

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246834 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440883**

(22) Data zgłoszenia: **2022.04.07**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.10.09 BUP 41/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.03.17 WUP 11/2025**

(51) MKP:

B05B 1/08 (2006.01)

B05B 1/30 (2006.01)

B05B 1/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**POLITECHNIKA RZESZOWSKA IM. IGNACEGO
ŁUKASIEWICZA, Rzeszów, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
PAWEŁ GIL, Rzeszów, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Piotr Okarmus, Rzeszów, PL

(54) Tytuł:

Generator strugi syntetycznej

PL 246834 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest generator strugi syntetycznej, mający zastosowanie zwłaszcza do chłodzenia elementów trudnodostępnych lub rozproszonych.

Generatory strugi syntetycznej składają się z urządzenia drgającego wraz z membraną, komory oraz dysz. Urządzeniem drgającym posiadającym membranę może być głośnik, piezoelektryk albo membrana połączona z siłownikiem elektrycznym. Urządzenie drgające posiadające membranę zasilane sygnałem periodycznym np. sinusoidalnym powoduje zmiany objętości komory generatora strugi syntetycznej a tym samym powoduje zmiany ciśnienia wewnątrz komory. Zmienne ciśnienie wewnątrz komory generatora strugi syntetycznej powoduje zasysanie i wypychanie płynu roboczego przez dyszę lub kilka dysz na skutek czego powstaje struga syntetyczna lub strugi syntetyczne. Komora generatora najczęściej znajduje się pomiędzy powierzchnią membrany urządzenia drgającego a płytą z dyszą lub dyszami rozmieszczonymi na obwodzie.

Z polskiego opisu patentowego PL 237224 B znany jest generator strugi syntetycznej zawierający walcową obudowę z podstawą oraz dyszami w jej walcowej ścianie bocznej, komorę, membranę zamocowaną do obudowy po przeciwnej, do podstawy, stronie, oraz wewnątrz komory radiator z żebrami oraz z kanałem pomiędzy dwoma sąsiednimi żebrami. Radiator jest zintegrowany z podstawą poprzez żebra, które są rozmieszczone na podstawie obudowy, a wylot kanału pomiędzy dwoma sąsiednimi żebrami jest rozbieżny i ustawiony w kierunku dyszy, przy czym pomiędzy zakończeniem kanału a początkiem dyszy jest odstęp, zaś w centralnej części komory jest kierownica napływu płynu na żebra i z żeber, a obudowa jest z aluminium albo z miedzi albo ze stopów aluminium albo ze stopów miedzi.

Z amerykańskiego opisu zgłoszeniowego wynalazku US 5758823 A znany jest generator strugi syntetycznej do rozpraszania ciepła, zawierający obudowę wyznaczającą komorę wewnętrzną z otworem. Jedna ze ścian obudowy jest w postaci membrany. W sąsiedztwie membrany jest elektroda. Ruch membrany jest wymuszany poprzez wprowadzanie napięcia elektrycznego pomiędzy metalową membranę a elektrodę. Komora jest umiejscowiona pomiędzy dyszą lub dyszami a membraną.

Z amerykańskiego opisu patentowego US 8931518 B2 znane są generatory strugi syntetycznej, w których komora, będąca pomiędzy membraną a dyszą, ma kształt zbieżny od membrany do dyszy.

Z publikacji Chaudhari, M., Puranik, B., & Agrawal, A. (2011), *Multiple orifice synthetic jet for improvement in impingement heat transfer*, International Journal of Heat and Mass Transfer, 54(9–10), 2056–2065 znane są generatory strugi syntetycznej z wieloma dyszami. W artykule zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych, w których wykazano, że lepsze parametry przy chłodzeniu uzyskuje się w przypadku zastosowania wielu dysz zamiast jednej. W artykule tym wszystkie dysze znajdują się na jednej płycie frontowej, a komora znajduje się pomiędzy płytą frontową a głośnikiem (elementem drgającym z membraną).

