

УДК 621.311.22

Мессерле Владимир Ефремович – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби)

Дюсенова Сауле Жаксылыковна – магистрант (г. Алматы, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби)

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА СОБСТВЕННЫЕ
НУЖДЫ ТЭЦ**

В данной статье рассмотрено режим работы оборудования собственных нужд теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), работающей по тепловому графику нагрузки на примере работы Алматинской ТЭЦ-2. Проанализировано потребление электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ. Рассмотрены основные причины повышенного энергопотребления механизмами собственных нужд ТЭЦ при ее работе на частичных нагрузках. При анализе потребления электроэнергии на собственные нужды (СН) были определены группы механизмов по их режиму работы. Для каждой из групп механизмов собственных нужд были построены графики потребления электроэнергии при разных режимах работы основного оборудования ТЭЦ в течении суток. Показана экономия электрической энергии при внедрении индивидуального частотного привода для регулирования производительности механизмов собственных нужд ТЭЦ.

Потребление электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ составляет 5-15% [1] от установленной мощности ТЭЦ. Работа основного оборудования ТЭЦ на частичных нагрузках приводит к необходимости регулирования производительности механизмов собственных нужд ТЭЦ, в следствии чего, они работают в зоне неоптимального КПД. Наиболее эффективным способом регулирования производительности центробежных механизмов является изменение частоты вращения рабочего колеса механизма. Для этого можно использовать турбопривод механизмов, гидропривод и частотно-регулируемый привод. Использование турбопривода широко используется на питательных насосах блоков ТЭЦ мощностью 300 МВт и выше. Анализ применения турбопривода на разных типах блоков электрических станций и ТЭЦ с поперечными связями по пару представлен в [2]. Применение гидромурфт также имеет свои особенности [3]. Основной их недостаток - низкая надежность механических элементов [4].

Режимы работы ТЭЦ. Рассмотрим график режима работы Алматинской ТЭЦ-2 за 10 августа 2016г. В работе оборудование двух очередей – очередь высокого давления (котлоагрегат стационарной №6 (К-6) паропроизводительностью 120 т/час, турбогенератор (ТГ-5) электрической мощностью 24 МВт) и очередь среднего давления (котлоагрегат К-1 паропроизводительностью 100т/час, ТГ-1 электрической мощностью 6 МВт). На рисунке 1 показан суточный график выработки тепловой и электрической энергии Алматинской ТЭЦ-2 за 10 августа 2016г.

