



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 90683

(13) C2

(51) МПК (2009)
F22B 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРЯМОТОЧНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА

1

2

(21) а200701111

(22) 06.07.2005

(24) 25.05.2010

(86) РСТ/ЕР2005/053227, 06.07.2005

(31) 04016248.9

(32) 09.07.2004

(33) ЕР

(46) 25.05.2010, Бюл.№ 10, 2010 р.

(72) БУТТЕРЛІН АКСЕЛЬ, DE, КРАЛЬ РУДОЛЬФ, DE, ТОМАС ФРАНК, DE

(73) СІМЕНС АКЦІЕНГЕЗЕЛЬШАФТ, DE

(56) ЕР 0639253 В1, 11.12.1996. Patentblatt 1996/50

US 2337851, 05.01.1940

US 3774396, 27.05.1973

US 3196844, 27.07.1965

(57) 1. Спосіб експлуатації прямооточного парогенератора з випарною поверхнею нагріву (4), включеним на стороні теплоносія перед випарною прямооточною поверхнею нагріву (4) підігрівачем (2), пристроєм для встановлення масопотоку живильної води \dot{M} і доданим у відповідність цьому пристрою (1) регулювання витрати живильної води, регульована величина якого є масопотоком живильної води \dot{M} і задане значення \dot{M}_s для масопотоку живильної води \dot{M} якого задано залежно від присвоєного згідно з потужністю парогенератора заданого значення L, причому до пристрою (1) регулювання витрати живильної води (1) підводять як одну з вхідних величин дійсне значення ρ_E густини живильної води на вході підігрівача (2).

2. Спосіб по пункту 1, при якому до пристрою (1) регулювання витрати живильної води підводять як подальшу вхідну величину дійсне значення ρ_A густини живильної води на виході підігрівача (2).

3. Спосіб по пункту 1 або 2, при якому величину

поверхню нагріву.

У прямооточному парогенераторі нагрівання великої кількості труб парогенераторів, які разом утворюють газощільну зовнішню стінку камери згоряння, приводить до повного випаровування теплоносія в трубах парогенераторів за один прохід. Теплоносій - звичайно воду - перед його випа-

Винахід Винахід стосується способу експлуатації прямооточного парогенератора з випарною поверхнею нагріву, а також з підключенням на стороні теплоносія перед випарною поверхнею нагріву підігрівачем, а також з пристроєм для встановлення масопотоку живильної води \dot{M} у випарну

$$\dot{M} + \Delta \rho \cdot V$$

застосовують як задане значення \dot{M}_s для масопотоку живильної води, причому \dot{M} є дійсним значенням масопотоку живильної води на вході підігрівача (2), $\Delta \rho$ - тимчасовою зміною середньої густини живильної води всередині підігрівача (2) і V - об'ємом підігрівача (2).

4. Спосіб по будь-якому з пунктів 1-3, при якому як наближене значення для середньої густини $\bar{\rho}$ застосовують густину ρ_E живильної води на вході підігрівача (2).

5. Спосіб по пункту 3 або 4, при якому утворюють тимчасову зміну середньої густини $\Delta \bar{\rho}$ живильної води в підігрівачі (2) за допомогою функціональної ланки з диференціювальною характеристикою.

6. Спосіб по будь-якому з пунктів 2-5, при якому сигнал вхідної густини подають на ланку із затримкою з постійною часу проходження підігрівача (2), відповідно з тепловою постійною часу підігрівача (2) затримують із затримкою 1-го порядку і отриманий таким чином сигнал підводять з інверсією до сигналу вихідної густини.

7. Спосіб по пункту 6, при якому як час затримки, так і теплову постійну часу підігрівача (2) погоджують обернено по відношенню до навантаження парогенератора.

8. Спосіб по будь-якому з пунктів 1-7, причому пристрій (1) для регулювання витрати живильної води виконаний з можливістю підключення і відключення при необхідності.

Винахід Винахід стосується способу експлуатації прямооточного парогенератора з випарною поверхнею нагріву, а також з підключенням на стороні теплоносія перед випарною поверхнею нагріву підігрівачем, а також з пристроєм для встановлення масопотоку живильної води \dot{M} у випарну

поверхню нагріву.

У прямооточному парогенераторі нагрівання великої кількості труб парогенераторів, які разом утворюють газощільну зовнішню стінку камери згоряння, приводить до повного випаровування теплоносія в трубах парогенераторів за один прохід. Теплоносій - звичайно воду - перед його випа-

(13) C2

(11) 90683

(19) UA

ровуванням підводять до підключеного на стороні теплоносія перед випарною поверхню нагрівання підігрівача, який називається звичайно також економайзером, і там підігрівують.

Залежно від робочого стану прямооточного парогенератора і тим самим залежно від актуальної потужності парогенератора, регулюють масопотік живильної води у випарну поверхню нагріву. При змінах навантаження витрата через випарник і внесення тепла у випарну поверхню нагріву повинні б змінюватися за можливістю синхронно, оскільки інакше не можна надійно запобігти перерегулюванню питомої ентальпії теплоносія на виході випарної поверхні нагріву. Таке небажане перерегулювання питомої ентальпії утруднює регулювання температури свіжої пари, яка виходить з парогенератора, і приводить, крім того, до високих навантажень на матеріали і, тим самим, до зменшеної тривалості служби парогенератора.

Щоб перешкодити перерегулюванню питомої ентальпії і великим коливанням температури в кожному робочому стані парогенератора, передбачено регулювання витрати живильної води, яке також при зміні навантаження надає в розпорядження необхідні задані значення живильної води залежно від робочого стану.

