

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24341

(13) С1

(45) 2024.08.05

(51) МПК

F 01K 13/02 (2006.01)

(54) СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА

(21) Номер заявки: а 20210363

(22) 2021.12.24

(43) 2023.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Кулаков Геннадий Тихонович; Кулаков Александр Тихонович; Артёменко Кирилл Игоревич; Колесников Виталий Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. Учебное пособие. Под ред. Кулакова Г.Т. Минск: Вышэйшая школа, 2017, с. 180.

RU 2258146 С1, 2005.

SU 877091, 1981.

SU 657179, 1979.

SU 1078110 А, 1984.

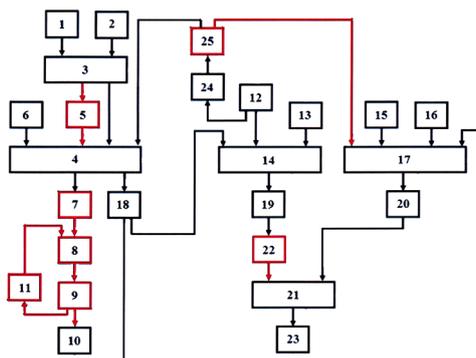
SU 783486, 1980.

US 4482814, 1984.

КУЛАКОВ Г.Т. и др. Параметрическая оптимизация системы автоматического управления мощностью энергоблоков 300 МВт в режиме переменного давления пара перед турбиной. Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ, 2018, т. 61, № 6, с. 539, 541, 543, 549.

(57)

Система автоматического регулирования мощности энергоблока, содержащая задатчик (1) нагрузки и задатчик (2) скорости, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами автоматического задатчика (3) мощности энергоблока, второй



ВУ 24341 С1 2024.08.05

выход которого соединен с третьим входом первого сумматора (4), с первым входом которого соединен выход датчика (6) мощности, второй выход первого сумматора (4) соединен с входом второго усилителя (18), первый выход которого соединен с третьим входом четвертого сумматора (17), а второй выход - с третьим входом третьего сумматора (14), датчик (15) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока и задатчик (16) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами четвертого сумматора (17), выход которого соединен с входом регулятора (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, выход которого соединен со вторым входом первого реле (21) переключения состояния, выход которого соединен с входом механизма (23) управления турбиной энергоблока, датчик (12) давления, первый выход которого соединен с первым входом третьего сумматора (14), а второй выход - с входом дифференциатора инвариантности (24), выход задатчика (13) давления соединен со вторым входом третьего сумматора (14), выход которого соединен с входом регулятора (19) давления, **отличающаяся** тем, что выход дифференциатора (24) инвариантности соединен с входом второго реле (25) переключения состояния, первый выход которого соединен с четвертым входом первого сумматора (4), а второй выход - с четвертым входом четвертого сумматора (17), первый выход автоматического задатчика (3) мощности энергоблока соединен с входом дифференциатора (5), выход которого соединен со вторым входом первого сумматора (4), первый выход которого соединен с входом первого фильтра (7), выход которого соединен с первым входом второго сумматора (8), выход которого соединен с входом первого усилителя (9), первый выход которого соединен с блоком (10) задания регуляторам нагрузки котла энергоблока, а второй выход - с входом блока (11) формирования задания замкнутой системы, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора (8), выход регулятора (19) давления соединен с входом второго фильтра (22), выход которого соединен с первым входом первого реле (21) переключения состояния.

Изобретение относится к области энергетики и может быть использовано для регулирования мощности энергоблоков тепловых электростанций, работающих в широком диапазоне изменения нагрузок.

Известна система автоматического регулирования мощности (САРМ) энергоблока паровой котел - турбина [1], которая может быть использована как с барабанными, так и с прямоточными котлами. В САРМ с регулированием мощности энергоблока только котельным регулятором (по разомкнутой схеме) предусмотрен корректор задания котельному регулятору по расходу топлива, учитывающий влияние на выработку мощности нестабильности калорийности топлива, КПД энергоблока и влияние изменения положения регулирующих клапанов турбины в процессе регулирования мощности. Достигаемым результатом изобретения является повышение качества регулирования.

Одним из недостатков данного устройства является то, что улучшение качества процесса регулирования достигается путем увеличения точности формирования задания по мощности за счет дополнения регулятора топлива формирователем задания данному регулятору и корректором задания по расходу топлива для этого формирователя, а также за счет формирователя управляющего воздействия на турбинный регулятор мощности. Из-за этого устройство сложно с точки зрения технической реализации, так как необходимо изменять большое количество параметров его динамической настройки в широком диапазоне изменения нагрузок, что требует больших вычислительных мощностей контроллеров.