Znane są również rozwiązania geometryczne generatorów strugi syntetycznej z dwiema komorami znajdującymi się po obydwu stronach membrany zaprezentowane w publikacji Luo, Z. B., Xia, Z. X., & Liu, B. (2006). *New generation of synthetic jet actuators*, AIAA journal, 44(10), 2418–2420. Pierwsza komora po jednej stronie membrany elementu drgającego generatora strugi syntetycznej może mieć jedną dyszę lub macierz dysz oraz druga komora po drugiej stronie membrany może również mieć jedną lub wiele dysz.

Znane ze stanu techniki generatory strugi syntetycznej wykorzystujące głośniki, jako elementy drgające są urządzeniami o relatywnie dużych gabarytach w stosunku do wentylatorów o porównywalnych właściwościach chłodzących. Wynika z tego, że generator strugi syntetycznej z głośnikiem nie może być zainstalowany w małych przestrzeniach lub wąskich kanałach.

Generator strugi syntetycznej zawierający obudowę, wewnątrz której jest komora główna, a także membranę, urządzenia drgającego, stanowiącą co najmniej część jednej ze ścianek tej komory głównej oraz dyszę, przy czym komora główna jest pomiędzy dyszą a membraną, według wynalazku charakteryzuje się tym, że ma co najmniej jedną komorę pomocniczą, przy czym każda komora pomocnicza jest połączona z komorą główną a pomiędzy każdą z dysz a membraną, oprócz komory głównej, jest komora pomocnicza.

Korzystnie wewnątrz obudowy komora główna generatora strugi jest podzielona ścianką wewnętrzną na pierwszą komorę główną oraz na drugą komorę główną, przy czym ta ścianka wewnętrzna zawiera membranę, a pierwsza komora główna jest połączona z co najmniej jedną pierwszą komorą pomocniczą, zaś druga komora główna jest połączona z co najmniej jedną drugą komorą pomocniczą.

Generator strugi syntetycznej według wynalazku dzięki zastosowaniu komór pomocniczych, które stanowią kanał, przez który przekazywane są pulsacje ciśnienia do dyszy lub dysz od komory głównej z membraną, pozwala na chłodzenie elementów usytuowanych w małych przestrzeniach lub wąskich kanałach. Urządzenie drgające znajduje się w pewnej odległości od elementu lub elementów chłodzonych, a dysza lub dysze mogą być usytuowane blisko gorących powierzchni wymagających intensywnego chłodzenia poprzez odpowiednie doprowadzenie komorami pomocniczymi. Rozwiązanie jest przydatne do chłodzenia elementów trudnodostępnych oraz rozproszonych takich jak przykładowo procesory CPU, procesory GPU oraz pamięci RAM.

Generator strugi syntetycznej, według wynalazku w przykładach wykonania został bliżej wyjaśniony na rysunku, na którym na fig. 1 przedstawiono poglądowo generator strugi syntetycznej w przekroju, w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 2 – w drugim przykładzie wykonania, fig. 3 – w trzecim przykładzie wykonania.

Generator strugi syntetycznej, według wynalazku, w pierwszym przykładzie wykonania zawiera obudowę 1, wewnątrz której jest komora główna 2. Część jednej ze ścianek komory głównej 2 jest w postaci membrany 3 urządzenia drgającego. Komora główna 2 jest połączona z dwoma komorami pomocniczymi 4, przy czym komory pomocnicze 4 są prostopadłe do komory głównej 2 oraz do jej membrany 3. Każda z komór pomocniczych 4 ma jedną ściankę zwróconą ku jednej ścianie pozostałej komory pomocniczej 4, a ponadto na każdej z tych ścianek są po dwie dysze 5. Przestrzeń pomiędzy zwróconymi ku sobie ściankami komór pomocniczych 4 stanowi przestrzeń chłodzenia i jest przeznaczona do usytuowania w niej elementu chłodzonego 6. Urządzeniem drgającym, którego membrana 3 stanowi część ścianki komory głównej 2 jest głośnik 7.

