

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 039710

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2022.03.03

(21) Номер заявки  
201992879

(22) Дата подачи заявки  
2017.06.30

(51) Int. Cl. G21C 17/022 (2006.01)  
B08B 3/00 (2006.01)

(54) СИСТЕМА ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

(43) 2020.04.30

(86) PCT/RU2017/000473

(87) WO 2019/004856 2019.01.03

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНО-  
КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
"АТОМПРОЕКТ" (АО  
"АТОМПРОЕКТ"); АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО "НАУКА И  
ИННОВАЦИИ" (АО "НАУКА И  
ИННОВАЦИИ") (RU)

(56) EP-A1-0417571  
US-A1-2011209730  
RU-C1-2326372

(72) Изобретатель:

Крицкий Владимир Георгиевич,  
Прохоров Николай Александрович,  
Николаев Федор Владимирович,  
Стяжкин Павел Семенович (RU)

(74) Представитель:

Снегов К.Г. (RU)

(57) Система химического контроля энергетической установки включает по меньшей мере один датчик (15) электрохимического показателя теплоносителя, электрически подключенный к блоку (21) обработки и передачи данных измерений, выход которого соединен с центральной электронной вычислительной машиной (22), управляющей исполнительными устройствами (23), (24) для ввода водорода и химических реагентов. Датчик (15) выполнен проточным, гидравлическим входом подключен трубкой (13) для отбора пробы к технологическому контуру энергетической установки, а гидравлический выход датчика (15) гидравлически последовательно соединен с первым теплообменником (17) и первым дросселирующим устройством (18), снабженным реверсным контуром (19) подачи теплоносителя.

039710 B1

039710 B1

Изобретение относится к энергетике, а именно к устройствам технологического контроля для обеспечения надежной работы оборудования энергетических установок с помощью средств регулирования водно-химических режимов технологических контуров.

Энергетические установки, в том числе и атомные станции (АЭС) с водоохлаждаемыми реакторами, относятся к объектам повышенной технической сложности. Учитывая, что источником энергии на этих объектах является управляемая ядерная реакция деления, безопасности и надежности эксплуатации таких энергетических установок уделяется повышенное внимание. Поддержание требуемого качества воды первого и второго контуров АЭС является одним из важнейших условий, обеспечивающих безопасную, надежную и экономичную эксплуатацию АЭС (НП-001-15 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций <https://www.seogan.ru/np-001-15>). Системы химического контроля предназначены для получения оперативной информации о состоянии водно-химических режимов по результатам измерения нормируемых и диагностических показателей водных сред технологических контуров. Управление показателями качества водно-химических режимов осуществляют на основании данных систем химического контроля. Объем или состав измеряемых показателей качества должны обеспечивать получение достаточной информации для адекватных оценок текущего состояния водно-химических режимов технологических контуров и коррозии оборудования этих контуров. Сбор, обработка, архивация и отображение данных химического контроля должны быть обеспечены системным применением современных технических средств и программных продуктов. (СТО 1.1.1.03.004.0980-2014 "Водно-химический режим первого контура при вводе энергоблока атомной электростанции проекта АЭС-2006 в эксплуатацию. Нормы качества теплоносителя и средства их обеспечения". СТО 1.1.1.03.004.0979-2014 "Водно-химический режим второго контура при вводе энергоблока атомной электростанции проекта АЭС-2006 в эксплуатацию. Нормы качества рабочей среды и средства их обеспечения". [http://www.snti.ru/snips\\_rd3.htm](http://www.snti.ru/snips_rd3.htm)).

Известна система контроля и защиты трубопроводов от коррозии (см. патент RU2200895; МПК F16L 58/00; опубл. 20.03.2003), включающая трубопровод, от двух до восьми независимых каналов управления, каждый из которых содержит датчик скорости коррозии, содержащий коррозионно-измерительный преобразователь и устройство сопряжения сигналов датчика, и исполнительное устройство для ввода ингибитора, содержащее дозатор и устройство сопряжения сигналов дозатора, отличающаяся тем, что в каждый канал системы введен микроконтроллер, соединенный с устройством управления, обработки и хранения информации - электронной вычислительной машиной (ЭВМ).

