


 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010142401/07**, 18.10.2010(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.10.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **18.10.2010**(45) Опубликовано: **20.06.2012** Бюл. № 17(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2315185 C1**, 20.01.2008. **RU 2421626**
C1, 20.06.2011. **RU 2007129454 A**, 20.07.2008.
JP 2001074881 A, 23.03.2001.

Адрес для переписки:

105062, Москва, ул. Макаренко, 4, стр.1,
ЗАО "Центр передачи технологий", Ю.Э.
Багдасарову

(72) Автор(ы):

Анисимов Александр Михайлович (RU),
Багдасаров Юрий Эдуардович (RU),
Сопленков Константин Иванович (RU),
Чаховский Владимир Михайлович (RU)

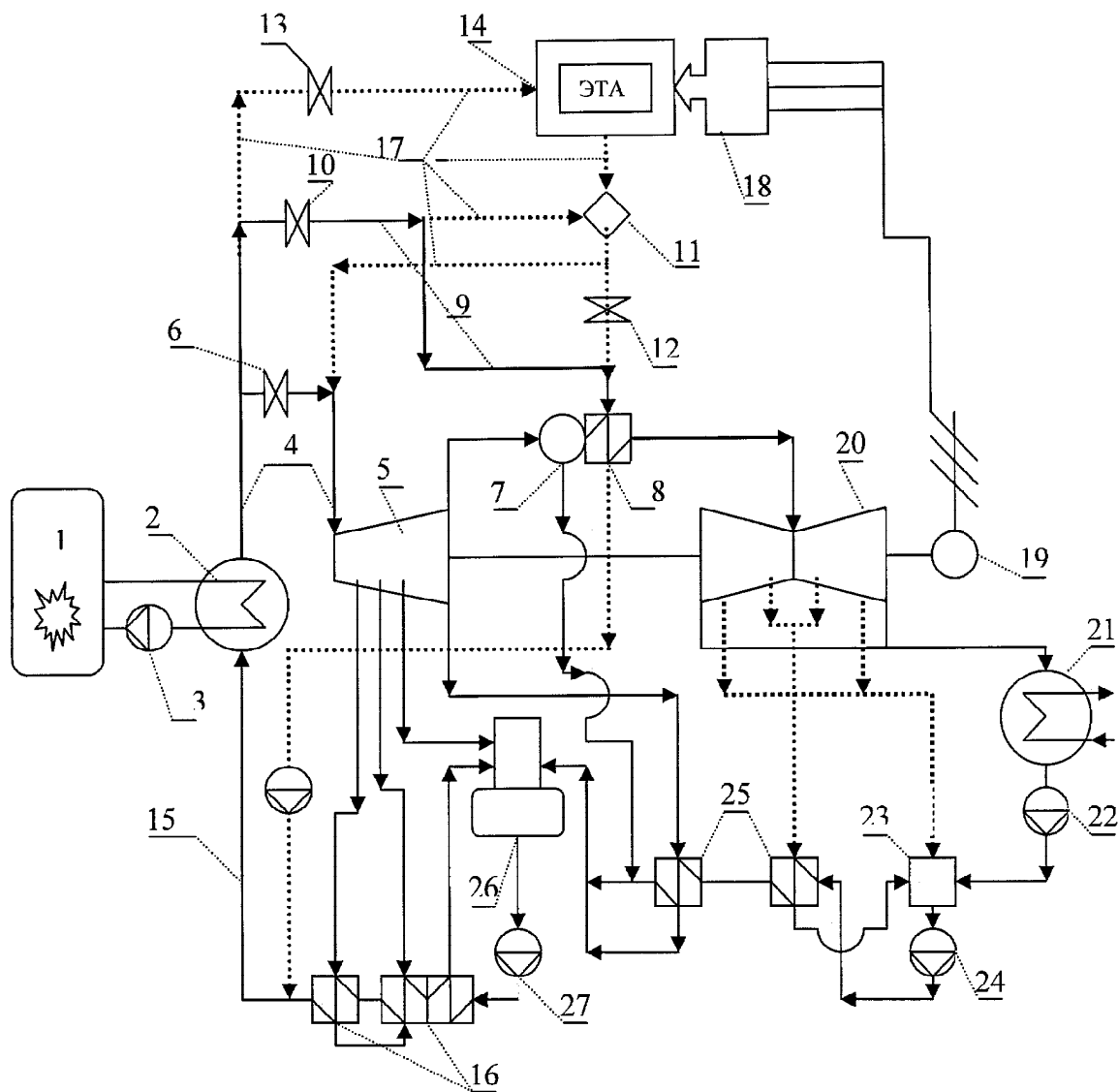
(73) Патентообладатель(и):

