



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005116890/06, 02.06.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.06.2005

(45) Опубликовано: 10.01.2007 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2095864 C1, 10.11.1997. RU 2142447
C1, 10.12.1999. SU 1709406 A1, 30.01.1992. US
4582669 A, 15.04.1986. FR 2326012 A1,
22.04.1977.Адрес для переписки:
109507, Москва, ул. Ферганская, 25, ОАО
ВНИИАЭС, Первому зам. Генерального
директора Л.М. Воронину

(72) Автор(ы):

Сопленков Константин Иванович (RU),
Давиденко Николай Никифорович (RU),
Шутиков Александр Викторович (RU),
Доровских Борис Васильевич (RU),
Немытов Сергей Александрович (RU),
Вознесенский Всеволод Александрович (RU),
Давлетбаев Разим Ильгамович (RU),
Михальчук Александр Васильевич (RU),
Подшибякин Михаил Александрович (RU),
Кавун Олег Юрьевич (RU),
Люльчак Вадим Владимирович (RU),
Чаховский Владимир Михайлович (RU),
Воронин Александр Леонидович (RU),
Ходаковский Виктор Владимирович (RU),
Филимонов Павел Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

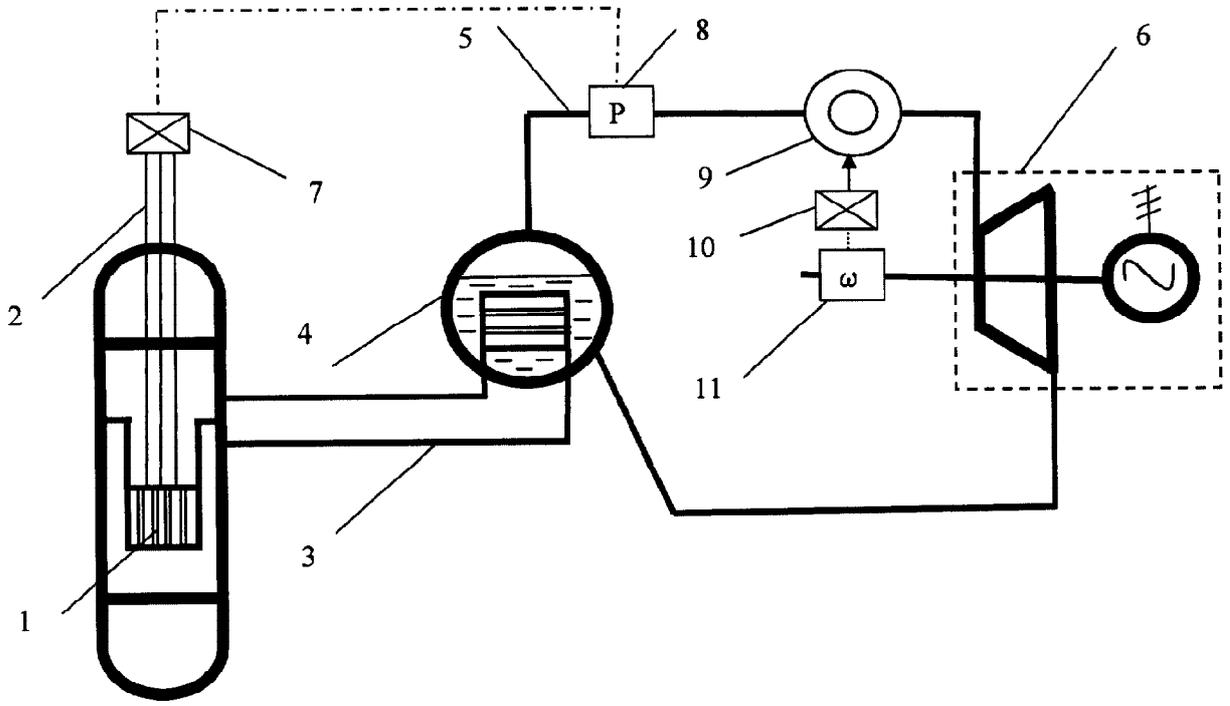
Открытое акционерное общество
"Всероссийский научно-исследовательский
институт по эксплуатации атомных
электростанций" (ВНИИАЭС) (RU)

(54) СПОСОБ ПЕРВИЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С УЧАСТИЕМ ЭНЕРГБЛОКОВ АЭС

(57) Реферат:

Изобретение относится к энергетике, а именно к энергосистемам переменного электрического тока, в состав которых входят атомные электростанции с реакторами ВВЭР-1000. Способ первичного регулирования частоты переменного тока в энергосистеме с участием энергоблоков атомных электростанций, преимущественно ВВЭР-1000, состоит в том, что рабочее давление пара в главном паровом коллекторе второго контура поддерживают за счет регулирования мощности реакторной установки с помощью системы автоматического регулирования мощности реактора. Систему автоматического регулирования мощности реактора настраивают на работу с зоной нечувствительности по давлению пара в главном паровом коллекторе второго контура в