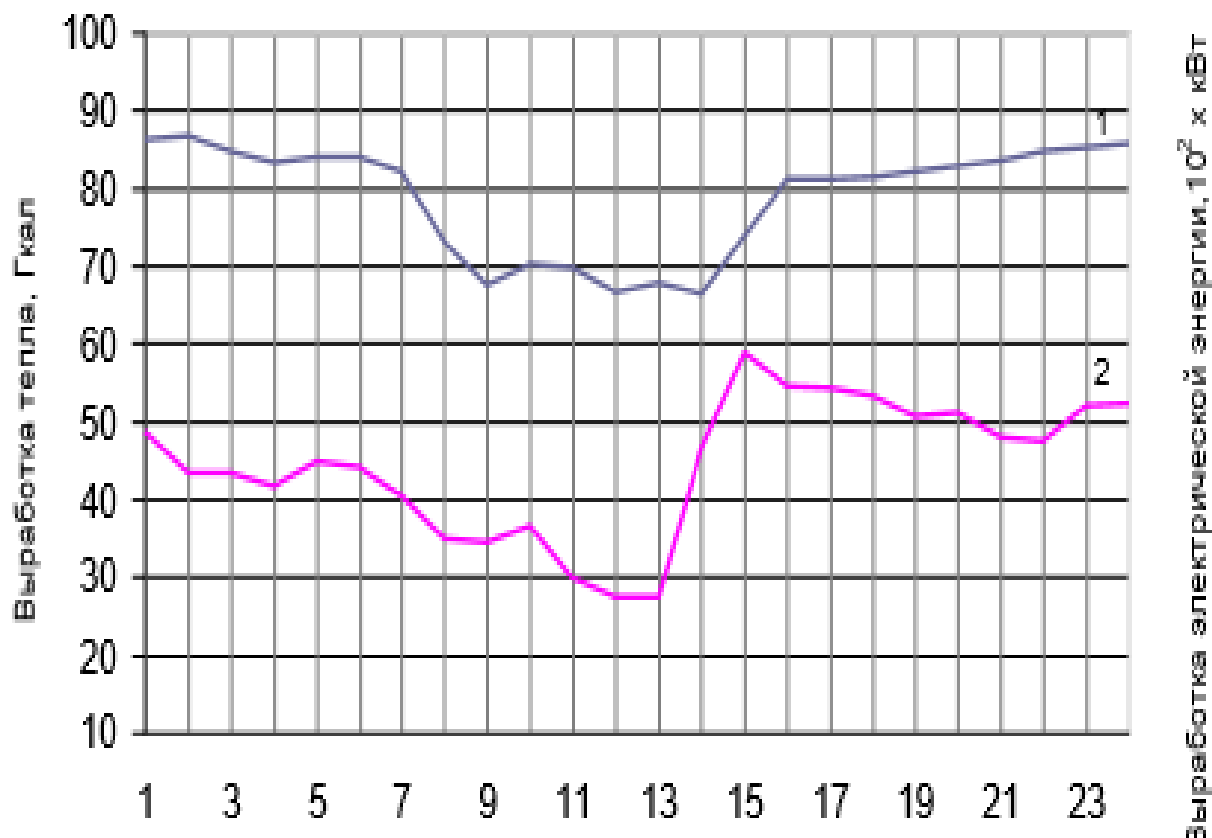


Рисунок 1 – Отпуск тепловой и электрической энергии Алматинской ТЭЦ-2 за 10 августа 2016г 1 – выработка электрической энергии; 2 – выработка тепловой энергии

Для ТЭЦ, работающей по тепловому графику нагрузки, основным параметром, задающим режим ее работы, является, количество сетевой воды, которая циркулирует через ее теплораспределительный пункт, а также задание диспетчера по температуре этой воды. Для анализа режима станции рассмотрим данные параметры. На рисунке 2 показано количество сетевой воды, циркулирующей через теплораспределительный пункт (ТРП), ее температура и выработка тепла ТЭЦ.

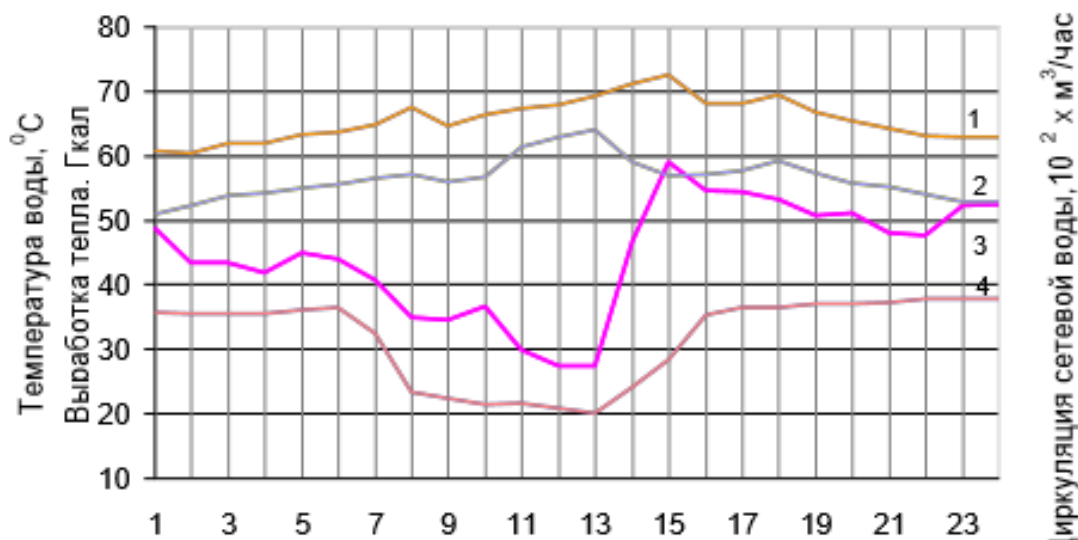


Рисунок 2 – Циркуляция сетевой воды, ее температура и выработка тепловой энергии на Алматинской ТЭЦ-2 за 10 августа 2016г. 1 – температура сетевой воды на выходе с ТРП; 2 – температура сетевой воды на входе в ТРП; 3 – выработка тепловой энергии; 4 – циркуляция сетевой воды.

