

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА
ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ТЭЦ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНЫХ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ
WASTE HEAT FLOWS UTILIZATION FOR CHP FEED WATER
REGENERATIVE HEATING SYSTEM MODERNIZATION

Янчук В. В., магистр техн. наук; Романюк В. Н., д-р техн. наук, профессор,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь
V. Yanchuk, Master of Sciences; V. Ramaniuk, Doctor of Technical
Sciences, Professor,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. В текущем состоянии в энергосистеме Беларуси актуальным сохраняется повышение эффективности использования природного газа, который является основным первичным энергоресурсом. В данном исследовании предложено развитие системы регенеративного подогрева питательной воды путем нагрева подпиточной воды перед ее подачей в цикл за счет низкопотенциальных сбросных потоков с применением абсорбционного теплового насоса с паровым приводом. Для станций с установленными на ней турбинами ПТ-60 в результате модернизации получено повышение электрического КПД в пределах на 0,9 %.

Abstract. In the current state in Belarussian energy system, it remains relevant to improve the efficiency of natural gas utilization as it is the main primary energy source. This research proposes modernization of a regenerative feedwater heating system by heating make-up water before it is added to the cycle water using low-grade waste heat flows using a steam-driven absorption heat pump. For plants with PT-60 turbines installed, the modernization results in electrical efficiency increase up to 0,9 %.

Ключевые слова: низкотемпературные тепловые потоки, тепловая электроцентраль, регенерация, тепловой насос, абсорбционный тепловой насос.

Key words: low temperature heat flows, combined heat and power plant, regeneration, heat pump, absorption heat pumps.

ВВЕДЕНИЕ

Основным источником первичного энергоресурса в Беларуси как в энергетическом, так и в промышленном секторе является природный газ. С 2020 по 2021 год его доля снизилась с 96 % до 84 % [1], что связано с пуском в эксплуатацию Белорусской АЭС. В последующем, доля природного газа в приходной части энергобаланса энергосистемы будет уменьшаться и при выводе двух блоков Белорусской АЭС на полную мощность составит 57 %, т. е. природный газ по-прежнему останется

основным энергоносителем [2]. Следовательно, сохраняется актуальность повышения эффективности использования топлива на электростанциях, работающих на природном газе.

Основное количество электроэнергии в Объединенной энергетической системе Беларуси вырабатывается на тепловых электростанциях (ТЭС), в частности, на паротурбинных теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) и конденсационных электростанциях (КЭС). При сохранении начальных и конечных параметров, повысить эффективность паротурбинных блоков можно за счет утилизации низкотемпературных сбросных тепловых потоков. Прежде всего – теплоты охлаждения циркуляционной воды, в классическом варианте рассеиваемой в градирнях.

В статье рассмотрен вариант подогрева подпиточной воды за счет утилизации низкопотенциальной теплоты охлаждения циркуляционной воды с применением абсорбционного теплового насоса (АБТН) с паровым приводом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Наиболее распространенным типом турбоагрегата в энергосистеме является ПТ-60 и его версии (ПТ-65, ПТ-70 и ПТ-80), следовательно, в первую очередь следует определить эффективность решения применительно к данному типу турбоагрегатов, установленных на ТЭС с паровым потреблением и значительными невозвратами конденсата производственного отбора (Гродненская ТЭЦ-2, Мозырская ТЭЦ и Новополоцкая ТЭЦ).

Суть предлагаемого решения состоит в подогреве подпиточной воды после ХВО в АБТН до ее смешения с цикловой водой за счет теплоты охлаждения циркуляционной воды, которая в классическом варианте рассеивается в атмосферу. Конечная температура нагреваемого потока зависит от параметров греющего потока. В роли греющего потока возможно использовать пар из регенеративных отборов (ПНД-3, ПНД-4) либо из отбора на деаэрактор.

Для оценки эффективности предложенного решения получены значения электрического КПД $\eta_{эл}$ и энергетического КПД $\eta_{эн}$, которые соответственно определяются:

$$\eta_{эл} = \frac{W_{ээ}}{Q_{топл} - Q_{то} - Q_{по}}, \quad (1)$$

$$\eta_{эн} = \frac{N_{ээ} + Q_{то} + Q_{по}}{Q_{топл}}, \quad (2)$$

где $W_{ээ}$ – электрическая выработка турбоустановки, ГДж/ч;

$Q_{то}$ – тепловая нагрузка теплофикационного отбора, ГДж/ч;

$Q_{по}$ – тепловая нагрузка производственного отбора, ГДж/ч;

$Q_{\text{топл}}$ – мощность потока топлива, ГДж/ч.

Для работы в расчетном режиме с расходом пара в П-отбор 140 т/ч, нагрузкой теплофикационного отбора 52,3 Гкал/ч, что соответствует расходу пара в Т-отбор 100 т/ч, пропуском пара в конденсатор 12 т/ч и сохранением минимального пропуска в конденсатор, получены зависимости принятых критериев эффективности от доли возврата конденсата в цикл (рис.).

