



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 06.08.75 (P. 182582)

Pierwszeństwo: 06.08.74 Republika
Federalna
Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 05.06.76

Opis patentowy opublikowano: 20.02.1981

Int. Cl.² F02C 7/26

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: Helmut Meyer-Kahrweg

Uprawniony z patentu: STEAG Aktiengesellschaft, Essen (Republika Federalna Niemiec)

Sposób uruchamiania zespołu prądowłórczego z turbiną spalinową oraz urządzenie rozruchowe do uruchamiania zespołu prądowłórczego

1 Przedmiotem wynalazku jest sposób uruchamiania zespołu prądowłórczego złożonego z prądnicy i turbiny spalinowej napędzanej spalinami gazu uzyskiwanego przez ciśnieniowe odgazowywanie węgla oraz urządzenie do uruchamiania zespołu prądowłórczego.

Powietrze potrzebne do spalania otrzymuje się z napędzanej przez turbinę gazową sprężarki niskiego ciśnienia, przez dołączoną do niej sprężarkę wysokiego ciśnienia, która jest napędzana przez turbinę przeciwną, przy czym turbina przeciwną włączona jest między gazogeneratorem i komorą spalania, w której wytwarzają się gazy spalinowe. Do rozruchu agregatu służy gazogenerator zasilany powietrzem pobieranym z zewnątrz za pośrednictwem sprężarki rozruchowej z tym, że wytwarzany przezeń gaz rozruchowy jest początkowo odprowadzany do atmosfery. Po wytworzeniu gazu roboczego w ilości wystarczającej do uruchomienia komory spalania i turbiny gazowej komora spalania zostaje przyłączona do przewodu gazu wylotowego z turbiny przeciwną, a zasilanie powietrza z zewnątrz zostaje odcięte.

25 Przedmiotem wynalazku jest ponadto rozruchowe urządzenie do uruchamiania zespołu prądowłórczego.

Zespoły prądowłórcze tego rodzaju pracują ze stosunkowo dużą sprawnością, gdyż w turbinie spalinowej osiągane są wysokie temperatury czyn-

2 nika roboczego na wlocie znacznie wyższe niż w turbinie parowej, a przy tym zespół z turbiną spalinową jest bardziej ekonomiczny.

5 Turbina spalinowa pracuje zwykle w bloku energetycznym z turbiną parową. Turbina parowa napędzana jest parą z kotła parowego, za którym włączona jest komora spalania, w której wytwarzają się spaliny do napędu turbiny spalinowej. Spaliny te powstają ze spalania gazu lub 10 spalania z gazogeneratorem, o ile jako paliwo wykorzystuje się węgiel. Gaz ten powstaje w gazogeneratorze z węgla wsadowego, z pary i z powietrza do spalania pod odpowiednim ciśnieniem.

15 Znane urządzenia tego rodzaju służą z reguły do wytwarzania energii elektrycznej w okresach szczytowego jej zapotrzebowania. Muszą być więc one często i szybko uruchamiane. Ponieważ powietrze do spalania, niezbędne do zainicjowania procesu odgazowywania węgla pod ciśnieniem nie może być dostarczane ze sprężarki stopnia niskiego jako że turbina spalinowa nie jest jeszcze w ruchu, konieczne jest dostarczenie tego powietrza z zewnątrz.

25 W znanych urządzeniach stosuje się do tego celu turbinę rozruchową napędzaną przez silnik i ciśnieniowy zbiornik powietrza. Zbiornik ten jest o pojemności pozwalającej na dostarczanie powietrza do spalania, potrzebnego do uruchomienia 30 gazogeneratorem, przez okres około 15 minut.

