RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **228901** (13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414788**

(22) Data zgłoszenia: **13.11.2015**

(51) Int.Cl.
B03C 3/02 (2006.01)
H01L 35/28 (2006.01)
F28D 15/02 (2006.01)

(54) **Układ przetwarzania energii cieplnej gazu w elektrofiltrze**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
22.05.2017 BUP 11/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.05.2018 WUP 05/18

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
KRZYSZTOF WOJCIECHOWSKI, Więckowice, PL
TADEUSZ WÓJCIK, Kielce, PL
KAROL SZTEKLER, Częstochowa, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Patrycja Rosół

PL 228901 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ przetwarzania energii cieplnej gazu w elektrofiltrze wbudowanym w instalację oczyszczania gorącego gazu, zwłaszcza spalin z kotła energetycznego opalanego węglem kamiennym, brunatnym lub biomasą.

Elektrofiltry, zwane odpylaczami Cottrella, są urządzeniami odpylającymi wykorzystującymi siły elektrostatyczne działające na cząstki pyłu zawieszone w gazie poziomo przepływającym przez komorę zbiorczą, w której wbudowany jest zespół jonizujący elektrod ulotowych i elektrod zbiorczych, pionowo usytuowanych. Gaz doprowadzany jest do komory zbiorczej przez dyfuzor z zamocowanym w nim panelem kierująco-dławiącym, a przez konfuzor z panelem sitowym wyprowadzany do instalacji wylotowej. Oba panele pełnią funkcje wyrównania przepływu gazu na poprzecznym przekroju komory zbiorczej. Elektrofiltry mogą być stosowane do oczyszczania gazów gorących, oprócz gazów kotłowych również w cementowniach do odpylania gazów z pieców obrotowych, z pieców hutniczych, taśm spiekalniczych, z procesów topienia szkła i innych. Elektrofiltry umożliwiają odpylanie dużych ilości gazu w sposób ciągły, z bardzo dużą sprawnością dochodzącą do 99,9% przy małych oporach przepływu gazu – jednak są urządzeniami wysoce energochłonnymi, wymagającymi wytworzenia wysokiego napięcia rzędu 30–100 kV przy mocy elektrycznej rzędu od kilku do kilkudziesięciu kilowatów. Kolejnym ograniczeniem przy odpylaniu gazów zawilgoconych jest konieczność utrzymywania wysokiej temperatury na wlocie do elektrofiltra, co jest typowe przy oczyszczaniu gazów odlotowych z kotłów energetycznych. Obniżenie temperatury powoduje pogorszenie warunków wyładowania koronowego i znaczący spadek efektywności filtracji. Dlatego z zasady odzysk energii cieplnej z gazów spalinowych prowadzony jest w wymienniku ciepła zabudowanym tylko za elektrofiltrem, co przykładowo przedstawia rozwiązanie według opisu polskiego zgłoszenia wynalazku P-403413. Próby z zabudową rurowego wymiennika ciepła w dyfuzorze elektrofiltra, przykładowo według rozwiązania opisu PL191268 muszą być uzasadnione przez dokładny, całościowy bilans energetyczny, który na tle efektu podgrzania powietrza spalania uwzględni straty obniżenia sprawności elektrofiltra albo wzrostu zapotrzebowania energii na wyładowanie koronowe.

W technice przetwarzania energii znane są generatory termoelektryczne, w których następuje przekonwertowanie ciepła na energię elektryczną. Moduły termoelektryczne znajdują również zastosowanie do utylizacji ciepła odpadowego. Przykładowo wynalazek przedstawiony opisem patentowym PL/EP 2394309 proponuje rozmieszczenie wokół gorącej strefy turbiny spalinowej zespołów modułów termoelektrycznych w kształcie pierścieni. W innym rozwiązaniu według międzynarodowego zgłoszenia wynalazku WO 2010112958 termoelektryczny generator wykorzystuje wysoką temperaturę gazów spalinowych opuszczających silnik lub inną powierzchnię gorąca w silniku spalinowym do produkcji energii elektrycznej, przyczyniając się tym samym do zmniejszenia zapotrzebowania na paliwo i poprawienia parametrów pracy silnika spalinowego.