Анисимов Александр Михайлович (RU),
Багдасаров Юрий Эдуардович (RU),
Сопленков Константин Иванович (RU),
Чаховский Владимир Михайлович (RU)**(54) МАНЕВРЕННАЯ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к ядерной энергетике, а именно к конструкциям ядерных энергетических установок. Маневренная атомная электростанция содержит первый контур, включающий реактор, парогенератор и главный циркуляционный насос, пароводяной контур, состоящий из конденсатно-питательного тракта и парового тракта острого пара, включающего соединенные с парогенератором паропроводами паровую турбину с цилиндрами высокого и низкого давления и промежуточный пароперегреватель, а также теплоаккумулирующий контур, включающий теплоаккумулятор с теплообменником и систему задвижек, устанавливаемых на паропроводах. Решение отличается тем, что

теплоаккумулирующий контур встроен в паровой тракт острого пара. При этом в теплоаккумулирующем контуре использован электротеплоаккумулятор с твердотельным аккумуляющим материалом, в который встроены теплообменник и теплоэлектронагревательные элементы, подключенные через электрический трансформаторный блок к внешней сети, при этом одна из задвижек смонтирована между промежуточным пароперегревателем и выходом парогенератора, и ее вход и выход подсоединены соответственно к входу и выходу теплообменника электротеплоаккумулятора. Изобретение направлено на повышение эффективности работы атомного энергоблока в маневренных режимах. 4 з.п. ф-лы, 2 ил.



1-реактор; 2- парогенератор; 3- главный циркуляционный насос; 4 - главный паропровод; 5 – цилиндр высокого давления паровой турбины; 6 - задвижка; 7 - сепаратор; 8 - промежуточный пароперегреватель; 9-паропровод подачи пара на промежуточный пароперегреватель; 10 - задвижка на паропроводе пара, подаваемого на пароперегреватель; 11 - смеситель острого пара, поступающего из парогенератора, и перегретого пара из электротеплоаккумулятора; 12- задвижка; 13- задвижка на трубопроводе подачи пара в теплообменник электротеплоаккумулятора; 14 – электротеплоаккумулятор твердотельный со встроенным теплообменником и теплоэлектронагревательными элементами; 15 –трубопровод питательной воды; 16 – подогреватели высокого давления; 17- паропроводы теплоаккумулирующего контура; 18 - трансформаторный блок электротеплоаккумулятора; 19 - электрогенератор; 20 цилиндр низкого давления паровой турбины; 21- конденсатор; 22- конденсатный насос первой ступени; 23- подогреватель низкого давления; 24 - конденсатный насос второй ступени; 25 – подогреватель низкого давления; 26 - деаэратор; 27– питательный насос турбоустановки.

Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2010142401/07, 18.10.2010

(24) Effective date for property rights:
18.10.2010

Priority:

(22) Date of filing: 18.10.2010

(45) Date of publication: 20.06.2012 Bull. 17

Mail address:

105062, Moskva, ul. Makarenko, 4, str.1, ZAO
"Tsentr peredachi tekhnologij", Ju.Eh. Bagdasarovu

(72) Inventor(s):

Anisimov Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Bagdasarov Jurij Ehduardovich (RU),
Soplenkov Konstantin Ivanovich (RU),
Chakhovskij Vladimir Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Anisimov Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Bagdasarov Jurij Ehduardovich (RU),
Soplenkov Konstantin Ivanovich (RU),
Chakhovskij Vladimir Mikhajlovich (RU)

(54) CYCLING NUCLEAR POWER PLANT

(57) Abstract:

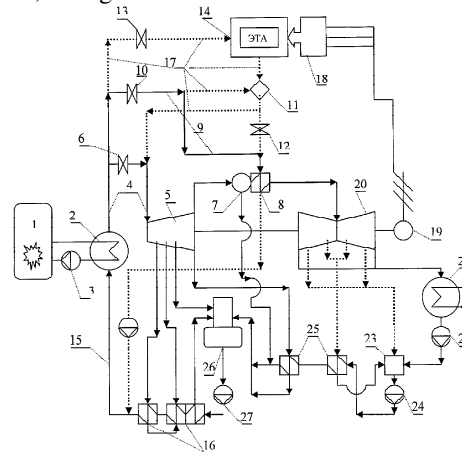
FIELD: power engineering.

SUBSTANCE: invention relates to nuclear power engineering, namely, to designs of nuclear power plants. A cycling nuclear power plant comprises the first circuit, including a reactor, a steam generator and the main circulation pump, a steam and water circuit including a condensate-feeding line and a live steam line, comprising a steam turbine connected to the steam generator and including high and lower pressure cylinders and an intermediate steam superheater, and also a heat-accumulating circuit, comprising a heat accumulator with a heat exchanger and a system of valves installed on steam lines. The solution differs by the fact that the heat-accumulating circuit is built into the live steam line. At the same time a power heat accumulator is used in the heat-accumulating circuit with a solid-state accumulating material, where a heat exchanger and power heating elements are built into, being connected via a power transformer unit to an external grid, at the same time one of the valves is installed between the intermediate steam superheater and the steam generator outlet, and its inlet and outlet are connected accordingly to the inlet and the outlet of

the power heat accumulator heat exchanger.