пределах $\pm(0,20\div 0,25)$ МПа, что обеспечивает изменение мощности реакторной установки за счет саморегулирования с отрицательной обратной связью между мощностью реакторной установки и температурой теплоносителя первого контура. При давлении пара в главном паровом коллекторе второго контура вне упомянутой зоны нечувствительности $\pm(0,20\div 0,25)$ МПа регулирование мощности реакторной установки осуществляют за счет перемещения стержней системы управления и защиты реакторной установки. Изобретение позволяет перевести эксплуатацию энергоблоков АЭС в режим первичного регулирования частоты для повышения качества электроэнергии и надежности энергосистемы. 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2005116890/06, 02.06.2005**

(24) Effective date for property rights: **02.06.2005**

(45) Date of publication: **10.01.2007 Bull. 1**

Mail address:

**109507, Moskva, ul. Ferganskaja, 25, OAO
VNIIAEhS, Pervomu zam. General'nogo direktora
L.M. Voroninu**

(72) Inventor(s):

**Soplenkov Konstantin Ivanovich (RU),
Davidenko Nikolaj Nikiforovich (RU),
Shutikov Aleksandr Viktorovich (RU),
Dorovskikh Boris Vasil'evich (RU),
Nemytov Sergej Aleksandrovich (RU),
Voznesenskij Vsevolod Aleksandrovich (RU),
Davletbaev Razim Il'gamovich (RU),
Mikhal'chuk Aleksandr Vasil'evich (RU),
Podshibjakin Mikhail Aleksandrovich (RU),
Kavun Oleg Jur'evich (RU),
Ljul'chak Vadim Vladimirovich (RU),
Chakhovskij Vladimir Mikhajlovich (RU),
Voronin Aleksandr Leonidovich (RU),
Khodakovskij Viktor Vladimirovich (RU),
Filimonov Pavel Evgen'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
institut po ehkspluatatsii atomnykh
ehlektrostantsij" (VNIIAEhS) (RU)**

(54) **METHOD FOR PRIMARY CONTROLLING ALTERNATING-CURRENT FREQUENCY IN POWER SYSTEM INCORPORATING NPS POWER UNITS**

(57) Abstract:

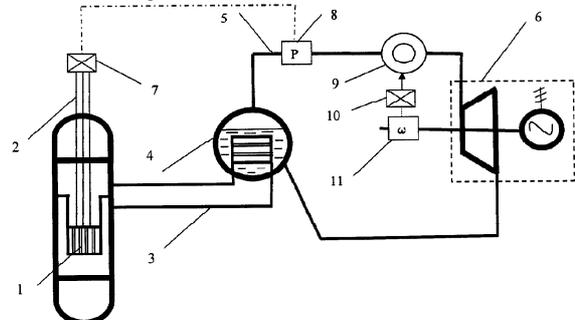
FIELD: power engineering; alternating-current power systems incorporating nuclear power stations.

SUBSTANCE: proposed method for primary regulation of AC frequency in power system incorporating NPS power units, primarily those with VVER-1000 reactors, involves maintenance of working steam pressure within secondary-circuit main steam header by controlling reactor-unit power output with aid of automatic-control system. This automatic power control system is adjusted for operation with steam-pressure in dead zone of secondary-circuit main-steam header held within $\pm(0.20 - 0.25)$ MPa affording reactor unit power variation due to self-control with negative-feedback between reactor unit power and primary-circuit coolant temperature. With steam pressure of $\pm(0.20 - 0.25)$ MPa in secondary-

circuit header beyond mentioned dead zone reactor unit power is controlled by shifting rods of reactor-unit control and protection system.

EFFECT: ability of transferring operation of nuclear-station power units to variable frequency control mode to enhance power characteristics and power-system reliability.

1 cl, 1 dwg



RU 2 291 503 C1

RU 2 291 503 C1

Изобретение относится к области энергетики, а именно к энергосистемам переменного электрического тока, в состав которых входят атомные электростанции с реактором ВВЭР-1000.

5 В соответствии с Приказом РАО ЕЭС РФ от 18 сентября 2002 г. №524 «О повышении качества первичного и вторичного регулирования частоты электрического тока в ЕЭС России» главным условием подключения электростанций, в т.ч. и атомных, к энергосистеме является их участие в первичном регулировании частоты в энергосистеме.

10 В настоящее время первичное регулирование частоты переменного тока в ЕЭС России осуществляется группой выделенных тепловых и гидроэлектростанций, которые при отклонении частоты в энергосистеме меняют свою мощность в соответствии со статической характеристикой турбины: при повышении частоты в энергосистеме мощность выделенных электростанций падает, а при понижении частоты - возрастает. Первичное регулирование частоты (время мобилизации для участия энергоблока составляет до 30 секунд) реализуется автоматически под действием системы автоматического
15 регулирования турбоагрегатов, систем регулирования производительности котлов при отклонении частоты от заданного уровня.

