



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015150117/07, 23.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.11.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.11.2015

(45) Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU2162621 С2, 27.01.2001 .
WO2013176718 А1, 28.11.2013 . US9031183 В2,
12.05.2015 . US5120494 А1, 09.06.1992.

Адрес для переписки:

410056, Саратов, ул. Рахова, 103/115, кв. 141,
Аминову Рашиду Зарифовичу

(72) Автор(ы):

Бессонов Валерий Николаевич (RU),
Аминов Рашид Зарифович (RU),
Юрин Валерий Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Бессонов Валерий Николаевич (RU),
Аминов Рашид Зарифович (RU),
Юрин Валерий Евгеньевич (RU)(54) СПОСОБ РАСХОЛАЖИВАНИЯ ВОДООХЛАЖДАЕМОГО РЕАКТОРА ПОСРЕДСТВОМ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТВОДА ОСТАТОЧНОГО ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ В
УСЛОВИЯХ ПОЛНОГО ОБЕСТОЧИВАНИЯ АЭС

(57) Реферат:

Изобретение относится к расхолаживанию водоохлаждаемого реактора при полном обесточивании. Пар, получаемый в парогенераторе за счет энергии остаточного тепловыделения активной зоны, через быстродействующую редукционную установку направляется в дополнительную паротурбинную установку 17, в которой вырабатывает необходимую электроэнергию для электроснабжения собственных нужд станции. При этом избыточная часть генерируемого пара направляется в смешивающий подогреватель 11,

где подогревает воду, поступающую из бака холодной воды 13, полученная горячая вода поступает в бак горячей воды 10 и используется для подогрева питательной воды путем смешения, когда энергии остаточного тепловыделения становится недостаточно, для генерации необходимого количества пара. Технический результат - обеспечение расхолаживания реактора при полном обесточивании, а в штатном режиме - получение дополнительной электроэнергии за счет теплоты, аккумулированной в часы провала электрической нагрузки. 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G21D 3/04 (2006.01)
G21C 15/18 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015150117/07, 23.11.2015

(24) Effective date for property rights:
23.11.2015

Priority:

(22) Date of filing: 23.11.2015

(45) Date of publication: 27.10.2016 Bull. № 30

Mail address:

410056, Saratov, ul. Rakhova, 103/115, kv. 141,
Aminovu Rashidu Zarifovichu

(72) Inventor(s):

**Bessonov Valerij Nikolaevich (RU),
Aminov Rashid Zarifovich (RU),
YUrin Valerij Evgenevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Bessonov Valerij Nikolaevich (RU),
Aminov Rashid Zarifovich (RU),
YUrin Valerij Evgenevich (RU)**

(54) **METHOD OF WATER-COOLED REACTOR SHUT-DOWN COOLING UNDER NPP TOTAL LOSS OF POWER BY MEANS OF RESIDUAL HEAT REMOVAL MULTIFUNCTIONAL SYSTEM**

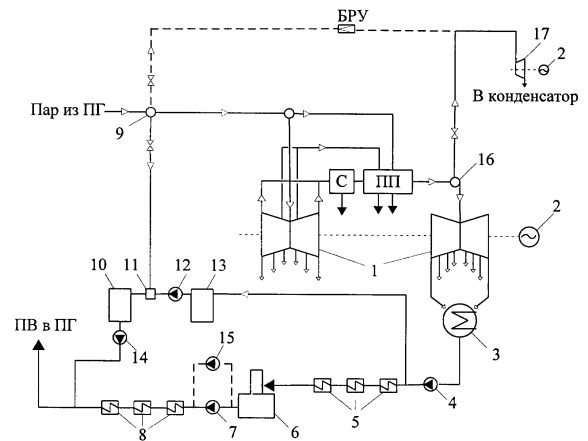
(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to water-cooled reactor shut-down cooling at total loss of power. Steam produced in steam generator by energy of reactor core residual heat release, through high-speed reduction plant is directed into auxiliary steam turbine plant 17, in which electric power required for station auxiliaries is generating. At that, excessive part of generated steam is directed to mixing heater 11, where water coming from cold water tank 13 is heated, produced hot water is supplied to hot water tank 10 and used for feed water heating by mixing, when residual heat release energy becomes insufficient, to generate required amount of steam.

