

Изобретение относится к автоматическому регулированию процессов водоподготовки с использованием вторичного тепла и может найти применение в химической и других отраслях промышленности, использующих вторичные тепловые энергоресурсы, в частности, при утилизации тепла дистиллерной жидкости производства кальцинированной соды по аммиачному способу.

Для утилизации тепла вторичных энергоносителей зачастую используют установки, включающие в себя каскад аппаратов мгновенного вскипания. В соответствии с технологической схемой жидкостный теплоноситель (в дальнейшем теплоноситель) проходит последовательно через испарители всех аппаратов, находящиеся под разрежением. Образующийся при этом вторичный пар направляется в конденсаторы, где, конденсируясь, отдает тепло охлаждающей воде, движущейся по трубкам конденсаторов аппаратов мгновенного вскипания противотоком теплоносителю. В результате температура воды на выходе из каскада увеличивается на некоторую величину.

В зависимости от уровня использования вторичных энергоресурсов на предприятии установка включается в тепловую схему паровой котельной при ТЭЦ для нагрева исходной сырой воды и химически очищенной воды или в тепловую схему водогрейной котельной для нагрева обратной сетевой воды предприятия и теплофикации прилегающих к предприятию городских микрорайонов.

Известна система автоматического регулирования процесса водоподготовки, в которой предусмотрены предварительный нагрев химочищенной воды в дополнительном теплообменнике и ее деаэрация [1]. Известная система включает регулятор температуры, один из входов которого связан с выходом датчика температуры воды после подогревателя, а другой - через блок предварения с выходом датчика расхода подогревающей воды. Кроме того, данная система включает датчики контроля температуры химочищенной воды на входе в дополнительный теплообменник и на выходе из него, датчики температуры теплоносителя на входе в дополнительный теплообменник и на выходе из него, а также датчики расхода химочищенной воды и давления в теплообменнике.

Использование известной системы в процессах с применением теплоносителя, изменяющегося свои характеристики (например, из-за нарушений технологического режима на предыдущих стадиях производства), затрудняет получение необходимой точности регулирования ($30-40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ в течение часа), что приводит к нарушению нормальной работы осветлителя и последующих аппаратов и, в конечном итоге, к нарушению равномерной подачи воды регламентируемого качества на ТЭЦ.

Известна также автоматическая система каскадносвязанного регулирования процесса водоподготовки в производстве кальцинированной соды аммиачным способом при утилизации тепла жидкостного теплоносителя, например дистиллерной жидкости, включающая каскад последовательно соединенных аппаратов мгновенного вскипания, конденсаторы которых подключены противоточно теплоносителю к источнику охлаждающей воды. Система включает также датчик расхода охлаждающей воды, установленный на выходе первого каскада аппаратов мгновенного вскипания перед аппаратом химводоочистки, обогреваемым паром из котельной установки, датчики температуры охлаждающей воды на входе и выходе каскада [2]. Эта система является прототипом предлагаемой схемы автоматического регулирования утилизации тепла вторичных энергоресурсов.

Недостатками как аналога, так и прототипа являются значительные колебания температуры жидкостного потока (воды), выходящего непосредственно из каскада аппаратов мгновенного вскипания.

В большинстве технологических процессов требуется осуществлять нагрев воды в строго определенных температурах пределах. Например, при водоподготовке необходимо поддерживать температуру воды, нагретой в результате утилизации тепла обработанной производственной жидкости, в пределах $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ в час.

В прототипе в конденсаторах каскада аппаратов мгновенного вскипания обеспечивается высокой отбор тепла жидкостного теплоносителя охлаждающей водой, но колебания температуры нагретой воды на выходе из каскада, обусловленные непостоянством коэффициента теплопередачи конденсаторов, колебаниями температуры и расхода теплоносителя и др., могут составлять $3-4^{\circ}\text{C}$ в час и более, что может препятствовать нормальной работе аппаратов, использующих эту жидкость в других производствах.