З ЕР 0 63 9 253 відомий прямооточний парогенератор, в якому витрата живильної води регулюється через попередній розрахунок кількості живильної води. Як основа для способу розрахунку при цьому служить баланс теплового потоку випарної поверхні нагріву, в який повинен входити масопотік живильної води, зокрема, на вході випарної поверхні нагріву.

На практиці вимірювання масопотоку живильної води безпосередньо на вході випарної поверхні нагріву, проте, виявляється технічно складним і не може надійно проводитися в будь-якому робочому стані. Натомість як заміна масопотік живильної води вимірюють на вході підігрівача і включають у розрахунок кількості живильної води, який, проте, не дорівнює у будь-якому випадку масопотоку живильної води на вході випарної поверхні нагріву.

Річ у тому, що якщо змінюється температура теплоносія, що тече до підігрівача, або внаслідок зміненого обігріву змінюється густина теплоносія всередині підігрівача, то це приводить до ефектів накопичення або виведення маси в підігрівачі, і масопотік живильної води на вході підігрівача не є ідентичним з таким на вході випарної поверхні нагріву. Якщо ці ефекти накопичення або виведення при регулюванні витрати живильної води не враховуються або враховуються не достатньо, то це може приводити до згаданого перерегулювання питомої ентальпії і, тим самим, до великих коливань температури теплоносія на виході випарної поверхні нагріву.

При цьому величина коливань температури залежно від швидкості зміни навантаження і при швидкій зміні навантаження є особливо великою. Тому дотепер було необхідно здійснювати обмеження швидкості зміни навантаження і, тим самим, враховувати меншу ефективність парогенератора. Крім того, швидкі і не контрольовані зміни наван-

таження, що з'являються при можливих порушеннях режиму експлуатації, зменшували тривалість служби парогенератора.

В основі винаходу тому лежить задача створення способу для експлуатації прямооточного парогенератора вище названого виду, який дозволив би в основному синхронну зміну масопотоку живильної води через випарну поверхню нагріву і внесення тепла у випарну поверхню нагріву в кожному робочому стані без великих технічних витрат.

Ця задача вирішується згідно з винаходом за рахунок того, що пристрою для встановлення ма-

сопотоку живильної води \dot{M} привласнений у відповідність пристрій регулювання, регульованою

величиною якого є масопотік живильної води \dot{M} і

задане значення \dot{M}_s з якого для масопотоку живильної води задано залежно від присвоєної потужності парогенератора заданого значення L , причому до пристрою регулювання витрати живильної води підводять як одну з входних величин дійсне значення ρ густини живильної води на вході підігрівача.

Винахід виходить при цьому з міркування, що для синхронної зміни масопотоку живильної води через випарну поверхню нагріву і внесення тепла у випарну поверхню нагріву повинно б проводитися балансування теплового потоку випарної поверхні нагріву. Оптимально для цього повинне бути б передбачене вимірювання масопотоку живильної води, а саме на вході випарної поверхні нагріву. Оскільки, проте, пряме вимірювання масопотоку живильної води на вході випарної поверхні нагріву виявилось нездійсненним з достатньою надійністю, воно тепер здійснюється в місці, розташованому в потоці теплоносія раніше, а саме на вході підігрівача. Оскільки, проте, ефекти накопичення і виведення маси в підігрівачі, які можливо з'являються, могли б спотворити виміряне значення, ці ефекти повинні відповідним чином компенсуватися. Для цього розрахунок масопотоку живильної води повинен б відбуватися на вході випарної поверхні нагріву внаслідок інших легко одержуваних вимірювальних величин. Особливо підходящими вимірювальними величинами для корекції отриманого на вході підігрівача виміряного значення для масопотоку живильної води є середня густина теплоносія у підігрівальній поверхні нагріву і її тимчасова зміна.

Для особливо точного розрахунку теплового потоку через випарну поверхню нагріву, а також для особливо точної подальшої корекції виміряного значення для масопотоку живильної води переважним чином передбачена додаткова реєстрація густини теплоносія на виході підігрівальної поверхні нагріву. Тим самим є можливою особливо точна реєстрація і отже також врахування названих ефектів накопичення і виведення. В додатковій або альтернативній переважній формі виконання

як задане значення \dot{M} для масопотоку живильної

води застосовують вираз $\dot{M} + \Delta \rho V$, причому \dot{M} є дійсним значенням масопотоку живильної води на

вході підігрівача, $\Delta \bar{\rho} V$ - тимчасовою зміною середньої густини теплоносія в підігрівачі і V - об'ємом підігрівача. За допомогою внеску $\Delta \bar{\rho} V$ тим самим враховуються названі ефекти накопичення і виведення.

Якщо внесення тепла у теплоносій всередині підігрівача є стаціонарним, тобто не змінюється в часі, то для розрахунку заданого значення \dot{M} замість середньої густини $\bar{\rho}$ можна приблизно застосовувати густину теплоносія ρ_E на вході підігрівача. Річ в тому, що в цьому випадку тимчасова зміна густини ρ_E може бути прийнятою такою, що дорівнює тимчасовій зміні середньої густини $\bar{\rho}$ так, що додаткова реєстрація густини ρ_A теплоносія на виході випарної поверхні нагріву стає непотрібною.

При розрахунку заданого значення \dot{M} для масопотоку живильної води, якщо замість середньої густини $\bar{\rho}$ приблизно застосовують густину теплоносія ρ_E на вході підігрівача, слід було б враховувати, що сигнал зміни вхідної густини повинен затримуватися на час проходження системи. Тому переважним чином дійсне значення ρ_E вхідної густини перетворюють за допомогою звичайного в техніці регулювання диференціувальної ланки із затримкою першого порядку (PT_1) у зміну вхідної густини, затриману з часом проходження підігрівача, як постійну часу.