EFFECT: providing reactor shut-down cooling at total loss of power, and in normal mode is generating additional electric power by heat accumulated during

off-peak load hours.
1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

RU 2 601 285 C1

RU 2 601 285 C1

Изобретение относится к области энергетики и предназначено для использования на атомных электрических станциях (АЭС) с водоохлаждаемыми реакторами.

Предложенный способ позволяет решить задачу повышения надежности процесса расхолаживания реакторов АЭС в условиях полного обесточивания.

5 Известна энергетическая установка (см. авт. свид. СССР на изобретение №1133428, МПК F01K 17/00; 13/00, опубл. 07.01.1985 г.), содержащая подключенный к линии подачи острого пара из парогенератора в основную турбину фазовый аккумулятор, в котором в период уменьшения нагрузки аккумулируется тепловая энергия, а в часы пиковых нагрузок в аккумуляторе генерируется пар, служащий рабочим телом для
10 дополнительной паровой турбины, предназначенной для получения дополнительной пиковой мощности.

Недостатком известной установки является то, что она предназначена для повышения маневренности энергоблока атомной электростанции и не может быть использована для расхолаживания реактора при полном обесточивании атомной электростанции,
15 так как пар, генерируемый за счет остаточного тепловыделения, не используется на прямую в паровой турбине, а аккумулированного тепла недостаточно для расхолаживания в течение 72 часов (время, требуемое МАГАТЭ). Кроме того, аккумулятор фазового перехода имеет сложную и дорогую конструкцию, в связи с чем не получил развитие в современной энергетике.

20 Известен способ резервирования собственных нужд АЭС на основе устройства системы электроснабжения посредством источников разного принципа действия (см. патент РФ на изобретение №63614, МПК H02J 9/00, опубл. 27.05.2007), предназначенный для обеспечения возможности расхолаживания и вывода АЭС из работы при полном обесточивании. Его суть заключается в расположении в традиционной схеме резервного
25 энергоснабжения, основанной на дизель-генераторах, дополнительных резервных источников - гидроагрегатов, так как для охлаждения активной зоны АЭС всегда применяется водохранилище, искусственное или природное. После внезапного отключения потребителей от внешней энергосистемы в течение нескольких секунд включаются дизель-генераторы, если запуск всех резервных дизель-генераторов не
30 срабатывает, тогда последовательно запускаются гидротурбины. Сработавший гидрогенератор (один из трех) обеспечивает отпуск электроэнергии на собственные нужды АЭС.

Недостатком известного решения является то, что при расхолаживании не используется полезно энергия остаточного тепловыделения активной зоны реактора,
35 а остаточный пар сбрасывается в атмосферу. Кроме того, ограничен спектр решаемых задач, так как дизель-генераторы и гидротурбины длительное время простаивают в режиме ожидания и требуют текущего поддержания их в работоспособном состоянии.

Известен способ резервирования собственных нужд АЭС на основе дизель-генераторов (см. В.А. Иванов. "Полное обесточивание энергоблока", "Эксплуатация
40 АЭС", Энергоатомиздат, Санкт-Петербург, 1994, с. 330-332.) Известный способ предназначен для обеспечения возможности расхолаживания и вывода АЭС из работы при полном обесточивании. Известный способ заключается в том, что при полном обесточивании энергоблока АЭС возникает аварийный режим, сопровождающийся обесточиванием шин собственных нужд, срабатыванием аварийной защиты первого
45 рода реактора и формированием сигнала на автоматическое включение аварийных каналов дизель-генераторами. При этом мощность реактора быстро снижается до уровня остаточного тепловыделения. Сброс остаточного пара осуществляется в атмосферу через быстродействующие редуцирующие устройства и, как правило,

предохранительные клапаны парогенераторов. Электропитание всех механизмов, обеспечивающих расхолаживание и вывод энергоблока из работы, производится от дизель-генераторов.