Znane jest również z opisu patentowego US2012000627 rozwiązanie zawierające elektrofiltr i wymiennik ciepła wykorzystujący do wymuszania przepływu płynu zjawiska magnetohydrodynamiczne. Urządzenie stosowane jest w celu otrzymania czystego powietrza do chłodzenia urządzeń elektronicznych, przy czym w jego działaniu nie zachodzi konwersja ciepła na energię elektryczną.

Problemem technicznym rozwiązywanym przez niniejszy wynalazek jest odzysk ciepła odpadowego gazów w warunkach procesu ich odpylania w elektrofiltrze, z jednoczesnym przetworzeniem tego ciepła na energię elektryczną niezbędną do zasilania elektrod i jonizacji gazu w elektrofiltrze, a także do zasilania innych urządzeń pomocniczych elektrofiltra, przykładowo napędów elektrycznych strzepywacza, wentylatorów.

Układ według niniejszego wynalazku realizowany jest w dwóch rozwiązaniach opartych o wspólną ideę wynalazczą. Oba układy zawierają elektrofiltr o poziomym przepływie gorącego gazu, doprowadzanego przez dyfuzor do komory zbiorczej z wbudowanym zespołem jonizującym elektrod ulotowych i elektrod zbiorczych. Gaz wyprowadzany jest przez konfuzor do instalacji wylotowej, przy czym w dyfuzorze zamocowany ma panel kierująco-dławiący a w konfuzorze panel sitowy. Ponad to układy posiadają elektryczny zespół zasilania elektrod ulotowych i generator termoelektryczny, przetwarzający w oparciu o zjawisko Seebecka odpadowe ciepło gazów spalinowych na energię elektryczną.

Pierwszy układ według wynalazku wyróżnia się tym, że zamocowany w konfuzorze panel sitowy stanowi zespół wymiennika ciepła o pionowych szczelinach przepływu gazu i połączonego z nim gene-

ratora termoelektrycznego, który utworzony jest z rur ciepłowodowych, pionowo i równolegle zamocowanych obok siebie oraz które strefami parowników wprowadzone są do konfuzora a strefami kondensacji do modułów termoelektrycznych generatora termoelektrycznego. Wyjście prądowe z generatora termoelektrycznego doprowadzone jest do przetwornicy DC/AC, włączonej równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych. Chłodnica modułów termoelektrycznych połączona jest zwrotnie z obiegiem cieplnym odpylanej instalacji technologicznej albo z zewnętrznym odbiornikiem.

W korzystnym rozwinięciu takiego układu – dla warunków gdy obniżenie temperatury gazu na doprowadzeniu do komory zbiorczej nie spowoduje istotnego spadku sprawności odpylania – w wylocie z dyfuzora za panelem kierująco-dławiącym wbudowany jest równolegle drugi, taki sam jak w konfuzorze, panel sitowy z zespołem wymiennika ciepła utworzonego z rur ciepłowodowych oraz połączonego z generatorem termoelektrycznym oraz z przetwornicą DC/AC, która włączona jest równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych.

Drugi układ według wynalazku wyróżnia się tym, że zamocowany w konfuzorze panel sitowy stanowi zespół wymiennika ciepła o pionowych szczelinach przepływu gazu i połączonego z nim generatora termoelektrycznego. Wymiennik ciepła i generator termoelektryczny zintegrowane są w wielu wąskich elementach płytowych, wbudowanych do konfuzora w usytuowaniu pionowo-równoległym oraz powierzchniami bocznymi stycznie do kierunku strumienia gazu. Każdy z elementów płytowych ma wewnętrzny kanał chłodnicy modułów termoelektrycznych, które wbudowane są między kanałem a ścianką boczną elementu płytowego. Wyjście prądowe z modułów termoelektrycznych doprowadzone jest do przetwornicy DC/AC, która włączona jest równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych. Chłodnica modułów termoelektrycznych połączona jest zwrotnie z obiegiem cieplnym odpylanej instalacji technologicznej albo z zewnętrznym odbiornikiem.