EFFECT: increasing efficiency of operation of a nuclear power unit in cycling modes.

5 cl, 2 dwg



1-реактор; 2- парогенератор; 3- главный циркуляционный насос; 4 - главный паропровод; 5 - цилиндр высокого давления паровой турбины; 6 - задвижка; 7 - сепаратор; 8 - промежуточный пароперегреватель; 9-паропровод подачи пара на промежуточный пароперегреватель; 10 - задвижка на паропроводе пара, подаваемого на пароперегреватель; 11 - смеситель острого пара, поступающего из парогенератора, и перегретого пара из электротеплоаккумулятора; 12- задвижка; 13- задвижка на трубопроводе подачи пара в теплообменник электротеплоаккумулятора; 14 - электротеплоаккумулятор твердотельный со встроенными теплообменником и теплоэлектронагревательными элементами; 15 -трубопровод питательной воды; 16 - подогреватели высокого давления; 17- паропроводы теплоаккумулирующего контура; 18 - трансформаторный блок электротеплоаккумулятора; 19 - электрогенератор; 20 цилиндр низкого давления паровой турбины; 21- конденсатор; 22- конденсатный насос первой ступени; 23- подогреватель низкого давления; 24 - конденсатный насос второй ступени; 25 - подогреватель низкого давления; 26 - деаэрактор; 27- питательный насос турбоустановки.

Фиг. 2

Изобретение относится к области атомной энергетики, а именно к атомным электростанциям (далее - АЭС), которые способны работать в маневренных режимах.

В связи с ростом неравномерности суточного графика электрических нагрузок требования СО ЕЭС обязывают генераторов электроэнергии участвовать в проходе ночных провалов электрической нагрузки в энергосистемах. Однако работа действующих АЭС в маневренных режимах сопряжена с рядом технологических ограничений: АЭС обладают ограниченными возможностями изменения мощности энергоблоков, особенно в оперативном режиме. Из-за ограниченных возможностей участия в ежесуточном регулировании электрической нагрузки АЭС вынуждены снижать базисную нагрузку до уровня прохождения ночных провалов. Причем имеет место также и более длительное снижение базисной нагрузки АЭС в сезонные периоды весеннего половодья и праздничные дни. В результате снижения базисной нагрузки и недовыработки электроэнергии АЭС несут значительные экономические потери.

Известны технические решения, направленные на повышение маневренности АЭС путем аккумулирования избыточного тепла.

Известно техническое решение по применению дополнительного перегрева пара на АЭС с водно-водяным энергетическим реактором (далее - ВВЭР) при использовании предвключенного парогенератора, устанавливаемого перед основным парогенератором для увеличения температуры промперегрева до более высоких температур (порядка 280-310°C) [Вестник ИГЭУ, 2003 г., вып.3, с.3-7 и Сб.научных трудов №174 - М.: МЭИ, 1988, - с.42-46].

Предвключенный парогенератор обеспечивает повышение тепловой экономичности, но его размещение в гермооболочке весьма затруднительно и требует перекомпоновки реакторного отделения (далее - РО) и увеличения затрат в строительную часть АЭС. Кроме того, данная мера приводит к увеличению гидравлического сопротивления первого циркуляционного контура что требует разработки нового главного циркуляционного насоса (далее - ГЦН), либо увеличения частоты вращения электродвигателя с целью увеличения его напора, а последнее снижает запас прочности и уровень безопасности его эксплуатации.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому решению является тепловая, преимущественно атомная, электростанция, содержащая пароводяной контур, имеющий соединенные между собой паропроводами парогенератор, пароводяную турбину с цилиндрами высокого и низкого давления, промежуточный пароперегреватель, подогреватели низкого давления и деаэратор пароводяной турбины. Электростанция содержит также контур высокотемпературного теплоносителя - теплоаккумулирующий контур, который имеет бак для аккумулирования теплоты с зарядным и разрядным теплообменниками и систему регулирующих задвижек, устанавливаемых на паропроводах. Теплоаккумулирующий контур встроен в конденсатно-питательный тракт второго контура энергоблока АЭС [См. патент РФ №2315185, кл. F01K 17/02, опубл. 2008 г., прототип].

Известное изобретение (прототип) направлено на осуществление работы АЭС в маневренном режиме. Отборы пара турбины с температурой 250-300°C, осуществляемые в периоды снижения электрической нагрузки, направляются на подогрев силиконового или синтетического теплоносителя, который, в свою очередь, производит нагревание до соответствующей температуры выделенного потока обратной сетевой воды в часы «пик». В итоге часть обратной сетевой воды (первый поток) с температурой 250-300°C и давлением 4,0-8,6 МПа используется в инжекторе-

смесителе в качестве активной жидкости, тогда как остальная сетевая вода (второй поток) используется в качестве пассивной жидкости.