В летний период на Алматинской ТЭЦ-2 работают турбины с противодавлением типа Р (ТГ-5, ТГ-1). Выхлоп данных машин подключен к общей группе тепловых бойлеров, где пар конденсируется, нагревая при этом сетевую воду. Температура сетевой воды на входе в ТРП и количество этой сетевой воды, в свою очередь, определяет противодавление на выхлопе турбины, а следовательно и мощность на валу генератора. На рисунке 3 показан график выработки тепловой и электрической энергии на Алматинской ТЭЦ-2 за 10 августа 2016года.

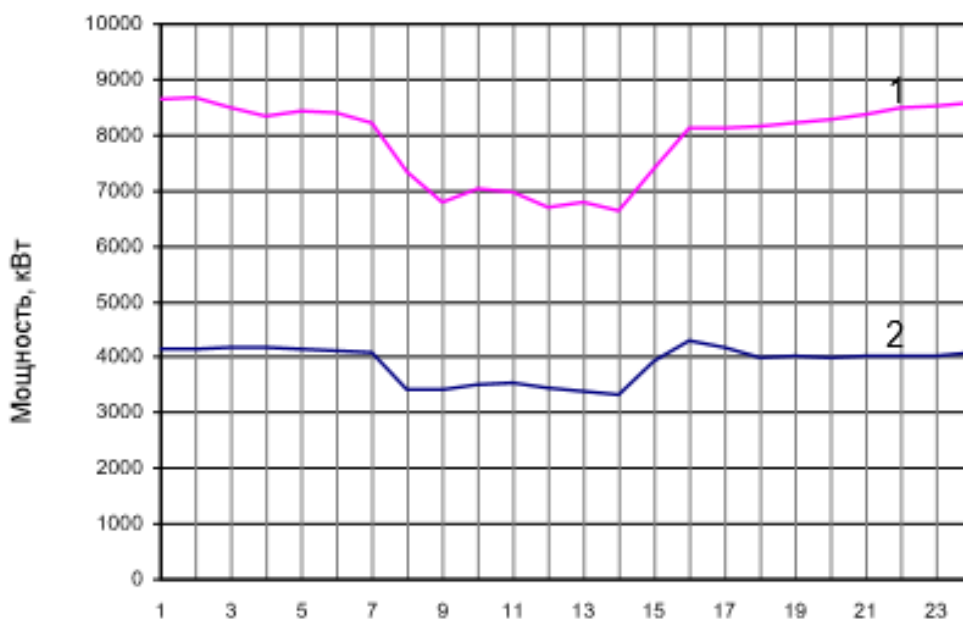


Рисунок 3 – График выработки и потребления электроэнергии на собственные нужды Алматинской ТЭЦ-2 за 10 августа 2016года. 1 – выработка электрической энергии; 2 – потребление на собственные нужды;

Довольно высокая доля потребления электроэнергии на СН Алматинской ТЭЦ-2 объясняется тем, что данная ТЭЦ работает по тепловому графику нагрузки, основное оборудование работает в режиме, близком к минимально-допустимому. Как видно из графиков, показанных на рисунках 1-3, график потребления электроэнергии коррелируется с графиками производства тепловой и электрической энергии и графиком циркуляции сетевой воды через ТРП ТЭЦ. Потребление электроэнергии на СН можно определить следующим выражением:

$$P_{CH} = P_{об.к} + P_{п.тр.} + P_{ХВО} + P_{ТС} + P_{др} , \quad (1)$$

где $P_{об.к}$ - потребление на оборудование тяго-дутьевой системы котла (дымососы и вентиляторы горячего дутья), кВт;

$P_{п.тр.}$ – потребление на оборудование питательного тракта (питательные электронасосы, конденсатные насосы) , кВт;

$P_{ХВО}$ -потребление на химводоподготовку, кВт;

$P_{ТС}$ -потребление на оборудование тепловых сетей (сетевые насосы, насос опрессовки теплосети), кВт;

$P_{др}$ -потребление оборудования, которое не входит в технологическую схему выработки тепловой и электрической энергии, кВт (освещение и обогрев цехов ТЭЦ и др.).