Недостатком известной системы является то, что она не обеспечивает для энергетических установок, например первых и вторых контуров АЭС с ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) и PWR (реактор с водой под давлением), надежной эксплуатации на проектной мощности, в переходных режимах или при отмытках, пассивациях и в стояночных режимах. Система не учитывает существенных отличий параметров состояния сред заполнения и гидравлических характеристик технологических контуров даже в пределах одной энергетической установки по сравнению с любым трубопроводным трактом.

Известна система химического контроля теплоносителя водоохлаждаемого реактора (см. JP2581833, МПК G01N 17/02, опубл. 12.02.1997), включающая установленный в теплоносителе датчик электрохимического потенциала, соединенный с потенциостатом, выход которого подключен к компьютеру, снабженному блоком памяти и монитором. Компьютер соединен с исполнительным устройством для ввода газа или химического реагента.

Недостатком известной системы является расположение датчиков в зоне активного парообразования, а также прямо в нейтронном поле. Как известно, многие материалы, том числе элементы изоляционных материалов и токоотводов датчиков, под действием нейтронов меняют свои физико-механические свойства. Срок надежной эксплуатации датчиков известной системы явно меньше в нейтронном поле по сравнению с длительностью работы аналогичного оборудования за его пределами, а замена датчиков возможна только в период остановов энергоблока для перегрузки топлива. Кроме того, в зоне активного парообразования измеряемые значения, прежде всего концентрации растворенных газов, будут сильно колебаться. Усреднение этих значений во времени приведет к занижению реального количества введенного водорода и иных реагентов из-за миграции растворенных газов в пузыри, захвата продуктами коррозии реагентов при концентрировании и последующем осаждении на теплопередающую поверхность топлива. Следовательно, управление дозированием водорода и других реагентов будет консервативно завышенным на величину неопределенности, связанной с разбросом показаний датчиков известной системы.

Известна система химического контроля энергетической установки, совпадающая с настоящим решением по наибольшему числу существенных признаков и принятая за прототип (ЕР0661538, МПК G01N 17/02, G21C 17/02, опубл. 05.07.1995). Система-прототип включает установленный в активной зоне реактора датчик электрохимического показателя теплоносителя, подключенный для расчета коррозионного потенциала к блоку обработки и передачи данных измерений, выход которого соединен с центральной ЭВМ, управляющей исполнительными устройствами для ввода водорода и химических реагентов. Система также может включать датчик растворенного кислорода, датчик перекиси водорода, датчик электрической проводимости и датчик pH.

Расположение датчика электрохимического показателя теплоносителя в активной зоне реактора сводит к минимуму время транспортного запаздывания (период времени между моментами выхода пробы из точки отбора и достижения пробой датчика). Недостатком известной системы является то, что в условиях мощного радиационного поля активной зоны длительность эксплуатации датчиков и элементов системы меньше по сравнению с длительностью работы аналогичного оборудования за его пределами, а замена датчиков и элементов системы возможна только в период остановов энергоблока для перегрузки топлива. Заменять приходится все элементы системы из-за высокой наведенной активности, включая и электроды датчика поляризационного сопротивления. При этом регулярное обновление состояния поверхности датчиков при их смене снижает достоверность прогнозных оценок коррозионного износа, так как общая коррозия при неизменности коррозионных свойств среды снижается во времени по параболе. При колебаниях качества водно-химического режима функция отклика замененных электродов, поверхностная оксидная пленка которых значительно отличается от пленок, образовавшихся на поверхностях оборудования контура за длительный срок, будет менее достоверной для обоснования выбора количественных характеристик использования средств оптимизации параметров теплоносителя.

Задачей настоящего технического решения является разработка такой системы химического контроля энергетической установки, которая бы имела более длительный срок службы датчиков при сохранении получения достоверных значений нормируемых и диагностических показателей водных сред технологических контуров на мощности, в переходных режимах или при отмывах, пассивациях и в стояночных режимах.