Известное изобретение (прототип) имеет следующие недостатки. Ограниченные возможности замещения регенеративных отборов пара для подогрева питательной воды приводят к ограничению диапазона регулирования мощности и тем самым возможности участия тепловой электростанции в регулировании суточного графика электрической нагрузки в энергосистеме, что, в конечном итоге, снижает эффективность использования теплоаккумулирующего контура.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение эффективности работы атомного энергоблока АЭС в маневренных режимах за счет обеспечения покрытия переменной зоны суточного графика электрической нагрузки в энергосистемах.

Поставленная задача в маневренной атомной электростанции, содержащей первый контур, включающий реактор, парогенератор и главный циркуляционный насос, пароводяной контур, состоящий из конденсатно-питательного тракта и парового тракта острого пара, включающего соединенные с парогенератором паропроводами паровую турбину с цилиндрами высокого и низкого давления и промежуточный пароперегреватель, а также теплоаккумулирующий контур, включающий теплоаккумулятор с теплообменником и систему задвижек, устанавливаемых на паропроводах, согласно предлагаемому техническому решению достигается тем, что теплоаккумулирующий контур встроен в паровой тракт острого пара, причем в теплоаккумулирующем контуре использован электротеплоаккумулятор с твердотельным аккумуляющим материалом, в котором размещены теплообменник и теплоэлектронагревательные элементы, подключенные через электрический трансформаторный блок к внешней сети, при этом одна из задвижек смонтирована между промежуточным пароперегревателем и выходом парогенератора, и ее вход и выход подсоединены соответственно к входу и выходу теплообменника.

Теплоаккумулирующий контур встроен в паровой тракт острого пара следующим образом: между пароперегревателем (далее - ПП) или цилиндром высокого давления (далее - ЦВД) паровой турбины и парогенератором (далее - ПГ) встроен дополнительный паропровод теплоаккумулирующего контура, вход и выход которого соединены соответственно с выходом главного паропровода ПГ и с входами паропроводов теплообменника электротеплоаккумулятора (далее - ЭТА), ЦВД паровой турбины и ПП через соответствующие задвижки, встроенные в дополнительный паропровод теплоаккумулирующего контура и в паропроводы подачи пара на ЦВД и ПП.

Другими отличиями предлагаемой маневренной АЭС являются следующие:

1) Между выходом теплообменника и входом ПП последовательно установлены смеситель и задвижка, при этом первый вход смесителя соединен с выходом теплообменника ЭТА, а второй - с выходом задвижки, установленной на врезном паропроводе, дополнительно смонтированном между паропроводом подачи пара на ПП и вторым входом смесителя. Задвижка, расположенная между смесителем и ПП, своим входом соединена с выходом смесителя, а выходом - с входом ПП.

2) В трубопровод подачи пара на теплообменник ЭТА смонтирована задвижка, вход и выход которой соединены с входом теплообменника и выходом парогенератора.

3) В паропровод на участке выход парогенератора и вход цилиндра высокого давления установлена задвижка, вход которой соединен с входом теплообменника ЭТА и выходом ПГ, а выход - с ЦВД паровой турбины и с выходом смесителя.

4) В качестве твердотельного теплоаккумулирующего материала в ЭТА применены материалы с тепловыми эффектами теплоемкости (например, талькохлорид) или теплоты фазового перехода (солевые эвтектики с большой теплотой фазового перехода).

5 Талькохлорид - природный камень, сформировавшаяся из мягких минералов горная порода, в которой тальк и магнезит соединены таким образом, что тальковые чешуйки вросли в магнезит, образуя плотную массу. Состав камня: тальк - 40-50%, магнезит - 40-50%, хлорид - 5-8%. Теплотехнические свойства камня: точка
10 плавления - 1630-1640°C, удельная теплоемкость - 0,98 Кж/Кг°C, теплопроводность - 6 W/МК, тепловое расширение 0,001%/°C. Благодаря своим свойствам талькохлорид является эффективным теплоаккумулирующим материалом.

Из солевых эвтектиков с большой теплотой фазового перехода в качестве теплоаккумулирующего материала могут быть применены солевые смеси: 48%
15 NaCl/52% MgCl₂; 33% NaCl/67% CaCl₂ и др.

Поставленная задача в предлагаемой маневренной АЭС решается путем использования избыточной ночной электроэнергии для нагрева теплоаккумулирующего материала посредством применения ЭТА для аккумуляции
20 теплоты (в интервале температур до 650°C) и последующим возвратом запасенной теплоты в период повышения потребления электроэнергии, например, в часы пиковой и полупиковой электрической нагрузки в энергосистеме. Запасенная теплота используется для дополнительного перегрева либо всего потока насыщенного пара, поступающего на вход ЦВД, либо потока пара, подаваемого на вход цилиндра
25 низкого давления (далее - ЦНД) паровой турбины через промежуточный перегрев в ПП.

