

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 243914 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436498**

(22) Data zgłoszenia: **2020.12.22**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.06.27 BUP 26/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.30 WUP 44/2023**

(51) MKP:

**H01L 35/30** (2006.01)

**F25D 21/04** (2006.01)

**F24D 11/00** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM.STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,  
Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**KRZYSZTOF WOJCIECHOWSKI,  
Więckowice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Maciej Magoński, Kraków, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób sterowania przepływem energii w obiekcie termicznym, zwłaszcza reaktorze chemicznym**

**PL 243914 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem rozwiązania jest sposób sterowania przepływem energii w obiekcie termicznym. Wynalazek przeznaczony jest do zastosowania w obiektach i urządzeniach, pracujących w zmiennym cyklu termicznym, w szczególności w reaktorach chemicznych. Wynalazek może być wykorzystany również do kogeneracyjnego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w obiektach i urządzeniach pracujących w wolnozmiennych lub ustalonych warunkach termicznych. W szczególności w miejscach, w których pozostaje niewykorzystane ciepło odpadowe w instalacjach odprowadzających poprocesowe gazy odlotowe, jak instalacje kominkowe lub ciecze w chłodnicach odsolin. W sposobie według wynalazku, wykorzystuje się ekonomizer termoelektryczny o specjalnej konstrukcji zawierający sterowany elektrycznie wymiennik ciepła.

Ekonomizery to specjalnej konstrukcji wymienniki ciepła instalowane w obiegach systemów energetycznych w celu zwiększenia ich sprawności. Zwiększenie sprawności energetycznej uzyskuje się zazwyczaj na drodze przejścia ciepła traconego w procesie a zawartego w gazach spalinowych lub procesowych i przeniesienie go przez takie medium jak ciecz czy gaz do jednego z obiegów usprawnianego systemu energetycznego. Do powszechnie używanych układów należą ekonomizery spalin i ekonomizery chłodnicze. Ekonomizery spalin zazwyczaj instalowane są na odlotach spalin wysokoparametrowych kotłów parowych i wodnych opalanych gazem lub olejem w celu rekuperacji ciepła odpadowego zawartego w spalinach. Konstrukcja tego typu ekonomizera powinna zapewniać wysoką efektywność przejmowania ciepła przy możliwie niskim spadku ciśnienia po stronie obiegu spalin. W rozwiązaniu wykazano, że zastosowanie ekonomizera spalin może pozwolić na podwyższenie sprawności kotłów i układów grzewczych nawet do 20% przy maksymalnym spadku ciśnienia do 60 Pa. W innym rozwiązaniu opisano ekonomizer, który w prosty i tani sposób pozwala przekształcić konwencjonalne kotły gazowe lub olejowe w wysokosprawne kotły kondensacyjne.

W opisie wzoru użytkowego CN207018039 opisane jest rozwiązanie układu ekonomizera wykorzystującego absorpcyjną pompę ciepła do zwiększenia sprawności turbiny parowej. Układ ekonomizera składa się z parownika, absorpcyjnej pompy ciepła, obiegu chłodniczego doprowadzającego wodę do pompy ciepła, skraplacza i układu odtleniania włączonych w układ zasilania turbiny. Zastosowanie ekonomizera nie wymaga zmian w technologii seryjnie produkowanych typowych turbin parowych i może pozwolić na zwiększenie ich mocy przy tym samym zużyciu paliwa.

