

Литература

1. Нараянан, Р. Выбор катушек для беспроводных зарядных устройств / Р. Нараянан В. Рентюк // Компоненты и технологии. – 2015. – № 9. – С. 26–32.
2. Основы робототехники / Н. В. Василенко, К. Д. Никитан, В. П. Пономарев, А. Ю. Смолин. – Томск : МГП «РАСКО», 1993. – 470 с.
3. Камнев, В. Н. Чтение схем и чертежей электроустановок : практ. пособие для ПТУ / В. Н. Камнев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 144 с. : ил.
4. Добровольская, Л. А. Передача энергии в системе из двух контуров для беспроводной зарядки технических устройств / Л. А. Добровольская // The Scientific Heritage. – 2020. – № 44–1 (44). – С. 53–56.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
ПАРОТУРБИННОЙ ТЭЦ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ
СБРОСНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ**

В. В. Янчук

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Научный руководитель В. Н. Романюк

Приведены результаты анализа изменения показателей эффективности работы тепловой электрической станции со значительными не возвратами конденсата производственного отбора пара при внедрении в тепловую схему абсорбционного теплового насоса (АБТН), предназначенного для подогрева подпиточной воды за счет утилизации низкотемпературных сбросных тепловых потоков. Рассмотрены два варианта привода АБТН: паром из отбора турбины и продуктами сгорания, отбираемыми из тракта парового котла. Отмечено, что данное решение позволяет уменьшить удельные расходы топлива на выработку единицы электрической энергии, а также уменьшить вредное воздействие на окружающую среду и снизить себестоимость производимой электроэнергии.

Ключевые слова: паровая турбина, подпиточная вода, система регенеративного подогрева питательной воды, абсорбционный тепловой насос, сбросные тепловые потоки.

Укрепление энергетической безопасности любой страны неразрывно связано с повышением эффективности производства и передачи энергии, снижением влияния энергетических объектов на окружающую среду, снижением стоимости производимой энергии.

Основу выработки электрической энергии в Белорусской ОЭС составляют паротурбинные тепловые электростанции (ТЭС), работающие на природном газе. В 2023 г. 70 % всей произведенной электроэнергии в стране получено за счет сжигания природного газа [1].

В тепловой схеме паротурбинной ТЭС неизменно имеются низкотемпературные потоки тепловой энергии, рассеиваемые в окружающую среду, из которых наибольшая мощность есть у потока циркуляционной воды конденсатора паровой турбины. Полезное использование таких потоков усложняется их низкой температурой и требует повышения температурного уровня с использованием тепловых насосов. Учитывая соотношение стоимости тепловой и электрической энергии, оптимальным оказывается использование именно абсорбционных (или теплоиспользующих) тепловых насосов (АБТН), которые требуют для привода поток высокопотенциальной тепловой энергии. Учитывая имеющиеся на ТЭС высокотемпературные потоки, ниже приведено сравнение двух вариантов предлагаемой модернизации: с утилизацией пара из отбора турбины и дымовых газов, отбираемых из тракта парового котла, на привод АБТН.

Суть предложенной модернизации заключается в подогреве подпиточной воды ТЭС в АБТН за счет использования теплоты циркуляционной воды. Данное решение актуально для теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) со значительными невозвратами конденсата производственного отбора и соответственно значительными расходами подпиточной воды. Для Белорусской ОЭС это Гродненская ТЭЦ-2, Мозырская и Новополоцкая ТЭЦ, где невозвраты конденсата составляют 30–100 % [2].

Для варианта использования пара на привод АБТН в соответствии с требуемым температурным уровнем возможно использование пара из регенеративных отборов на ПНД-3, ПНД-4 и отбора на деаэратор. При использовании пара из отбора на деаэратор в [2] получен наибольший рост показателей эффективности во всем диапазоне расходов возвращаемого конденсата. Далее рассматривается именно этот поток.

Для варианта привода дымовыми газами их температура должна быть в диапазоне 300–600 °С с последующим охлаждением до 140–150 °С. Для котлов БКЗ-420, работающих совместно с рассматриваемым типом турбин ПТ-60, место отбора дымовых газов определено в сечении между воздухоподогревателем II ступени и водяным экономайзером I ступени. При этом расход потока дымовых газов через хвостовые поверхности снижается на 10–15 %, а температура на выходе из котла уменьшается до ≈ 110 °С для случая с полным невозвратом конденсата в цикл [3].