Таким образом, технический результат от встраивания теплоаккумулирующего контура в паровой тракт острого пара, от использования ЭТА, трансформаторный
30 блок которого подключен к основной распределительной сети, и от установки задвижки между ПП и выходом парогенератора таким образом, что и ее вход и выход подсоединены соответственно к входу и выходу теплообменника, состоит в обеспечении возможности использования электроэнергии, избыточно вырабатываемой в период ночной разгрузки энергоблока, для нагрева
35 твердотельного теплоаккумулирующего материала - наполнителя ЭТА (в режиме зарядки ЭТА в период ночной разгрузки энергоблока АЭС), и дальнейшего использования аккумулированной теплоты для перегрева пара, поступающего на ПП или на вход ЦВД паровой турбины (в режиме разрядки ЭТА в период пиковой
40 нагрузки энергоблока). При этом указанные процессы проводятся в широком диапазоне нагрузок благодаря наличию системы задвижек на дополнительно смонтированных паропроводах теплоаккумулирующего контура.

Прием использования избыточной электроэнергии известен: он применяется в энергоустановке, содержащей парогенератор, подключенный трубопроводами
45 острого пара к основной турбине с регенеративными отборами, конденсатором и системой регенерации, аккумулятор теплоты, бак конденсата, расширитель и пиковую турбину [патент США №3982379, кл. F01K 3/00, опубл. 1976 г.].

Однако известная энергоустановка характеризуется невысокой эффективностью при работе в широком диапазоне нагрузок, включая периоды покрытия пиковой
50 нагрузки. Это обусловлено тем, что во время разряда аккумулятора теплоты энергоустановки проявляется нестабильность параметров пикового контура и наличие пускового периода дополнительной пиковой турбины.

В отличие от известного изобретения по патенту США №3982379 в предлагаемом техническом решении совокупность отличительных признаков позволяет существенно расширить регулировочные возможности энергоблоков на действующих и на вновь проектируемых АЭС.

Таким образом, несмотря на известность из уровня техники приема использования избыточной электроэнергии для выработки и аккумулирования теплоты, совокупность признаков предлагаемого технического решения дает новый технический результат и, следовательно, отвечает критерию «изобретательский уровень».

Подключение ЭТА в тракты острого пара паровой турбины и промежуточного пара ПП позволяет существенно расширить регулировочные возможности энергоблоков на действующих и на вновь проектируемых АЭС и тем самым расширить возможности применения ЭТА. Таким образом, энергоблок с ЭТА может обеспечивать маневренные свойства в соответствии с требованиями СО ЕЭС.

Изобретение поясняется чертежами, на которых представлена принципиальная тепловая схема маневренной атомной электростанции с ЭТА, при этом на фиг.1 ЭТА встроен в тракт промежуточного перегрева пара и предназначен для перегрева потока пара, поступающего на ПП, а на фиг.2 ЭТА предназначен для перегрева основного потока острого пара из ПГ, основная часть которого поступает на вход ЦВД паровой турбины после предварительного перегрева его в ЭТА, а меньшая его часть - на вход ПП. Оба варианта тепловой схемы охватываются формулой изобретения.

АЭС содержит ядерный реактор 1, выход которого соединен с входом ПГ 2, а вход - с выходом ПГ 2 по тракту первого контура через главный циркуляционный насос 3. По тракту второго (пароводяного) контура выход ПГ 2 главным паропроводом острого пара 4 подключен, с одной стороны, к входу ЦВД 5 паровой турбины и через задвижку 6 к входу сепаратора 7 и ПП 8; с другой стороны, выход ПГ 2 вторым паропроводом 9 острого пара через задвижку 10, смеситель 11 и задвижку 12 подключен к входу ПП 8, а через задвижку 13 - к входу ЭТА 14. Вход же ПГ 2 трубопроводом 15 питательной воды подключен к выходу подогревателя высокого давления (далее - ПВД) 16 (последнего по ходу поступления питательной воды в ПГ 2). Теплоаккумулирующий контур АЭС включает паропроводы 17, подключающие вход ЭТА 14 через задвижку 13 к выходу ПГ 2 и к паропроводу промежуточного перегрева пара; выход ЭТА 14 подключен через смеситель 11 и далее через задвижку 12 к входу паропровода ПП 8. ЭТА 14 содержит теплообменник (на чертеже не показан), встроенный в теплоаккумулирующий твердотельный материал, и ТЭНы (на чертеже не показаны), подключенные через трансформаторный блок 18, предназначенный для подвода электрической мощности, к электрогенератору 19.

Пар из ЦВД 5 паровой турбины поступает в сепаратор 7 и пароперегреватель 8 и далее на вход ЦНД 20 паровой турбины, выход которого соединен с конденсатором 21 и далее через конденсатный насос 22 с первым подогревателем низкого давления (далее - ПНД) 23 и через конденсатный насос 24 второго подъема с ПНД 25 (первым по ходу тракта основного конденсата после конденсатного насоса 24). Таких последовательно установленных подогревателей может быть несколько (не менее двух). Далее выход ПНД 25 соединен с входом деаэратора 26 и через питательный насос 27 с входом ПВД 16 (первым по ходу тракта питательной воды после деаэратора 26).