Następnie jest uruchamiana komora spalania przez wtrysk oleju zapłonowego, co umożliwia rozruch turbiny spalinowej i sprężarki niskiego napięcia. Gazogenerator uruchamia się przy użyciu powietrza ze zbiornika ciśnieniowego. Powstający przy tym gaz rozruchowy pobierany jest z turbiny przeciwprężnej, a następnie spalany. Jest to konieczne z tego powodu, że turbina przeciwprężna nie może być przy rozruchu gazogeneratora wystarczająco chłodzona, przy czym powstają straty na oporach stawianych przez te części urządzenia, które są sprzężone z turbiną przeciwprężną, tj. silnika rozruchowego ze sprzęgłem i sprężarką wysokiego ciśnienia.

Kiedy gazogenerator osiąga już ok. 20% wydajności gazu roboczego, otwiera się zainstalowane przed komorą spalania zawory odcinające gaz. Dzięki temu zaczyna się obracać turbina przeciwprężna i wtedy załączony zostaje silnik rozruchowy tej turbiny, który musi napędzać jednocześnie z turbiną przeciwprężną również sprężarkę wysokiego ciśnienia. Dopiero potem, kiedy zespół zaczyna wytwarzać sam potrzebne powietrze, może być odcięte zasilanie powietrza z zewnątrz.

Sposób takiego rozwiązania rozruchu ma szereg poważnych niedogodności. Komora spalania musi być dostosowana do spalania zarówno gazu pod ciśnieniem jak też lekkich olejów. Podraża to wcale nie bagatelnie tę część urządzenia. Prócz tego mogą pojawiać się trudności w rozruchu zespołu. Jeśli bowiem na przykład uszkodzony zostanie palnik zapłonowy w komorze spalania, nie pozwala to wprowadzić w odpowiednim czasie w ruch turbiny, w rezultacie czego zbiornik ciśnieniowy powietrza zostanie przedwcześnie wyczerpany. A że naładowanie tego zbiornika trwa ok. 3 godzin, nie może być przez taki okres podjęta produkcja energii elektrycznej. Poza tym występuje oczywiście niekorzystnie duże zużycie olejów lekkich na rozruch urządzenia.

Ponieważ w tych znanych urządzeniach zarówno turbina przeciwprężna, jak też sprężarka wysokiego ciśnienia osadzone są na wspólnym wale z silnikiem napędowym, oznacza to, że przy rozruchu sprężarki wysokiego ciśnienia przez silnik musi on też uruchamiać turbinę przeciwprężną, przez co powstają w niej straty na tarcie (straty pompowania), a tym samym następuje większe wydzielanie się ciepła. Dlatego turbina ta musi być chłodzona gazem pobieranym z gazogeneratora, którego jednak brak jest w wystarczającej ilości w pierwszej fazie rozruchu. Stąd konieczne jest doprowadzenie gazogeneratora w bardzo krótkim czasie do wytwarzania gazu roboczego tak, aby zapobiec przegrzaniu się turbiny przeciwprężnej.

Takie szybkie podniesienie obrotów gazogeneratora odbija się niekorzystnie na jego pracy. Z jednej strony z trudem tylko daje się w tym przypadku opanować regulację stanu pracy gazogeneratora. Z drugiej zaś strony pogarsza się jakość gazu, przy tym zachodzą zmiany w tej jakości, a także dochodzi do porywania pyłów. Przez nagły lokalny wzrost temperatury i nie

kontrolowany rozdział pary osłonowej powstają też uszkodzenia gazogeneratora.

Celem wynalazku jest uproszczenie procesu rozruchu i zrealizowanie rozruchu urządzenia bez użycia oleju zapłonowego przy wykorzystaniu jedynie gazu dostarczanego przez gazogenerator.

W sposobie rozruchu według wynalazku zadanie to rozwiązano w taki sposób, że sprężarka rozruchowa wstępnie spręża powietrze pobierane z zewnątrz, które spręża się do wysokiego ciśnienia w następnej sprężarce. Najpierw doprowadzona zostaje do wymaganej roboczej prędkości obrotowej odłączona od sprężarki wysokiego ciśnienia turbina przeciwprężna zanim gaz rozruchowy zostanie spalony, a następnie sprzężona zostaje sprężarka wysokiego ciśnienia z turbiną przeciwprężną i uruchomiona komora spalania i wreszcie turbina spalinowa przy wykorzystaniu gazu roboczego.