Поставленная задача решается тем, что система химического контроля энергетической установки включает по меньшей мере один датчик электрохимического показателя теплоносителя, электрически подключенный к блоку обработки и передачи данных измерений, выход которого соединен с центральной электронной вычислительной машиной, управляющей исполнительными устройствами для ввода водорода и химических реагентов. Датчик электрохимического показателя теплоносителя выполнен проточным, гидравлическим входом подключен трубкой для отбора пробы к технологическому контуру энергетической установки, а гидравлический выход датчика электрохимического показателя теплоносителя гидравлически последовательно соединен с первым теплообменником и первым дросселирующим устройством, снабженным контуром подачи теплоносителя, содержащим трубки и вентили, расположенные с возможностью реверсирования потока теплоносителя через первый теплообменник.

Вынос датчика электрохимического показателя теплоносителя из мощного радиационного поля активной зоны реактора обеспечивает более длительный срок службы датчика. При этом сброс прошедшей через датчик пробы теплоносителя в линию дренажа происходит через первый теплообменник для снижения температуры теплоносителя и дросселирующего устройства для снижения давления и расхода. Для того чтобы исключить снижение расхода пробы теплоносителя и тем самым увеличения времени транспортного запаздывания из-за постепенного забивания дросселирующего устройства продуктами коррозии железа, приводящего к уменьшению диаметра проходного отверстия дросселирующего устройства, дросселирующее устройство снабжено реверсным контуром подачи теплоносителя, обеспечивающим поддержание постоянного расхода пробы через датчик электрохимического показателя теплоносителя. Реверсный контур особенно важен при работе реактора в переходных режимах (пуск, останов), при изменении мощности энергоблока, включая аварийные отключения. Изменения мощности реактора/котлового агрегата или переключения насосов сопровождаются увеличением в теплоносителе взвешенных нерастворимых частиц продуктов коррозии, образующих в стационарных условиях поверхностные отложения, рыхлые и слабо сцепленные с плотными защитными оксидными пленками. Реверсный контур в этих случаях обеспечивает поддержание постоянного расхода пробы через электрохимические датчики, что обеспечивает получение достоверных значений нормируемых и диагностических показателей водных сред технологических контуров.

Датчик электрохимического показателя теплоносителя может быть выполнен в виде проточного датчика поляризационного сопротивления.

Датчик электрохимического показателя теплоносителя может быть выполнен в виде проточного датчика электрохимического потенциала.

Датчик электрохимического показателя теплоносителя может быть установлен в первом технологическом контуре энергетической установки.

Датчик электрохимического показателя рабочей теплоносителя может быть установлен во втором технологическом контуре энергетической установки.

Система химического контроля энергетической установки может включать датчик растворенного кислорода, и/или датчик растворенного водорода, и/или датчик электрической проводимости, и/или датчик pH, установленные между вторым теплообменником, гидравлически подсоединенным к технологическому контуру энергетической установки, и вторым дросселирующим устройством или установленные после второго дросселирующего устройства.

Датчики электрохимических показателей теплоносителя настоящей системы химического контроля энергетической установки могут быть установлены в технологических контурах различных энергетических установок: циркуляционных контурах кипящих реакторов типа BWR (кипящий водный реактор) и

РБМК (реактор большой мощности канальный), в первых и вторых контурах АЭС с PWR и ВВЭР, в контурах тепловых станций. Но в качестве примера ниже рассмотрена система химического контроля энергетической установки первого контура легководного реактора с водой под давлением.

Настоящая система химического контроля энергетической установки поясняется чертежом, где на фиг. 1 приведена принципиальная гидравлическая схема первого контура легководного реактора с водой под давлением с системой химического контроля энергетической установки;

на фиг. 2 приведена принципиальная электрическая схема системы химического контроля энергетической установки;

на фиг. 3 показана принципиальная схема дросселирующего устройства, снабженного реверсным контуром подачи теплоносителя.