Ekonomizer chłodniczy to specjalny typ dochładzacza, który w swoim działaniu charakteryzuje się tym, że część jego czynnika chłodniczego, wynosząca około 10% do 20%, odparowuje przy wyższej temperaturze parowania, w stosunku do temperatury głównego czynnika chłodniczego. Wytworzone pary wysokotemperaturowego czynnika chłodzącego pobierają ciepło z pozostałego strumienia czynnika chłodniczego zwiększając efektywność energetyczną urządzenia. Do działania ekonomizera chłodniczego niezbędna jest sprężarka średniociśnieniowa połączona z portem ekonomizera przeznaczonym do powietrznej wymiany ciepła. Dzięki efektywniejszemu dochłodzeniu czynnika roboczego przez moduł ekonomizera uzyskuje się wyższy współczynnik wydajności COP chłodziarki a specjalny port ekonomizera dodatkowo umożliwi chłodzenie sprężarki podczas sprężania. Ekonomizery chłodnicze projektowane są dla wybranych parametrów pracy systemu chłodniczego, tzn. dla określonych temperatur i przepływów czynników roboczych. Zmiana tych parametrów w takcie pracy może w istotny sposób wpływać na efektywność ekonomizera.

Wynalazek ma zapewnić oszczędność zużycia energii w procesach grzewczych, w których występuje zarówno nagrzewanie obiektu wiążące się z poborem ciepła jak i jego schładzanie polegające na odprowadzaniu ciepła. Przy tym, jak to ma miejsce w reaktorach chemicznych przy procesach egzotermicznych, obiekt o kontrolowanej temperaturze pracy w określonych przedziałach cyklu roboczego sam może być źródłem ciepła.

Ekonomizer termoelektryczny, według wynalazku wykorzystuje znane moduły termoelektryczne i podłączany jest do obiegów medium grzewczego obiektu termicznego oraz obiegu medium grzewczego zewnętrznego magazynu ciepła.

Sposób przeznaczony jest do sterowania przepływem energii pomiędzy obiektem termicznym a zewnętrznym magazynem ciepła. Charakteryzuje się tym, że na wartość i kierunek przepływu energii oddziałuje się, za pomocą ekonomizera termoelektrycznego zawierającego wymiennik ciepła z pośrednimi modułami termoelektrycznymi, w zależności od wartości i kierunku prądu sterującego tymi modułami. Możliwa jest praca obiektu termicznego w zróżnicowanych trybach pracy.

- Tryb grzania obiektu termicznego, w którym za pomocą modułów termoelektrycznych pracujących w trybie pompy ciepła wspomaga się transport ciepła z obiegu drugiego do obiegu pierwszego. Ciepło pobiera się z magazynu ciepła.
- Tryb chłodzenia obiektu termicznego, w którym ciepło z obiektu termicznego przekazuje się do magazynu ciepła za pośrednictwem termoelektrycznego wymiennika ekonomizera.
- Wówczas istnieje dodatkowo tryb generacji prądu, w którym dodatkową wytwarzaną energię elektryczną przekazuje się do akumulatora elektrochemicznego i/lub sieci energetycznej.
- Tryb aktywnego chłodzenia, w którym za pomocą modułów termoelektrycznych pracujących w trybie pompy ciepła wspomaga się transport ciepła z obiegu pierwszego do obiegu drugiego. Ciepło przekazuje się do magazynu ciepła.

Wartość prądu sterującego modułami termoelektrycznymi wymiennika nastawia się za pomocą układu automatycznej regulacji na podstawie zadanych i mierzonych wielkości termicznych w obiekcie termicznym oraz obiegu pierwszym i obiegu drugim wymiennika ciepła ekonomizera.

Działanie wynalazku przedstawiono poniżej.

