

Структурная схема оптимизации при выпаривании электролитических щелоков

Окончательный вариант, который будет получен в результате анализа вариантов, предполагается внедрить для реконструкции на ГП «Химпром» в г.Первомайске.

Получено 24.05.2002

УДК 621.444 + 621.577

С.А.ГОРОЖАНКИН, канд. техн. наук

*Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка*

### **РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ СТИРЛИНГА**

Приведены принципы и варианты регулирования мощности тепловых насосов, работающих по циклу Стирлинга. Рассмотрено количественное и качественное регулирование систем теплоснабжения с такими установками. Отмечены результаты моделирования и расчетов параметров систем на ЭВМ, оценена их эффективность.

Термотрансформаторы, работающие по циклу Стирлинга, обладают рядом преимуществ перед другими типами таких устройств. Они

позволяют осуществлять построение экономичных и экологически чистых систем теплоснабжения и кондиционирования. Независимо от типа привода системы с теплонасосными установками (ТНУ), работающими по этому циклу, оказываются весьма эффективными [1], а суммарный коэффициент преобразования энергии (КПЭ) обычно превышает 1. Проведенные исследования позволили определить варианты оптимизации параметров ТНУ с многоцилиндровыми машинами с учетом возможности регулирования их мощности путем изменения частоты вращения вала привода [2]. Установлено, что оптимизацию целесообразно осуществлять не по максимальной, а по частичной мощности ТНУ, которая поддерживается в течение большей части отопительного периода.

Регулирование тепловой мощности систем теплоснабжения с ТНУ должно предусматривать соблюдение следующих принципов:

- в процессе регулирования следует, по возможности, устанавливать режимы работы ТНУ со значениями КПЭ, близкими к максимальным;

- тепловой насос должен обеспечивать требуемую температуру воды в системе горячего водоснабжения, если объект оборудован таковой;

- устройства регулирования должны автоматически поддерживать необходимые температуры в системах отопления, горячего водоснабжения и быть несложными в эксплуатации.

Регулирование тепловой мощности может быть ступенчатым и непрерывным (плавным). Первое обычно легче осуществить практически (например, переключением обмоток приводных электродвигателей переменного тока). Плавное регулирование предполагает применение электродвигателей постоянного тока с дополнительными устройствами или электродвигателей переменного тока с тиристорными преобразователями. Стоимость ТНУ в этих случаях возрастает, хотя экономичность их выше благодаря возможности поддержания оптимальных параметров при любых режимах работы.

Мощность тепловых насосов может варьироваться путем изменения давления рабочего тела во внутреннем контуре, широко применяемым при регулировании транспортных двигателей Стирлинга [3]. Для ТНУ этот способ нецелесообразен из-за необходимости включения в их состав дополнительных, довольно сложных и дорогих узлов (компрессор, клапаны и т.д.).

По аналогии с принципами регулирования традиционных систем теплоснабжения следует рассматривать количественное и качественное регулирование. Количественное регулирование предполагает, что

при росте или снижении тепловой мощности ТНУ температуры теплоносителей как поступающего от источника теплоты, так и подаваемого в систему теплоснабжения остаются постоянными или изменяются незначительно. Это позволяет обеспечивать систему горячей водоснабжения водой требуемой температуры (например,  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) при практически любых значениях тепловой мощности ТНУ. При таком варианте регулирования нужно предусматривать возможные нарушения в циркуляции теплоносителя при значительных отклонениях его расходов в системе от расчетных. Современные низкотемпературные системы отопления с интенсивной принудительной циркуляцией позволяют этого избежать. Поддержание температур при количественном регулировании достигается изменением режима работы циркуляционных насосов внешних контуров. Эти режимы должны быть согласованы с частотой вращения вала привода ТНУ.

При качественном регулировании расходы теплоносителей внешних контуров поддерживаются на постоянном уровне, а их температуры изменяются. Снижение температуры в системе отопления с ТНУ позволяет повысить КПЭ, несмотря на уменьшение эксергетического КПД вследствие роста относительных потерь. Поэтому такое регулирование является более рациональным по сравнению с количественным. Однако при этом остается необходимость обеспечения требуемой температуры воды в системе горячего водоснабжения. Для многоцилиндровых машин заданный температурный режим достигается путем переключений внешних контуров нагревателей группы цилиндров ТНУ с помощью вентилей или электроклапанов. Такая схема позволяет повысить температуру горячей воды в системе на  $50\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$  относительно температуры источника. Это несколько усложняет конструкцию, так как требует введения дополнительных устройств автоматики в системе управления ТНУ.

Исследования возможностей регулирования ТНУ с машинами Стирлинга и определение их оптимальных параметров проводили путем моделирования на ЭВМ. Ниже приведены результаты расчетов одного из вариантов установки, оптимизированной при тепловой мощности  $60\text{ кВт}$ . Температура источника теплоты принята равной  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , средняя температура теплоносителя в низкотемпературной системе отопления –  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В качестве теплового насоса применена 12-цилиндровая машина двойного действия с частотой вращения до  $25\text{ с}^{-1}$ . Рабочее тело внутреннего контура – водород, его среднее давление  $14\text{ МПа}$ . На рис. 1 представлены результаты, полученные при количественном регулировании. Тепловая мощность ТНУ при этом примерно пропорциональна частоте вращения, хотя КПЭ существенно зависит от

последнего параметра.