Недостатком известного способа является то, что при расхолаживании не
5 используется полезно энергия остаточного тепловыделения активной зоны реактора, а рабочее тело второго контура сбрасывается в атмосферу. Кроме того, ограничен спектр решаемых задач, так как дизель-генераторы длительное время простаивают в режиме ожидания и требуют текущего поддержания их в работоспособном состоянии.

Известен способ резервирования собственных нужд АЭС (см. патент РФ №2520979,
10 МПК G21D 01/00, F01K 23/10, G21C 15/18, G21D 03/08, опубл. 27.06.2014), схема предназначена для резервирования собственных нужд АЭС и повышения её маневренности на основе комбинирования с ПГУ. Постоянно работающая маневренная парогазовая установка применяется наряду с резервированием собственных нужд АЭС на случай аварийной ситуации, сопровождаемой полным обесточиванием, также для
15 покрытия пиковых электрических нагрузок энергосистемы в эксплуатационном режиме работы. ПГУ вынесена за территорию станции.

Недостатком известного способа является то, что при расхолаживании проблемно
использовать энергию остаточного тепловыделения активной зоны реактора, так как
20 необходим протяженный паропровод от основного энергоблока. В случае отказа от работы ПТУ на остаточном тепловыделении станция имеет малый диапазон маневрирования мощности, т.к. ГТУ придется всегда находиться в работе, в том числе во внепиковые часы. Работа ГТУ ночью неэкономична. Кроме того, необходимо строительство протяженных газопроводов, которые должны быть выполнены с защитой от климатических и террористических угроз, что потребует значительных
25 капиталовложений.

Известна система пассивной безопасности атомной электростанции (см. авт. свид.
СССР на изобретение №1829697, МПК G21C 9/00, опубл. 09.06.1995 г.). Известная
система пассивной безопасности атомной электростанции предназначена для повышения
30 безопасности при аварии с потерей электроснабжения путем обеспечения привода агрегатов вентиляционной системы, а также интенсификации теплоотвода из-под внутренней оболочки. Сущность изобретения заключается в том, что для повышения безопасности АЭС с двойной вентилируемой защитной оболочкой - внутренней и наружной - последняя снабжена вентиляционной системой, газодувный агрегат которой
35 подключен к турбине дополнительного контура с легкокипящим теплоносителем. В случае аварии с разгерметизацией первого контура и потерей источников электроснабжения с помощью теплообменника выделяющееся под оболочкой тепло передают в парогенератор. Конденсатор размещен выше парогенератора в вытяжной шахте, за счет чего в контуре обеспечивается естественная циркуляция теплоносителя.

Недостатком известного способа является в первую очередь дороговизна и сложность
40 построения дополнительного контура с легкокипящим носителем. Кроме того, ограничен спектр решаемых задач: элементы системы пассивной безопасности в режиме нормальной эксплуатации АЭС находятся в состоянии горячего резерва и требуют дополнительные затраты на поддержание их в работоспособном состоянии.

Известен способ расхолаживания водоохлаждаемого реактора при полном
45 обесточивании АЭС (см. патент РФ на изобретение № 2499307, МПК G21D 01/00, F01K 23/10, G21D 05/08, G21D 03/08, опубл. 20.11.2013 г.). Известный способ предусматривает расхолаживание водоохлаждаемого реактора в штатном режиме при полном обесточивании АЭС, без использования аварийных систем расхолаживания реактора,

за счет использования энергии остаточного тепловыделения активной зоны, энергии сжигания водородного топлива и дополнительной турбины, эффективно используемых для повышения маневренности энергоблока АЭС в эксплуатационных режимах.