Указанные электростанции регулируют частоту следующим образом: при изменении частоты в энергосистеме система автоматического регулирования турбины меняет ее мощность в соответствии со статической характеристикой турбины «частота-мощность»,
20 повышая или снижая расход пара на турбину для повышения или понижения мощности на валу турбогенератора. Одновременно автоматика управления мощности котла изменяет производительность котла, следуя за мощностью турбоагрегата, путем соответствующего изменения расхода топлива.

25 В настоящее время энергоблоки АЭС работают в базовом (стационарном) режиме и в регулировании частоты не участвуют, что не соответствует требованиям вышеупомянутого приказа.

Изобретением решается задача перевода эксплуатации энергоблоков АЭС в режим первичного регулирования частоты для повышения качества электроэнергии и надежности энергосистемы при сохранении необходимого уровня безопасности энергоблоков АЭС.

30 Для достижения указанного технического результата в предлагаемом способе первичного регулирования частоты переменного тока в энергосистеме с участием энергоблоков атомных электростанций, преимущественно ВВЭР-1000, содержащих реакторную установку со стержнями системы управления и защиты, охлаждаемую теплоносителем первого контура; парогенераторы, включающие стороны как первого, так и
35 второго контуров, из которых стороны второго контура соединены главным паровым коллектором с турбогенератором; систему автоматического регулирования мощности реакторной установки, поддерживающую рабочее давление пара второго контура; систему автоматического регулирования турбогенератора, поддерживающую регулирование мощности турбогенератора в соответствии со статической характеристикой «частота-мощность», рабочее давление пара в главном паровом коллекторе второго контура поддерживают за счет регулирования мощности реакторной установки с помощью системы
40 автоматического регулирования мощности реактора, которую настраивают на работу с зоной нечувствительности по давлению пара в главном паровом коллекторе второго контура в пределах $\pm(0,20 \div 0,25)$ МПа, при этом мощность реакторной установки изменяется
45 за счет саморегулирования с отрицательной обратной связью между мощностью реакторной установки и температурой теплоносителя первого контура, а при давлении пара в главном паровом коллекторе второго контура вне упомянутой зоны нечувствительности $\pm(0,20 \div 0,25)$ МПа регулирование мощности реакторной установки осуществляют за счет перемещения стержней системы управления и защиты реакторной
50 установки.

Особенностью предлагаемого способа по сравнению с аналогами является поддержание рабочего давления пара второго контура в главном паровом коллекторе за счет регулирования мощности реакторной установки с помощью системы автоматического

регулирования мощности реактора, которую настраивают на работу с зоной нечувствительности по давлению пара в главном паровом коллекторе второго контура в пределах $\pm(0,20\div 0,25)$ МПа, при этом мощность реакторной установки изменяется за счет саморегулирования с отрицательной обратной связью между мощностью реакторной

5 установки и температурой теплоносителя первого контура.

Предлагаемый способ поясняется чертежом, где схематически показан энергоблок атомной электростанции с реакторной установкой типа ВВЭР, где:

1 - реакторная установка;

2 - стержни системы управления и защиты;

10 3 - главный циркуляционный трубопровод первого контура;

4 - парогенераторы;

5 - главный паровой коллектор второго контура;

6 - турбогенератор;

7 - система автоматического регулирования мощности реакторной установки;

15 8 - датчик давления пара в главном паровом коллекторе второго контура;

9 - стопорно-регулирующий клапан турбогенератора;

10 - система автоматического регулирования турбогенератора, поддерживающая регулирование мощности турбогенератора в соответствии со статической характеристикой «частота-мощность»;

20 11 - датчик частоты вращения вала турбогенератора.

Способ осуществляется следующим образом: при изменении частоты в энергосистеме система автоматического регулирования турбогенератора (10) с датчиком частоты (11) вращения вала турбогенератора (6) изменяет его мощность в соответствии со статической характеристикой «частота-мощность» путем изменения проходного сечения стопорно-

25 регулирующего клапана (9), расположенного на главном паровом коллекторе (5) перед турбогенератором (6). Изменение мощности турбогенератора (6) приводит к изменению давления пара в парогенераторах (4) и главном паровом коллекторе (5) второго контура. Изменение давления и температуры пара в парогенераторах (4) приводит к изменению температуры теплоносителя (воды) первого контура (3). Между температурой

30 теплоносителя первого контура (3) и нейтронной мощностью реакторной установки (1) существует отрицательная обратная связь, вызывающая изменение мощности реактора (см., например, Емельянов И.Я., Ефанов А.И., Константинов Л.В., Научно-технические основы управления ядерными реакторами, М., Энергоиздат, 1991 г.).

