



УКРАЇНА

(19) UA (11) 24289 (13) C2

(51) 7 F22B35/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРЯМОТОЧНОГО КОТЛА

(21) 97041645

(22) 08 04 1997

(24) 17 12 2001

(46) 17 12 2001, Бюл. № 11, 2001 р

(72) Панасовський Олег Григорович, Алтин  
Станіслав Васильович, Білоус Павло Федорович  
(73) ДЕРЖАВНЕ ДОНБАСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО З  
ПУСКУ, НАЛАГОДЖЕННЮ, ВДОСКОНАЛЕННЮ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОСТАН-  
ЦІЙ ТА МЕРЕЖ, ДЕРЖАВНА АКЦІОНЕРНА ЕНЕР-  
ГОГЕНЕРУЮЧА КОМПАНІЯ "ЦЕНТРЕНЕРГО"  
ВУГЛЕПІРСЬКА ТЕС, АЛТИН СТАНІСЛАВ ВА-  
СИЛЬОВИЧ(56) Авторское свидетельство СССР № 1490379,  
1987

(57) Способ автоматического регулирования прямоточного котла, которым поддерживают заданную нагрузку и заданную температуру среды в промежуточной точке пароводяного тракта воздействием на подачу топлива и на расход воды, при этом для оценки теплового потока, воспринимаемого пароводяным трактом, суммируют сигнал, пропорциональный корню квадратному из разности квадратов давлений, измеренных в начале и в конце пароводяного тракта, с скоростным сигналом по давлению, отличающийся тем, что давление, используемое в канале формирования скоростного сигнала, определяют алгебраическим суммированием давлений, измеренных в начале и в конце пароводяного тракта

Изобретение относится к автоматизации электростанций и может быть использовано в системах автоматического регулирования прямоточных котлов, в частности, при сжигании топлива с непостоянной калорийностью, или топлива, расход которого невозможно точно измерить, например, твердого топлива, или смеси твердого и газообразного топлива, или смеси твердого и жидкого топлива

Наиболее близким по технической сущности аналогом (прототипом) является способ автоматического регулирования прямоточного котла, которым поддерживают заданную нагрузку и заданную температуру среды в промежуточной точке пароводяного тракта прямоточного котла воздействием на подачу топлива и на расход воды, при этом для оценки теплового потока, воспринимаемого пароводяным трактом, суммируют сигнал, пропорциональный корню квадратному из разности квадратов давлений, измеренных в начале и в конце тракта, с скоростным сигналом по давлению

В способе-прототипе скоростной сигнал характеризует изменение количества тепла, аккумулированного в пароводяном тракте котла, то есть поток тепла в аккумулирующую емкость тракта (или из аккумулирующей емкости тракта), а корень квадратный из разности квадратов давлений - поток тепла, уносимого с генерируемым паром

Экспериментально установлено, что корень квадратный из разности квадратов давлений линейно зависит от нагрузки и в режимах со скользящим давлением пара, и в режиме номинального давления, поэтому в способе-прототипе обеспечивается более высокая статическая точность регулирования, чем в способе - аналоге, а учет изменений аккумулированного тепла повышает динамическую точность способа-прототипа

Недостатком способа - прототипа является снижение динамической точности регулирования из-за того, что скоростной сигнал неточно характеризует изменение аккумулированного тепла. Главным источником погрешности скоростного сигнала является то, что изменение каждого из измеренных давлений неточно характеризует изменение аккумулированного тепла, так как и тепловая емкость пароводяного тракта, и его сопротивление распределены вдоль длины тракта и в разных точках тракта различна динамика изменения давления как после внутренних возмущений (расходом топлива), так и после внешних возмущений (потреблением пара). И производной по времени от давления различен для разных точек тракта, в то время как величина фактической скорости изменения количества тепла, аккумулированного в пароводяном тракте, для каждого конкретного котла однозначно зависит от возмущения и эту зависимость можно установить экспериментально ди-

динамическими испытаниями котла, как объекта регулирования тепловой нагрузки. По результатам динамических испытаний можно определить, как должна меняться производная по времени от давления, характеризующего поток аккумулированного тепла, с учетом того, что реальный дифференциатор вносит дополнительную инерционность в канал формирования скоростного сигнала, и по требуемому переходному процессу изменения производной определить требуемые динамические свойства давления, используемого в канале формирования скоростного сигнала, как динамические свойства давления, точно характеризующего переходные процессы аккумулирования тепла. Существует принципиальная возможность найти такую точку тракта, в которой давление имеет требуемые динамические свойства. Однако на практике специальным выбором места измерения давления для формирования скоростного сигнала не всегда можно достичь соответствия динамических характеристик измеренного давления переходным процессам аккумулирования тепла по двум причинам. Во-первых, не все точки пароводяного тракта доступны для измерения давления, а только те, которые связаны с наружными коллекторами, и поэтому требуемые динамические характеристики могут оказаться недостижимыми. Во-вторых, численные значения динамических характеристик, монотонно изменяясь вдоль длины пароводяного тракта, на любом из концов тракта могут не достигать требуемой величины, и тогда требуемые динамические характеристики тоже недостижимы. Кроме того, при непосредственном измерении давления для формирования скоростного сигнала, нужно, если это возможно, устанавливать третий датчик давления и монтировать необходимые коммуникации, что усложняет схему реализации способа.