5 Недостатком известного способа является дороговизна и сложность водородного комплекса. Использование взрывоопасного топлива, тем более на АЭС, требует значительных затрат на обеспечение безопасности. Кроме того, значительно возрастает количество элементов, участвующих в расхолаживании (камера сгорания, компрессорные установки, запорно-регулирующая арматура емкостей и т.д.), что ведет к значительному снижению показателей надежности предлагаемого способа.

10 Наиболее близким аналогом является известный способ расхолаживания и вывода из работы энергоблока атомной электрической станции или ядерной энергетической установки другого назначения при полном обесточивании и устройство для его осуществления (см. патент РФ на изобретение № 2162621, МПК G21C 15/18, G21D 3/00, опубл. 27.01.2001 г.). Известный способ предусматривает ускоренный останов
15 турбогенератора при полном обесточивании благодаря использованию остаточного тепловыделения реактора и аккумулированной тепловой энергии для генерирования водяного пара и срабатыванию его в специально предназначенной для этого дополнительной паротурбинной установке. Дополнительная паротурбинная установка, получая пар из главного паропровода, обеспечивает подачу требуемого расхода
20 питательной воды в паропроизводящую установку энергоблока и масла на подшипники штатного турбогенератора.

Недостатком известного способа является использование запасенной в теплогидроаккумуляторе перегретой воды для генерации пара в расширителе, что ведет к неизбежным значительным потерям теплоты на изменение фазового состояния
25 перегретой воды. Ограничен спектр решаемых задач: паротурбинная установка в составе турбины, питательного насоса, масляного насоса и генератора постоянного тока находятся в состоянии немедленной готовности к работе (в режиме горячего резерва или в работе с минимальной нагрузкой), что снижает готовность к работе на случай аварийной ситуации и требует дополнительные затраты на поддержание их в
30 работоспособном состоянии.

Задачей настоящего изобретения является расхолаживание водоохлаждаемого реактора в аварийных условиях, сопровождаемых полным обесточиванием путем полезного использования энергии остаточного тепловыделения.

Техническим результатом, достигаемым при использовании настоящего изобретения,
35 является обеспечение электроэнергией собственных нужд АЭС в процессе расхолаживания реактора при полном обесточивании путем использования энергии остаточного тепловыделения активной зоны для подогрева питательной воды и генерации пара, используемого в качестве рабочего тела в дополнительной паровой турбине, генерирующей в аварийном режиме при полном обесточивании необходимую
40 для расхолаживания электроэнергию, а в штатном режиме дополнительную электроэнергию в сеть за счет использования теплоты, аккумулированной в часы провала электрической нагрузки.

Указанный технический результат достигается тем, что на АЭС, содержащей паровую турбину с цилиндрами высокого (ЦВД) и низкого (ЦНД) давления, подогреватели
45 высокого (ПВД) и низкого (ПНД) давления, два устройства парораспределения, сепаратор, промежуточный перегреватель, причем вход ЦВД соединён трубопроводом с первым устройством парораспределения, вход ЦНД соединен трубопроводом со вторым устройством парораспределения, дополнительную паротурбинную установку,

быстродействующую редуцированную установку (БРУ), при этом дополнительная паротурбинная установка подключена к первому (через быстродействующую редуцированную установку) и второму устройствам парораспределения перед соответственно ЦВД и ЦНД основной турбины посредством трубопровода, баки горячей воды (БГВ), бак холодной воды (БХВ), смешивающий подогреватель, при этом смешивающий подогреватель подключен к первому устройству парораспределения перед ЦВД основной турбины, к БГВ с одной стороны и БХВ с другой, БГВ подключен к тракту питательной воды после ПВД, БХВ подключен к тракту питательной воды перед ПНД при полном обесточивании, пар, получаемый в парогенераторе (ПГ) за счет энергии остаточного тепловыделения активной зоны, согласно изобретению, направляется в дополнительную паротурбинную установку, в которой вырабатывает необходимую электроэнергию для электроснабжения собственных нужд станции, при этом избыточная часть генерируемого пара направляется в смешивающий подогреватель, где подогревает воду из БХВ, полученная горячая вода поступает в БГВ и используется для подогрева питательной воды путем смешения с ней, когда энергии остаточного тепловыделения становится недостаточно, для генерации необходимого количества пара.