Атомная электростанция работает следующим образом. Генерируемая теплота в

реакторе 1 передается теплоносителем, циркулирующим в первом контуре, к рабочему телу в парогенераторе 2, в котором вырабатывается острый (насыщенный) пар. Острый насыщенный пар по паропроводу 4 поступает на вход ЦВД 5 паровой турбины и далее проходит через проточную часть ЦВД, сепаратор 7, пароперегреватель 8 и проточную часть ЦНД 20 паровой турбины. Отработавший пар из ЦНД 20 паровой турбины поступает в конденсатор 21, где он конденсируется. Конденсат из конденсатора 21, прокачиваемый конденсатным насосом 22 через ПНД 23 и насосом 24 второго подъема, поступает в ПНД 25 и далее в деаэратор 26, после которого питательным насосом 27 питательная вода прокачивается через ПВД 16 и поступает затем в ПГ 2.

В период ночной разгрузки энергоблока задвижка 13 находится в закрытом состоянии, при этом задвижка 10 закрыта или частично открыта, а задвижка 6 находится в открытом состоянии. В этом случае АЭС работает в обычном для нее базисном режиме, а избыточная электроэнергия подводится к трансформаторному блоку 18, к которому подключены ТЭНы ЭТА 14. В результате осуществляется разогрев теплоаккумулирующего материала примерно до 600°C. Электрогенератор 19 в режиме зарядки работает с меньшей выдачей электрической мощности во внешнюю электросеть на величину затрачиваемой мощности на нагрев теплоаккумулирующего материала ЭТА 14. По окончании ночного провала трансформаторный блок 18 отключается от электросети и электрогенератор 19 переходит в режим выдачи мощности в режиме разрядки ЭТА 14 с учетом требований СО ЕЭС.

В часы пиковой и полупиковой электрической нагрузки в энергосистеме в режиме разрядки ЭТА 14 задвижка 13 открыта, задвижка 10 закрыта полностью или частично открыта, а задвижка 6 закрыта полностью. В этом случае поток пара, поступающий на ПП 8, полностью или частично (в зависимости от степени открытия задвижки 10) проходит через теплообменник ЭТА 14, где он нагревается примерно до 540°C, затем поступает на вход смесителя 11, где он (при необходимости) смешивается с частичным потоком острого пара, подаваемого через задвижку 10, и далее через задвижку 12 - на вход ПП 8, где происходит перегрев насыщенного пара, поступающего из сепаратора 7, до более высокой температуры (примерно до 320°C).

Изменением соотношения расходов пара, поступающего через ЭТА 14 и через задвижку 10, на выходе смесителя 11 устанавливается расчетная температура с учетом задаваемых требований СО ЕЭС. Соответственно устанавливается температура перегрева основного потока пара на выходе ПП 8, который поступает затем на вход ЦНД 20 паровой турбины. Очевидно, что в зависимости от величины перегрева основного потока пара в ПП 8 будет определяться и прирост электрической мощности в режиме разрядки ЭТА 14. Именно таким образом осуществляется цикл разрядки ЭТА 14 и участие энергоблока в регулировании электрической мощности в периоды пиковой и полупиковой нагрузки.

В режиме разрядки ЭТА 14 в связи с более высокой температурой пара на входе ЦНД 20 паровой турбины процесс расширения пара смещается в область пониженной влажности, что приводит к увеличению КПД проточной части ЦНД и соответственно к росту тепловой экономичности в этом режиме.

При работе АЭС в режиме 100% нагрузки зарядка и разрядка ЭТА не происходит, и энергоблок работает в обычном базисном режиме. В этот период ЭТА находится в состоянии готовности к участию в регулировании электрической мощности.

На фиг.2 приведена тепловая схема предлагаемой маневренной АЭС, характеризующейся более высоким потреблением электрической мощности на нагрев

теплоаккумулирующего материала в сравнении с тепловой схемой, приведенной на фиг.1. При работе АЭС по схеме на фиг.2 ЭТА аккумулирует в разы больше теплоты, и соответственно в режиме зарядки ЭТА значительно больше будет потребление электрической мощности, что приведет к еще меньшей выдаче электрической

мощности в электросеть в ночное время суток.

В режиме разрядки ЭТА задвижки 13 и 6 открыты, задвижка 25 полностью закрыта, а задвижка 10 при необходимости изменения электрической мощности частично приоткрыта. Основной поток перегретого пара в ЭТА 14 проходит через смеситель 11 (или по байпасу, минуя его), поступает на вход ЦВД 5 паровой турбины, а другая его часть (существенно меньшая) напрямую через задвижку 25 поступает на вход ПП 8, используемого для перегрева пара, поступающего из сепаратора 7.

