



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85584 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
F25B 30/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ОБОРОТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОТУ

1

(21) а200609827

(22) 14.09.2006

(24) 10.02.2009

(46) 10.02.2009, Бюл.№ 3, 2009 р.

(72) ЛУДАНОВ КОСТЯНТИН ІВАНОВИЧ, UA

(73) ЛУДАНОВ КОСТЯНТИН ІВАНОВИЧ, UA

(56) UA 45107 A, 15.03.2002

US 4942733, 24.07.1990

(57) Спосіб оборотного перетворення електроенергії в теплоту, який включає електрохімічну генерацію в процесі реакції-рекомбінації газів  $H_2$  і  $O_2$  в воднево-кисневій паливній комірці з подальшою подачею отриманої електроенергії та  $H_2O$  на електrolізер; наступний електролітичний розклад  $H_2O$  на компоненти (водень і кисень) з їх подачею з електrolізера в зворотному напрямку (на паливну комірку), який **відрізняється** тим, що ендотермічну реакцію електролізу води здійснюють при температурі нижче температури навколишнього середовища та за рахунок підведення з нього теплоти,

2

яка заміщує тепловий ефект реакції, а також за рахунок додаткової електроенергії від стороннього джерела; екзотермічну реакцію-рекомбінацію газів  $H_2$  і  $O_2$  здійснюють при температурі насичення  $H_2O$  для її тиску в паливній комірці з отриманням в ній  $H_2O$  у формі водяної пари; тепло екзотермічної реакції відводять від паливної комірки теплоносієм системи опалення (або гарячого водопостачання); теплоносії системи опалення догрівають до заданої температури прихованим теплом фазового переходу при конденсації в теплообміннику-конденсаторі насиченої водяної пари, отриманої в паливній комірці; конденсат  $H_2O$  з теплообмінника-конденсатора подають до електrolізера насосом, діючим від стороннього джерела електроенергії, а тепло перегріву утвореного конденсату  $H_2O$  передається шляхом регенерації в протиструминному теплообміннику продуктам низькотемпературного електролізу (газам  $H_2$  і  $O_2$ ) на їх шляху до паливної комірки.

Винахід відноситься до галузі теплотехніки і може бути використаний для оборотного перетворення тепловими насосами електроенергії в теплоту в системах опалення та теплопостачання.

Відомий спосіб зворотного перетворення електроенергії в тепло, який використовує ефекти Зеебека, Пельтьє і Томсона в рамках замкнутого термоелектричного контура. В даному разі до термоелектричного контура, що включає два контакти різнородних матеріалів з розвиненою поверхнею тепловіддачі, підводиться електроенергія  $N$  від стороннього джерела і на одному з контактів тепло  $Q_1$  починає поглинатися, а на другому  $Q_2$  виділятися. Якщо до контакту, що поглинає тепло, почати підвід теплоти з навколишнього середовища  $Q_1$  (обдувати контакти атмосферним повітрям чи омивати його водою з річки і т.і.), то в цьому разі на другому контакті почне виділятися тепло, рівне сумі  $Q_1 + N = Q_2$ . Ефективність перетворення енергії в цьому разі можна виразити через так називаний "опалювальний коефіцієнт"  $\eta_g = Q_2/N = 1 + Q_1/N$  [див. Кириллин В.А. и др. Техническая термодинамика. Изд.4-е. М., 1983, с.362].

Цей спосіб зворотного перетворення електроенергії в тепло (т.н. цикл теплового насоса) був запропонований Томсоном в 1852р. в якості нового способу, зворотного до відомого способу прямого перетворення теплоти в електроенергію у термоелектрогенераторі (ТЕГ). В циклі прямого перетворення енергії - тепло  $Q_1$  підводиться до одного з контактів при високій температурі, відроблене тепло циклу  $Q_2$  відводиться від другого контакту в навколишнє середовище, а електроенергія  $N$ , що виробляється в контурі ТЕГ, - перетворюється в роботу  $A$  на зовнішній навантаженні  $R$ .

