариантов регулирования мощности генерации Белорусской энергосистемы. 05.03.2022 г. Интернет-ресурс <http://www.broad-ctx.by/>.
6. Регулирование частоты в энергосистеме после ввода БелАЭС с применением электрокотлов и аккумуляторов теплоты на примере Гродненской ТЭЦ-2 / Н. Б. Карницкий, П. Н. Коробец (БНТУ, Минск).