Зокрема, у разі зміни нагріву у підігрівачі, проте, отже нестационарного внесення тепла у теплоносій всередині підігрівача, наприклад, при зміні навантаження, розрахунок середньої густини $\bar{\rho}$ і її тимчасової зміни $\Delta \bar{\rho}$ тільки за допомогою наближеного вживання вхідної густини є неможливим. Оскільки середньозважено ρ_E і ρ_A входять до розрахунку $\bar{\rho}$ тільки наполовину, у разі нестационарного внесення тепла, але постійній вхідній густині ρ_E , можна як міру для зміни густини в підігрівачі застосовувати половину зміни вихідної густини ρ_A .

Також в цьому випадку утворення похідної за часом сигналу густини проводять за допомогою диференціувальної ланки. Оскільки зміна вихідної густини, проте, накладена за часом на ефект накопичення маси в підігрівачі, сигнал густини переважним чином затримують із затримкою 1-го порядку з порівняно малою постійною часу близько однієї секунди.

З окремою реєстрацією густини теплоносія на вході і на виході підігрівача таким чином можна враховувати ефекти накопичення і виведення у підігрівачі і погоджувати простим способом задане значення витрати живильної води з робочим станом парогенератора.

Тим самим особливо просте регулювання витрати парогенератора є можливим також у випадках, в яких температура живильної води перед входом у підігрівач різко змінюється. Це могло б, наприклад, відбуватися при раптовому виході з

ладу включеної перед підігрівачем зовнішньої підігрівальної ділянки. При подібному виході з ладу стрибок в густині теплоносія на вході досягає виходу підігрівача в основному без зміни. Проте, зміна середньої густини $\bar{\rho}$ теплоносія в підігрівачі вже зареєстровано повністю зміною густини на вході підігрівача так, що зміна густини на виході випарної поверхні нагріву більше не повинна впливати на розраховану корекцію заданого зна-

чення \dot{M}_s масопотоку живильної води. Тому переважним чином передбачена схема корекції, яка в цьому випадку компенсує реакцію диференціувальної ланки із затримкою 1-го порядку, яке диференціює і затримує сигнал густини на виході підігрівача. Переважним чином для цього сигнал вхідної густини підводять до ланки із затримкою з постійною часу проходження підігрівача, затримують згідно з тепловою постійною часу підігрівача із затримкою 1-го порядку і отриманий таким чином сигнал підводять з інверсією до сигналу вихідної густини.

Ця схема корекції викликає в кожному випадку коректне враховування змін густини: при різкій зміні температури теплоносія зміна вихідної густини ρ_A , як описано, не враховується. Якщо, проте, вхідна густина ρ_E залишається постійною, але підведення тепла у підігрівачі і тим самим вихідна густина ρ_A змінюється, то на виході підігрівача не має місця ніякій корекції і ефект зміни підведення тепла повністю враховується при розрахунку за-

даного значення \dot{M}_s масопотоку живильної води.

Якщо тепер як, наприклад, при зміні навантаження одночасно з підведенням тепла змінюється також вхідна густина ρ_E , то як ефекти накопичення і виведення маси за рахунок стрибка густини на вході, так і ефекти накопичення внаслідок зміненого підведення тепла враховуються окремо. Для корекції на виході підігрівача враховують тільки зміни, які виникають за рахунок зміненого підведення тепла, оскільки зміни, які з'являються із затримкою в часі за рахунок стрибка густини на вході і також на виході, враховують тільки на вході і компенсують на виході.

Переважним чином як час затримки, так і теплову постійну часу підігрівача погоджують обернено по відношенню до навантаження парогенератора.

Переважним чином регулювання витрати живильної води може підключатися або відключатися залежно від робочого стану парогенератора.

Досягнуті за допомогою винаходу переваги полягають, зокрема, в тому, що за допомогою розрахунку масопотоку живильної води з урахуванням середньої густини живильної води в підігрівачі як елемент корекції синхронне регулювання витрати живильної води через випарну поверхню нагріву і зміни підведення тепла у випарну поверхню нагріву особливо простим і надійним чином запобігає у всіх робочих станах прямоточного парогенератора перерегулюванню питомої ентальпії теплоносія на виході випарної поверхні нагріву і великим коливанням температури виробленої свіжої пари і тим

самим знижує навантаження на матеріал і підвищує тривалість служби парогенератора.

Приклади виконання винаходу пояснюються більш детально за допомогою креслень. При цьому показують:

фіг. 1 регулювання витрати живильної води для прямоточного парогенератора,

фіг. 2 альтернативне виконання регулювання витрати живильної води,

фіг. 3а діаграму з тимчасовим проходженням питомої ентальпії теплоносія на виході випарної поверхні нагріву прямоточного парогенератора у разі різкої зміни температури протікаючої живильної води в режимі повного навантаження прямоточного парогенератора

фіг. 3б діаграму з тимчасовим проходженням питомої ентальпії у разі різкої зміни температури теплоносія в режимі часткового навантаження прямоточного парогенератора

фіг. 3с діаграму з тимчасовим проходженням питомої ентальпії у разі зміни навантаження.

Однакові деталі на всіх фігурах забезпечені тими ж самими посилальними позиціями.

Фіг. 1 показує схематично пристрій 1 для регулювання заданого значення \dot{M}_s для масопотоку живильної води прямоточного парогенератора. Прямоточний парогенератор містить підігрівач 2 для живильної води, який позначається також як економайзер і який знаходиться в не представленому більш детально газоході. Перед підігрівачем 2 на стороні теплоносія підключений насос живильної води 3, а після підігрівача 2 - випарна поверхня нагріву 4. У трубопроводі живильної води, що проходить від насоса живильної води 3 до підігрівача 2, розташований вимірювальний пристрій 5

для вимірювання масопотоку \dot{M} живильної води через трубопровід живильної води.