Korzystnym w opisanym rozwiązaniu układu jest gdy, elementy płytowe mają na zewnętrznych powierzchniach ścianek bocznych elementy intensyfikujące wymianę ciepła, które na sąsiadujących elementach płytowych przesunięte są symetrycznie względem siebie.

Również w tym drugim wykonaniu układu według wynalazku korzystnym może być wbudowanie na wylocie z dyfuzora, równolegle za panelem kierująco-dławiącym, drugiego – takiego samego jak w konfuzorze – panelu sitowego, z wieloma wąskimi elementami płytowymi i modułami termoelektrycznymi połączonymi z przetwornicą DC/AC, która włączona jest równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych.

Oba przedstawione układy według wynalazku przetwarzają odpadową energię cieplną odpylanych gazów na energię elektryczną bez wpływu na pracę elektrofiltra. Uzyskana w modułach termoelektrycznych energia prądu o napięciu stałym jest przekonwertowana na napięcie przemienne i przekazywana jest do zespołu zasilania elektrod ulotowych elektrofiltra. Ciepło pozyskane w obwodzie chłodzenia modułów termoelektrycznych może być wykorzystane do zasilania zewnętrznych odbiorników ciepła lub też zawracane jest do obiegu cieplnego odpylanej instalacji. Wykonanie układu z wymiennikiem złożonym z rur ciepłowodowych, w których nośnikiem ciepła jest parujący i skraplający się płyn, cechuje wysoka efektywność przenoszenia ciepła a tym samym sprawność transformacji energii. Przy odpowiednio wysokich temperaturach gazów odlotowych wytworzona energia elektryczna może całkowicie pokrywać moc potrzebną do zasilania elektrofiltra – czyniąc urządzenie autonomicznym, względnie w bardzo wysokim stopniu pokrywać zapotrzebowanie energii elektrycznej.

Pełne zrozumienie rozwiązań obu układów według wynalazku umożliwią opisy ich przykładowych wykonań, pokazane na rysunku w ujęciach schematycznym. Poszczególne figury rysunku przedstawiają:

Fig. 1 – schemat ogólny obu układów według wynalazku,

Fig. 2 – widok z boku fragmentu konfuzora w układzie według pierwszego wykonania wynalazku, z zespołem wymiennika ciepła i generatorem termoelektrycznym połączonych przez rury ciepłowodowe,

Fig. 3 – przekrój według linii B-B z Fig. 2 dla pierwszego wykonania układu,

Fig. 4 – widok z boku fragmentu konfuzora w układzie według drugiego wykonania wynalazku, z zespołem wymiennika ciepła i generatorem termoelektrycznym zintegrowanymi w wielu wąskich elementach płytowych,

Fig. 5 – widok czołowy na elementy płytowe wymiennika ciepła w układzie według drugiego wykonania wynalazku,

Fig. 6 – przekrój według linii C-C z Fig. 4 dla drugiego wykonania układu,

Fig. 7 – widok na powierzchnię boczną elementu płytowego w drugi o wykonaniu układu,

Fig. 8 – schemat ogólny wspólny dla obu układów z dodatkowo zabudowanym w dyfuzorze drugim wymiennikiem ciepła i generatorem termoelektrycznym.