Zasadniczą częścią ekonomizera termoelektrycznego, jest wymiennik ciepła umożliwiający przekazywanie energii pomiędzy magazynem ciepła a obiektem termicznym. Przykładowo, w reaktorze chemicznym jest to komora reakcyjna. Transfer energii odbywa się za pośrednictwem wymiennika ciepła ekonomizera sterowanym przez nastawianie wartości prądu sterującego, przepływającego przez moduły termoelektryczne tego wymiennika. Dla uzyskania pożądanych właściwości ekonomizer poza zmodyfikowanym wymiennikiem ciepła zawiera blok sterowania. Obejmuje on zestaw podzespołów pomiarowo-sterujących, które na podstawie zadanego programu realizacji procesu energetycznego przypisanego obiektowi termicznemu umożliwiają wyznaczenie wartości prądu sterującego modułami termoelektrycznymi, wymaganej w danej fazie procesu. Ponieważ w pewnych fazach takiego procesu związanych z chłodzeniem obiektu termicznego występuje stan pracy generatorowej ogniów – modułów termoelektrycznych, w układzie ekonomizera zastosowany jest magazyn energii odzyskiwanej w formie elektrycznej. Stanowić go może akumulator elektrochemiczny, z którego zgromadzona energia może być spożytkowana do zasilania zespołów elektronicznych i wykonawczych, jak pompy cieczy w obiegach wymiennika. Nadwyżki energii mogą być oddawane do sieci energetycznej.

Wynalazek umożliwia oszczędność energii w procesach termicznych, w szczególności w procesach o zmiennym kierunku przepływu energii. Zastosowany wymiennik ciepła o sterowanym poprzez moduły termoelektryczne przepływie energii, umożliwia zwrot lub odbiór energii z obiektu, w którym realizowany jest proces termiczny. Umożliwia jednoczesne wytwarzanie ciepła oraz energii elektrycznej i może być zastosowany także do oszczędzania energii w izotermicznych procesach technologicznych, w których powstaje ciepło odpadowe. Urządzenie wytwarza kogeneracyjnie energię elektryczną oraz ciepło i może być zastosowane w urządzeniach i instalacjach rekuperacyjnych zmniejszających emisję procesowego ciepła odpadowego.

Sposób sterowania przepływem energii objaśniono, a wykorzystywany do tego ekonomizer termoelektryczny pokazano w przykładzie wykonania na schematycznym rysunku.

Fig. 1. Schemat blokowy ekonomizera termoelektrycznego w układzie zastosowanym do reaktora chemicznego.

Fig. 2. Schemat konstrukcji wymiennika ciepła ekonomizera z modułami termoelektrycznymi.

Fig. 3. Wykres zależności mocy cieplnej oraz elektrycznej ekonomizera termoelektrycznego od kierunku i natężenia prądu sterującego.

Wynalazek zastosowano w reaktorze chemicznym B do solwothermalnej syntezy tetraedrytu. Proces syntezy prowadzony jest w komorze reakcyjnej o pojemności  $V = 2 \text{ dm}^3$  w zakresie temperatur  $T_{\text{synt}}$  od  $50^\circ$  do  $350^\circ\text{C}$  i ciśnieniu od 0.1 MPa do 1 MPa. W celu sterowania procesu syntezy do obiegu medium płaszczu grzewczego reaktora włączono obieg pierwszy 1 wymiennika ciepła 5 ekonomizera termoelektrycznego A, sterowanego poprzez automatyczny blok sterowania 9 realizujące funkcje w trybie grzania, chłodzenia, generacji prądu oraz aktywnego chłodzenia. Jako medium chłodzące przepływające przez komorę reakcyjną reaktora chemicznego B oraz wymiennik ciepła ekonomizera termoelektrycznego A zastosowano mieszaninę eutektyczną 73.5% tlenku difenyłu oraz 26.5% difenyłu o maksymalnej temperaturze pracy  $430^\circ\text{C}$ . Funkcję magazynu ciepła C w obiegu drugim 2 pełni zbiornik o pojemności  $50 \text{ dm}^3$  wypełniony mieszaniną eutektyczną 73.5% tlenku difenyłu oraz 26.5% difenyłu. Akumulator elektrochemiczny 10 ekonomizera ma napięcie 12 V i pojemność 50 Ah. Akumulator ten w razie potrzeby zasila blok sterowania 9 lub przez przekształtnik sieciowy 11 nadmiar energii przesyła do sieci

energetycznej D. Przepływy cieczy w obiegu pierwszym 1 i obiegu drugim 2 wymuszone są za pomocą pomp cieczowych 3 i 4 o mocy znamionowej 5 W i przepływach 6 l/min.