Режим работы оборудования тяго-дутьевой системы котла. К данной группе оборудования котла относятся его дымососы и дутьевые вентиляторы. Потребляемая вентиляторами мощность определяется величиной расхода воздуха и развиваемого давления. Расход увеличивается пропорционально мощности блока. По снятым характеристикам котла К-6 были построены зависимости возможного потребления природного газа (рисунок 4), а также зависимость расхода воздуха и уходящих газов через котел (рисунок 5) от его производительности. На графиках указана интерполяция зависимости потребления природного газа, а также расхода воздуха и уходящих газов через котел от его паропроизводительности. С учетом данных выражений был промоделирован режим работы тяго-дутьевого оборудования котла 6 Алматинской ТЭЦ-2, в результате которого были получены графики потребления электроэнергии на оборудование тяго-дутьевой системы котла с внедрением индивидуального частотного привода и без него, а также построены зависимости нагрузки тяго-дутьевых механизмов котла 6 от его паропроизводительности (рисунок 6). Скачок на графике, представленном на рисунке 7, объясняется включением второго вентилятора горячего дутья. Как видно из графиков, при работе котла в переменных режимах с помощью применения частотно-регулируемого привода можно достичь значительной экономии электрической энергии, которая в зависимости от режима работы оборудования ТЭЦ может достигать 40%.

Режим работы сетевых насосов. Режим работы данных механизмов зависит от количества воды, которое циркулирует через ТРП ТЭЦ. При анализе работы сетевых насосов Алматинской ТЭЦ-2 было определено, что режим работы данных механизмов определяется количеством районов тепловых сетей, подключенных к тепло-распределительному устройству ТЭЦ. При этом количество насосов, работающих для поддержания заданного диспетчером тепловых сетей давления и необходимой циркуляции, подбирается по их номинальной производительности с учетом наиболее эффективного распределения воды между работающими насосами. Следовательно, данные насосы работают в режиме с нагрузкой 70-90%, что соответствует зоне наилучшего КПД таких механизмов, поэтому использование частотного привода данных механизмов в большинстве случаев неоправданно.

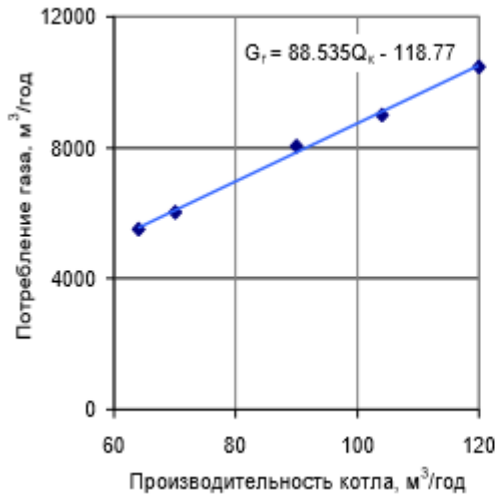


Рисунок 4 – Потребление природного

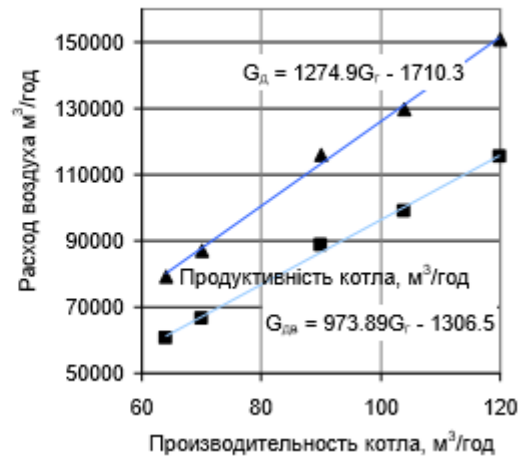


Рисунок 5 – Расход воздуха и уходящих газа котлом от его газов через котел от его паропроизводительности