Из графиков, приведенных на рис.1, следует, что значение КПЭ при минимальных значениях мощности несколько превышает 5 и снижается до величины 3,5 при возрастании тепловой мощности до 120 кВт. Изменение КПД соответствует изменениям КПЭ, так как эти температуры в системе в процессе регулирования поддерживаются постоянными.

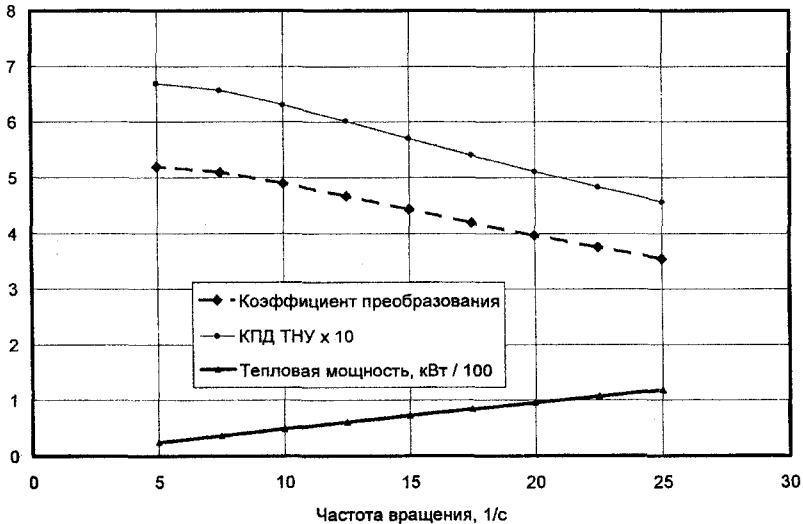


Рис.1 – Изменение параметров ТНУ в зависимости от частоты вращения при количественном регулировании ее тепловой мощности

При качественном регулировании (рис.2) картина отличается от предыдущей. Снижение температуры теплоносителя в системе отопления при уменьшении ее тепловой мощности позволяет существенно повысить КПЭ ТНУ и достичь значений около 8. Несмотря на то, что средние значения температуры в системе невелики, это вполне допустимо при ее работе в осенне-весенний период при кратковременных похолоданиях или заморозках. Тепловые сети в этот период, как правило, не функционируют, поэтому сооружения с подобными ТНУ имеют в данном случае явное преимущество. Горячее водоснабжение обеспечивается путем вышеупомянутых переключений в контурах нагревателей.

Значения КПД (на графиках для наглядности они условно увеличены в 10 раз), как это следует из рисунков, снижаются при уменьше-

нии тепловой мощности ТНУ. Однако это не является недостатком, если для преобразования теплоты используется какой-либо природный возобновляемый источник энергии (грунт, водоем, воздух и т.п.). Для термотрансформаторов, как и двигателей, работающих по циклу Стирлинга, характерным является рост КПЭ при снижении их мощности и частоты вращения.

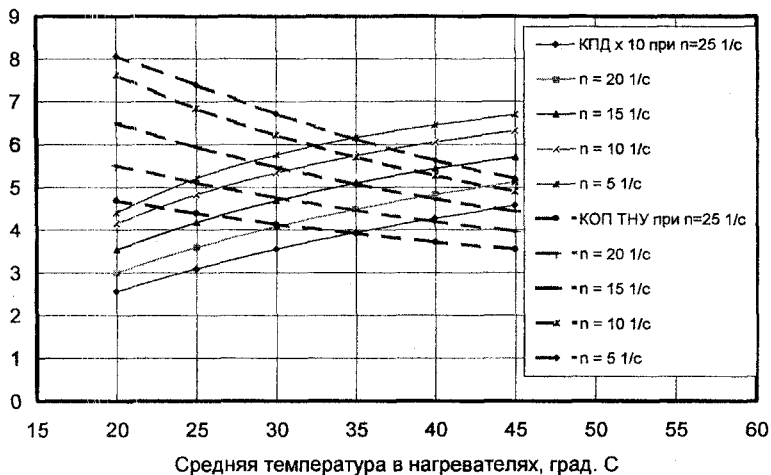


Рис.2 – Параметры ТНУ при качественном регулировании ее тепловой мощности

Проведенные исследования позволяют рекомендовать для проектирования ТНУ с системами качественного регулирования. Несмотря на определенную сложность, они обеспечивают более глубокое регулирование мощности и температурных режимов, лучшее согласование с изменяющимися параметрами источников теплоты, систем кондиционирования, окружающей среды, а также высокую экономичность в процессе эксплуатации.

1.Горожанкин С.А. Тепловые насосы Стирлинга в местных системах теплоснабжения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.23. –К.: Техніка, 2000. – С.146-150.

2.Горожанкин С.А. Эффективность тепловых насосов, работающих по циклу Стирлинга // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.21. – К.: Техніка, 2000. – С.109-111.

3.Уокер Г. Двигатели Стирлинга. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.

Получено 24.04.2002