Первый контур энергетической установки с системой химического контроля (см. фиг. 1) состоит из корпуса 1 реактора с компенсатором 2 давления, оборудования циркуляционного первого контура, включающего трубопровод 3 подачи в парогенератор 4 нагретого теплоносителя и возврата его через трубопровод 5, главный циркуляционный насос 6 обратно через трубопровод 7 в корпус 1 реактора. Система управления и поддержания качества водно-химического режима первого контура включает выходной трубопровод 8 и входной трубопровод 9, соединяющие корпус 1 реактора с оборудованием системы промывки и подпитки, состоящей из регенеративного теплообменника 10, системы очистки теплоносителя на ионообменных фильтрах 11 и подпиточного насоса 12. Корпус 1 реактора гидравлически подключен трубкой 13 для отбора пробы к блоку 14 проточных датчиков электрохимических показателей теплоносителя, содержащему, например, проточный датчик (Д1) 15 поляризационного сопротивления и проточный датчик (Д2) 16 электрохимического потенциала, которые гидравлически последовательно соединены с первым теплообменником 17 и первым дросселирующим устройством 18, снабженным реверсным контуром 19 подачи теплоносителя. Д1 15 и Д2 16 могут быть подключены последовательно (как показано на фиг. 1) или параллельно, в зависимости от их конструкции и условий эксплуатации. Первое дросселирующее устройство 18, например, может быть выполнено в виде корпуса с входным и выходным патрубками, внутри которого установлен блок дроссельных шайб (на чертеже не показаны). Гидравлический выход первого дросселирующего устройства 18 соединен с первой линией 20 дренажа. Д1 15 и Д2 16 блока 14 (см. фиг. 2) электрически подключены к входам первого блока (БОУ1) 21 обработки и передачи данных измерений, выход которого соединен с центральной электронной вычислительной машиной (ЦЭВМ) 22, управляющей исполнительным устройством (ИУ1) 23 для ввода водорода и исполнительным устройством (ИУ2) 24 для ввода химических реагентов. ЦЭВМ 22 снабжена монитором 25 для визуального контроля оператором данных измерений и принятия им управленческих решений при эксплуатации энергоблока. Д1 15 и Д2 16, первый теплообменник 17, первое дросселирующее устройство 18 с реверсным контуром 19 и БОУ1 21 размещают в пределах герметичного контура реактора, и они недоступны для обслуживания при работе на мощности. Система химического контроля энергетической установки может включать (см. фиг. 1), например, датчик (Д3) 26 растворенного кислорода, датчик (Д4) 27 растворенного водорода, датчик (Д5) 28 электрической проводимости и датчик (Д6) 29 pH, которые могут быть установлены между вторым теплообменником 30 и вторым дросселирующим устройством 31, по конструкции аналогичном первому дросселирующему устройству 18 (см. фиг. 1), или могут быть установлены после второго дросселирующего устройства 31. Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29 могут быть подключены параллельно (как показано на фиг. 1) или могут быть подключены последовательно, в зависимости от их конструкции и условий эксплуатации. Вход второго теплообменника 30 гидравлически может быть соединен с корпусом 1 реактора посредством отвода от трубки 13 (одна точка входа) или посредством трубки 32 для отбора пробы (две точки входа, как показано на фиг. 1). Для проб теплоносителя, прошедших через Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29, предназначена вторая линия 33 дренажа. Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29 электрически подключены (см. фиг. 2) ко второму блоку (БОУ2) 34 обработки и передачи данных измерений, выход БОУ2 34 соединен с ЦЭВМ 22. Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29 располагают за пределами герметичного контура реактора, и они доступны для обслуживания при работе на мощности. Охлаждение пробы во втором теплообменнике 30 создает приемлемые условия эксплуатации низкотемпературных Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29 и в сочетании с действием второго дросселирующего устройства 31 по снижению давления и стабилизации расхода движущейся среды пробы обеспечивает допустимые по техническим требованиям сбросы отработанной пробы во вторую линию 33 дренажа. На фиг. 3 показано первое дросселирующее устройство 18 с более детальным изображением реверсного контура 19 подачи теплоносителя. Реверсный контур 19 содержит трубки 35, 36 для реверсной подачи проб теплоносителя и вентили 37, 38, 39, 40, обеспечивающие реверс потока пробы через первое дросселирующее устройство 18. При прямом направлении движения потока пробы через первое дросселирующее устройство 18 в сторону первой линии 20 дренажа (фиг. 1 и 2) вентили 37 и 38 открыты, а вентили 39 и 40 закрыты. Обратное движение потока пробы через первое дросселирующее устройство 17 при его промывке происходит, если вентили 37 и 38 закрыты, а вентили 39 и 40 открыты.