Режим работы питательного насоса. Питательный электрический насос (ПЭН) относится к особо ответственному оборудованию ТЭЦ. От надежности его работы зависит работа котлов ТЭЦ, при этом очень остро стоит вопрос энергоэффективности данного механизма, поскольку единичная мощность данных устройств довольно высокая и работа питательных электронасосов значительно влияет на эффективность работы станции в целом.

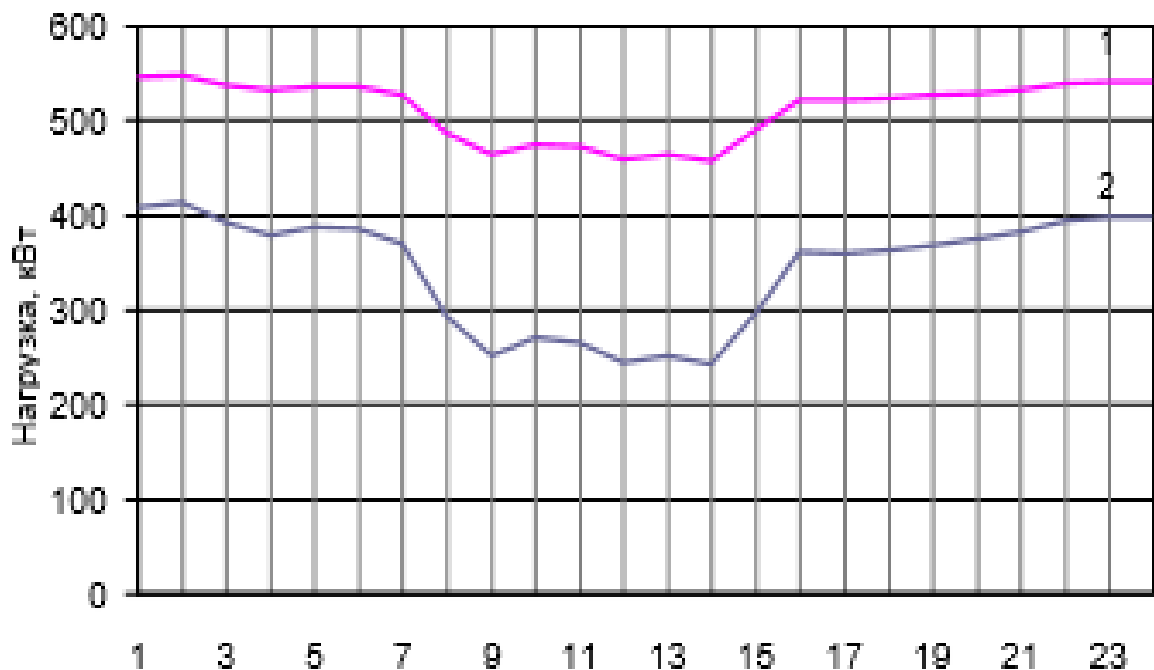


Рисунок 6 – Зависимость суточного потребления электроэнергии тягодутьевым оборудованием котла при применении частотно-регулируемого (2) привода и питания от системы с частотой 50Гц (1)

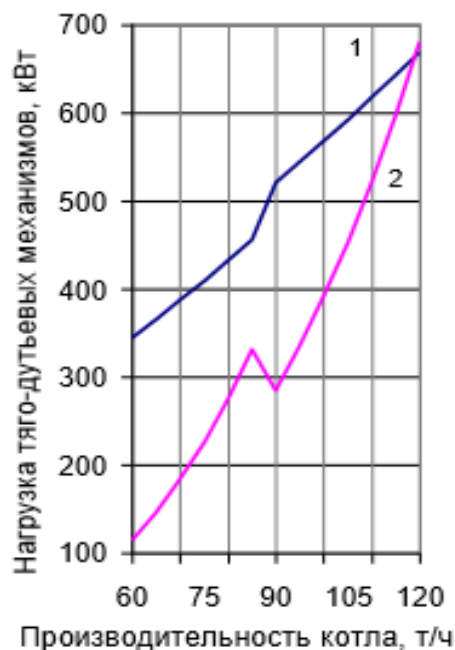


Рисунок 7 – Зависимость нагрузки тяго-дутьевых механизмов котла от его производительности 1 – при дросселировании; 2 – при использовании частотно-регулируемый привод.