Poniżej opisano działanie generatora strugi według pierwszego przykładu wykonania. Poprzez zasilanie głośnika 7 sygnałem periodycznym wprowadza się membranę 3 w drgania. Drgająca membrana 3 powoduje cykliczne zmiany objętości komory głównej 2, a dzięki bezpośredniemu połączeniu komory głównej 2 z komorami pomocniczymi 4, pulsacja ciśnienia powstająca w komorze głównej 2 przenosi się do komór pomocniczych 4, tym samym doprowadzając zmienne ciśnienie do dysz 5, w których powstaje struga syntetyczna, skierowana ku przestrzeni chłodzenia. Rozwiązanie takie pozwala na chłodzenie powierzchni elementu chłodzonego 6 po jego obydwu stronach.

Generator strugi syntetycznej, według wynalazku, w drugim przykładzie wykonania ma obudowę 1, wewnątrz której jest komora główna 2 podzielona ścianką wewnętrzną na pierwszą komorę główną 2a oraz drugą komorę główną 2b, przy czym część tej ścianki wewnętrznej jest w postaci membrany 3 urządzenia drgającego. Pierwsza komora główna 2a jest połączona z dwoma prostopadłymi względem niej oraz względem membrany 3 pierwszymi komorami pomocniczymi 4a, przy czym każda z pierwszych komór pomocniczych 4a ma jedną ściankę zwróconą ku jednej ścianie pozostałej pierwszej komory pomocniczej 4a, a na każdej z tych zwróconych ku sobie ścianek jest po jednej dyszy 5. Druga komora główna 2b jest połączona z dwoma prostopadłymi względem niej oraz względem membrany 3 drugimi komorami pomocniczymi 4b, przy czym każda z drugich komór pomocniczych 4b ma jedną ściankę zwróconą ku jednej ścianie pozostałej drugiej komory pomocniczej 4b. Na każdej z tych zwróconych ku sobie ścianek drugich komór pomocniczych 4b jest po jednej dyszy 5, przy czym ścianka jednej z drugich komór pomocniczych 4b, na której jest dysza 5 jest przedłużeniem ścianki na której jest dysza 5 jednej z pierwszych komór pomocniczych 4a, zaś ścianka pozostałej drugiej komory pomocniczej 4b na której jest dysza 5 jest przedłużeniem ścianki pozostałej pierwszej komory pomocniczej 4a na której jest dysza 5. Przestrzeń pomiędzy zwróconymi ku sobie dyszami 5 pierwszych komór pomocniczych 4a oraz drugich komór pomocniczych 4b stanowi przestrzeń chłodzenia, w której usytuowany jest element chłodzony 6.

Poniżej opisano działanie generatora strugi według drugiego przykładu wykonania. Poprzez zasilanie głośnika 7 sygnałem periodycznym wprowadza się w membranę 3 w drgania. Drgająca membrana 3 powoduje cykliczne zmiany objętości pierwszej komory głównej 2a oraz drugiej komory głównej 2b, a dzięki bezpośredniemu połączeniu pierwszej komory głównej 2a z pierwszymi komorami pomocniczymi 4a oraz drugiej komory głównej 2b z drugimi komorami pomocniczymi 4b, pulsacja ciśnienia powstająca w komorach głównych 2a i 2b przenosi się do komór pomocniczych 4a i 4b, tym samym doprowadzając zmienne ciśnienie do dysz 5, w których powstaje struga syntetyczna. Dzięki usytuowaniu dysz 5, na zwróconych ku sobie ściankach komór pomocniczych 4a i 4b, wydostająca się z nich struga syntetyczna może skutecznie rozpraszać ciepło z gorącej powierzchni elementu chłodzonego 6, z dwóch stron jednocześnie.