Другим недостатком данного устройства является то, что снижение времени регулирования мощности энергоблока достигается за счет значительного повышения расхода топлива при переходе с одного уровня нагрузки на другой.

Известна система регулирования мощности энергоблока [2], в которой к автоматическому задатчику мощности блока подключены задатчик нагрузки и задатчик скорости; к котельному регулятору мощности, формирующему задания регуляторам нагрузки котла, через первый сумматор подключены датчик мощности и автоматический задатчик мощности блока, а также через дифференциатор инвариантности - датчик давления; к регулятору положения регулирующих клапанов турбины подключены задатчик и датчик положения регулирующих клапанов турбины, а также первый усилитель; к регулятору давления подключены задатчик и датчик давления, а также первый усилитель; регулятор положения регулирующих клапанов турбины и регулятор давления через первое реле переключения состояния подключены к механизму управления турбиной. В данной системе регулятор положения регулирующих клапанов турбины и регулятор давления представляют собой последовательное соединение сумматора и ПИ-регулятора. Эта система регулирования является ближайшей к предлагаемой по своему принципу действия и применяется в качестве прототипа.

Недостаток данной системы заключается в низкой точности регулирования, что не соответствует современным требованиям к энергоблокам, участвующим в нормированном первичном регулировании частоты и перетоков мощности в энергосистеме.

Задача изобретения - существенное повышение качества регулирования мощности в широком диапазоне изменения нагрузок.

Задача изобретения решается тем, что система автоматического регулирования мощности энергоблока, содержащая задатчик (1) нагрузки и задатчик (2) скорости, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами автоматического задатчика (3) мощности энергоблока, второй выход которого соединен с третьим входом первого сумматора (4), с первым входом которого соединен выход датчика (6) мощности, второй выход первого сумматора (4) соединен с входом второго усилителя (18), первый выход которого соединен с третьим входом четвертого сумматора (17), а второй выход - с третьим входом третьего сумматора (14), датчик (15) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока и задатчик (16) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами четвертого сумматора (17), выход которого соединен с входом регулятора (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, выход которого соединен со вторым входом первого реле (21) переключения состояния, выход которого соединен с входом механизма (23) управления турбиной энергоблока, датчик (12) давления, первый выход которого соединен с первым входом третьего сумматора (14), а второй выход - с входом дифференциатора инвариантности (24), выход задатчика (13) давления соединен со вторым входом третьего сумматора (14), выход которого соединен с входом регулятора (19) давления, отличается тем, что выход дифференциатора инвариантности (24) соединен с входом второго реле (25) переключения состояния, первый выход которого соединен с четвертым входом первого сумматора (4), а второй выход - с четвертым входом четвертого сумматора (17), первый выход автоматического задатчика (3) мощности энергоблока соединен с входом дифференциатора (5), выход которого соединен со вторым входом первого сумматора (4), первый выход которого соединен с входом первого фильтра (7), выход которого соединен с первым входом второго сумматора (8), выход которого соединен с входом первого усилителя (9), первый выход которого соединен с блоком (10) задания регуляторам нагрузки котла энергоблока, а второй выход - с входом блока (11) формирования задания замкнутой системы, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора (8), выход регулятора (19) давления соединен со входом второго фильтра (22), выход которого соединен с первым входом первого реле (21) переключения состояния.

На фигуре представлена структурная схема предлагаемой системы автоматического регулирования мощности энергоблока, когда задание системе формирует человек - оператор автоматического задатчика мощности блока.

Система автоматического регулирования мощности энергоблока содержит задатчик (1) нагрузки и задатчик (2) скорости, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами автоматического задатчика (3) мощности энергоблока, второй выход которого соединен с третьим входом первого сумматора (4), с первым входом которого соединен выход датчика (6) мощности, второй выход первого сумматора (4) соединен с входом второго усилителя (18), первый выход которого соединен с третьим входом четвертого сумматора (17), а второй выход - с третьим входом третьего сумматора (14), датчик (15) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока и задатчик (16) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, выходы которых соединены соответственно с первым и вторым входами четвертого сумматора (17), выход которого соединен с входом регулятора (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, выход которого соединен со вторым входом первого реле (21) переключения состояния, выход которого соединен с входом механизма (23) управления турбиной энергоблока, датчик (12) давления, первый выход которого соединен с первым входом третьего сумматора (14), а второй выход - с входом дифференциатора инвариантности (24), выход задатчика (13) давления соединен со вторым входом третьего сумматора (14), выход которого соединен с входом регулятора (19) давления, отличается тем, что выход дифференциатора инвариантности (24) соединен с входом второго реле (25) переключения состояния, первый выход которого соединен с четвертым входом первого сумматора (4), а второй выход - с четвертым входом четвертого сумматора (17), первый выход автоматического задатчика (3) мощности энергоблока соединен с входом дифференциатора (5), выход которого соединен со вторым входом первого сумматора (4), первый выход которого соединен с входом первого фильтра (7), выход которого соединен с первым входом второго сумматора (8), выход которого соединен с входом первого усилителя (9), первый выход которого соединен с блоком (10) задания регуляторам нагрузки котла энергоблока, а второй выход - с входом блока (11) формирования задания замкнутой системы, выход которого соединен со вторым входом второго сумматора (8), выход регулятора (19) давления соединен с входом второго фильтра (22), выход которого соединен с первым входом первого реле (21) переключения состояния.