ПЭН - это высоконапорный механизм, следовательно, использование дросселирования в зонах малой производительности невозможно, так как может привести к закипанию воды в рабочей зоне насоса. Для выхода из этой ситуации применяется байпасирование, когда жидкость на выхлопе насоса отводится через байпас для того, чтобы обеспечить нормальную работу механизма.

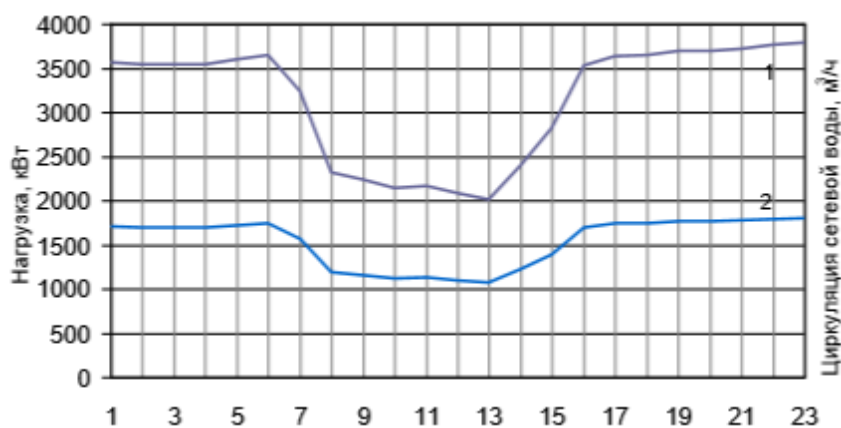


Рисунок 8 – Суточное потребление электроэнергии сетевыми насосами (1) и циркуляция сетевой воды (2) через ТРП

Часто на малых ТЭЦ с поперечными связями по пару, ПЭН используется для питания сразу нескольких котлов, что приводит к выбору таких насосов со значительной производительностью, но при работе ТЭЦ с частичными нагрузками это зачастую не оправдано. На ряде таких ТЭЦ установлены насосы с производительностью, рассчитанной на покрытие нагрузки одного котла, но при работе котла с частичными нагрузками все равно приходится использовать дросселирование.