Настоящая система химического контроля энергетической установки работает следующим образом. Теплоноситель первого контура поступает в автоматическом режиме из штатных точек отбора проб через трубку 13 в блок 14 проточных датчиков электрохимических показателей теплоносителя, содержа-

щий, например, Д1 15 поляризационного сопротивления и Д2 16 электрохимического потенциала, затем поток пробы проходит первый теплообменник 17 и первое дросселирующее устройство 18, снабженное реверсным контуром 19 подачи теплоносителя для промывки дросселирующего устройства 18. Первый теплообменник 17 и первое дросселирующее устройство 18 обеспечивают оптимальные значения температуры, давления и расхода потока пробы в линию 20 дренажа. Сигналы Д1 15 и Д2 16 поступают в БОУ1 21 обработки и передачи данных измерений и далее в ЦЭВМ 22. Параллельно рабочая среда через трубку 32 (в одном варианте подсоединения к технологическому контуру) или через трубку 13 (в другом варианте подсоединения к технологическому контуру) поступает во второй теплообменник 30 и при комнатной температуре проходит в Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29, производящие измерения нормируемых и диагностических показателей качества среды технологического контура. Затем поток пробы проходит второе дросселирующее устройство 31 и поступает в линию 33 дренажа. Сигналы Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29 поступают в БОУ2 34 и далее в ЦЭВМ 22. В ЦЭВМ 22 используют обработанные результаты измерений Д1 15, Д2 16, Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29 при обосновании управленческих решений в ходе эксплуатации энергоблока. Периодически проводят промывку внутренних поверхностей первого дросселирующего устройства 18 от слабо сцепленных с поверхностью продуктов коррозии железа путем изменении направления потока пробы с помощью вентелей 37, 38, 39, 40 реверсного контура 19. Смена направления потока пробы через первое дросселирующее устройство 18 целесообразно осуществлять при снижении в два раза расхода пробы по сравнению с первоначальным значением в стационарном режиме и, превентивно, по окончании каждого этапа протекания переходных режимов. Периодическая промывка первого дросселирующего устройства 18 позволяет сохранять постоянным время транспортного запаздывания и стабильность поступления пробы к чувствительным элементам Д1 15, Д2 16, Д3 26, Д4 27, Д5 28 и Д6 29, что обеспечивает получение достоверных значений нормируемых и диагностических показателей водных сред технологического контура на мощности, в переходных режимах или при отмыках, пассивациях и в стояночных режимах. Выбор значений нормируемых и диагностических показателей качества водно-химического режима технологического контура по критерию минимальной коррозионной агрессивности среды заполнения и поддержание значений показателей в определенных границах являются условием безопасной эксплуатации энергоблока. При отклонениях значений показателей за пределы установленных границ производят в течение регламентированного времени действия по устранению нарушений. При невозможности устранить причины отклонения значений измеренных показателей технологического контура в течение регламентированного времени принимают решение о приостановке или прекращении дальнейших работ на энергоблоке (СТО 1.1.1.03.004.0980-2014 "Водно-химический режим первого контура при вводе энергоблока атомной электростанции проекта АЭС-2006 в эксплуатацию. Нормы качества теплоносителя и средства их обеспечения". СТО 1.1.1.03.004.0979-2014 "Водно-химический режим второго контура при вводе энергоблока атомной электростанции проекта АЭС-2006 в эксплуатацию. Нормы качества рабочей среды и средства их обеспечения". [http://www.snti.ru/snips\\_rd3.htm](http://www.snti.ru/snips_rd3.htm)).

Ниже приведен конкретный пример, показывающий эффективность использования настоящей системы химического контроля энергетической установки, включающей датчики электрохимических показателей теплоносителя технологических контуров энергетической установки и образующие комплекс с теплообменниками и дросселирующими устройствами с реверсным контуром подачи теплоносителя, приведен ниже.

Пример. Опытный образец комплекса коррозионного мониторинга был смонтирован на одном из энергоблоков с РБМК-1000. Энергоблок с РБМК-1000 представляет собой одноконтурную энергетическую установку кипящего типа. Теплоноситель - легкая вода ( $H_2O$ ) движется по контуру многократной принудительной циркуляции (КМПЦ), объединяющему канальный реактор, турбину и главный циркуляционный насос. Принципиальная схема КМПЦ схожа с циркуляционным контуром, изображенным на фиг. 1 (позиции 1, 4, 6).