Система автоматического регулирования мощности энергоблока работает следующим образом. Задатчик (1) нагрузки и задатчик (2) скорости формируют сигналы заданной мощности энергоблока на входе автоматического задатчика (3) мощности энергоблока. При появлении какого-либо воздействия на выходе первого сумматора (4) появляется ошибка регулирования, формируемая сигналами с выходов датчика (6) мощности, дифференциатора (5) и автоматического задатчика (3) мощности энергоблока и поступающая на вход оптимального котельного регулятора мощности, состоящего из первого фильтра (7), второго сумматора (8), первого усилителя (9) и блока (11) формирования задания замкнутой системы. Оптимальный котельный регулятор мощности формирует сигнал для блока (10) задания регуляторам нагрузки котла энергоблока. Дифференциатор (5) необходим для форсирования (увеличения скорости) отработки задания. Также ошибка регулирования через второй усилитель (18) поступает на входы третьего сумматора (14) и четвертого сумматора (17), откуда она передается на входы регулятора (19) давления и регулятора (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока. Датчик (12) давления, задатчик (13) давления и третий сумматор (14) формируют ошибку регулирования для регулятора (19) давления. Датчик (15) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока, задатчик (16) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока и четвертый сумматор (17) формируют ошибку регулирования для регулятора (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока. Второй фильтр (22) на выходе регуля-

тора (19) давления необходим для превращения ПИ-регулятора в реальный ПИ-регулятор. Первое реле (21) переключения состояния подключает к механизму (23) управления турбиной энергоблока в режиме постоянного давления пара перед турбиной регулятор (19) давления через второй фильтр (22), а в режиме переменного давления пара перед турбиной - регулятор (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока. В режиме постоянного давления пара перед турбиной регулятор (19) давления поддерживает давление возле его номинального значения, а изменение мощности энергоблока достигается перемещением регулирующих клапанов турбины. В режиме переменного давления пара перед турбиной регулятор (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока удерживает регулирующие клапаны турбины в полностью открытом состоянии, а изменение мощности энергоблока достигается изменением давления перегретого пара перед турбиной. Дифференциатор инвариантности (24) необходим для создания сигнала о скорости изменения давления перегретого пара перед турбиной. Второе реле (25) переключения состояния в режиме постоянного давления пара перед турбиной подает сигнал о скорости изменения давления на вход первого сумматора (4), откуда он поступает на оптимальный котельный регулятор мощности, а в режиме переменного давления пара перед турбиной - на вход четвертого сумматора (17) и далее на регулятор (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока.

При отключении автоматического задатчика (3) мощности энергоблока задание по мощности для энергоблока формируется общестанционной частью системы автоматического управления мощностью электростанции по сигналу центральной вычислительной машины энергосистемы.

Использование предложенной схемы системы автоматического регулирования мощности энергоблока позволяет обеспечить высокое качество регулирования в широком диапазоне изменения нагрузок за счет подачи выходного сигнала дифференциатора инвариантности (24) на вход четвертого сумматора (17) при помощи второго реле (25) переключения состояния в режиме переменного давления пара перед турбиной. Проведенная структурно-параметрическая оптимизация котельного регулятора мощности и регулятора давления (19), а также параметрическая оптимизация регулятора (20) положения регулирующих клапанов турбины энергоблока позволяет снизить максимальный расход топлива котла энергоблока и уменьшить время регулирования мощности энергоблока. Таким образом, существенно повышается качество регулирования мощности энергоблока при основных возмущениях с минимизацией изменений расхода топлива котлом энергоблока в широком диапазоне изменения нагрузок.

Источники информации:

1. RU 2315871, 2008.
2. КУЛАКОВ Г.Т. и др. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебное пособие. Под ред. Г.Т. Кулакова. Минск: Вышэйшая школа, 2017, с. 180, рис. 4.15.