Generator strugi syntetycznej, według wynalazku, w trzecim przykładzie wykonania ma obudowę 1, wewnątrz której jest komora 2 podzielona ścianką wewnętrzną na pierwszą komorę główną 2a oraz drugą komorę główną 2b, przy czym ta ścianka wewnętrzna jest w postaci membrany 3 urządzenia drgającego. Pierwsza komora główna 2a jest połączona z dwoma prostokątami względem niej oraz względem membrany 3 pierwszymi komorami pomocniczymi 4a. Na jednej ze ścianek każdej z pierwszych komór pomocniczych 4a jest jedna dysza 5, przy czym każda z pierwszych komór pomocniczych 4a ma dysze na swojej ścianie zwróconej w stronę przeciwną względem tej po której jest pozostała pierwsza komora pomocnicza 4a. Jedna z pierwszych komór pomocniczych jest zakrzywiona na odcinku pomiędzy dyszą 5 a pierwszą komorą główną 2a pod kątem 90°. Druga komora główna 2b jest połączona z jedną prostokątą względem niej oraz względem membrany 3 drugą komorą pomocniczą 4b, która zakończona jest dyszą 5. Na wylocie każdej z dysz 5 jest przestrzeń chłodzenia, a w każdej z tych przestrzeni jest usytuowany inny element chłodzony 6.

Poniżej opisano działanie generatora strugi według drugiego przykładu wykonania. Poprzez zasilanie głośnika 7 sygnałem periodycznym wprowadza się membranę 3 w drgania. Drgająca membrana 5 powoduje cykliczne zmiany objętości pierwszej komory głównej 2a oraz drugiej komory głównej 2b, a dzięki bezpośredniemu połączeniu pierwszej komory głównej 2a z dwiema pierwszymi komorami pomocniczymi 4a oraz drugiej komory głównej 2b z jedną komorą pomocniczą 4b, pulsacja ciśnienia powstająca w pierwszej komorze głównej 2a oraz w drugiej komorze głównej 2b przenosi się odpowiednio do dwóch pierwszych komór pomocniczych 4a oraz drugiej komory pomocniczej 4b, tym samym doprowadzając zmienne ciśnienie do dysz 5. Strugi syntetyczne wydostające się z dysz 5 poprzez doprowadzone zmienne ciśnienia przez komory pomocnicze 4a i 4b, mogą skutecznie rozpraszać ciepło z gorących powierzchni elementów chłodzonych 6, które są rozmieszczone w rozproszonej i dowolnej konfiguracji geometrycznej. Dzięki zastosowaniu wielu komór pomocniczych możliwe jest jednoczesne chłodzenie jednym generatorem strugi syntetycznej elementów trudnodostępnych oraz rozproszonych, takich jak przykładowo: procesor CPU, procesor GPU oraz pamięć RAM.

Wykaz oznaczeń

- 1 – obudowa
- 2 – komora główna
- 2a – pierwsza komora główna
- 2b – druga komora główna
- 3 – membrana
- 4 – komora pomocnicza
- 4a – pierwsza komora pomocnicza
- 4b – druga komora pomocnicza
- 5 – dysza
- 6 – element chłodzony
- 7 – głośnik

Zastrzeżenia patentowe

1. Generator strugi syntetycznej zawierający obudowę, wewnątrz której jest komora główna, a także membranę urządzenia drgającego, stanowiącą co najmniej część jednej ze ścianek tej komory głównej oraz dyszę, przy czym komora główna jest pomiędzy dyszą a membraną, **znamienny tym**, że ma co najmniej jedną komorę pomocniczą (4), przy czym każda komora pomocnicza (4) jest połączona z komorą główną (2) a pomiędzy każdą z dysz (5) a membraną (3), oprócz komory głównej (2), jest komora pomocnicza (4).
2. Generator strugi według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wewnątrz obudowy (1) komora główna (2) jest podzielona ścianką wewnętrzną na pierwszą komorę główną (2a) oraz na drugą komorę główną (2b), przy czym ta ścianka wewnętrzna zawiera membranę (3), a pierwsza komora główna (2a) jest połączona z co najmniej jedną pierwszą komorą pomocniczą (4a), zaś druga komora główna (4b) jest połączona z co najmniej jedną drugą komorą pomocniczą (4b).