W zastosowanym ekonomizerze termoelektrycznym A połączenie z medium grzewczym sterowanego obiektu termicznego B stanowi obieg pierwszy 1, w którym włączona jest pompa 3, oraz cztery aluminiowe cieczowe wymienniki ciepła 7 obiegu pierwszego o wymiarach 160 mm × 40 mm. Połączenie z magazynem ciepła C stanowi obieg drugi 2, w którym włączona jest pompa 4 oraz takie same cztery aluminiowe cieczowe wymienniki ciepła 8 obiegu drugiego usytuowane wewnątrz wymienników obiegu pierwszego. Pomiedzy wymiennikami ciepła obiegu pierwszego 1 a wymiennikami ciepła obiegu drugiego 2, usytuowane są moduły termoelektryczne 6 na bazie stopów tellurku bizmutu BiTe, o maksymalnej mocy chłodniczej/grzewczej 80 W, napięciach zasilania 12 V oraz o wymiarach 40 × 40 mm. Moduły termoelektryczne 6 zostały połączone elektrycznie szeregowo, a energia elektryczna jest dostarczana lub odbierana za pomocą przyłączy elektrycznych 12. Całość umieszczona jest na podstawie 13 i ściśnięta śrubami 14. Moduły termoelektryczne 6 połączone są z blokiem sterowania 9, ten zaś z akumulatorem elektrochemicznym 10 ekonomizera. Blok sterowania 9 połączony jest z zaciskami prądowymi modułów termoelektrycznych 6 tak, by przez nastawianie wartości tego prądu wpływać na właściwości termiczne wymiennika ciepła. Ponadto blok sterowania 9 połączony jest z zaciskami akumulatora elektrochemicznego 10 dla zasilania obwodów kontrolno-pomiarowych, a w razie potrzeby odprowadzania energii generowanej w modułach termoelektrycznych 6.

Wyjaśnienie działania przykładowego rozwiązania przedstawiono poniżej i uzupełniono wykresem zależności mocy cieplnej oraz elektrycznej ekonomizera termoelektrycznego od kierunku i natężenia prądu sterującego, stanowiącym Fig. 3 rysunku.

- 1) W pierwszym etapie syntezy, po wypełnieniu komory reakcyjnej reaktora B reagentami, ekonomizer termoelektryczny A przełączany jest w tryb grzania (odcinek a-b) w celu ogrzania mieszaniny reakcyjnej do temperatury  $T = 200^{\circ}\text{C}$ . Moduły termoelektryczne 6 pracują w trybie pompy ciepła wspomagając transport ciepła z obiegu drugiego 2 do obiegu pierwszego 1. Ciepło potrzebne do ogrzania reaktora pobierane jest z magazynu ciepła C.
- 2) Proces syntezy przebiegający w reaktorze jest egzotermiczny, w związku z tym istnieje konieczność odprowadzenia ciepła z reaktora po zapoczątkowaniu reakcji chemicznej. Układ regulacji bloku sterowania 9 ekonomizera termoelektrycznego A przełączany jest w tryb chłodzenia (odcinek b-c) lub generacji prądu (odcinek c-d) w zależności od różnicy temperatur pomiędzy wnętrzem reaktora B a magazynem ciepła C. W trybie chłodzenia ciepło z reaktora przekazywane jest do magazynu ciepła C za pośrednictwem wymiennika ciepła ekonomizera 5. Blok sterowania 9 kontroluje wymianę ciepła pomiędzy obiegiem pierwszym 1 i obiegiem drugim 2 poprzez moduły termoelektryczne 6 w wymienniku ciepła ekonomizera 5. Gdy różnica temperatur w obiegu pierwszym 1 i obiegu drugim 2 ekonomizera przekracza  $120^{\circ}\text{C}$  ekonomizer przełączany jest w tryb generacji prądu i wytwarza energię elektryczną do wartości maksymalnej  $P_{\text{max}} = 30 \text{ W}$ . Wytworzona przez moduły termoelektryczne 6, energia elektryczna wykorzystana jest do ładowania akumulatora elektrochemicznego 10.
- 3) Po zakończeniu procesu syntezy tetraedrytu wymagane jest szybkie schłodzenie komory reakcyjnej w celu zahamowania szkodliwych procesów rozkładu wytworzonych produktów. W tym celu ekonomizer termoelektryczny A przełączany jest w tryb aktywnego chłodzenia (odcinek d-e). Ponieważ w tym trybie pracy ekonomizera, temperatura w obiegu pierwszym 1 może być niższa niż w obiegu drugim 2 przepływ ciepła z reaktora do magazynu ciepła C wymuszany jest przez moduły termoelektryczne 6. Ciepło zgromadzone w magazynie ciepła C oraz energia elektryczna zgromadzona w akumulatorze elektrochemicznym 10 będzie wykorzystane w kolejnym cyklu produkcyjnym tetraedrytu, po ponownym załadowaniu komory reakcyjnej reaktora.

