

УДК 621.311

**СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО
ПАРА
METHODS OF REGULATING THE TEMPERATURE
OF SUPERHEATED STEAM**

Д.А. Бабак, А.С. Гребень

Научный руководитель – Н.В. Левшин, к.т.н.

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

nicklevshin@gmail.com

D. Babak, A. Greben

Supervisor – N. Levshin, Candidate of Technical Sciences

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: статья посвящена предложениям в области энергетики, а в частности улучшению эффективности регуляции температурных параметров перегретого пара турбин и тепловых установок. Рассмотрены основные регуляционные мероприятия: использование обычных электрических пароперегревателей и изменение рабочих параметров установки. Рассмотрены особенности данных установок.

Abstract: the article is devoted to proposals in the field of energy, and in particular to improving the efficiency of regulating the temperature parameters of superheated steam turbines and thermal installations. The main regulatory measures are considered: the use of conventional electric superheaters and changing the operating parameters of the installation. The features of these installations are considered.

Ключевые слова: перегретый пар, температурный режим, частота, целевой расход, целевая температура, струйный смеситель, электронагреватели.

Keywords: superheated steam, temperature mode, frequency, target flow rate, target temperature, jet mixer, electric heaters.

Вступление

Существует несколько методов регулирования температуры перегретого пара для обеспечения её в допустимых пределах. Важно отметить, что в прямоточном котле температура перегретого пара поддерживается с помощью регулятора соотношения «вода – топливо». Этот тип котлов имеет ограниченные возможности по накоплению энергии. Любое отклонение от установленного режима или изменение состава топлива приведёт к колебаниям температуры перегретого пара.

Таким образом, устройства для регулирования температуры, такие как впрыскивающие пароохладители, необходимы для корректировки колебаний, вызванных изменениями входных параметров. В процессе парового регулирования поверхность пароперегревателя проектируется с запасом, а снижение температуры и энтальпии пара на выходе осуществляется с помощью

поверхностного пароохладителя, изменения расхода охлаждающей воды или посредством впрыскивающего пароохладителя, путем варьирования расхода воды для впрыска [1].

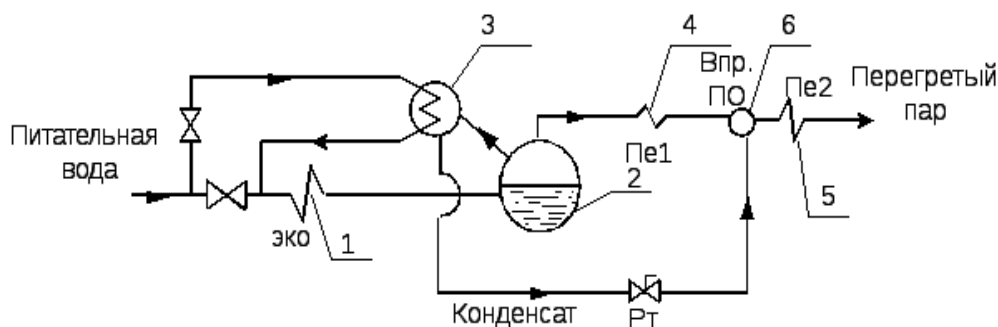
Основная часть

Существуют два основных метода регулирования температуры перегретого пара:

- паровые методы.
- газовые методы.

В условиях вторичного перегрева возможно применение перераспределения тепла между острым и вторичным паром (ППТО). Газовые методы основаны на изменении теплового восприятия пароперегревателя с газовой стороны, которое достигается за счет изменения объема и температуры продуктов сгорания.

Впрыскивающий пароохладитель представляет собой участок коллектора, где в поток пара вводится охлаждающая вода. В котлах с естественной циркуляцией для этой цели используется конденсат собственного пара, что позволяет сохранить высокое качество пара. В прямоточных котлах, где требования к качеству питательной воды значительно выше, для впрыска применяется питательная вода.



- 1 – водяной экономайзер; 2 – барабан котла; 3 – конденсационная установка;
4 – первая ступень ПЕ; 5 – вторая ступень ПЕ; 6 – впрыскивающий ПО.

Рисунок 1 – Схема включения впрыскивающего ПО
с впрыском конденсата собственного пара [1]

Перегретый пар – это пар, нагретый выше температуры точки кипения при определенном давлении. Данный продукт используют для повышения эффективности турбин и тепловых устройств, поскольку он имеет большее количество энергии и снижает шанс конденсации.