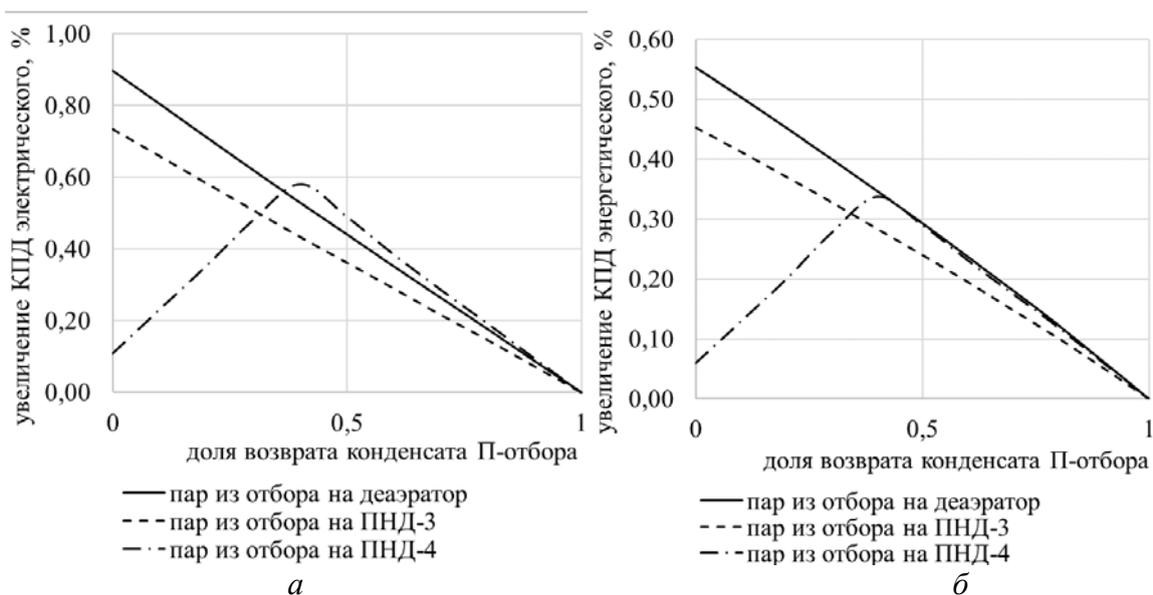


Рис. Изменение показателей работы турбоустановки: *а* – рост электрического КПД; *б* – рост энергетического КПД

Из рис. следует, что наибольший эффект от модернизации будет получен при использовании в качестве привода АБТН пара из отбора на деаэрататор, что объясняется более высокой конечной температурой нагреваемого потока за счет более высоких параметров греющего потока. При этом электрический КПД турбоустановки увеличивается на 0,90 % и энергетический КПД – на 0,55 %.

Пар из отбора на ПНД-4 следует использовать для привода АБТН только на станциях, где процент возврата конденсата в цикл более 40 %, так как расхода пара в данный отбор недостаточно для нагрева большого количества подпиточной воды.

Электрическая мощность станции в результате такого решения снизится за счет снижения расхода пара в голову турбины, в пределах на 320 кВт, для варианта с полным невозвратом конденсата и приводом АБТН паром из отбора на деаэрататор, что также является положительным результатом, так как в текущем состоянии в энергосистеме имеется избыток установленных мощностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регенеративное использование сбросных низкотемпературных тепловых потоков на ТЭС позволяет повысить эффективность использования первичных энергоресурсов.

Для рассмотренного варианта с сохранением минимального пропуска пара в конденсатор 12 т/ч и для описанного режима работы турбоустановки ПТ-60 увеличение электрического КПД в пределе составляет 0,90 %, при этом энергетический КПД увеличивается на 0,55 %. Электрическая мощность турбоустановки снижается на 320 кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Our world in data / Electricity mix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ourworldindata.org/electricity-mix#fossil-fuels-what-share-of-electricity-comes-from-fossil-fuels>. <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaya-statistika/anual-dannye>. – Дата доступа: 28.12.2022.
2. Хрусталеv Б. М. Расширение энергосберегающей базы в условиях централизованного теплоснабжения и доминирования энергоемких технологий / Б. М. Хрусталеv, В. Н. Романюк // Энергоэффективность. – 2017. – № 12. – С. 20–27.
3. Производство электрической энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-elektricheskoy-energii/>. – Дата доступа: 01.02.2023.
4. Романюк, В. Н. Абсорбционные или парокомпрессионные тепловые насосы в схемах ТЭЦ / В. Н. Романюк, А. А. Бобич, С. В. Мальков // Энергия и менеджмент. – 2013. – № 4. – С. 18–21.
5. Янченко, И. В. Влияние абсорбционного теплового насоса на тепловую экономичность ТЭС и АЭС: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / И. В. Янченко. – Новочеркасск, 2015. – 180 л.
6. Янчук В. В. Повышение эффективности действующих тепловых электрических станций в современных условиях / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2022. – № 6. – С. 511–523.