## Wykaz oznaczeń

<b>A</b>	ekonomizer termoelektryczny
<b>B</b>	obiekt termiczny (reaktor chemiczny)
<b>C</b>	magazyn ciepła
<b>D</b>	sieć energetyczna
<b>1</b>	obieg pierwszy
<b>2</b>	obieg drugi
<b>3</b>	pompa obiegu pierwszego
<b>4</b>	pompa obiegu drugiego
<b>5</b>	wymiennik ciepła ekonomizera
<b>6</b>	moduł termoelektryczny
<b>7</b>	wymiennik ciepła obiegu pierwszego
<b>8</b>	wymiennik ciepła obiegu drugiego
<b>9</b>	blok sterowania
<b>10</b>	akumulator elektrochemiczny
<b>11</b>	przekształtnik sieciowy
<b>12</b>	przyłącza elektryczne
<b>13</b>	podstawa
<b>14</b>	śruba ściskająca

**Zastrzeżenie patentowe**

1. Sposób sterowania przepływem energii pomiędzy obiektem termicznym a zewnętrznym magazynem ciepła, **znamienny tym**, że na wartość i kierunek przepływu energii oddziałuje się za pomocą ekonomizera termoelektrycznego (A), zawierającego wymiennik ciepła (5) ekonomizera z modułami termoelektrycznymi (6), przy czym w zależności od wartości i kierunku przepływu prądu sterującego tymi modułami, uzyskuje się tryb grzania obiektu termicznego (B), w którym za pomocą modułów termoelektrycznych (6) pracujących w trybie pompy ciepła wspomaga się transport ciepła z obiegu drugiego (2) do obiegu pierwszego (1), a ciepło pobiera się z magazynu ciepła (C), tryb chłodzenia obiektu termicznego, w którym ciepło z obiektu termicznego (B) przekazuje się do magazynu ciepła (C) za pośrednictwem wymiennika ciepła (5) ekonomizera, a także tryb generacji prądu, w którym dodatkową wytwarzaną

energię elektryczną przekazuje się do akumulatora elektrochemicznego (10) i/lub sieci energetycznej (D), tryb aktywnego chłodzenia, w którym za pomocą modułów termoelektrycznych (6) pracujących w trybie pompy ciepła wspomaga się transport ciepła z obiegu pierwszego (1) do obiegu drugiego (2), a ciepło przekazuje się do magazynu ciepła (C), natomiast wartość przepływu prądu sterującego modułami termoelektrycznymi (6) wymiennika ciepła (5) ekonomizera, nastawia się za pomocą układu automatycznej regulacji na podstawie zadanych i mierzonych wielkości termicznych w obiekcie termicznym (B) oraz obiegu pierwszym (1) i obiegu drugim (2) wymiennika ciepła (5) ekonomizera.