Контроль параметров перегретого пара играет важную роль в экономичности и обеспечении надежности производственных процессов. Точная регулировка повышает КПД энергетических установок, продлевает эксплуатационный период оборудования и снижает вероятность аварийного состояния. Перегретый пар, имеющий высокую энтальпию, используется на производстве как качественный и надежный энергоноситель.

Изменения в температурном режиме могут вести к серьезным трудностям, таким как понижение производительности и повреждение оборудования или его элементов. Включение новых технологий регулировки температуры пара преимущественно для предприятия, основанного на использовании паровых систем.

В данной работе представляется способ технического решения вопроса о регуляции температуры перегретого пара в турбинах электрических установок.

Изобретение относится к области техники теплоснабжения электростанций, в частности, оно относится к способу регулирования расхода и температуры перегретого пара.

С повышением требований к энергосбережению и сокращению выбросов углекислого газа в быту доля новых источников энергии становится все выше и выше. В то же время возрастает и нагрузка по регулированию пиковых нагрузок, с которой сталкиваются тепловые энергоблоки. Это общая тенденция для блоков теплоэнергетических установок участвовать в глубокой регулировке пиковых нагрузок. Из-за конструктивных особенностей тепловых энергоблоков возникают проблемы с качеством и количеством подаваемого пара в процессе регулирования пиковой нагрузки тепловых пакетов, особенно при работе с низким ее показателем. Эффективным способом решения проблемы подачи пара при работе с низкой нагрузкой и решения проблемы потребления новых источников энергии является электрическое отопление. В способе электронагрева в качестве источника подачи пара может использоваться пар, вырабатываемый электрическими котлами, а также водяной пар высокого давления и высокой температуры, но пар, подаваемый такими способами, является насыщенным паром, а перегретый пар требуется во многих процессах промышленного производства. Для повышения качества нагрева следует использовать обычные электрические пароперегреватели, такие как перегреватели с резистивной трубкой, но этот метод имеет определенные ограничения в процессе фактического использования:

1. Недостаточная возможность регулирования температуры и расхода, ограниченный диапазон нагрева и плохая регулировка переменных условий работы.

2. Ограниченный требованиями к уровню напряжения, он не может быть применен к различным требованиям к уровню напряжения.

3. При различных скоростях потока непрерывный нагрев невозможен.

Элементы технической реализации: изобретение обеспечивает способ регулирования расхода и температуры перегретого пара, который используется для решения проблемы, заключающейся в том, что при использовании обычного перегретого оборудования в известном уровне техники для улучшения качества и подогрева подачи пара возможности регулирования температуры и расхода являются низкими, диапазон нагрева ограничен, кроме того, регулирование переменных условий эксплуатации является неудовлетворительным. Оно ограничено требованиями к уровню напряжения и не может быть применено к различным требованиям к уровню напряжения, а

при различных скоростях потока невозможно обеспечить непрерывную регулировку нагрева [2].

Для достижения вышеуказанных целей установка, используемая в предлагаемом варианте, является следующей: полезная модель относится к способу регулирования расхода перегретого пара и температуры. Частота вращения парового компрессора регулируется приводной системой преобразования частоты, а выходной расход парового компрессора регулируется байпасным регулятором повышения температуры оплавления. Целевой расход Q_m и целевая температура t_m задаются для регулировки на выходе вращающегося парового компрессора. Амплитудное значение частоты f приводной системы преобразования частоты и повышение температуры на обратном пути регулируются для регулировки амплитуды перепускного отверстия k , целевого расхода Q_m и целевого значения температура t_m сравнивается с текущим рабочим расходом Q_0 на выходе и температурой на выходе t_0 , и будут получены четыре результата сравнения, чтобы выполнить различные корректирующие действия для 4 ситуаций: для уменьшения повышения температуры обратного потока, регулировки открытия байпаса и уменьшения открытия k , для снижения повышения температуры оплавления для регулировки открытия байпаса, уменьшения его открытия k , при одновременном снижении частоты f приводной системы преобразования частоты, уменьшении ее частоты на величину δf ; для увеличения повышения температуры оплавления для регулировки открытия байпаса, увеличения его открытия k на δk и одновременного увеличения частоты f приводной системы преобразования частоты и увеличения ее частоты на δf ; увеличить повышение температуры обратного потока, чтобы отрегулировать открытие байпаса, и увеличить его открытие k на δk .