В основу изобретения положена задача усовершенствовать систему автоматического регулирования утилизации тепла вторичных энергоресурсов таким образом, чтобы за счет получения информации о расходе жидкостного теплоносителя и охлаждающей воды с учетом температур теплообменивающихся потоков на входе и выходе из каскада иметь точный учет количества вводимого и снимаемого тепла, что позволит получать при максимальном обзоре тепла в каскаде аппаратов мгновенного вскипания своевременные управляющие воздействия на расход охлаждающей воды, а следовательно, повысить точность регулирования температуры и иметь на выходе из каскада нагретую воду с заданными температурными характеристиками (т.е., с допустимыми отклонениями от заданной температуры), делающими ее пригодной для использования в других технологических процессах.

Решение поставленной задачи заключается в том, что в системе автоматического регулирования утилизации тепла вторичных энергоресурсов, содержащей каскад последовательно соединенных по теплоносителю аппаратов мгновенного вскипания, конденсаторы которых подключены противоточно теплоносителю к источнику охлаждающей воды, датчики температуры теплоносителя и охлаждающей воды на входе и выходе из каскада, а также датчик расхода охлаждающей воды, согласно изобретению трубопровод охлаждающей воды на входе в первый конденсатор связан с трубопроводом охлаждающей воды на выходе из последнего конденсатора байпасной линией, снабженной регулирующим органом. Система содержит также датчик расхода теплоносителя на входе в первый по потоку аппарат "мгновенного вскипания", регулятор расхода охлаждающей воды, два вычислительных блока, регулятор температуры охлаждающей воды и дополнительный датчик температуры охлаждающей воды, установленный на выходе из последнего конденсатора после точки подключения байпасной линии, причем датчик расхода охлаждающей воды установлен на входе в первый по потоку конденсатор и подключен к первому входу регулятора расхода охлаждающей воды, выход которого соединен с управляющим входом регулирующего органа, установленного на трубопроводе охлаждающей воды на входе в первый конденсатор после точки отвода

байпасной линии, входы первого вычислительного блока соединены с датчиком расхода теплоносителя и датчиками температуры теплоносителя на входе и выходе каскада, входы второго вычислительного блока соединены с датчиками температуры охлаждающей воды на входе и выходе каскада, датчиком расхода охлаждающей воды и выходом первого вычислительного блока. Дополнительный датчик температуры подключен к входу регулятора температуры охлаждающей воды, выход которого связан с управляющим входом регулирующего органа на байпасной линии и другим входом регулятора расхода охлаждающей воды, третий вход которого соединен с выходом второго вычислительного блока.

Кроме того, в системе установлен элемент сравнения с подключенным к нему задатчиком, причем другой вход элемента сравнения соединен с дополнительным датчиком температуры охлаждающей воды, а выход - с регулирующим органом, установленным на линии сброса теплоносителя на входе в первый аппарат мгновенного вскипания.

На чертеже представлена схема системы автоматического регулирования утилизации тепловых ресурсов.

Система содержит каскад последовательно соединенных по теплоносителю аппаратов 1 мгновенного вскипания, конденсаторы которых подключены противоточно теплоносителю к источнику охлаждающей воды, датчики 2 и 3 температуры теплоносителя на входе и выходе каскада, датчик 4 расхода теплоносителя на входе в первый по потоку аппарат мгновенного вскипания, первый вычислительный блок 5, датчики 6 и 7 температуры охлаждающей воды на входе и выходе каскада, датчик 8 расхода охлаждающей воды, установленный на входе в первый по потоку конденсатор, регулятор 9 расхода охлаждающей воды с регулирующим органом 10, второй вычислительный блок 11, регулирующий орган 12, установленный на байпасной линии, посредством которой связан трубопровод охлаждающей воды на входе в первый конденсатор с трубопроводом охлаждающей воды на выходе из последнего конденсатора, дополнительный датчик 13 температуры охлаждающей воды, установленный на выходе из последнего конденсатора после точки подключения байпасной линии, регулятор 14 температуры охлаждающей воды, элемент 15 сравнения, задатчик 16, регулирующий орган 17, установленный на линии сброса теплоносителя на входе в первый аппарат мгновенного вскипания,

Первый вход регулятора 9 расхода охлаждающей воды подключен к датчику 8 расхода охлаждающей воды, а выход соединен с управляющим входом регулирующего органа 10, установленного на трубопроводе охлаждающей воды на входе в первый конденсатор после отвода байпасной линии.