A zatem w sposobie według wynalazku uruchamia się najpierw gazogenerator, przy czym komora spalania i turbina spalinowa pozostają wyłączone dotąd, dopóki gazogenerator nie może dostarczyć gazu roboczego przy wymaganym ciśnieniu i w wymaganej ilości. Najczęściej w sposobie według wynalazku następuje to wtedy, kiedy zespół może dysponować ok. 30% ilości gazu roboczego wytwarzanego przy ruchu zespołu. Wytwarzany, aż do tego momentu gaz rozruchowy nie spala się dalej z pominięciem turbiny rozprężnej, gdyż nie powoduje żadnych strat na oporach. Dlatego turbinę tą powoli rozrusza się i dopiero po osiągnięciu prędkości obrotowej sprężarki wysokiego ciśnienia sprzęga się je.

Zaletą sposobu według wynalazku polega przede wszystkim na polepszeniu sprawności w zużyciu energii i na uproszczeniu pewnych elementów całego zespołu należących do komory spalania. Inne zalety wynikają z faktu, że uruchomienie gazogeneratora nie ma ścisłych ograniczeń czasowych i dlatego nie jest konieczne, aby w określonym czasie konieczne było uzyskanie pełnej ilości gazu roboczego. Powstaje więc przy sposobie uruchomienia zespołu według wynalazku możliwość ustalenia w dowolnie długim czasie właściwych warunków pracy, a przede wszystkim ciśnienia i ilości gazu roboczego przed komorą spalania, jakie są niezbędne do uruchomienia i pracy komory spalania oraz turbiny spalinowej bez zużycia olejów do zapłonu.

Gaz rozruchowy wytwarzany przy rozruchu w gazogeneratorze zostaje natychmiast rozprężony w turbinie przeciwprężnej, a następnie odprowadzony do atmosfery. Jak długo prędkość obrotowa turbiny przeciwprężnej jest mniejsza niż sprężarki wysokiego ciśnienia, turbina nie musi oddawać żadnej mocy. Rusza ona powoli osiągając po pewnym czasie prędkość sprężarki wysokiego ciśnienia. Dopiero wtedy produkcja gazu w gazogeneratorze staje się z reguły wystarczająca, aby uruchomić też komorę spalania i turbinę spalinową.

Urządzenie według wynalazku realizujące podany sposób rozruchu zespołu różni się od znanych dotąd rozwiązań tym, że sprężarka rozruchowa przyłączona jest do przewodu odprowadzającego

z turbiny gazowej wstępnie sprężone powietrze i że turbina przeciwpiętna dołączona jest do sprężarki wysokiego ciśnienia przez sprzęgło jednokierunkowe, która to sprężarka połączona jest z silnikiem rozruchowym za pośrednictwem przekładni.

Przy rozruchu urządzenia sprężarka niskiego ciśnienia pobierająca powietrze z zewnątrz od sprężarki rozruchowej napędzana jest przez silnik rozruchowy dotąd, dopóki turbina przeciwpiętna nie osiągnie prędkości obrotowej sprężarki wysokiego ciśnienia i nie zostanie z nią sprzężona przez sprzęgło jednokierunkowe.

W urządzeniu według wynalazku przez zastosowanie kotła parowego przyłączonego do komory spalania, uzyskuje się oszczędność energii w tym to kotle wytwarza się parę do napędu turbiny parowej z włączonym za nią kondensatorem, a ten łączy się za pośrednictwem przewodu kondensatu z chłodnicą powietrza włączoną przed sprężarką wysokiego ciśnienia. Według wynalazku łączy się sprężarkę rozruchową przed chłodnicą pracującą na kondensacie. W ten sposób kondensat wykorzystuje się do schładzania sprężonego powietrza. Schładzanie powietrza sprężonego do ciśnienia ok. 7 atm jest korzystne dla późniejszego sprężania do wysokiego ciśnienia. Do tego schłodzenia powietrza wystarcza zresztą otrzymywany kondensat tak, że doprowadzenie do tego celu wody chłodzącej staje się zbędne.