В основу изобретения поставлена задача в способе автоматического регулирования прямоточного котла, которым поддерживают заданную нагрузку и заданную температуру среды в промежуточной точке пароводяного тракта воздействием на расход топлива и расход воды и при этом для оценки теплового потока, воспринимаемого пароводяным трактом, суммируют сигнал, пропорциональный корню квадратному из разности квадратов давлений, с скоростным сигналом по давлению, путем определения по значениям давлений, измеренных в начале и в конце тракта, давления с динамическими свойствами, точно характеризующими процесс аккумулирования тепла в пароводяном тракте, обеспечить повышение точности отображения скоростным сигналом процессов изменения количества тепла, аккумулированного в пароводяном тракте, и тем самым повысить точность регулирования топлива.

Возможность определения давления с динамическими свойствами, точно характеризующими процесс аккумулирования тепла в пароводяном тракте, по значениям давлений, измеренных в начале и в конце тракта, вытекает из того, что в начале и в конце тракта, в точках измерения давлений по прототипу, различие динамических свойств давления получается максимальным, а во всех промежуточных точках тракта численные значения динамических характеристик имеют про-

межуточную величину и эти значения меняются монотонно с изменением гидравлического сопротивления при смещении точки измерения вдоль длины тракта. Поэтому давление в любой точке тракта можно представить суммой двух составляющих, одна из которых пропорциональна давлению в начале тракта, а вторая пропорциональна давлению в конце тракта, причем коэффициенты пропорциональности зависят от соотношения гидравлических сопротивлений участков тракта от выбранной точки до начала тракта и от выбранной точки до конца тракта. Поскольку соотношение гидравлических сопротивлений участков тракта остается постоянным в различных режимах работы котла, остаются постоянными и коэффициенты пропорциональности. Поэтому для давления, измеренного в любой промежуточной точке тракта и в любой стадии переходного процесса, можно найти такой же величины сумму давлений, измеренных в той же стадии переходного процесса в начале и в конце тракта и взятых с соответствующими весовыми коэффициентами. Меняя величину весовых коэффициентов в пределах  $[0-1]$  и  $[1-0]$  так, чтобы их сумма оставалась постоянной и равной 1,0, можно имитировать смещение точки измерения вдоль всей протяженности пароводяного тракта и тем самым задавать динамические характеристики суммы давлений в соответствии с динамическими характеристиками давления, измеренного в любой точке тракта. Если для конкретного котла окажется, что требуемые динамические свойства недостаточно выражены в пределах пароводяного тракта, предлагаемый способ дает возможность усилить эти свойства путем вычитания давлений, взятых с весовыми коэффициентами. Такое вычитание эквивалентно условному вынесению точки измерения за пределы пароводяного тракта, причем, если требуется усилить свойства давления, измеренного в начале тракта, то нужно из давления, измеренного в начале тракта, вычесть давление, измеренное в конце тракта, а для усиления свойств давления, измеренного в конце тракта, вычитаемые давления нужно взять с другими знаками.

Таким образом, решение поставленной технической задачи достигается тем, что в способе автоматического регулирования прямоточного котла, которым поддерживают заданную нагрузку и заданную температуру в промежуточной точке пароводяного тракта воздействием на подачу топлива и на расход воды и при этом для оценки теплового потока, воспринимаемого пароводяным трактом, суммируют сигнал, пропорциональный корню квадратному из разности квадратов давлений, измеренных в начале и в конце тракта, со скоростным сигналом по давлению, для определения давления, используемого в канале формирования скоростного сигнала, алгебраически суммируют давления, измеренные в начале и в конце тракта. Техническим результатом, достигнутым за счет отличительного существенного признака - определения давления, используемого в канале формирования скоростного сигнала, алгебраическим суммированием давлений, измеренных в начале и в конце тракта, является получение таких динамических свойств давления в канале формирования скоростного сигнала, которые точно характе-

ризуют процессы аккумулирования тепла в пароводяном тракте, и за счет этого повышение точности отображения скоростным сигналом процессов изменения количества тепла, аккумулированного в пароводяном тракте, что повышает точность формирования скоростного сигнала и повышает точность регулирования топлива. Повышение точности регулирования топлива способствует более точному поддержанию температуры пара, что повышает надежность работы поверхностей нагрева котла и продлевает срок службы поверхностей нагрева, и еще способствует более точному поддержанию нагрузки котла и избытка воздуха в дымовых газах, что повышает коэффициент полезного действия котла.