В результате предложенной модернизации энергия низкотемпературного потока замещает часть высокопотенциального пара, ранее направляемого для подогрева подпиточной воды. В результате возможно как увеличение электрической выработки станции с сохранением расхода топлива, так и сохранение или снижение выработки электроэнергии со снижением расхода топлива. Для каждого из этих вариантов получено снижение удельного расхода топлива на выработку единицы энергии и повышение показателей эффективности.

Для качественной оценки предлагаемого решения использовались следующие показатели эффективности:

$$\begin{aligned} & \text{– электрический КПД } \eta_{\text{эл}} = \frac{W_{\text{эз}}}{Q_{\text{топл}} - Q_{\text{т.о}} - Q_{\text{п.о}}}; \\ & \text{– энергетический КПД } \eta_{\text{эн}} = \frac{W_{\text{эз}} + Q_{\text{т.о}} + Q_{\text{п.о}}}{Q_{\text{топл}}}, \\ & \text{– эксергетический КПД } \eta_{\text{е}} = \frac{\sum E''}{\sum E'} = \frac{E_{\text{потр}}}{E_{\text{прив}} + E_{\text{утил}}}, \end{aligned}$$

где $W_{\text{эз}}$ – электрическая выработка турбоустановки, ГДж/ч; $Q_{\text{топл}}$ – мощность потока топлива, ГДж/ч; $Q_{\text{т.о}}$ – тепловая нагрузка теплофикационного отбора, ГДж/ч; $Q_{\text{п.о}}$ – тепловая нагрузка производственного отбора, ГДж/ч; E'' – эксергия выходящего из ТН потока, ГДж/ч; E' – эксергия входящего в ТН потока, ГДж/ч; $E_{\text{потр}}$ – эксергия потока к потребителю, ГДж/ч; $E_{\text{прив}}$ – эксергия потока привода, ГДж/ч; $E_{\text{утил}}$ – эксергия утилизируемого потока, ГДж/ч.

В качестве функции цели данной модернизации выбран режим со снижением электрической мощности станции, что соответствует текущим условиям работы Белорусской ОЭС. В таблице ниже приведены результаты исследований.

Рост показателей эффективности станции

Показатель эффективности	АБТН с паровым приводом	АБТН с приводом дымовыми газами
Электрический КПД, %	0,90	4,3
Энергетический КПД, %	0,55	2,6
Эксергетический КПД, %	0,23	1,1

Получено, что использование сбросных тепловых потоков ТЭС для системы регенеративного подогрева питательной воды повышает эффективность использования первичного топлива. Для варианта с паровым приводом АБТН электрический КПД станции повышается на 0,90 %, использование дымовых газов на привод АБТН показывает больший эффект – увеличение электрического КПД на 4,3 %. Для оценки целесообразности данной модернизации требуется также провести оценку экономических показателей.

Литература

1. Our world in data. – Оксфорд, 2024. – URL: <https://ourworldindata.org/electricity-mix> (дата обращения: 29.03.2025).
2. Янчук, В. В. Модернизация системы регенеративного подогрева питательной воды в цикле турбоустановки ПТ-60 / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2023. – № 6. – С. 509–529.
3. Янчук, В. В. Использование дымовых газов котла для АБТН системы регенеративного подогрева подпиточной воды / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2025. – № 3.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТРЕХОАКСИАЛЬНЫХ РАДИАЛЬНЫХ КОМПАКТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

М. С. Бучков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. И. Селиверстов

Выполнены исследования электрических и режимных параметров трехоаксиальных радиальных компактных воздушных линий (ВЛ) электропередачи. Дана сопоставительная оценка их параметров с параметрами традиционных ВЛ.

Ключевые слова: компактная ВЛ, электрические и режимные параметры ВЛ, зарядная мощность, потери мощности и напряжения.

Развитие отраслей промышленности и социальной сферы невозможно без совершенствования и опережающего развития электроэнергетики, в том числе без таких ее составляющих, как системы передачи и распределения электроэнергии.

В целях ускоренного развития систем передачи электроэнергии следует создавать воздушные линии (ВЛ) электропередачи с улучшенными удельными технико-экономическими показателями. Актуальность работы обусловлена поиском новых типов воздушных линий, отличающихся повышенной мощностью и сниженным экологическим влиянием.