Сущность изобретения заключается в обеспечении электроснабжения собственных нужд АЭС в случае полного обесточивания путем генерации пара в ПГ за счет остаточного тепловыделения активной зоны и использования его в дополнительной паротурбинной установке, в которой вырабатывается необходимая для электроснабжения собственных нужд станции электроэнергия. При этом избыток генерируемого пара аккумулируется в баке горячей воды. По мере расхолаживания активной зоны количество пара генерируемого в ПГ будет снижаться, когда его станет недостаточно, аккумулированная перегретая вода будет подаваться в тракт питательной воды, за счет чего в парогенераторе будет генерироваться большее количество пара.

Изобретение иллюстрируется чертежом (фиг. 1), где показана схема многофункциональной системы отвода остаточного тепловыделения водоохлаждаемого реактора. Позиции на чертежах обозначают следующее: 1 - основная паротурбинная установка; 2 - электрические генераторы; 3 - конденсатор; 4 - конденсатный насос; 5 - подогреватели низкого давления; 6 - деаэрактор; 7 - питательный насос; 8 - подогреватели высокого давления; 9 - устройство парораспределения; 10 - бак горячей воды; 11 - смешивающий подогреватель; 12 - насос подачи холодной воды; 13 - бак холодной воды; 14 - насос подачи горячей воды; 15 - аварийный питательный насос; 16 - устройство парораспределения; 17 - дополнительная паротурбинная установка.

В аварийной ситуации, вызванной, например, обесточиванием, на дополнительную паровую турбину 17 через БРУ продолжает поступать пар из ПГ, генерируемый остаточным тепловыделением активной зоны реактора. Избыток пара через устройство парораспределения 9 подается в смешивающий подогреватель 11, где подогревает воду из БХВ 13, полученная горячая вода поступает в БГВ 10 и используется для подогрева питательной воды путем смешения с ней, когда энергии остаточного тепловыделения становится недостаточно, для генерации необходимого количества пара.

В эксплуатационном режиме в период ночного провала электрической нагрузки станция снижает электрическую мощность, а избыток пара после устройства парораспределения 9 направляется в смешивающий подогреватель, где подогревает воду из БХВ 13, полученная горячая вода поступает в БГВ 10. В пиковые часы электрической нагрузки из БГВ 10 в тракт питательной воды после ПВД 8 поступает запасенная перегретая вода. При этом чтобы сохранить расход питательной воды на