Далее, вход роторного парового компрессора соединен с выходом струйного смесителя, сторона низкого давления смесителя соединена с паром низкого качества через линию подачи пара, сторона высокого давления соединена с байпасом регулировки повышения температуры обратного потока, сторона низкого давления соединена с линией подачи пара низкого качества. Качественный пар проходит через струйный смеситель до конца во вращающийся паровой компрессор для улучшения его характеристик, а затем по линии подачи пара поступает к потребителю горячей воды, а затем через байпас для регулировки температуры обратного потока поступает на боковой вход высокого давления струйного смесителя, к которому подключен вращающийся паровой компрессор. С приводной системой преобразования частоты. Также данная принципиальная система имеет несколько особенностей:

1. Байпас для регулировки повышения температуры обратного потока расположен между выходом вращающегося парового компрессора и входом стороны высокого давления струйного смесителя и включает в себя разделительный клапан обратного потока и регулирующий клапан обратного потока, расположенные последовательно по трубопроводу.

2. Линия подачи пара потребителю отопления снабжена регулирующим клапаном подачи пара, расходомером и термометром подачи пара, а линия подачи некачественного пара снабжена термометром подачи пара низкого качества.

3. Расходомер может быть оснащен диафрагменным, сопловым или вихревым расходомером.

4. Между входом и выходом вращающегося парового компрессора предусмотрен байпас компрессора, а на байпасе компрессора предусмотрен перепускной клапан компрессора.

5. Роторный паровой компрессор может быть сконструирован в соответствии с расходом, и могут быть использованы корневые, центробежные или винтовые (одно- и двухвинтовые) паровые компрессоры.

6. Перед выпускным отверстием струйного смесителя предусмотрен смесительный элемент.

7. Приводная система с преобразованием частоты включает в себя приводной двигатель для приведения в действие вращающегося парового компрессора и преобразователь частоты для регулирования частоты вращения и мощности вращающегося парового компрессора. Приводной двигатель выполнен с высоковольтным или низковольтным приводным двигателем в соответствии с требованиями к мощности.

В связи с вышеуказанной структурой, техническое развитие по сравнению с прошлыми моделями заключается в том, что некачественный пар поступает из входного отверстия паровых винтовых компрессоров и роторных компрессоров пара, нагревается и регулируется паровым винтовым компрессором. Частота компрессора контролируется системой преобразования, частота диска и выход потока из паровых винтовых компрессоров управляется посредством регулирования байпас с обратным повышением температуры. По данным различных условий эксплуатации, скорость и частота роторного парового двигателя производится через привод преобразования частоты системы, а открытие обхода блокировки корректируется с обратным повышением температуры, так как для достижения настройки расхода и температуры на выходе из паровых винтовых компрессоров, температура и скорость потока увеличивается. Регулирование производительности, плавная регулировка температуры могут быть достигнуты при разной скорости потока, с одновременным поднятием повышения температуры пара, по требованиям условий эксплуатации, большие повышения температуры различных рабочих условий, не зависит от уровня напряжения, то есть могут быть использованы для различных уровней напряжения.

Заключение

Изобретение раскрывает способ регулирования расхода перегретого пара и температуры, который устанавливает целевой расход Q_m и целевую температуру t_m на выходе из вращающегося парового компрессора, а также амплитуду частоты f приводной системы преобразования частоты и амплитуду Δk регулировки перепускного устройства для регулировки повышения температуры оплавления открытие k , снижает повышение температуры

оплавления для регулировки открытия байпаса, k уменьшает Δk ; уменьшив повышение температуры оплавления для регулировки открытия байпаса, k уменьшается Δk , снижается частота системы привода преобразования частоты f ; увеличив повышение температуры оплавления, чтобы отрегулировать открытие байпаса, открытие k увеличивается на Δk , что увеличит частоту привода преобразования частоты система f ; увеличив повышение температуры оплавления для регулировки открытия байпаса, k увеличивает на Δk . Настоящее изобретение может осуществлять непрерывную регулировку повышения температуры при различных скоростях потока, одновременно увеличивая повышение температуры пара, и может реализовывать переменные рабочие режимы широкого потока и большого повышения температуры в соответствии с требованиями условий эксплуатации, и не ограничено уровнем напряжения, и подходит для области технология обогрева электростанций. Он подходит для применения в области отопительной техники на электростанциях.

Литература

1. Регулирование температуры перегретого пара: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/6812199/page:3/> (дата обращения: 01.04.2025).
2. Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника: [сайт]. – URL: <http://taketop.ru/articles/energetika/teplosnabgenie/kotelnue-ystan/regylir-temp> (дата обращения: 30.03.2025).