W procesie rozruchu urządzenia według wynalazku, za turbiną rozprężną wbudowany jest obejściowy w stosunku do wylotu do atmosfery przewód na gaz pochodzący z odgazowywania węgla. W przewód ten wbudowany jest wymiennik ciepła do kondensacji pary wodnej, a ponadto węglowodorów zawartych w gazie rozruchowym, jak też do wykorzystania ciepła gazu rozruchowego. Gaz rozruchowy składa się bowiem w co najmniej 30% z pary wodnej tak, że istnieją trudności ze spalaniem go w atmosferze, co pochodzi stąd, że płomień gaśnie wskutek zbyt małej wartości opałowej gazu rozruchowego. Prócz tego w gazie rozruchowym zawarte są węglowodory, które przy zgaśnięciu płomienia zanieczyszczają otoczenie kropelkami smoły.

Wreszcie można też zwiększyć efekty gospodarce urządzenia według wynalazku przez rozkładanie kondensatu na wodę i węglowodory. Skondensowaną wodę można bowiem wtedy wykorzystać wtórnie na przykład w płuczce gazowej. Skondensowane węglowodory mogą być natomiast wykorzystane w procesie wytwarzania gazu lub w inny sposób. Uzyskane ciepło odlotowe można również wykorzystać w urządzeniu.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku obrazującym schemat zespołu prądotwórczego przeznaczonego do pracy w szczytach obciążeniowych.

Przedstawiony zespół prądotwórczy składa się z turbiny 1 spalinowej, która może być doprowadzona do pełnej prędkości obrotowej przez napęd złożony z silnika 2 rozruchowego i przekładni 3. Z turbiną 1 spalinową połączone są sztywno sprężarka 4 wstępna i prądnicą 5. Sprężarka 4 ni-

skiego ciśnienia zasysa powietrze poprzez króciec 6 ssawny i spręża je do ok. 7 atm. Wymieniona sprężarka 4 ma wydajność ok. 1000000 Nm³/h.

Sprężarka 4 wstępna tłoczy sprężone powietrze do przewodów 7 i 8. Około 90% wstępnie sprężonego powietrza dostaje się do komory 9 spalania, a pozostałe 10% powietrza doprowadzane jest przewodem 7 przez wbudowany w ten przewód zwrotny zawór 10 klapowy, przez chłodnicę 11 powietrza i sprężarkę 12 wysokiego ciśnienia do gazogeneratora 13. Powietrze schłodzone w chłodnicy 11 sprężone zostaje w sprężarce 12 wysokiego ciśnienia do około 20 atm., tj. do ciśnienia występującego w gazogeneratorze.

Do gazogeneratora doprowadza się prócz sprężonego powietrza węgiel i parę, co nie jest pokazane szczegółowo. Wytwarzany w gazogeneratorze gaz dostaje się poprzez płuczkę 14 gazową do turbiny 15 przeciwpiętnej, gdzie ciśnienie jego ulega zmniejszeniu do około 10 atm. Moc wyzwolona w turbinie 15 użyta zostaje do napędu sprężarki 12 wysokiego ciśnienia. W tym celu turbina 15 sprzężona jest ze sprężarką 12 wysokiego ciśnienia za pośrednictwem sprzęgła 23 jednokierunkowego.

Rozprężony gaz z turbiny 15 przeciwpiętnej doprowadza się przewodem 16 do komory 9 spalania, gdzie ulega spalaniu z powietrzem dostającym się przez przewód 8.

Do komory 9 spalania przyłączony jest kocioł 17 parowy, którego rury 18 grzejne zaopatrzone są w wodę kotłową przez pompę wodną nie pokazaną na rysunku. Para wytwarzana w kotle 17 parowym służy do napędu turbiny 19 parowej sprzężonej z prądnicą 20.