Входы первого вычислительного блока 5 соединены с датчиком 4 расхода теплоносителя и датчиками 2 и 3 температуры теплоносителя на входе и выходе каскада, входы второго вычислительного блока 11 соединены с датчиками 6 и 7 температуры охлаждающей воды на входе и выходе каскада, датчиком 8 расхода охлаждающей воды и выходом первого вычислительного блока 5. Дополнительный датчик 13 температуры охлаждающей воды подключен к входу регулятора 14 температуры охлаждающей воды, выход которого связан с управляющим входом регулирующего органа 12 на байпасной линии и другим входом регулятора 9 расхода охлаждающей воды, третий вход которого соединен с выходом второго вычислительного блока 11. Элемент 15 сравнения одним входом подключен к задатчику 16, другим входом - к дополнительному датчику 13 температуры охлаждающей воды, а выходом - к регулирующему органу 17.

Предлагаемая система автоматического регулирования реализуется в полном объеме с использованием стандартных блоков (датчиков температуры и расхода жидкостных потоков, регуляторов, многофункциональных устройств и регулирующих органов), серийно выпускаемых промышленностью. Функции, выполняемые первым и вторым вычислительными блоками осуществлены применением типовых программируемых устройств (например, Протар 100 или Ремиконт Р-130).

Алгоритм функционирования системы можно представить в следующем виде:

$$Y_5 = F_1 \cdot C_T \cdot \rho_T \cdot (t_{вх}^T - t_{вых}^T) + K_{T1}; \quad (1)$$

$$Y_{11} = [Y_5 - F_B \cdot C_B \cdot \rho_B (t_{вх}^B - t_{вх}^B)] \cdot K_1 + K_{T2}; \quad (2)$$

$$Y_9 = [F_B - (Y_{11} + Y_{14})] \cdot K_2 + K_{T3}; \quad (3)$$

$$Y_{14} = (t_{вх}^B - t_3^B) \cdot K_3 + K_{T4}; \quad (4)$$

$$Y_{15} = 0 \text{ при } Y_{13} \leq Y_{16} \quad (5)$$

$$Y_{15} = 1 \text{ при } Y_{13} > Y_{16} \quad (6)$$

где $Y_5, Y_9, Y_{11}, Y_{14}, Y_{15}, Y_{16}$ - выходные сигналы соответствующих устройств;

$t_{вх}^B, t_{вх}^T, t_{вх}^T, t_{вх}^T$ - температура охлаждающей воды и теплоносителя на входе и выходе каскада;

$t_{вх}^B$ и t_3^B - текущее и заданное значения температуры охлаждающей воды на выходе каскада после точки подключения байпасной линии;

F_T и F_B - расход теплоносителя и охлаждающей воды;

ρ_T и ρ_B - плотность теплоносителя и охлаждающей воды;

C_T и C_B - удельная теплоемкость теплоносителя и охлаждающей воды;

K_1, K_2, K_3 - коэффициенты усиления;

$K_{T1}, K_{T2}, K_{T3}, K_{T4}$ - контрольные точки регулирующих устройств.

Приведенные в алгоритме функционирования коэффициенты усиления K_1, K_2, K_3 показывают во сколько раз изменится выходной сигнал соответствующего блока при изменении его входного сигнала.

Таким образом, коэффициент усиления представляет собой ничто иное, как настроечные коэффициенты пропорциональной части регуляторов, называемые также пределом пропорциональности.

Контрольные точки $K_{T2} - K_{T4}$ регуляторов, входящие в алгоритм функционирования, являются настроечными параметрами регуляторов и вводятся в виде заданных начальных условий, позволяя получать требуемые значения выходных сигналов при настройке системы регулирования на объекте. Значения контрольных точек, как правило, устанавливаются из расчета получения 50%-ного выходного сигнала при

номинальном установившемся технологическом режиме.

Для первого вычислительного блока 5 К_т является смещением, необходимым для статической балансировки системы, и устанавливается в пределах 0~50% диапазона изменения выходного сигнала устройства при наладке системы на объекте (см. например, Дианов В.Г. Автоматическое регулирование и регуляторы в химической промышленности. М.: Химия, 1978, с. 162).

Система автоматического регулирования утилизации тепла вторичных энергоресурсов работает следующим образом.