Организация отбора проб в автоматизированном режиме и подвод ее к системе химического контроля энергетической установки также аналогичен (см. фиг. 1, позиции 13, 16-20). Первый вариант комплекта опытного образца системы химического контроля состоял из ячейки с электродами датчика электрохимического потенциала, теплообменника-холодильника, дросселирующего устройства в виде блока дроссельных шайб. Блок дроссельных шайб был рассчитан на обеспечение снижения давления с 8 до 0,15 МПа и поддержание расхода пробы теплоносителя около 20  $дм^3/ч$ . Измерения электрохимического потенциала осуществляли с помощью типового измерительного преобразователя и отвода сигналов 4-20 мА к системе регистрации на ленте типового самописца. Качество водно-химического режима соответствовало нормативному документу (СТО 1.1.1.02.013.0715-2009 "Водно-химический режим основного технологического контура и вспомогательных систем атомных электростанций с реакторами РБМК-1000". [http://www.snti.ru/snips\\_rd3.htm](http://www.snti.ru/snips_rd3.htm)). Показатели качества изменялись при работе на мощности в следующих пределах: концентрация кислорода - от 25 до 40 мг/кг; концентрация водорода - от 0 до 2 мг/кг; концентрация продуктов коррозии железа - от 7 до 10 мг/кг; удельная электрическая проводимость - от 0,08 до 0,27 мкСм/см. В ходе проведения первого этапа испытаний в условиях работы энергоблока на номинальной мощности было отмечено снижение расхода пробы. Проток пробы теплоносителя

через комплекс снизился через 200 ч вдвое (до 10 дм<sup>3</sup>/ч), а через 800 ч до 3 дм<sup>3</sup>/ч, что соответствует увеличению времени транспортного запаздывания в шесть раз, до ~ 5 мин, при длине трубки для отбора пробы, равной 10 м от точки отбора пробы до датчика. Увеличение времени транспортного запаздывания оказывает негативное влияние на достоверность значений нормируемых и диагностических показателей водных сред технологического контура. Расход пробы теплоносителя величиной (17-19) дм<sup>3</sup>/ч был восстановлен в результате проведения следующих процедур: отключение комплекса от КМППЦ, извлечение из комплекса блока дроссельных шайб, удаление механическим способом отложений продуктов коррозии железа с внутренних поверхностей дроссельных шайб, сборка блока дроссельных шайб, установка блока дроссельных шайб в гидравлический тракт комплекса и ввод его в работу. Периодический контроль расхода пробы показал, что постепенное снижение расхода происходит практически с тем же темпом, как и в начале испытаний. Аналогичное образование отложений продуктов коррозии железа в форме магнетита было зафиксировано в регулирующем клапане подачи питательной воды в котел барабанного типа парогазовой установки на одной из тепловых электрических централей. Очистка клапана от отложений требовалась не реже одного раза в месяц. Для устранения этих недостатков была произведена модернизация гидравлического тракта комплекса, заключающаяся в организации реверсного контура подачи теплоносителя в дросселирующее устройство, аналогичное изображенному на фиг. 3. Модернизированный комплекс с дросселирующим устройством, снабженным реверсным контуром подачи теплоносителя, позволил провести длительные испытания (не менее 5000 ч) при номинальной мощности энергоблока, в периоды пуска (от 48 до 144 ч) и останова (от 48 до 100 ч). Показатели качества изменялись в периоды пуска и останова в следующих пределах: концентрация кислорода - от 25 до 140 мкг/кг; концентрация водорода - от 0 до 4 мкг/кг; концентрация продуктов коррозии железа - от 20 до 100 мкг/кг; удельная электрическая проводимость - от 0,28 до 0,77 мкСм/см. Своевременное переключение направления потока теплоносителя через дросселирующее устройство позволило поддерживать расход в приемлемых для достоверности результатов измерений пределах от 15 до 18 дм<sup>3</sup>/ч.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система химического контроля энергетической установки, включающая по меньшей мере один датчик электрохимического показателя теплоносителя, электрически подключенный к блоку обработки и передачи данных измерений, выход которого соединен с центральной электронной вычислительной машиной, управляющей исполнительными устройствами для ввода водорода и химических реагентов, отличающаяся тем, что датчик электрохимического показателя теплоносителя выполнен проточным, гидравлическим входом подключен трубкой для отбора пробы к технологическому контуру энергетической установки, а гидравлический выход датчика электрохимического показателя теплоносителя гидравлически последовательно соединен с первым теплообменником и первым дросселирующим устройством, снабженным контуром подачи теплоносителя, содержащим трубки и вентили, расположенные с возможностью реверсирования потока теплоносителя через первый теплообменник.