Основним недоліком аналога є дуже низька ефективність перетворення енергії як в прямому, так і в зворотному термоелектричних циклах, яка визначається великими необоротними втратами електроенергії на джоулево тепловиділення в матеріалах термоелектричного контура, [див. Кокорев Л.С. и др. Прямое преобразование энергии... М. 1980].

Найбільш близьким до способу перетворення енергії, що заявляється, є спосіб прямого перетворення теплоти в електроенергію у циклі, який

(13) C2

(11) 85584

(19) UA

включає розклад перегрітої водяної пари на водень та кисень в високотемпературному електролізері за рахунок високопотенційного тепла і частини електроенергії, що виробляється в низькотемпературній паливній комірці шляхом проведення реакції-рекомбінації продуктів електролізу (див. позитивне рішення Укрпатента від 17.08.2006 по заявці №2005 01456, автор - Луданов Костянтин Іванович).

Основним недоліком способу-прототипу прямого перетворення теплоти в електроенергію є відсутність зворотного йому способу оборотного перетворення електроенергії в теплоту (оборотного циклу теплового насоса).

В основу винаходу поставлена задача розробки вискоефективного способу оборотного перетворення електроенергії в теплоту (тобто способу, зворотного що до прототипа), в якому проведенням ендотермічної реакції електролізу води при температурі нижче температури навколишнього середовища шляхом підводу з неї теплоти, що відшкодовує тепловий ефект реакції, а також за рахунок додаткової електроенергії від стороннього джерела; проведенням екзотермічної реакції-рекомбінації газів  $H_2$  і  $O_2$  при температурі насиченості  $H_2O$  для її тиску в паливній комірці та з отриманням в ньому  $H_2O$  у вигляді водяної пари; відведенням теплового ефекта екзотермічної реакції від паливної комірки теплоносієм системи опалення (або гарячого водопостачання); догрівом теплоносія системи опалення до заданої температури прихованим теплом фазового переходу при конденсації в теплообміннику-конденсаторі насиченої водяної пари, отриманої в паливній комірці; подавою конденсата  $H_2O$  з теплообмінника-конденсатора до електролізера насосом, діючим від стороннього джерела електроенергії; передачею тепла перегріву конденсата  $H_2O$ , що утворюється, шляхом регенерації тепла в протиточному теплообміннику - продуктам низькотемпературного електролізу (газам  $H_2$  і  $O_2$ ) на їх шляху до паливної комірки -забезпечується вирішення задачі створення нового способу зворотного перетворення енергії (оборотного циклу теплового насоса).

Поставлена задача вирішується тим, що у способі оборотного перетворення електроенергії в теплоту (тобто - в опалювальному циклі теплового насоса), який здійснюється шляхом електрохімічної генерації у процесі реакції-рекомбінації газів  $H_2$  і  $O_2$  в воднево-кисневій паливній комірці, з подачою отриманої електроенергії і  $H_2O$  на електролізер, та наступному електролітичному розкладі  $H_2O$  на компоненти, - водень і кисень, - з їх поверненням у зворотному напрямку, у відповідності до винаходу ендотермічну реакцію електролізу води здійснюють при температурі нижче температури навколишнього середовища та за рахунок підведення з нього теплоти, яка заміщує тепловий ефект реакції, а також за рахунок додаткової електроенергії від стороннього джерела;

екзотермічну реакцію-рекомбінацію газів  $H_2$  і  $O_2$  здійснюють при температурі насичення  $H_2O$  для її тиску в паливній комірці та з отриманням в ній  $H_2O$  у вигляді водяної пари;

тепловий ефект екзотермічної реакції відводять від паливної комірки теплоносієм системи опалення (або гарячого водопостачання); теплоносієм системи опалення догрівають до заданої температури прихованим теплом фазового переходу при конденсації в теплообміннику-конденсаторі насиченої водяної пари, отриманої в паливній комірці; конденсат  $H_2O$  з теплообмінника-конденсатора подають до електролізера насосом, діючим від стороннього джерела електроенергії,

а тепло перегріву утвореного конденсата  $H_2O$  передається шляхом регенерації в протиточному теплообміннику - продуктам низькотемпературного електролізу (газам  $H_2$  і  $O_2$ ) на їх шляху до паливної комірки.