Układ pokazany na Fig. 1 jest schematem ogólnym wynalazku zawierającym elementy wspólne dla obu wykonań układów. Gorący i zapylony gaz doprowadzany jest wlotem 1 przez dyfuzor 2 do komory zbiorczej 4 elektrofiltra o poziomym przepływie gazu. W dyfuzorze 2 zamocowany jest panel kierująco-dławiący 3 a w komorze zbiorczej 4 jest zawieszony zespół jonizujący złożony z elektrod ulotowych 5 i elektrod zbiorczych 6. Dolne końce elektrod zbiorczych 6 połączone są z mechanicznym strzepywaczem 7 pyłu do leja zsypowego 8. Odpylony gaz wyprowadzany jest z komory zbiorczej 4 przez konfuzor 10 – z zamocowanym na jego wlocie panelem sitowym 9 – do króćca wylotu gazu 11, połączonego z instalacją odsiarczania i emisji do atmosfery. Zamocowane w dyfuzorze 2 i w konfuzorze 10 panele 3 i 9 pełnią funkcje wyrównania przepływu gazu na poprzecznym przekroju komory zbiorczej 4 dla uzyskania jednorodnych warunków jonizacji i odpylania całej objętości gazu.

W układzie według pierwszego wykonania wynalazku, pokazanego na Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 i Fig. 8 – zamocowany w konfuzorze 10 panel sitowy 9 stanowi zespół wymiennika ciepła 12a, którego pionowe rury ciepłowodowe 17 połączone są z generatorem termoelektrycznym 13. Rury ciepłowodowe 17 zamocowane są pionowo i równolegle obok siebie tak, że strefami parowników wprowadzone są do konfuzora 10 a strefami kondensacji do chłodnicy 21 modułów termoelektrycznych 20 generatora termoelektrycznego 13. Powierzchnia wewnętrzna rur 17 pokryta jest materiałem porowatym, pełniącym funkcje knota kapilarnie prowadzącego do góry – w strefę wysokiej temperatury – skroploną wodę lub inną ciecz. Wyjście prądowe 14 generatora termoelektrycznego 13 doprowadzone jest do przetwornicy DC/AC 15, równolegle włączonej do zespołu zasilania elektrod ulotowych 16, przyłączonego do zewnętrznej sieci elektrycznej prądu przemiennego. Chłodnica 21 modułów termoelektrycznych 20 połączona jest zwrotnie z obiegiem cieplnym odpylanej instalacji technologicznej albo może dostarczać ciepło do zewnętrznego odbiornika 23.

W drugim wykonaniu układu według wynalazku, pokazanego na Fig. 1, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 i Fig. 8 – zastosowany został wymiennik ciepła 12b o budowie złożonej z wielu wąskich elementów płytowych 18 zespolonych z generatorem termoelektrycznym 13. Elementy płytowe 18 wbudowane są do konfuzora 10 w usytuowaniu pionowo-równoległym oraz powierzchniami bocznymi stycznie do kierunku strumienia gazu K. Każdy z elementów płytowych 18 ma wewnętrzny kanał 19 chłodnicy 21 modułów termoelektrycznych 20, które wbudowane są między kanałem 19 a ścianką boczną elementu płytowego 18, co zapewnia wymaganą różnicę temperatur. Dla zintensyfikowania wymiany ciepła między gazem przepływającym szczelinami między elementami płytowymi 18 na zewnętrznych powierzchniach ścianek bocznych elementów płytowych 18 wykonane są żebra, które na sąsiadujących elementach płytowych (18) przesunięte są symetrycznie względem siebie. Występujące zaburzenie strumieni gazu nadające im falisty przepływ korzystnie wpływa na wymianę ciepła.

W pierwszym i drugim z opisanych układów według wynalazku, można uzyskać większą moc elektryczną przez dodatkowe wbudowanie w dyfuzory zespoły wymienników ciepła 12a i 12b, zespolonych z generatorami termoelektrycznymi 13 – o budowie takiej samej jak w ich konfuzorach 10. Rozbudowa układu będzie dopuszczalna tylko w warunkach gdy stopień pogorszenia wyładowania koronowego między elektrodami 5 i 6 – w wyniku obniżenia temperatury gazu na wprowadzonych do dyfuzorów 2 wymienników ciepła 12a i 12b oraz przy określonym zawilgoceniu gazu – będzie małoistotnie obniżał sprawność elektrofiltracji. Wyjścia prądowe 14 z generatorów termoelektrycznych 13 przez przetwornice DC/AC 15 włączone są równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych 16.