Работа энергоблока АС по тепловой схеме, приведенной на фиг.2, обеспечит более высокий диапазон изменения мощности энергоблока и больший прирост мощности в режиме разрядки ЭТА по сравнению с работой блока по схеме, представленной на фиг.1. Работа энергоблока по тепловой схеме на фиг.2 обеспечит более высокую тепловую экономичность паровой турбины, что определяется смещением процесса расширения пара в ЦВД и ЦНД в область перегретого пара и пониженной конечной влажности, а это приведет к уменьшению количества конденсата на выходе из сепаратора 7 и, следовательно, к увеличению расхода пара через проточную часть ЦНД и в целом к росту мощности атомного энергоблока в режиме разрядки ЭТА. При этом выбор тепловой схемы зависит от требуемых режимов работы АЭС.

Именно таким образом энергоблок АЭС с ЭТА участвует в прохождении ночного провала и покрытия пиковой и полупиковой электрической нагрузки в энергосистеме.

Изменением соотношений расходов пара, пропускаемого через ЭТА 14 и через задвижку 10, возможно отслеживание суточного графика электрической нагрузки любой конфигурации в часы пиковой и полупиковой нагрузки.

Кроме того, существенное различие тарифов на электроэнергию и мощность в часы ночного провала и в часы пиковой и полупиковой электрической нагрузки, как показывает зарубежный опыт, является высокой гарантией быстрой окупаемости затрат на создание теплоаккумулирующего контура.

Важным является тот факт, что работа энергоблока АЭС с ЭТА в маневренных режимах позволяет сохранить все достоинства реакторной установки и основного оборудования второго контура энергоблока, работающего в базовом режиме.

Технико-экономический эффект предлагаемого технического решения состоит в том, что обеспечивается более стабильная подача электроэнергии потребителю по заданному графику системным оператором ЕЭС в любое время суток с сохранением высокого коэффициента готовности энергоблока АЭС к работе в маневренных режимах и неизменной тепловой мощности реакторной установки и оборудования первого контура. Это обеспечивает безопасность работы энергоблока АЭС в маневренных режимах. В конечном итоге такое решение позволит снизить себестоимость производства электроэнергии и теплоты на АЭС и способствовать снижению тарифа на электроэнергию для внешних потребителей.

Формула изобретения

1. Маневренная атомная электростанция, содержащая первый контур, включающий реактор, парогенератор и главный циркуляционный насос, пароводяной контур, состоящий из конденсато-питательного тракта и парового тракта острого пара, включающего соединенные с парогенератором паропроводами паровую турбину с