### Rysunki

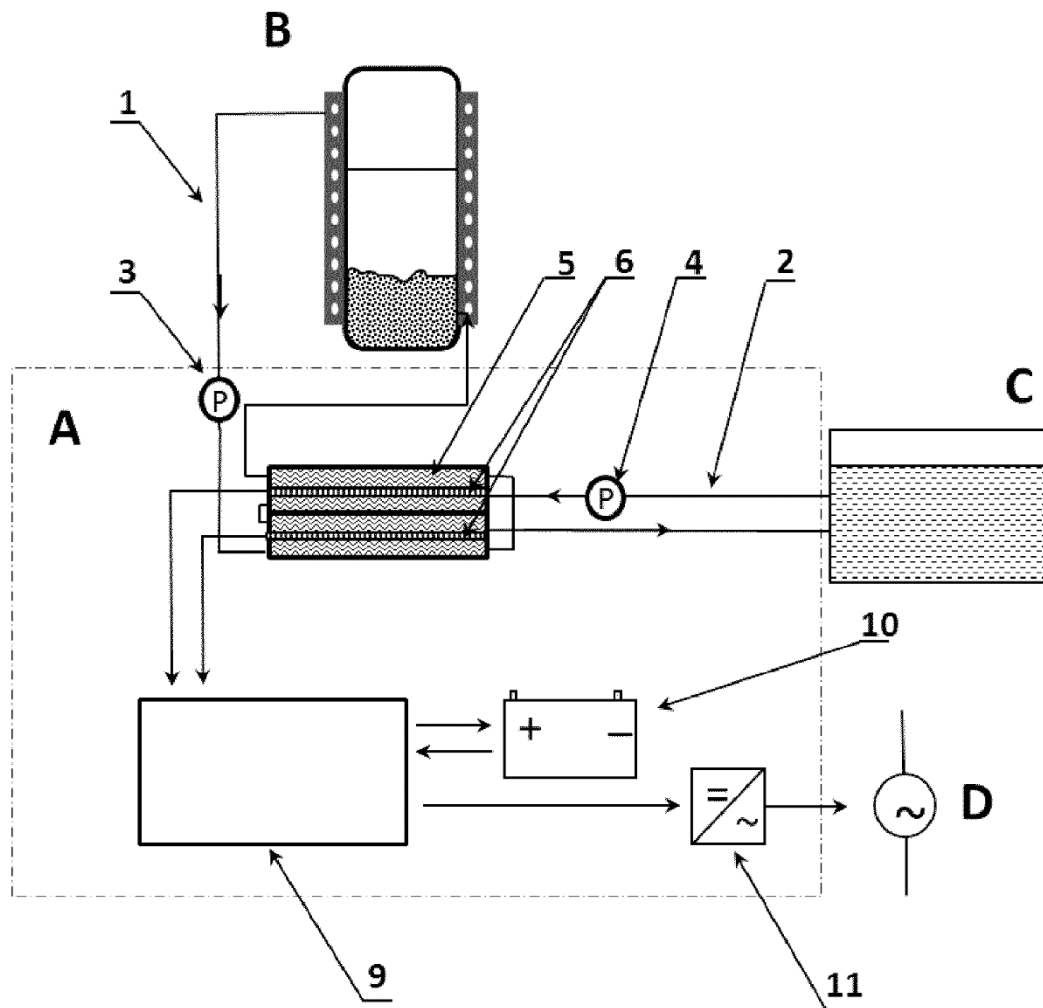


Fig. 1