Wykaz oznaczeń na rysunku

1. wlot gazu
2. dyfuzor
3. panel kierująco-dławiący
4. komora zbiorcza
5. elektroda ulotowa
6. elektroda zbiorcza
7. strzepywacz elektrod
8. lej zsypowy
9. panel sitowy
10. konfuzor
11. wylot gazu

12. wymiennik ciepła
12a. wymiennik ciepła z rurami ciepłowodowymi
12b. płytowy wymiennik ciepła zespolony z generatorem termoelektrycznym
13. generator termoelektryczny
14. wyjście prądowe
15. przetwornica DC/AC
16. zespół zasilania elektrod ulotowych
17. rura ciepłowodowa
18. element płytowy
19. kanał cieczy chłodzącej
20. moduł termoelektryczny
21. chłodnica modułów termoelektrycznych
22. elementy intensyfikujące wymianę ciepła na panelu płytowym
23. odbiornik ciepła
K. kierunek strumienia gazu

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ przetwarzania energii cieplnej gazu w elektrofiltrze, zawierający:
   - elektrofiltr o poziomym przepływie gorącego gazu, doprowadzanego przez dyfuzor (2) do komory zbiorczej (4) z wbudowanym zespołem jonizującym elektrod ulotowych (5) i elektrod zbiorczych (6), oraz wyprowadzanego przez konfuzor (10) do instalacji wylotowej, przy czym w dyfuzorze (2) zamocowany ma panel kierująco-dławiący (3) a w konfuzorze (10) panel sitowy (9) – wyrównujące przepływ gazu na poprzecznym przekroju komory zbiorczej (4), oraz posiadający
   - elektryczny zespół zasilania elektrod ulotowych (16), i
   - generator termoelektryczny (13),

   znamienny tym, że zamocowany w konfuzorze (10) panel sitowy (9) stanowi zespół wymiennika ciepła (12a) o pionowych szczelinach przepływu gazu i połączonego z nim generatora termoelektrycznego (13), przy czym wymiennik ciepła (12a) utworzony jest z rur ciepłowodowych (17), pionowo i równolegle zamocowanych obok siebie oraz które strefami parowników wprowadzone są do konfuzora (10) a strefami kondensacji do modułów termoelektrycznych (20) generatora termoelektrycznego (13), z którego wyjście prądowe (14) doprowadzone jest do przetwornicy DC/AC (15) równolegle włączonej do zespołu zasilania (16) elektrod ulotowych (16), natomiast chłodnica (21) modułów termoelektrycznych (20) połączona jest zwrotnie z obiegiem cieplnym odpylanej instalacji technologicznej albo z zewnętrznym odbiornikiem (23).
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że na wylocie z dyfuzora (2) za panelem kierująco-dławiącym (3) ma wbudowany równolegle drugi – taki sam jak w konfuzorze (10) – panel sitowy (9) z zespołem wymiennika ciepła (12a) utworzonego z rur ciepłowodowych (17) połączonego z generatorem termoelektrycznym (13) i przetwornicą DC/AC (15) włączoną równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych (16).
3. Układ przetwarzania energii cieplnej gazu w elektrofiltrze, zawierający:
   - elektrofiltr o poziomym przepływie gorącego gazu, doprowadzanego przez dyfuzor (2) do komory zbiorczej (4) z wbudowanym zespołem jonizującym elektrod ulotowych (5) i elektrod zbiorczych (6), oraz wyprowadzanego przez konfuzor (10) do instalacji wylotowej, przy czym w dyfuzorze (2) zamocowany ma panel kierująco-dławiący (3) a w konfuzorze (10) panel sitowy (9) – wyrównujące przepływ gazu na poprzecznym przekroju komory zbiorczej (4), oraz posiadający
   - elektryczny zespół zasilania elektrod ulotowych (16), i
   - generator termoelektryczny (13),