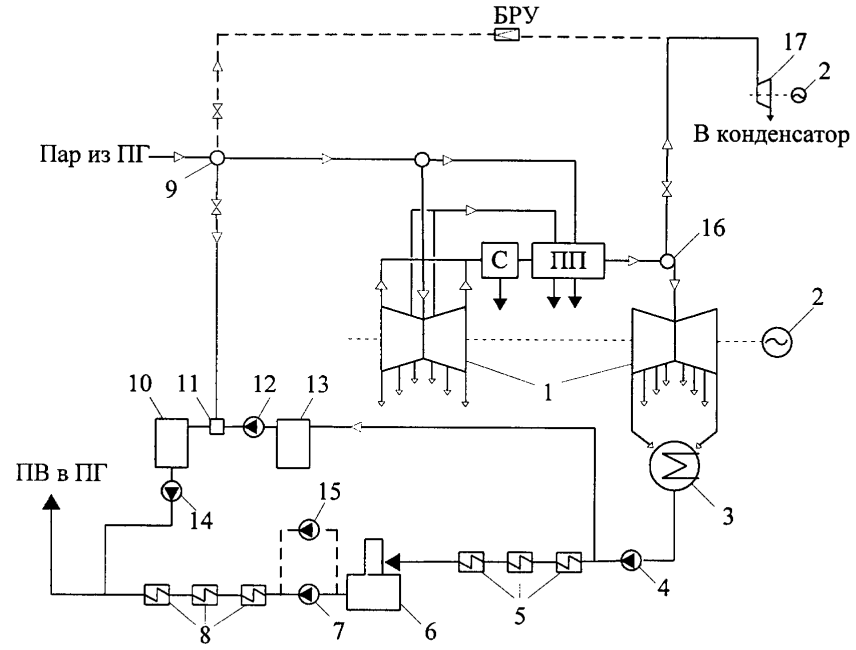
входе в парогенератор прежним, часть конденсата направляется в БХВ 13, в результате чего снижается расход воды через ПВД 8 и ПНД 5, за счет чего уменьшаются отборы пара из основной паровой турбоустановки на подогрев питательной воды. Избыток пара, полученный за счет снижения расхода на отборы, через устройство парораспределения 16 направляется на дополнительную паровую турбоустановку 17.

Отличительным признаком способа расхолаживания водоохлаждаемого реактора посредством многофункциональной системы отвода остаточного тепловыделения в условиях полного обесточивания АЭС является обеспечение электроэнергией собственных нужд АЭС в процессе расхолаживания реактора при полном обесточивании путем использования энергии остаточного тепловыделения активной зоны для подогрева питательной воды и генерации пара, используемого в качестве рабочего тела в дополнительной паровой турбине, генерирующей в аварийном режиме при полном обесточивании необходимую для расхолаживания электроэнергию, а в штатном режиме дополнительную электроэнергию в сеть за счет аккумулялированной в часы провала электрической нагрузки теплоты.

Формула изобретения

Способ расхолаживания водоохлаждаемого реактора посредством многофункциональной системы отвода остаточного тепловыделения в условиях полного обесточивания АЭС, содержащей паровую турбину с цилиндрами высокого (ЦВД) и низкого (ЦНД) давления, подогреватели высокого (ПВД) и низкого (ПНД) давления, два устройства парораспределения, сепаратор, промежуточный перегреватель, причем вход ЦВД соединён трубопроводом с первым устройством парораспределения, вход ЦНД соединен трубопроводом со вторым устройством парораспределения, дополнительную паротурбинную установку, быстродействующую редуцирующую установку (БРУ), при этом дополнительная паротурбинная установка подключена к первому (через быстродействующую редуцирующую установку) и второму устройствам парораспределения перед соответственно ЦВД и ЦНД основной турбины посредством трубопровода, баки горячей воды (БГВ), бак холодной воды (БХВ), смешивающий подогреватель, при этом смешивающий подогреватель подключен к первому устройству парораспределения перед ЦВД основной турбины, к БГВ с одной стороны и БХВ с другой, БГВ подключен к тракту питательной воды после ПВД, БХВ подключен к тракту питательной воды перед ПНД, отличающийся тем, что при полном обесточивании пар, получаемый в парогенераторе (ПГ) за счет энергии остаточного тепловыделения активной зоны, направляется в дополнительную паротурбинную установку, в которой вырабатывает необходимую электроэнергию для электроснабжения собственных нужд станции, при этом избыточная часть генерируемого пара направляется в смешивающий подогреватель, где подогревает воду из БХВ, полученная горячая вода поступает в БГВ и используется для подогрева питательной воды путем смешения, когда энергии остаточного тепловыделения становится недостаточно, для генерации необходимого количества пара.

Схема многофункциональной системы отвода остаточного тепловыделения водо-охлаждаемого реактора



Фиг. 1