Такий спосіб перетворення електроенергії в теплоту забезпечує здійснення практично оборотного опалювального циклу з ефективністю, значно вищою, ніж ефективність циклу термоелектричного теплового насосу в способі-аналозі.

Пропозиція пояснюється наступним.

Запропонований спосіб перетворення електроенергії в тепло реалізується в рамках теплового насоса, схема якого приведена на Фіг.1. Тепловий насос включає низькотемпературний електролізер води - 1(ЕЛ), паливну комірку - 2 (ПК), що робить на  $H_2$  і  $O_2$  при підвищених температурах (більше  $60^\circ C$ ), теплообмінник-конденсатор водяної пари - 3, теплообмінник для регенерації теплоти циклу - 4 та електронасос 5 для подачі води з конденсатора 3 в ЕЛ 1.

Тепловий насос робить таким чином: від стороннього джерела постійного струму подається напруга в електричний ланцюг послідовно з'єднаних ЕЛ 1 та ПК 2, а також до насосу 5. ЕЛ 1 розкладає воду, що подається насосом 5, на газ  $H_2$  і  $O_2$  з поглинанням теплового ефекту електродної реакції  $Q_{end}$  з навколишнього середовища (точніше - від трубчастого змієвика в ЕЛ 1, через який тече, наприклад, вода з річки при  $+20^\circ C$ ). Отримані в ЕЛ 1 газ  $H_2$  і  $O_2$  подаються в відповідні змієвики протиточного теплообмінника 4 регенерації тепла циклу, в якому конденсат водяної пари віддає газам тепло перегріву (від  $+100^\circ C$  до  $20^\circ C$ ). Нагріті до  $100^\circ C$  газ  $H_2$  і  $O_2$  подаються потім з теплообмінника 3 в ПК 2, де проходить їх реакція-рекомбінація з утворенням  $H_2O$  в формі насиченої пари при  $100^\circ C$  та виділенням в ПК 2 теплового ефекту електродної реакції  $Q_{ekz}$ . Це тепло підводиться до теплоносія, що протікає в трубчастому змієвіку, який встановлено в ПК 2. Теплоносієм системи опалення, попередньо нагрівшись в ПК 2 за рахунок  $Q_{ekz}$ , подається в теплообмінник-конденсатор водяної пари, де нагрівається до заданої температури теплом фазового переходу при конденсації насиченої пари з ПК 2 при тиску 1 атм. та температурі  $100^\circ C$ , а потім відводиться до споживача. Конденсат, який утворився, підводиться до протиточного теплообмінника 4 для наступної регенерації тепла в циклі.

Розглянемо випадок повної оборотності процесів в ЕЛ 1 і ПК 2 при тиску 1 атм. Процес з електролітичного розкладу води в ЕЛ 1 при температурі навколишнього середовища  $+20^\circ C$  (наприклад, річкової води, що протікає через змієвик) буде