   znamienny tym, że zamocowany w konfuzorze (10) panel sitowy (9) stanowi zespół wymiennika ciepła (12b) o pionowych szczelinach przepływu gazu i połączonego z nim generatora termoelektrycznego (13), przy czym wymiennik ciepła (12b) i generator termoelektryczny (13) zespolone są w wielu wąskich elementach płytowych (18), wbudowanych do konfuzora (10) w usytuowaniu pionowo-równoległym oraz powierzchniami bocznymi stycznie do kierunku

strumienia gazu (K), oraz że każdy z elementów płytowych (18) ma wewnętrzny kanał (19) chłodnicy (21) modułów termoelektrycznych (20), które wbudowane są między kanałem (19) a ścianką boczną elementu płytowego (18) i z których wyjście prądowe (14) doprowadzone jest do przetwornicy DC/AC (15) równolegle włączonej do zespołu zasilania (16) elektrod ulotowych (5), natomiast chłodnica (21) modułów termoelektrycznych (20) połączona jest zwrotnie z obiegiem cieplnym odpylanej instalacji technologicznej albo z zewnętrznym odbiornikiem (23).

4. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że elementy płytowe (18) mają na zewnętrznych powierzchniach ścianek bocznych elementy intensyfikujące wymianę ciepła (22), które na sąsiadujących elementach płytowych (18) przesunięte są symetrycznie względem siebie.
5. Układ według zastrz. 3 albo 4, **znamienny tym**, że na wylocie z dyfuzora (2) za panelem kierująco-dławiącym (3) ma równolegle wbudowany drugi – taki sam jak w konfuzorze (10) – panel sitowy (9) z wieloma wąskimi elementami płytowymi (18) i modułami termoelektrycznymi (20) połączonymi z przetwornicą DC/AC (15) włączoną równolegle do zespołu zasilania elektrod ulotowych (16).