На чертеже представлена схема системы, реализующей предлагаемый способ.

Выход регулятора 1 питания котла подключен к приводу регулирующего питательного клапана 2, регулятору 1 подключены сигналы от датчика 3 температуры среды в промежуточной точке тракта котла и от дифференциатора 4, к входам которого подключены датчик 5 расхода воды и задатчик 6 нагрузки котла. Задатчик 6 подключен также и к первому входу регулятора 7 топлива, выход которого подключен к клапану 8 подачи топлива. Датчик 9 давления пара за котлом и датчик 10 давления питательной воды перед котлом подключены к входам сумматоров 11 и 12, выходы которых подключены к входам блока 13 умножения, выход которого соединен с блоком извлечения корня 14, выход которого подключен к регулятору 7 на второй вход, который является инвертирующим. Третий вход регулятора 7 тоже инвертирующий и соединен с дифференциатором 15, ко входу которого подключен сумматор 16. К входам сумматора 16 подключены датчики 9 и 10.

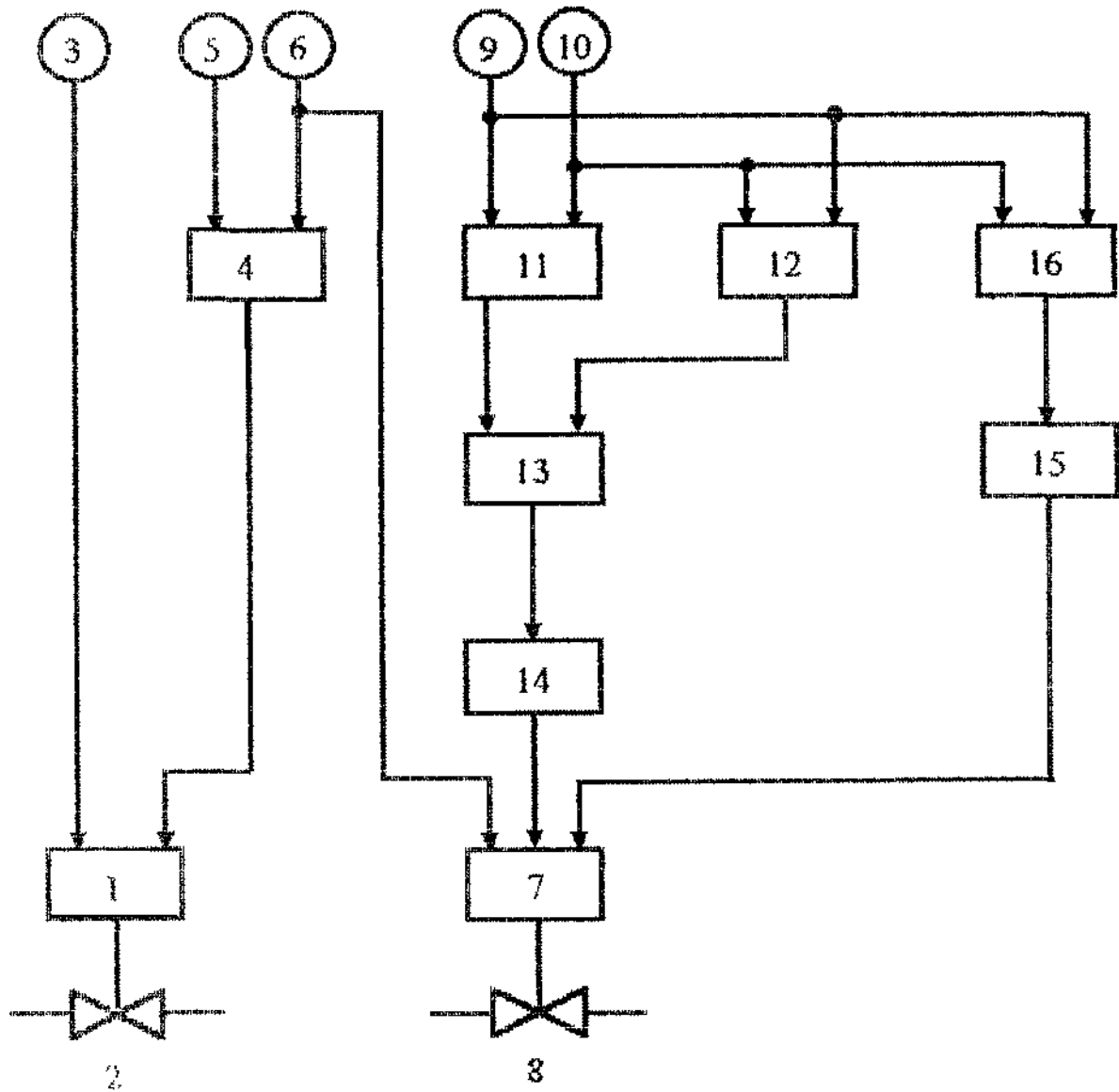
Автоматическое регулирование прямоточного котла ведут следующим образом.