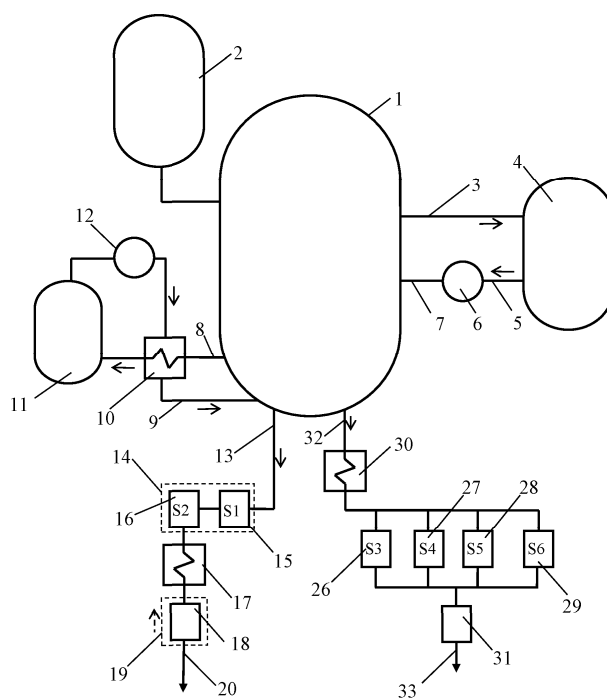
2. Система по п.1, отличающаяся тем, что датчик электрохимического показателя теплоносителя установлен в первом технологическом контуре энергетической установки.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что датчик электрохимического показателя теплоносителя установлен во втором технологическом контуре энергетической установки.

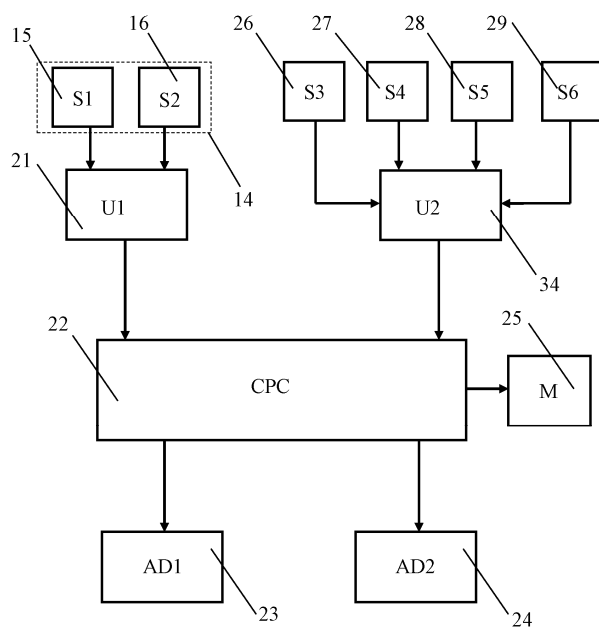
4. Система по п.1, отличающаяся тем, что датчик электрохимических показателей теплоносителя выполнен в виде проточного датчика поляризационного сопротивления.

5. Система по п.1, отличающаяся тем, что датчик электрохимических показателей теплоносителя выполнен в виде проточного датчика электрохимического потенциала.

6. Система по п.1, отличающаяся тем, что включает датчик растворенного кислорода, и/или датчик растворенного водорода, и/или датчик электрической проводимости, и/или датчик pH, установленные между вторым теплообменником и вторым дросселирующим устройством или после дросселирующего устройства, при этом второй теплообменник гидравлически соединен с технологическим контуром, а упомянутые датчики электрически подключены ко второму блоку обработки и передачи данных измерений, выход которого соединен с центральной электронной вычислительной машиной.



Фиг. 1



Фиг. 2