Para rozprężona w turbinie 19 parowej ulega kondensacji w kondensatorze 21, który połączony jest z chłodnicą 11 powietrza przewodem 22 kondensatu tak, że może on być użyty do schładzania powietrza w sprężarce 4 niskiego ciśnienia.

Zespół jest uruchamiany dwustopniowo. Najpierw uruchamiany jest gazogenerator 13. Powietrze potrzebne w procesie rozruchu gazogeneratora 13 wytwarzane jest przez sprężarkę 24 rozruchową napędzaną przez silnik 25. Sprężarka 24 ma wydajność 40 000 Nm³/h, przy ciśnieniu 7 atm. To wstępnie sprężone powietrze doprowadzane jest przez przewód 26 do przewodu 7. Przewód 26 połączony jest do przewodu 7 za klapowym zaworem 10 zwrotnym w kierunku przepływu powietrza, dzięki czemu powietrze sprężone w sprężarce 24 rozruchowej nie może przedostać się do sprężarki 4 turbiny spalinowej.

Powietrze tłoczone przez sprężarkę 24 rozruchową sprężane jest następnie do ciśnienia gazogeneratora około 20 atm w sprężarce 12 wysokiego ciśnienia z własnym napędem złożonym z silnika 27 i przekładni 28. Przy odpowiednim doprowadzeniu pary i węgla do gazogeneratora 13 zapoczątkowana zostaje produkcja gazu. Gaz wytwarzany w gazogeneratorze 13 doprowadzany jest przez płuczkę 14 do turbiny 15 przeciwpiętnej, która stosownie do bieżącej produkcji gazu zaczyna się powoli obracać, jako że odłączona jest od sprę-

zarki 12 wysokiego ciśnienia przez jednokierunkowe sprzęgło 23.

Gaz wylotowy z turbiny 15 przeciwprężnej odprowadzony zostaje przewodem 30 gazowym przyłączonym do wylotu 29 i spalony w atmosferze. Aby gaz ten nie dostał się do komory 9 spalania wbudowany jest w przewodzie 16 między przyłączeniem kanału 30 gazowego i komorą 9 spalania, zawór 31 który podczas rozruchu pozostaje zamknięty. Zawór 31 może być też wykorzystany przy zakłóceniach w pracy zespołu do jego zatrzymania.

Kiedy gazogenerator 13 osiąga około 30% wydajności gazu w warunkach ruchowych, uruchomiona zostaje turbina 1 spalinowa przez silnik 2 za pośrednictwem przekładni 3. Następnie otwiera się zawór 31, a zamyka zawór 32 odcinający wbudowany w kanał 30 gazowy. Gaz przepływa teraz do komory 9 spalania, gdzie następuje jego zapłon. Powstającymi gazami spalinowymi napędzana jest turbina 1 spalinowa, której moc wystarcza do napędu sprężarki 4 powietrza niskiego ciśnienia. Umożliwia to odłączenie sprężarki 24 rozruchowej. Silnik 27 do napędu sprężarki 12 wysokiego ciśnienia zostaje odciążony, gdyż w międzyczasie turbina 15 przeciwprężna osiąga taką prędkość obrotową, że załącza sprzęgło 23 jednokierunkowe. Moc turbiny 15 przeciwprężnej nie wystarcza jednak sama do napędu sprężarki 12 wysokiego ciśnienia. Moc sprężarki 12 wysokiego ciśnienia potrzebna do zgazowywania pochodzi w 40 do 100% wspólnie od silnika 27 i turbiny 15 przeciwprężnej. Kończący stan pracy zespołu ustala się w krótkim czasie tak, że prądnice 5 i 20 mają oddawać moc do sieci.