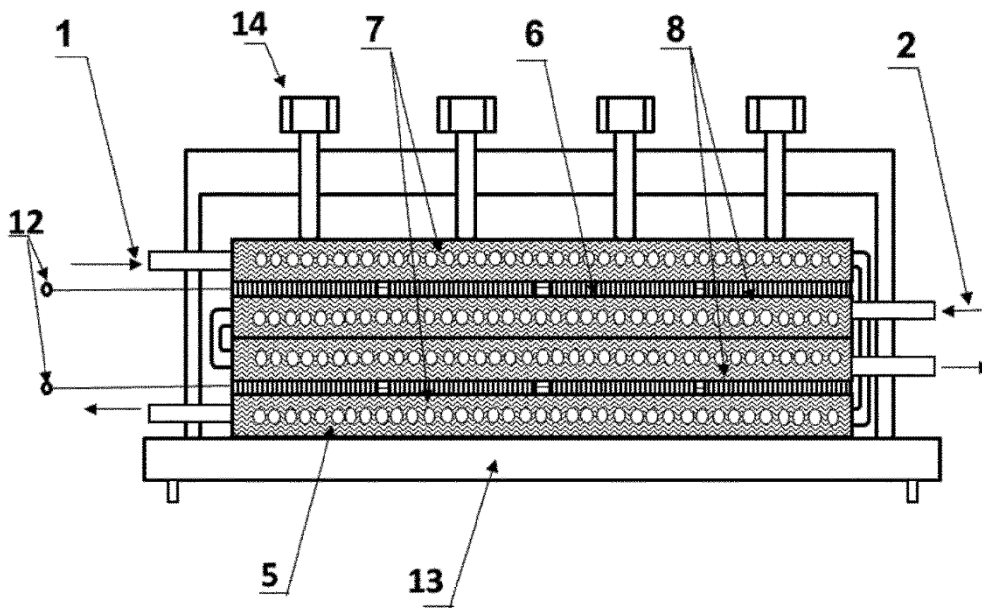


Fig. 2

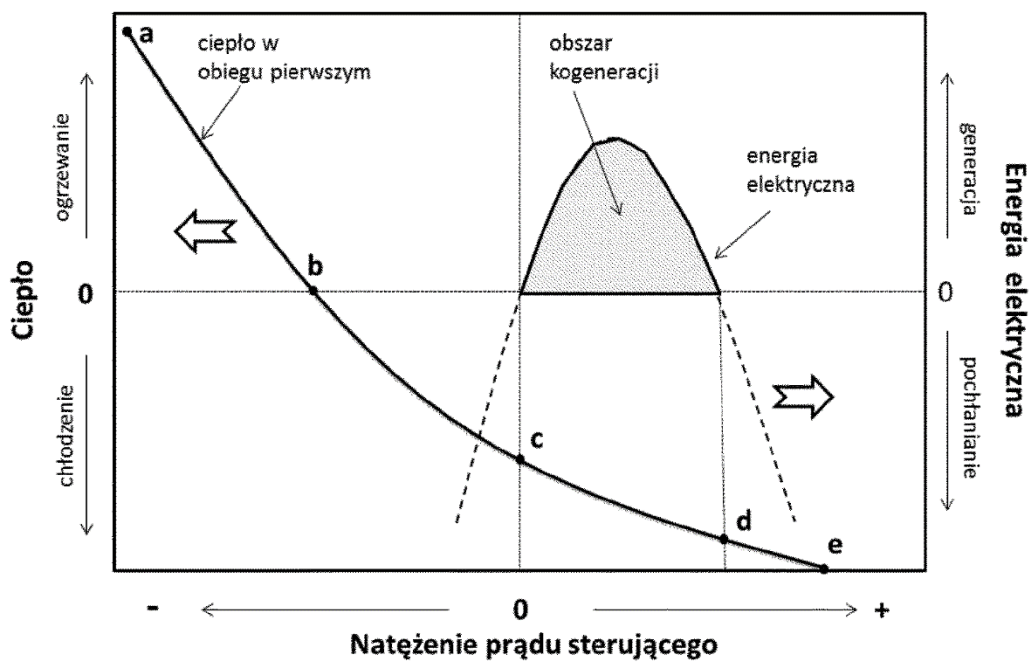


Fig. 3