Rysunki

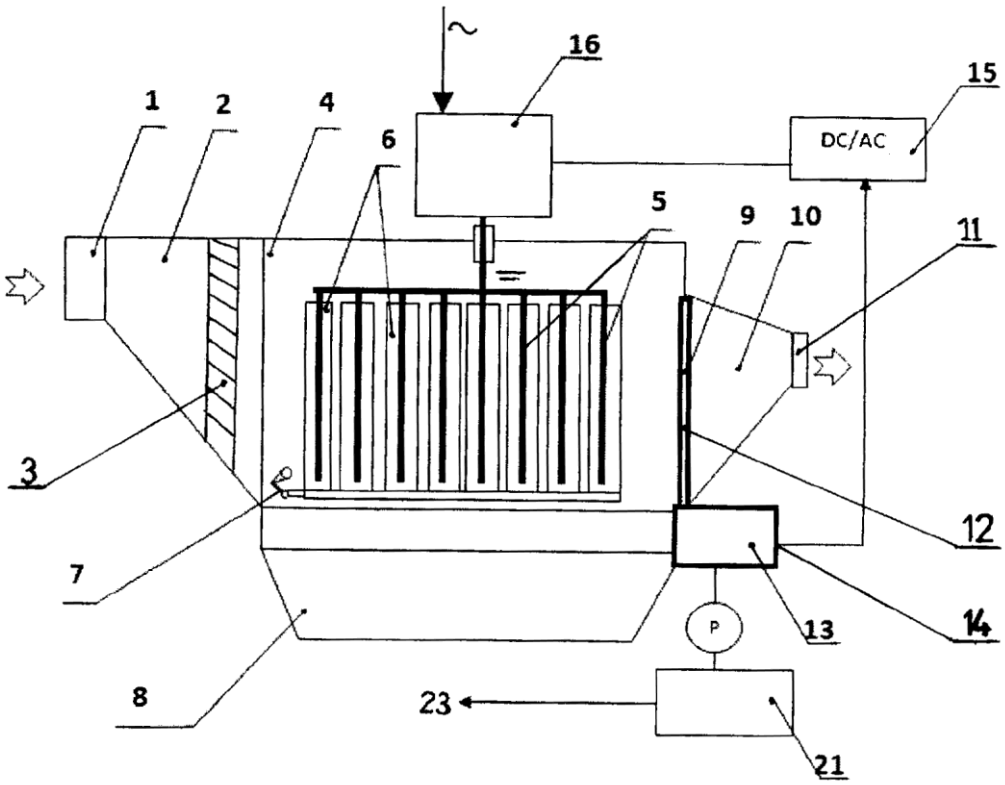

FIG.1

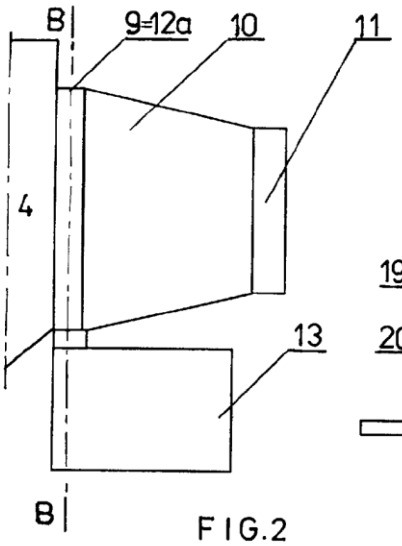

FIG.2

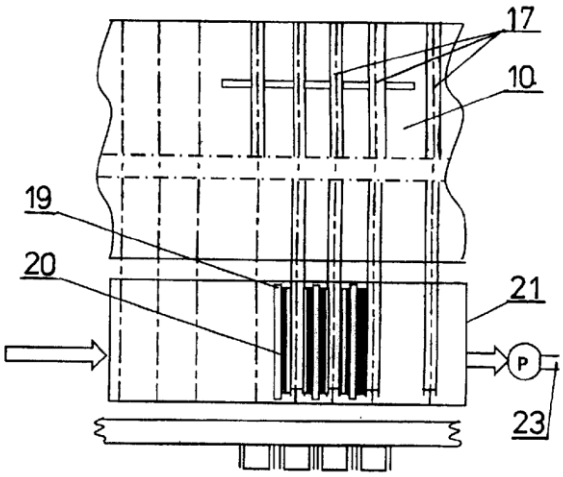

FIG.3

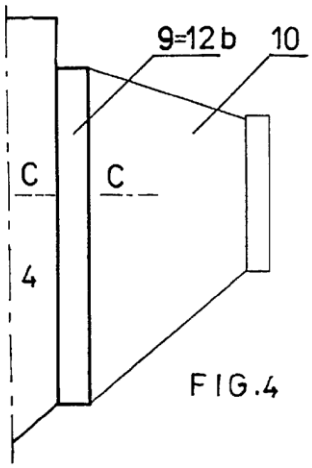

FIG.4

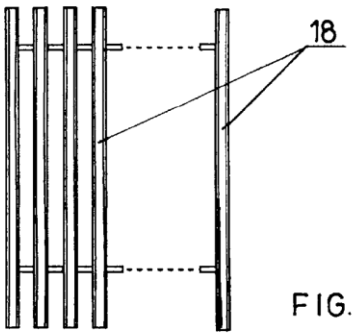