Ponieważ po odłączeniu zespołu wytwarzanie gazu w gazogeneratorze 13 nie ustaje od razu, gazogenerator 13 zostaje dołączony do wylotu 29 do atmosfery poprzez przewód 33, w którym zamontowany jest zawór 34 odcinający. W przewodzie 33 spalane zostają resztki gazu powstającego po wyłączeniu urządzenia.

W przewodzie 33 gazowym prowadzącym do wylotu do atmosfery wbudowany jest nie pokazany na rysunku wymiennik ciepła, w którym kondensuje się para wodna i węglowodór z gazu rozruchowego, przez co zwiększa się odpowiednio wartość opałowa gazu, a spalanie u wylotu staje się stabilne.

Skondensowana woda może być ponownie zastosowana. Skondensowana smoła jest gromadzona i wykorzystywana w procesie wytwarzania gazu lub w inny sposób. Ciepło uzyskane w wymienniku ciepła może być również wykorzystane w urządzeniu lub w inny sposób.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób uruchamiania zespołu prądowłórczego z turbiną spalinową napędzaną spalinami gazu

uzyskiwanego z gazogeneratora, który posiada sprężarkę powietrzną niskiego ciśnienia napędzaną za pośrednictwem włączanej szeregowo sprężarki wysokiego ciśnienia napędzanej przez turbinę przeciwprężną włączoną między gazogeneratorem i komorą spalania, przy czym do uruchomienia zespołu wykorzystywany jest gazogenerator zasilany powietrzem pobieranym ze sprężarki rozruchowej a wytwarzany gaz rozruchowy jest spalany a po wytworzeniu gazu roboczego w ilości wystarczającej do uruchomienia komory spalania i turbiny spalinowej komora spalinowa dołączona jest do przewodu wylotowego gazu z turbiny przeciwprężnej i zasilanie powietrza z zewnątrz zostaje wyłączone, **znamienny tym, że** stosuje się sprężarkę rozruchową do wstępnego sprężania powietrza z zewnątrz, a sprężarkę wysokiego ciśnienia do dalszego jego sprężania, **sprężona** najpierw ze sprężarką wysokiego ciśnienia turbina przeciwprężna doprowadzana jest do wymaganej w ruchu prędkości obrotowej zanim gaz rozruchowy zostanie spalony, po czym sprężarkę wysokiego ciśnienia sprzęga się z turbiną przeciwprężną oraz uruchamia się komorę spalania i turbinę spalinową przy użyciu gazu roboczego.

2. Sposób uruchamiania zespołu według zastrz. 1, **znamienny tym, że** uruchomienie komory spalania następuje po uzyskaniu około 30% wydatku gazu roboczego z odgazowywania węgla.

3. Urządzenie rozruchowe do uruchamiania zespołu prądowłórczego, **znamiennie tym, że** posiada rozruchową sprężarkę (24, 25) podłączoną do przewodu (7) odprowadzającego sprężone powietrze z turbiny (1) spalinowej natomiast do sprężarki (12) wysokiego ciśnienia ma podłączony przez przekładnię (28) silnik rozruchowy, do którego dołączona jest turbina (15) przeciwprężna za pośrednictwem sprzęgła (23) jednokierunkowego.

4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym, że** sprężarka (24, 25) rozruchowa dołączona jest przed chłodnicą (11) pracującą na kondensacie turbiny, względem kierunku przepływu sprężonego, wstępnie powietrza do spalania.

5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym, że** za turbiną (15) przeciwprężną wmontowany jest przewód (30) boczniujący wylot (29) do atmosfery na gaz pochodzący z odgazowywania węgla.

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym, że** w przewód (30) boczniujący względnie przewód wylotu (29) do atmosfery wbudowany jest wymiennik ciepła, kondensujący parę wodną w gazie rozruchowym oraz zawarte w nim węglowodory, jak też wykorzystujący ciepło gazu rozruchowego.

7. Urządzenie według zastrz. 6, **znamiennie tym, że** ma wymiennik ciepła do rozkładu kondensatu na wodę i węglowodór.