Привідному двигуну на насосі живильної води 3 доданий у відповідність регулятор 6, на вході якого як регульована величина прикладене відхи-

лення регульованої величини $\Delta \dot{M}$ зміряного вимірювальним пристроєм 5 масопотоку живильної

води \dot{M} . Регулятору 6 присвоєно у відповідність пристрій 1 для регулювання заданого значення

\dot{M}_s для масопотоку живильної води.

Цей пристрій розрахований для визначення заданого значення \dot{M}_s , яке особливо відповідає необхідному. При цьому враховано, що реєстрація

дійсного значення масопотоку живильної води \dot{M} відбувається безпосередньо не перед випарною поверхню нагріву 4, а вже перед підігрівачем 2. За рахунок цього внаслідок ефектів накопичення або виведення у підігрівачі 2 при визначенні зміря-

ного значення для масопотоку живильної води \dot{M} могли б з'являтися неточності. Для їх компенсації передбачена корекція цього зміряного значення з урахуванням густини ρ_E живильної води на вході підігрівача 2. Пристрій 1 має, між іншим, як вхідні

величини, з одного боку, задане значення L для потужності прямоточного парогенератора, що видається задатчиком 7, і, з іншого боку, визначене із вимірювання тиску і температури вимірювального пристрою 9 дійсне значення ρ_E густини живильної води на вході підігрівача 2.

Задане значення L для потужності прямоточного парогенератора, яке в процесі експлуатації іноді змінюється в часі і подається у (не представленому) контурі регулювання топки безпосередньо на регулятор палива, підводять також до входу першої ланки затримки 13 пристрою 1. Ця ланка затримки 13 видає перший сигнал або затримане перше значення потужності L_1 . Це перше значення потужності L_1 підводять до входів блоків функціональних датчиків 10 і 11 функціонального датчика пристрою 1 регулювання витрати живильної води. На виході блоку функціонального датчика 10

з'являється значення \dot{M} (L_1) для масопотоку живильної води, а на виході блоку функціонального датчика 11 з'являється значення $\Delta h(L_1)$ для різниці з питомої ентальпії h_{IA} на виході випарної поверхні нагріву 4 і питомої ентальпії h_{IE} на вході цієї випарної поверхні нагріву 4. Значення \dot{M} і Δh як фун-

кції від L_1 визначені із значень для \dot{M} і Δh , які були зміряні в стаціонарному режимі прямоточного парогенератора, і відкладені в блоках функціонального датчика 10 або, відповідно, 11.

Вихідні величини \dot{M} (L_1) і $\Delta h(L_1)$ перемножують одна з одною у множувальній ланці 14 функціонального датчика пристрою 1. Отримане значен-

ня добутку \dot{Q} (L_1) відповідає тепловому потоку у випарну поверхню нагріву 4 при значенні потужності L_1 і вводиться як чисельник в ділильну ланку 15, при необхідності, після корекції за допомогою визначеного у диференціальній ланці 14а з вхідної ентальпії, характерного для ефектів накопичення або виведення у випарнику коефіцієнта потужності. Як знаменник у ділильну ланку 15 вводиться утворена підсумувальною ланкою 19 різниця між заданим значенням $h_{SA}(L_2)$ питомої ентальпії на виході випарної поверхні нагріву 4 і дійсним значенням h_{IE} питомої ентальпії на вході випарної поверхні нагріву 4, яка вимірюється за допомогою вимірювального пристрою 9.

Задане значення $h_{SA}(L_2)$ відбирають від третього блоку функціонального датчика 12 функціонального датчика пристрою 1. Вхідне значення блоку функціонального датчика 12 виникає на виході другої ланки затримки 16, вхідною величиною якого є перше значення потужності L_1 на виході першої ланки затримки 13. Відповідно вхідним значенням третього блоку функціонального датчика 12 є друге значення потужності L_2 , яке затримане по відношенню до першого значення потужності L_1 . Значення $h_{SA}(L_2)$ як функція від L_2 визначені із значень для h_{SA} , які були зміряні в стаціонарному режимі прямоточного парогенератора і відкладені в третьому блоці функціонального датчика 12.

З виходу ділильної ланки 15 може зніматися

задане значення \dot{M}_s для масопотоку живильної води для утворення підведеного до регулятора 6 відхилення, що відбувається в підсумувальній ланці 23, регульованої величини зміряного пристроєм 5 дійсного значення для масопотоку живильної води у підігрівач 2.

До виходу другої ланки затримки 16 під'єднаний вхід диференціювальної ланки 17, інвертуючий вихід якої з'єднаний з підсумувальною ланкою 18. Ця підсумувальна ланка 18 коректує значення

для теплового потоку \dot{Q} (L1) у випарну поверхню нагріву 4 на значення вихідного сигналу диференціювальної ланки 17.

Зміряні вимірювальним пристроєм 9 дійсні значення температури і тиск живильної води на вході підігрівача 2 перераховують в обчислювальній ланці 20 у дійсне значення ρ_E густини живильної води на вході підігрівача 2. Потім його подають на вхід диференціювальної ланки 22 і помножують з об'ємом підігрівача. Обчислене таким чином на-

ближене значення \dot{M} для зміни масопотоку живильної води внаслідок ефектів накопичення і виведення всередині підігрівача 2 підводять через інтегровану в диференціювальній ланці 22 ланку затримки з часом проходження живильної води через підігрівач 2 як постійну часу до підсумувальної ланки 24, яка коректує задане значення для

масопотоку. \dot{M}_s з ділильної ланки 15 на \dot{M} і тим самим дозволяє враховувати ефекти накопичення і виведення маси внаслідок зміни температури і тим самим густини живильної води на вході підігрівача 2 при регулюванні масопотоку живильної води.