Жидкостный теплоноситель, например горячая дистиллерная жидкость содового производства, подается в каскад аппаратов 1 мгновенного вскипания, где поддерживается разрежение. Проходя последовательно через испарители каскада теплоноситель, отдавая тепло, полученное при испарении в виде вторичного пара, осуществляет подогрев охлаждающей воды, движущейся противотоком по трубкам конденсаторов аппаратов 1 каскада. Температуру теплоносителя на входе и выходе каскада измеряют при помощи датчиков 2 и 3 соответственно, выходные сигналы которых поступают на первый и второй входы первого вычислительного блока 5, а на третий вход этого блока поступает выходной сигнал датчика 4 расхода теплоносителя. Первый вычислительный блок 5 в соответствии с алгоритмом (1) вычисляет текущее значение количества поступающего в каскад тепла.

Выходной сигнал первого вычислительного блока 5, эквивалентный данному текущему значению количества поступающего в каскад тепла, подается на четвертый вход второго вычислительного блока 11. На первый и второй входы второго вычислительного блока 11 поступают выходные сигналы датчиков 6 и 7 температуры охлаждающей воды на входе и выходе из каскада соответственно, а на третий вход второго вычислительного блока 11 поступает выходной сигнал датчика 8 расхода охлаждающей воды на входе в каскад.

Второй вычислительный блок 11 вычисляет текущее значение количества снимаемого в каскаде охлаждающей водой тепла и посредством алгоритма (2) с учетом выходного сигнала первого вычислительного блока 5 формирует корректирующий сигнал, поступающий на третий вход регулятора 9 расхода охлаждающей воды. Благодаря этому при изменениях расходов и температурных характеристик жидкостных потоков обеспечивается возможность получения на выходе из каскада заданной температуры воды.

Для более точного регулирования температуры воды на выходе из каскада, особенно в случае больших возмущений в системе, регулятор 14 температуры охлаждающей воды, на вход которого поступает сигнал с дополнительного датчика 13 температуры охлаждающей воды, установленного на выходе из каскада после точки подключения байпасной линии, подает корректирующий сигнал в соответствии с алгоритмом (4) на второй вход регулятора 9 расхода охлаждающей воды. Выходной сигнал из регулятора 9 расхода охлаждающей воды, рассчитанный по алгоритму (3), поступает на управляющий вход регулирующего органа 10, установленного на трубопроводе охлаждающей воды на входе в первый конденсатор после точки отвода байпасной линии и управляющего расходом охлаждающей воды, подаваемой в каскад.

Дополнительное регулирование температуры охлаждающей воды на выходе из каскада производят в соответствии с выходным сигналом регулятора 14 температуры охлаждающей воды, поступающим на управляющий вход регулирующего органа 12, изменением положения регулирующего органа 12, установленного на байпасной линии, снижающей влияние запаздывания в системе.

В случае возникновения нештатной ситуации, обусловленной увеличением температуры и расхода теплоносителя на входе в каскад и нередко усугубляемой максимальной величиной коэффициента теплопередачи в начале пробега аппаратов мгновенного вскипания, чреватой резким превышением заданного значения температуры воды на выходе из каскада, на первый и второй входы элемента 15 сравнения с дополнительного датчика 13 температуры охлаждающей воды и задатчика 16 максимально допустимой температуры поступают сигналы и в соответствии с алгоритмом (6) на выходе элемента 15 сравнения появляется сигнал, воздействующий на регулирующий орган 17. При этом происходит сброс из системы лишнего количества горячего жидкостного теплоносителя. Как только сигнал дополнительного датчика 13 температуры охлаждающей воды в соответствии с алгоритмом (5) станет меньше или равным значению выходного сигнала задатчика 16, регулирующий орган 17 возвращается в исходное (закрытое) положение.

Реализация заявляемой системы автоматического регулирования утилизации тепла вторичных энергоресурсов позволит по сравнению с прототипом повысить точность регулирования температуры охлаждающей воды на выходе из каскада аппаратов мгновенного вскипания при сохранении максимального съема тепла, а именно уменьшить время регулирования в 2 раза, снизить колебания температуры воды на выходе на 30%. Кроме того, за счет уменьшения амплитуды отклонений температуры воды на выходе от заданной обеспечивается увеличение съема тепла на 10%.