FIG.5

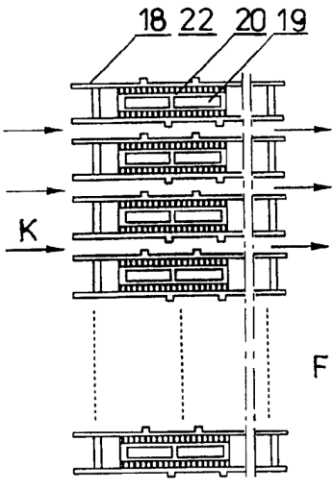

FIG.6

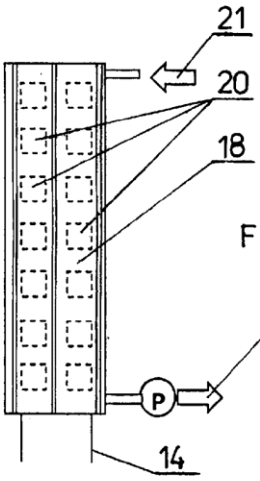

FIG.7

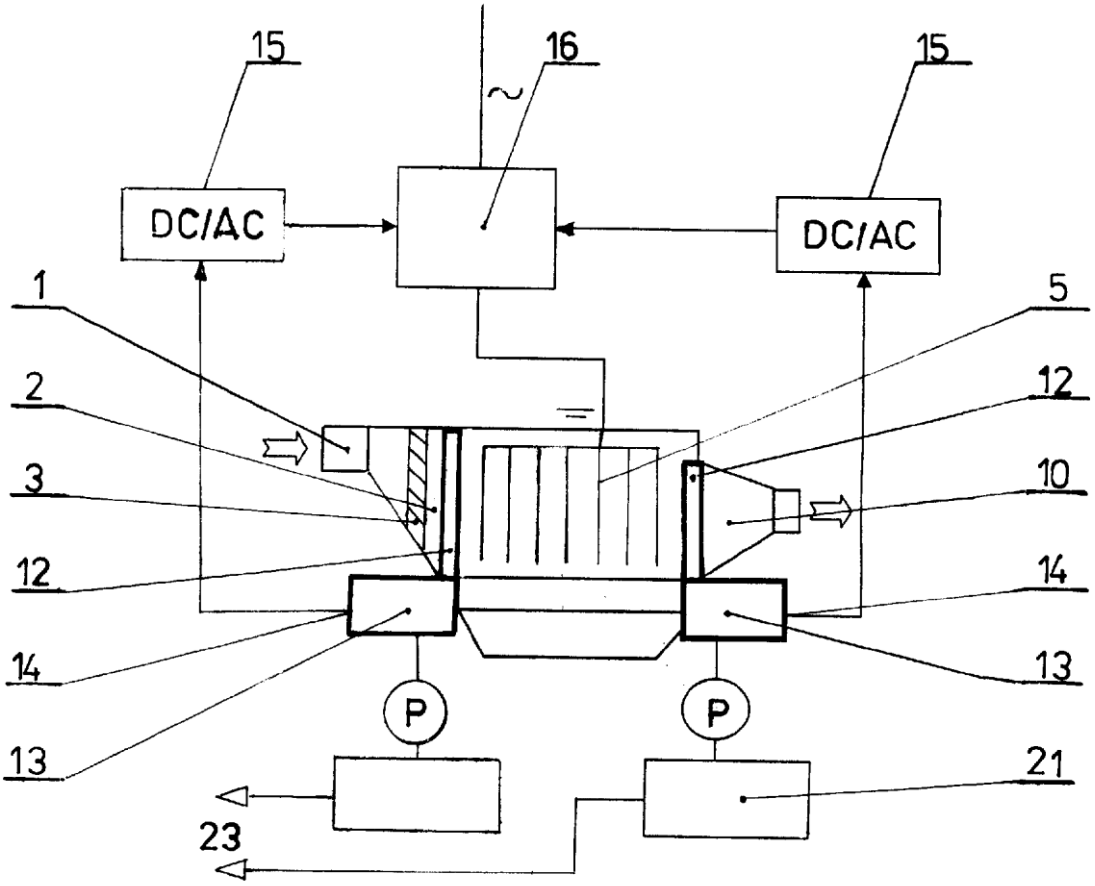

FIG.8

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)