Фіг. 2 показує альтернативне виконання регулювання витрати живильної води, яке дозволяє також у разі тимчасової зміни внесення тепла всередині підігрівача 2 надійно враховувати ефекти накопичення і виведення маси при регулюванні масопотоку живильної води.

Регулювання витрати живильної води згідно з фіг. 1 при цьому в прикладі виконання згідно з фіг. 2 доповнено з урахуванням густини теплоносія ρ_A на виході підігрівача 2. Для визначення густини теплоносія на виході підігрівача 2 на виході підігрівача 2 передбачений вимірювальний пристрій 21 для вимірювання тиску і температури теплоносія. Обчислювальна ланка 26 визначає як вхідний сигнал для включеної після неї підсумувальної ланки 30 з вимірювання тиску і температури дійсне значення для густини ρ_A теплоносія на виході підігрівача 2. Вихідний сигнал підсумувальної ланки 30 підводять до диференціювальної ланки 34, яка поставляє як вихідний сигнал його похідну за часом, помножену на об'єм підігрівача 2. Цей вихідний сигнал, який відображає тимчасову зміну ма-

сопотоку живильної води $\Delta \dot{M}_A$ на виході підігрівача 2, прикладають до підсумувальної лан-

ки 36, яка як друга вхідна величина має зміну $\Delta \dot{M}_E$ масопотоку живильної води на вході підігрівача 2.

Підсумувальна ланка 36 має як вихідний сигнал розраховану з $\Delta \dot{M}_A$ і $\Delta \dot{M}_E$ середню зміну

масопотоку живильної води \dot{M} внаслідок ефектів накопичення і виведення маси у підігрівачі 2. Вихідний сигнал підсумувальної ланки 36 підключають на підсумувальній ланці 24 до вихідного сигналу ділильної ланки 15 для корекції заданого значення масопотоку живильної води.

У разі порушення режиму роботи, яке приводить до різкої зміни температури живильної води, що притікає до підігрівача 2, наприклад, при раптовому виході з ладу включеної перед ним підігрівальної ділянки, вихідний сигнал обчислювальної ланки 26 ще повинен коректуватися на ефект зміненої вхідної густини. Якщо цього не відбувається, то ефект стрибка густини на вході підігрівача 2 враховується двічі, а саме, при реєстрації густини живильної води на вході і на виході підігрівача 2. Щоб це скоригувати, вихідний сигнал диференціювальної ланки 20 подають через ланку із затримкою 28 з часом проходження живильної води через підігрівач 2 як постійну часу. Отриманий таким чином сигнал через ланку затримки 32 з тепловою постійною накопичення підігрівача 2 підводять з інверсією до підсумувальної ланки 30. Таким чином ефект стрибка густини на вході підігрівача 2 у вихідному сигналі густини усувається і тим самим враховується тільки один раз, а не двічі при розрахунку масопотоку корекції.

Регулювання витрати живильної води із застоюванням пристрою 1 дозволяє проводити в кожному робочому стані парогенератора особливо

просте визначення заданого значення \dot{M}_s для масопотоку живильної води через випарну поверхню нагріву 4. За рахунок точного узгодження цього масопотоку живильної води з внесенням тепла у випарній поверхні нагріву 4 можна надійно запобігти великим коливанням вихідної температури свіжої пари і перерегулюванню питомої ентальпії на виході випарної поверхні нагріву 4. Тим самим можна уникнути високих навантажень на матеріал за рахунок коливань температури, які приводять до зменшеної тривалості служби прямооточного парогенератора.

Показане на фіг. 3а проходження (криві I - III) трьох питомих ентальпій в кДж/кг на виході випарної поверхні нагріву 4 залежно від часу t було визначено для прямооточного парогенератора в режимі повного навантаження при виході з ладу підключеної перед підігрівачем 2 підігрівальної ділянки. Крива I на фіг. 3а діє для випадку, коли викликана модельованим порушенням режиму роботи зміна густини живильної води на вході підігрівача 2 при регулюванні витрати живильної води

не враховується, тобто як задане значення \dot{M}_s для масопотоку живильної води застосовується нескоректований вихідний сигнал ділильної ланки 15 згідно з фіг. 1 або 2.

Крива II справедлива для випадку, коли, як показано на фіг. 1, при регулюванні витрати живильної води враховують тільки тимчасову зміну густини

ни ρ_E на вході підігрівача 2 і тим самим лише ефекти накопичення і виведення маси внаслідок стрибка температури на вході підігрівача 2. Ефекти накопичення і виведення маси внаслідок зміненого нагріву в підігрівачі 2 і тим самим зміненого внесення тепла в живильну воду залишаються не врахованими. Цей випадок відповідає регулюванню витрати живильної води з фіг. 1.

Крива III, нарешті, показує тимчасове проходження питомої ентальпії при додатковому урахуванні ефектів накопичення і виведення маси внаслідок зміненого нагріву в підігрівачі 2, що відповідає регулюванню витрати живильної води за фіг. 2. В цьому випадку підсумувальна ланка 24 з фіг. 2 має як другу вхідну величину разом з вихідною величиною диференціовальної ланки 15

розраховану з ΔM_A і ΔM_E середню зміну масопотоку живильної води ΔM .

Регулювання витрати живильної води в цьому випадку враховує отже не тільки густину ρ_E на вході підігрівача 2, але і додатково густину ρ_A на його виході. За рахунок окремої реєстрації обох значень густини ρ_E і ρ_A можуть бути враховані ефекти накопичення і виведення маси як внаслідок зміненого нагріву в підігрівачі 2, так і внаслідок зміненої температури живильної води на вході підігрівача 2.