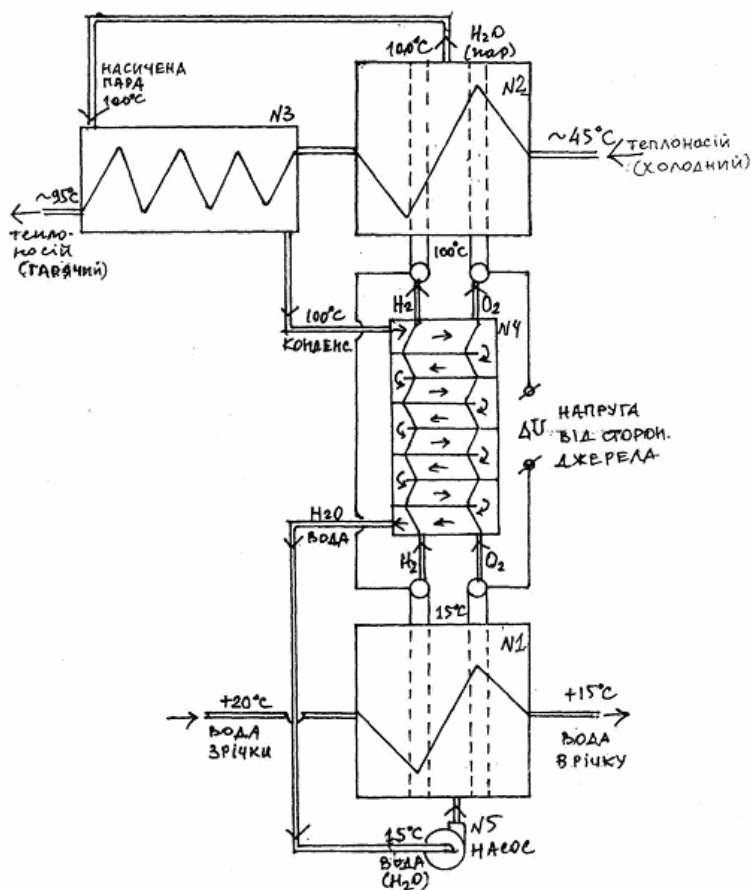
реалізований при  $+15^{\circ}\text{C}$  (це забезпечить компенсацію теплового ефекта електродної реакції  $Q_{\text{end}}$  в ЕЛ 1 за рахунок тепла навколишнього середовища). ЕЛ 1 в цих умовах буде споживати електроенергію при напрузі  $\sim 1,23\text{В}$ .

Реакція-рекомбінація газів  $\text{H}_2$  і  $\text{O}_2$  в процесі ЕХГ, що реалізується при температурі  $100^{\circ}\text{C}$  з отриманням  $\text{H}_2\text{O}$  у формі насиченої пари, - забезпечить виробку в ПК 2 електроенергії при напрузі  $1,162\text{В}$  з виділенням теплового ефекту електродної реакції  $Q_{\text{ekz}}$ , який відводиться з ПК 2 теплоносієм з системи опалення («обраткою»), що отримує в змішувачу попередній підігрів. До заданої температури теплоносії потім догрівається в теплообміннику-конденсаторі 4 за рахунок теплоти конденсації насиченої пари ( $10,5\text{ккал/моль}$ ), що поступає з ПК 2, та подається в систему опалення (теплоносії при  $100^{\circ}\text{C}$  - це «гостра вода»).

ПК 2 при  $20^{\circ}\text{C}$  видає на клемах  $1,23\text{В}$  при отриманні  $\text{H}_2\text{O}$  у формі води та  $1,18\text{В}$  при отриманні  $\text{H}_2\text{O}$  у формі пари. Різниця  $0,05\text{В}$

обумовлена саме теплом конденсації  $10,5\text{ккал/моль}$ . При температурі  $100^{\circ}\text{C}$  і відводом  $\text{H}_2\text{O}$  у формі пари ПК 2 видає на клемах напругу ( $1,162\text{В}$ ), що також на  $0,05\text{В}$  нижче, ніж в ПК з отриманням води при  $100^{\circ}$ . Таким чином, стороннє джерело електроенергії подає в цикл напругу лише  $0,068\text{В}$  з яких тільки  $0,05\text{В}$  тратиться на оборотне перетворення води в пару у даному циклі.

Спосіб, що заявляється, що до перетворення електроенергії в теплоту в зворотному циклі (опалювальному циклі теплового насосу) забезпечує дуже високу ефективність (значення опалювального коефіцієнту  $\eta_g = Q_2/N = 1 + Q_1/N$ ), оскільки в ньому використовуються практично оборотні процеси: низькотемпературний електролітичний розклад води (при напрузі  $1,23\text{В}$ ) та реакція-рекомбінація продуктів електролізу ( $\text{H}_2$  та  $\text{O}_2$ ) в паливній комірці (при напрузі  $1,162\text{В}$  для  $100^{\circ}\text{C}$ ) з заміщенням лише  $0,068\text{В}$  від стороннього джерела електроенергії.



Фіг.1