Так, например, при повышении частоты в энергосистеме система автоматического

35 регулирования турбогенератора (10), поддерживающая регулирование мощности турбогенератора в соответствии со статической характеристикой «частота-мощность», уменьшает мощность турбогенератора (6) путем уменьшения проходного сечения

стопорно-регулирующего клапана (9) по сигналу датчика частоты вращения (11) вала турбогенератора (6), а давление и температура пара в главном паровом коллекторе

40 второго контура (5) и в парогенераторах (4) повышаются. Повышение давления и температуры пара со стороны второго контура в парогенераторах (4) приводит к повышению температуры теплоносителя (воды) первого контура (3). При этом, если

давление пара во втором контуре (4, 5) увеличивается в пределах до $(0,20\div 0,25)$ МПа от номинального значения, мощность реакторной установки (1) снижается за счет

45 отрицательной обратной связи между температурой теплоносителя первого контура (3) и мощностью реакторной установки (1).

В случае понижения частоты в энергосистеме система автоматического регулирования турбогенератора (10), поддерживающая регулирование мощности турбогенератора в соответствии со статической характеристикой «частота-мощность», повышает мощность

50 турбогенератора (6) путем увеличения проходного сечения стопорно-регулирующего клапана (9) по сигналу датчика частоты вращения (11) вала турбогенератора (6), а давление и температура пара в главном паровом коллекторе второго контура (5) и в парогенераторах (4) снижаются. Снижение давления и температуры пара со стороны

второго контура в парогенераторах (4) приводит к понижению температуры теплоносителя (воды) первого контура (3). При снижении давления пара во втором контуре (4, 5) на величину до $(0,20 \div 0,25)$ МПа от номинального значения мощность реакторной установки (1) повышается за счет отрицательной обратной связи между температурой теплоносителя

5

первого контура (3) и мощностью реакторной установки (1).
В том и другом случае при изменении давления пара в главном паровом коллекторе второго контура (5) на величину, выходящую за пределы $\pm(0,20 \div 0,25)$ МПа, от номинального значения регулирование (изменение) мощности реакторной установки (1) производят в штатном режиме за счет перемещения стержней системы управления и

10

защиты (2) реакторной установки (1).
Реализация предложенного изобретения позволяет исключить перемещение стержней (2) системы управления и защиты реакторной установки (1) при нормальном диапазоне колебаний частоты в энергосистеме $50 \pm 0,05$ Гц, что соответствует изменению мощности энергоблока до $\pm 2\%$ от номинальной мощности и давления пара в главном паровом

15

коллекторе второго контура на величину $\pm(0,20 \div 0,25)$ МПа, благодаря чему уменьшается общее число перемещений стержней (2) системы управления и защиты реакторной

20

установки (1), обеспечивается необходимый уровень безопасности энергоблоков атомных электростанций при их участии в первичном регулировании частоты в энергосистеме, повышается качество электроэнергии и надежность энергосистемы, а также повышается экономическая эффективность атомных электростанций за счет более высокого тарифа на электроэнергию в режиме регулирования мощности по сравнению с работой АЭС в базовом режиме.
(Тариф 1 кВт.час регулировочной мощности в Европейской энергосистеме UCTE примерно в 8 раз выше тарифа 1 кВт.час базовой мощности.)

25

Формула изобретения

Способ первичного регулирования частоты переменного тока в энергосистеме с участием энергоблоков атомных электростанций, преимущественно ВВЭР-1000, содержащих реакторную установку со стержнями системы управления и защиты, охлаждаемую теплоносителем первого контура; парогенераторы, включающие стороны как

30

первого, так и второго контуров, из которых стороны второго контура соединены главным паровым коллектором с турбогенератором; систему автоматического регулирования мощности реакторной установки, поддерживающую рабочее давление пара второго контура; систему автоматического регулирования турбогенератора, поддерживающую

35

регулирование мощности турбогенератора в соответствии со статической характеристикой "частота - мощность", характеризующийся тем, что рабочее давление пара в главном паровом коллекторе второго контура поддерживают за счет регулирования мощности реакторной установки с помощью системы автоматического регулирования мощности реактора, которую настраивают на работу с зоной нечувствительности по давлению пара в главном паровом коллекторе второго контура в пределах $\pm(0,20 \div 0,25)$ МПа, что обеспечивает изменение мощности реакторной установки за счет саморегулирования с отрицательной обратной связью между мощностью реакторной установки и температурой теплоносителя первого контура, а при давлении пара в главном паровом коллекторе

40

второго контура вне упомянутой зоны нечувствительности $\pm(0,20 \div 0,25)$ МПа регулирование мощности реакторной установки осуществляют за счет перемещения стержней системы управления и защиты реакторной установки.

45

50