Фіг. 3b показує проходження (криві I - III) трьох питомих ентальпій в кДж/кг на виході випарної поверхні нагріву 4 залежно від часу t для прямого парогенератора в режимі часткового навантаження (50% від максимальної потужності) при виході з ладу підключеної перед підігрівачем 2 підігрівальної ділянки.

Крива I на фіг. 3b справедлива, як і на фіг. 3a, для випадку, коли зміна густини живильної води на вході підігрівача 2, викликана в результаті виходу з ладу підключеної перед підігрівачем 2 підігрівальної ділянки, при регулюванні витрати живильної води не враховується, тобто, таким чином, як за-

дане значення M_s для масопотоку живильної води застосовують нескоректований вихідний сигнал ділильної ланки 15 згідно з фіг. 1 або 2.

Крива II на фіг. 3b справедлива, як і на фіг. 3a для випадку, коли, як представлено на фіг. 1, при регулюванні витрати живильної води враховують

тільки тимчасову зміну густини ρ_E на вході підігрівача 2. Ефекти накопичення і виведення маси внаслідок зміненого нагріву в підігрівачі 2 залишаються неврахованими. Цей випадок відповідає регулюванню витрати живильної води з фіг. 1.

Крива III на фіг. 3b показує, як на фіг. 3a, тимчасове проходження питомої ентальпії при додатковому врахуванні ефектів накопичення і виведення маси внаслідок зміненого нагріву у підігрівачі 2, що відповідає регулюванню витрати живильної води з фіг. 2.

Фіг. 3c показує проходження (криві I - III) трьох питомих ентальпій в кДж/кг на виході випарної поверхні нагріву 4 залежно від часу t для прямого парогенератора в режимі зміни навантаження від режиму повного навантаження до режиму часткового навантаження (100% до 50% навантаження).

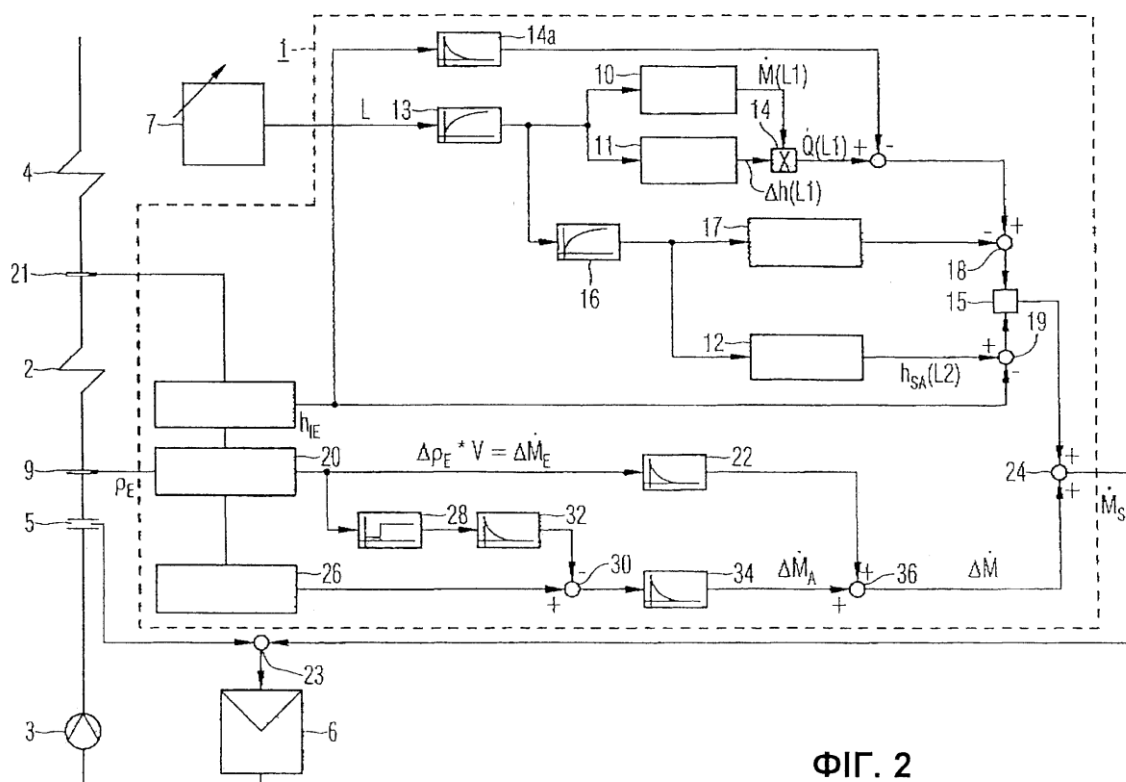
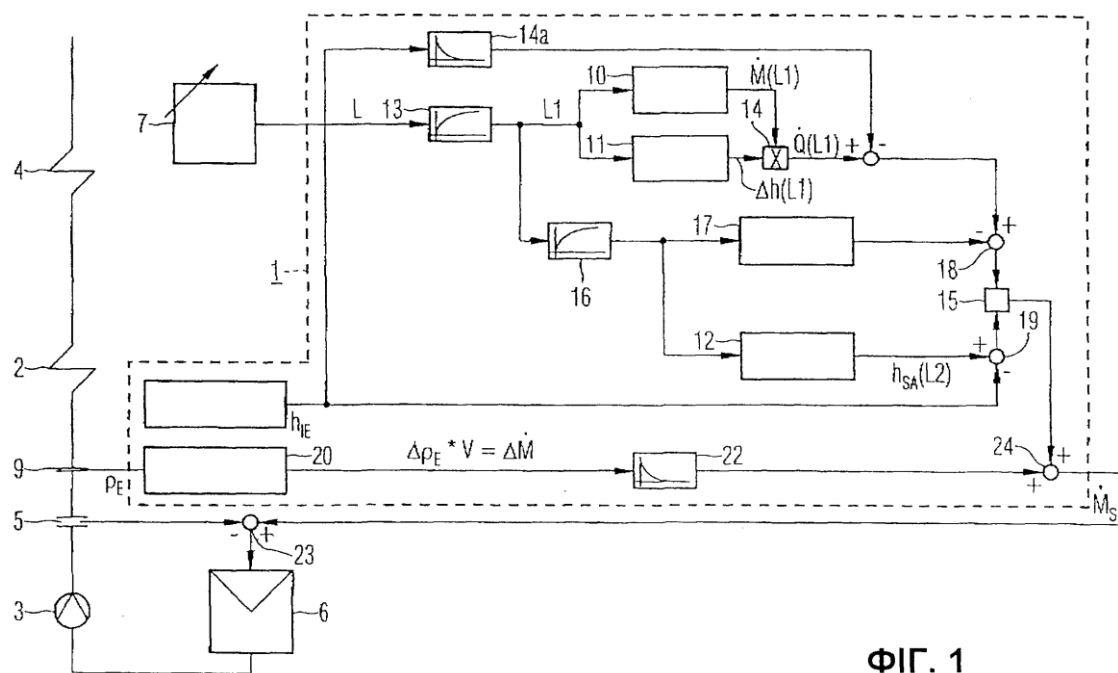
Крива I на фіг. 3c справедлива, як і на фіг. 3a, для випадку, коли зміна густини живильної води на вході підігрівача 2, викликана виходом з ладу підігрівача 2, при регулюванні витрати живильної води не враховується, і коли, таким чином, як задане