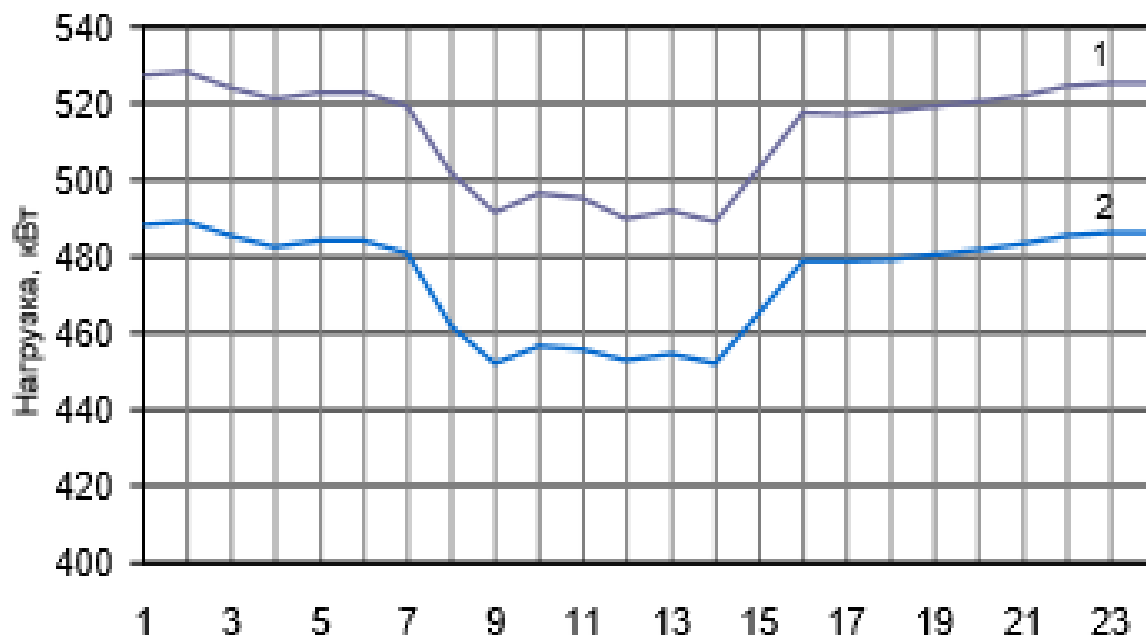


Рисунок 9 – Зависимость суточного потребления электроэнергии питательным насосом котла при применении ЧРП (2) и питания от системы с частотой 50Гц(1)

При использовании ЧРП механизмов собственных нужд ТЭС можно получить следующие выгоды: - обеспечивается экономия электрической энергии за счет энергоэффективного регулирования производительности центробежных механизмов; обеспечивается поддержание высокого коэффициента мощности электроустановки, так как современные ЧРП поддерживают возможность компенсации реактивной мощности; значительная экономия электроэнергии в режимах пуска и останова основного оборудования ТЭЦ; удобно обеспечивается плавный пуск механизмов, использующих ЧРП, это позволяет ограничить уровень пусковых токов механизмов, увеличить срок службы оборудования ТЭЦ. При правильном выборе данного оборудования можно также улучшить режимы работы оборудования ТЭЦ при запуске двигателей механизмов собственных нужд ТЭЦ; повышается уровень автоматизации технологических процессов при выработке электрической и тепловой энергии, а также достигается значительная экономия электроэнергии при прохождении минимумов нагрузки энергосистемы а также при работе основного оборудования на скользящих параметрах по пару.

Выводы. При работе отопительных ТЭЦ с поперечными связями по тепловому графику нагрузки работа их основного оборудования сильно зависит от тепловой нагрузки. Когда тепловое потребление потребителей значительно понижается, основное оборудование таких ТЭЦ работает на частичных нагрузках. Для нормальной работы данных механизмов необходимо глубже регулировать производительность механизмов собственных нужд ТЭЦ. Применение ЧРП механизмов собственных нужд ТЭЦ имеет значительный экономический эффект, особенно проявляющийся для механизмов тягодутьевой системы котла. Применение ЧРП сетевых насосов имеет ряд режимных ограничений, так как их производительность близка к номинальной, и обоснование его применения должно быть обосновано для каждой ТЭЦ отдельно. ПЭН как особо ответственные механизмы ТЭЦ, имеющие значительную мощность, сильно влияют на эффективность работы ТЭЦ, поэтому использование ЧРП ПЭН также дает значительный экономический эффект. Помимо экономии электрической энергии, использование ЧРП дает следующие технические преимущества: повышение срока службы оборудования, его плавный пуск и качественное регулирование производительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рожкова Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. – М.: Энергия, 1975. – 704 с.
2. Мамонтов Н. И. Эффективность и целесообразность применения турбоприводов питательных насосов на ТЭЦ и энергоблоках 150 – 200 МВт ТЭС / Н. И. Мамонтов, О. М. Кобцев, В. В. Панов // Компрессорное и энергетическое машиностроение. - 2012. - № 1. - С. 9-14.
3. Фардиев И.Ш. О целесообразности и опыте применения гидромуфт на вспомогательном оборудовании ТЭС с поперечными связями / И.Ш. Фардиев, А.А. Салихов, Р.М. Фаткуллин // Энергетик, 2004. - №5. – С. 15-18
4. Ситас В.И. Применение регулируемых гидромуфт для уменьшения расхода электроэнергии на собственные нужды электростанций / В.И. Ситас, А. Пешк, Р.М. Фаткуллин // Электрические станции, 2003. - №2. - С. 61-65