В установленном режиме работы котла, как и в способе-прототипе, сигнал задатчика 6 скомпенсирован сигналом датчика 5 расхода воды на входе дифференциатора 4 и сигналом блока 14 извлечения корня - на входе регулятора 7. Температура среды в промежуточной точке тракта котла равна заданной, в связи с чем сигнал датчика 3 температуры скомпенсирован статической настройкой регулятора 1 питания, и поэтому регулятор 1 находится в состоянии баланса. Давление воды перед котлом, измеряемое датчиком 10, и давление пара за котлом, измеряемое датчиком 9, не меняются во времени и поэтому остается постоянной их алгебраическая сумма, и в связи с этим сигнал дифференциатора 15 сохраняет нулевое значение. Поэтому сумма сигналов на входе регулятора 7 равна нулю и регулятор 7 находится в состоянии баланса. После внешнего возмущения (изменением потребления пара), если при этом и заданная, и фактическая нагрузка котла остаются постоянными, как и в способе-прототипе, остаются постоянными сигналы на входе дифференциатора 4 и на входе регулятора 1 питания, поэтому сохраняется баланс регулятора 1 и остается постоянным расход питательной воды. На входе регулятора 7 сохраняется постоянным сигнал задатчика 6 нагрузки котла, сигнал блока 14 извлечения кор-

ня меняется в соответствии с фактическим изменением расхода пара. Изменение сигналов датчиков 9 и 10, неточно характеризующих процесс аккумулирования тепла в пароводяном тракте, сумматор 16 преобразует в сигнал, точно характеризующий процесс аккумулирования тепла, в связи с чем сигнал дифференциатора 15 меняется в соответствии с фактической скоростью изменения количества тепла, аккумулированного в пароводяном тракте котла. Поскольку при постоянной тепловой нагрузке скорость изменения аккумулированного тепла равна расходу тепла, уходящего из тракта с потребляемым паром, сигнал дифференциатора 15 оказывается равным, но направленным противоположно, изменению сигнала блока 14 извлечения корня. Поэтому, в отличие от прототипа, где сигнал дифференциатора 15 неточно отражает скорость изменения аккумулированного тепла, сумма всех сигналов на входе регулятора 7 после внешнего возмущения в предлагаемом способе сохраняет нулевое значение, регулятор 7 сохраняет состояние баланса и не изменяет расход топлива, не возникают динамические отклонения тепловой нагрузки котла, не нарушается нужное соотношение расходов топлива и питательной воды, топлива и воздуха. В отличие от прототипа, после внешних возмущений предлагаемый способ точнее регулирует расход топлива, и тем самым точнее поддерживает тепловую нагрузку котла и избыток воздуха в топке, что способствует повышению КПД котла, и точнее поддерживает температуру среды в тракте, что способствует повышению надежности (уменьшению числа ремонтов и аварийных остановов) и долговечности (увеличению срока службы) поверхностей нагрева котла.

Более высокое качество регулирования предлагаемый способ обеспечивает также и после внутренних возмущений (после самопроизвольных изменений расхода топлива) и после возмущений изменением заданной нагрузки котла. После внутренних возмущений более точное формирование скоростного сигнала позволяет уменьшить динамические отклонения расхода топлива. После возмущений заданной нагрузкой предлагаемый способ точнее поддерживает оптимальные соотношения расходов топлива и питательной воды, топлива и воздуха. В итоге при всех этих возмущениях уменьшаются отклонения тепловой нагрузки, температуры среды, избытка воздуха, что способствует повышению надежности и экономичности работы котла.

Предлагаемый способ может быть реализован на стандартных технических средствах автоматического регулирования. Способ опробован авторами на котле ТПП - 210А блока 300 МВт станционный номер 4 Углеродской ТЭС с положительным результатом. Авторами разработана техническая документация для использования предлагаемого способа автоматического регулирования прямоточного котла в системах автоматического регулирования пылеугольных прямоточных котлов при сжигании твердого топлива, смеси твердого топлива и газа или смеси твердого топлива и газа.



Тираж 50 екз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»  
 Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101  
 (03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03