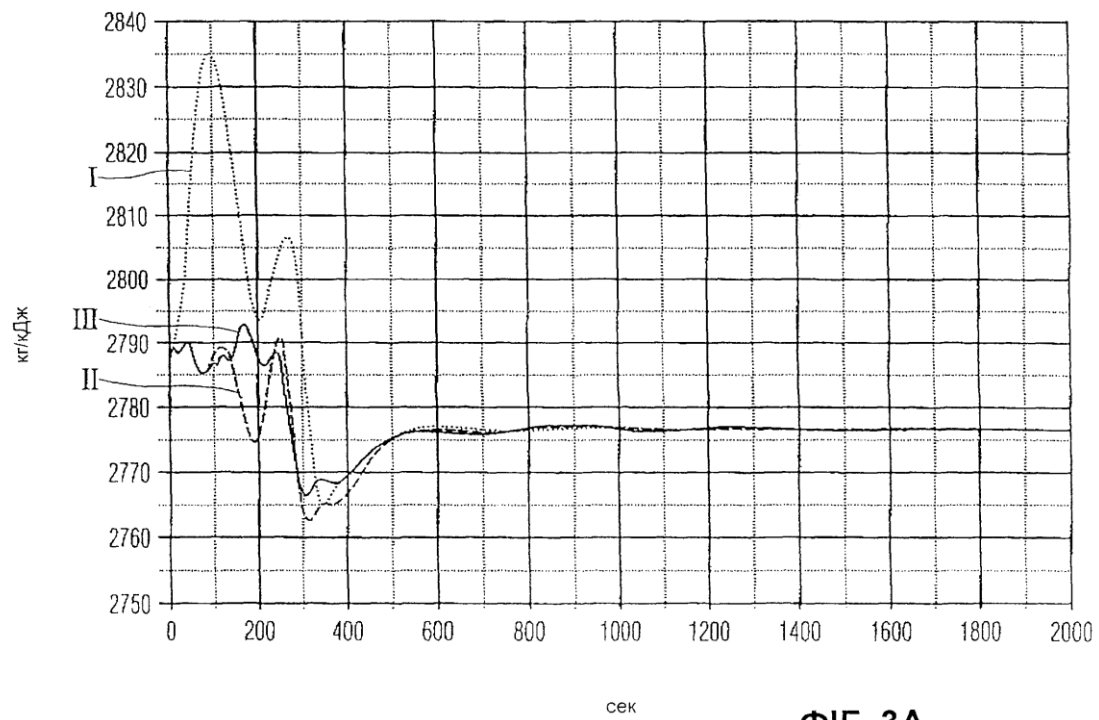
значення M_s для масопотоку живильної води застосовують нескоригований вихідний сигнал ділильної ланки 15 згідно з фіг. 1 або 2.

Крива II на фіг. 3c справедлива, як і на фіг. 3a, для випадку, коли при регулюванні витрати живильної води враховують тільки, як представлено на фіг. 1, тимчасову зміну густини ρ_E на вході підігрівача 2. Ефекти накопичення і виведення маси внаслідок зміненого нагріву в підігрівачі 2 залишаються неврахованими. Цей випадок відповідає регулюванню витрати живильної води з фіг. 1.