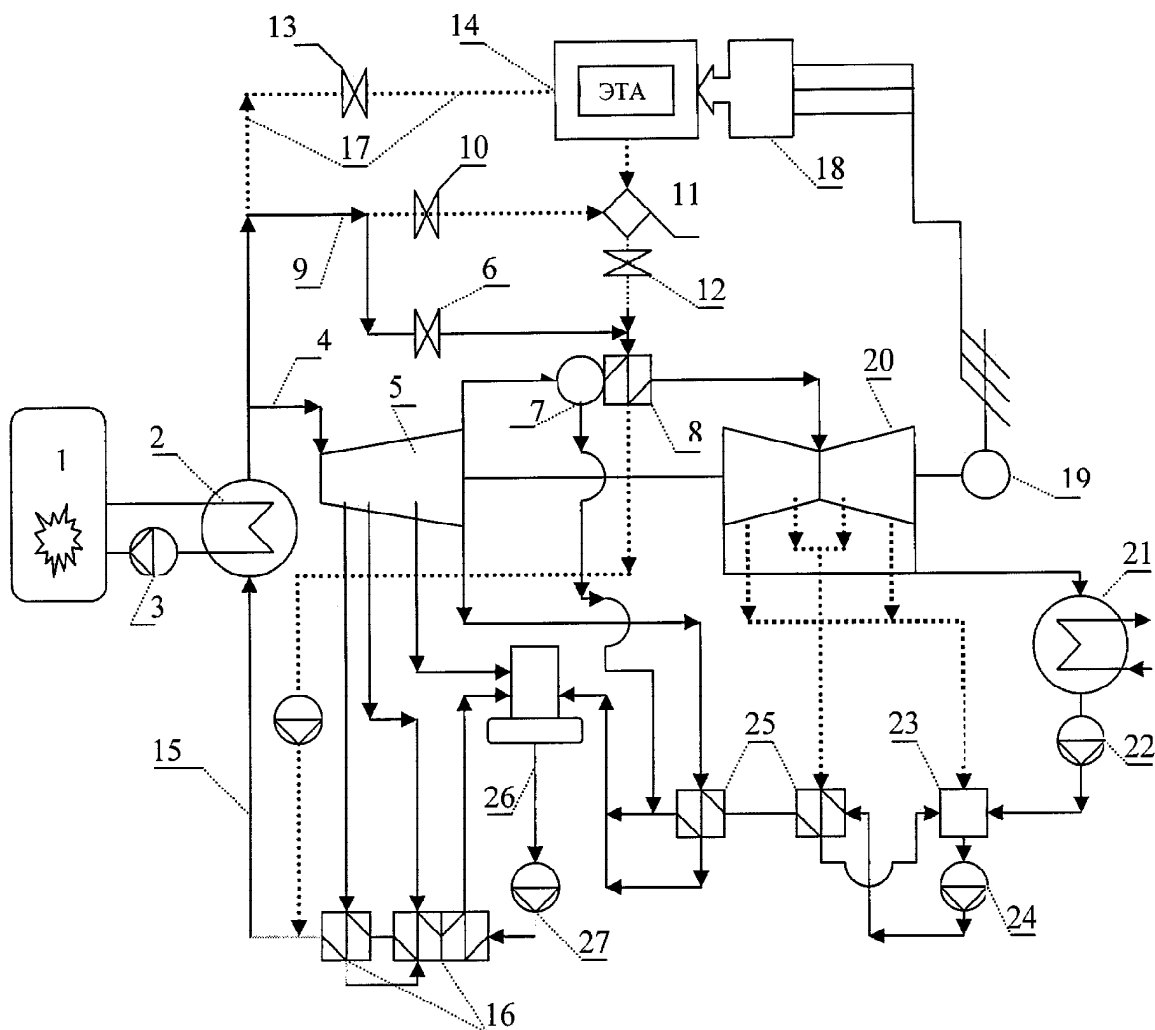
цилиндрами высокого и низкого давления и промежуточный пароперегреватель, а также теплоаккумулирующий контур, включающий теплоаккумулятор с теплообменником и систему задвижек, устанавливаемых на паропроводах, отличающаяся тем, что теплоаккумулирующий контур встроен в паровой тракт
5 острого пара, причем в теплоаккумулирующем контуре использован электротеплоаккумулятор с твердотельным аккумулирующим материалом, в который встроены теплообменник и теплоэлектронагревательные элементы, подключенные через электрический трансформаторный блок к внешней сети, при этом одна из
10 задвижек смонтирована между промежуточным пароперегревателем и выходом парогенератора, и ее вход и выход подсоединены соответственно к входу и выходу теплообменника.

2. Маневренная атомная электростанция по п.1, отличающаяся тем, что между
15 выходом теплообменника и входом промежуточного пароперегревателя последовательно установлены смеситель и задвижка, при этом первый вход смесителя соединен с выходом теплообменника, а второй - с выходом задвижки, установленной на врезном паропроводе, дополнительно смонтированном между паропроводом подачи пара на промежуточный пароперегреватель и вторым входом смесителя.

3. Маневренная атомная электростанция по п.1, отличающаяся тем, что в
20 паропровод подачи пара на теплообменник электротеплоаккумулятора вмонтирована задвижка, вход и выход которой соединен с входом теплообменника и выходом парогенератора.

4. Маневренная атомная электростанция по п.1, отличающаяся тем, что в
25 паропровод на участке выход парогенератора и вход цилиндра высокого давления установлена задвижка, вход которой соединен с входом теплообменника электротеплоаккумулятора и выходом парогенератора, а выход - с входом цилиндра высокого давления паровой турбины и с выходом смесителя.

5. Маневренная атомная электростанция по п.1, отличающаяся тем, что в качестве
30 твердотельного теплоаккумулирующего материала применены материалы с тепловыми эффектами теплоемкости или теплоты фазового перехода.



1-реактор; 2- парогенератор; 3- главный циркуляционный насос; 4 - главный паропровод; 5 – цилиндр высокого давления паровой турбины; 6 - задвижка; 7 - сепаратор; 8 - промежуточный пароперегреватель; 9-паропровод подачи пара на промежуточный пароперегреватель; 10 - задвижка на паропроводе пара, подаваемого на пароперегреватель; 11 - смеситель острого пара, поступающего из парогенератора, и перегретого пара из электротеплоаккумулятора; 12- задвижка; 13- задвижка на трубопроводе подачи пара в теплообменник электротеплоаккумулятора; 14 – электротеплоаккумулятор твердотельный со встроенным теплообменником и теплоэлектронагревательными элементами; 15 –трубопровод питательной воды; 16 – подогреватели высокого давления; 17- паропроводы теплоаккумулирующего контура; 18 - трансформаторный блок электротеплоаккумулятора; 19 - электрогенератор; 20 цилиндр низкого давления паровой турбины; 21- конденсатор; 22- конденсатный насос первой ступени; 23- подогреватель низкого давления; 24 - конденсатный насос второй ступени; 25 – подогреватель низкого давления; 26 - деаэратор; 27– питательный насос турбоустановки.

Фиг.1