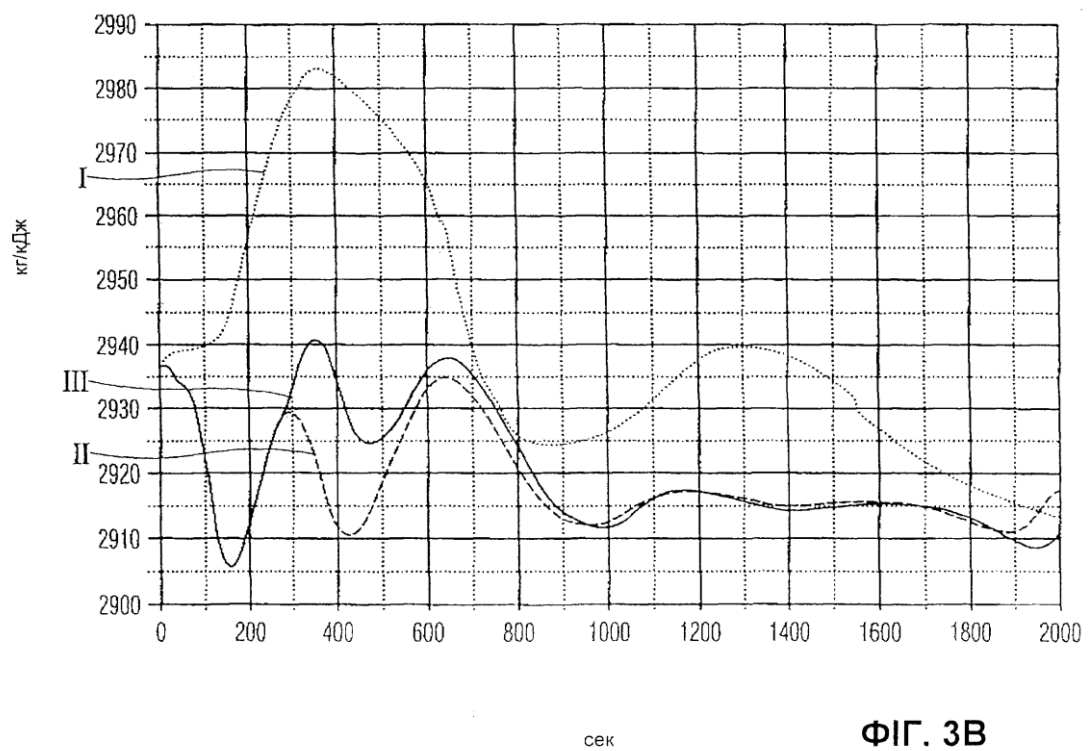
Крива III на фіг. 3c показує, як і на фіг. 3a, тимчасове проходження питомої ентальпії при додатковому врахуванні ефектів накопичення і виведення маси внаслідок зміненого нагріву в підігрівачі 2, що відповідає регулюванню витрати живильної води з фіг. 2.

Діаграми згідно з фігурами 3a, 3b і 3c показують, що регулювання витрати живильної води з фіг. 1 або 2 є особливо підходящим для виключення перерегулювання питомої ентальпії на виході випарної поверхні нагріву 4.

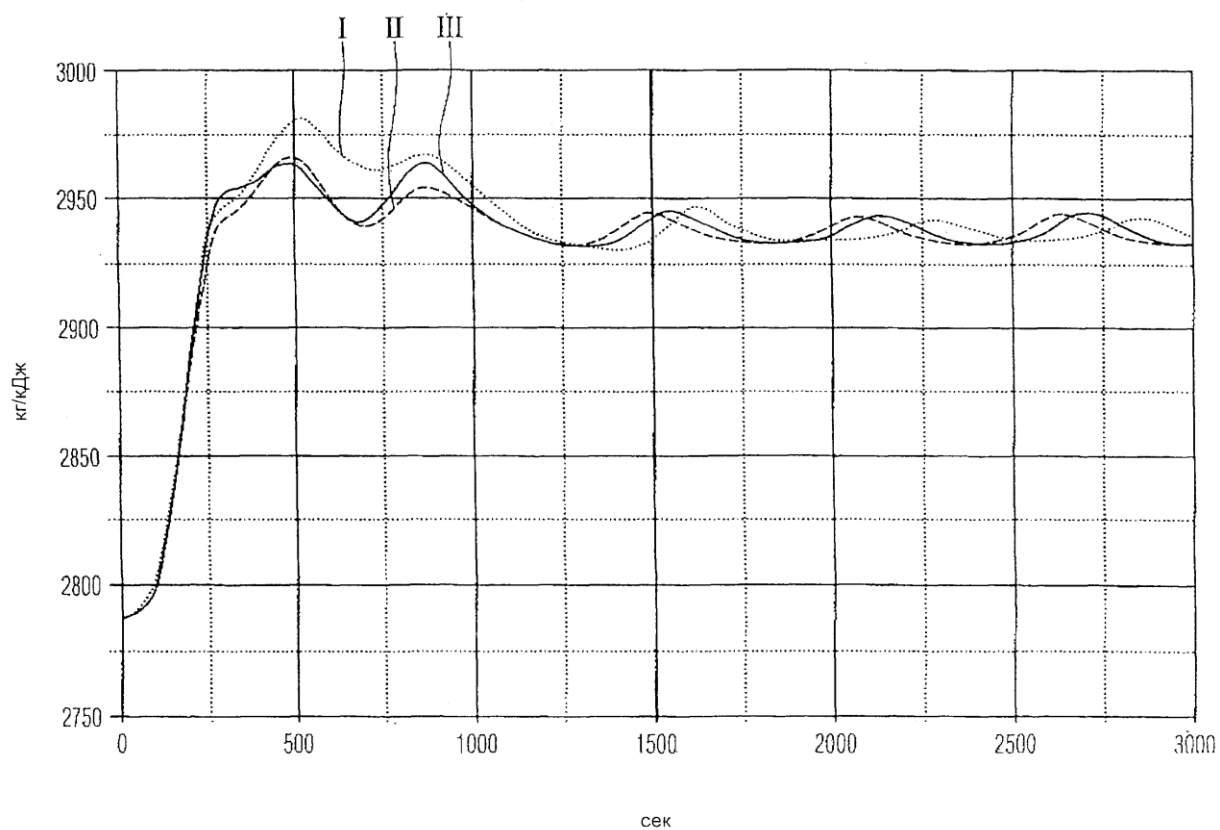




ФИГ. 3А



ФИГ. 3В



ФІГ. 3С