Rysunki

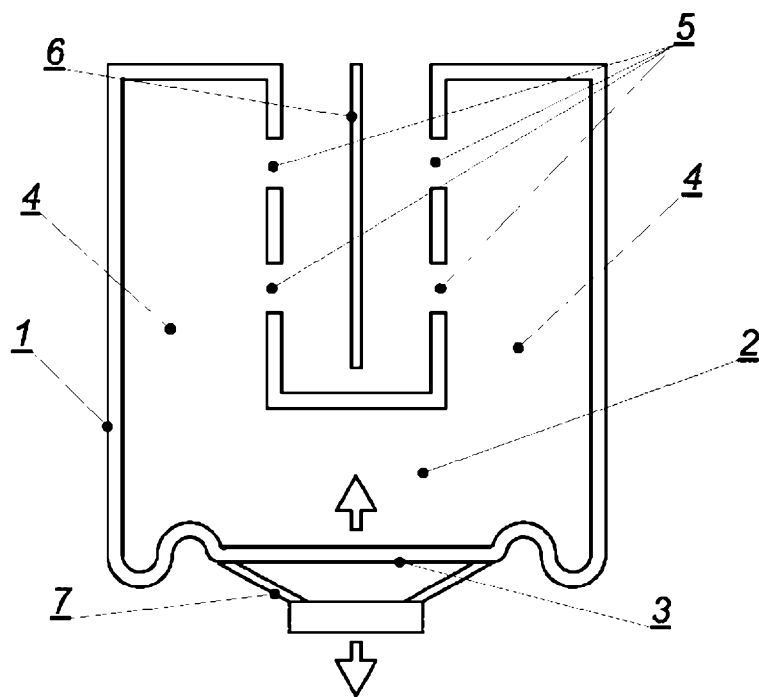


Fig. 1

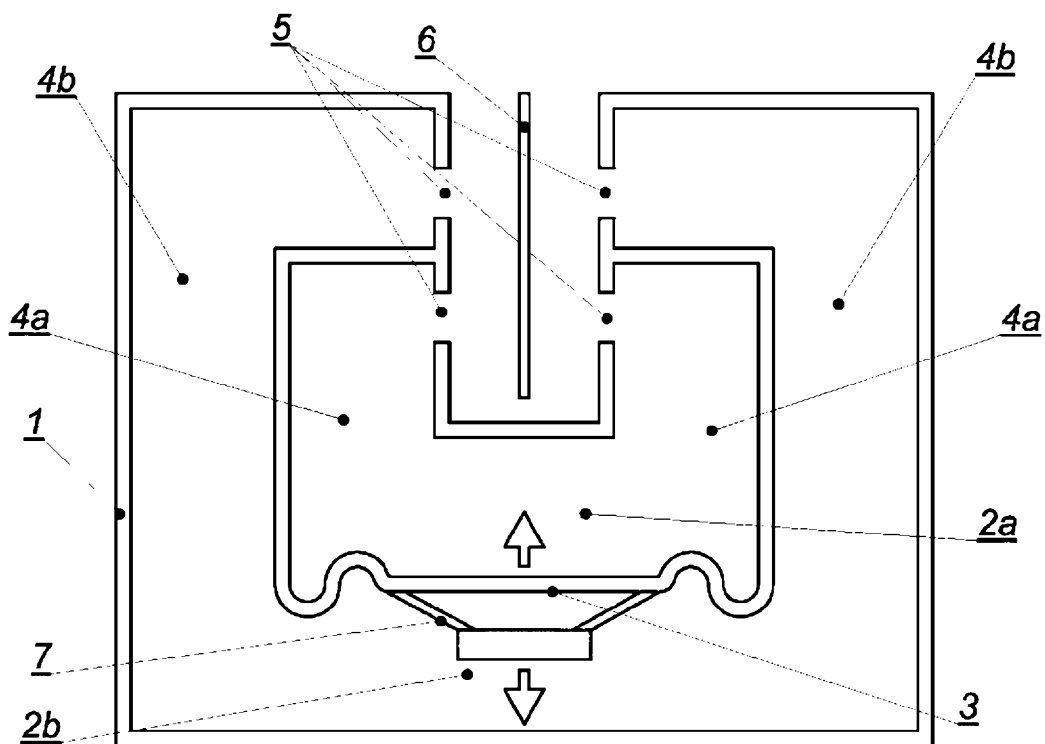
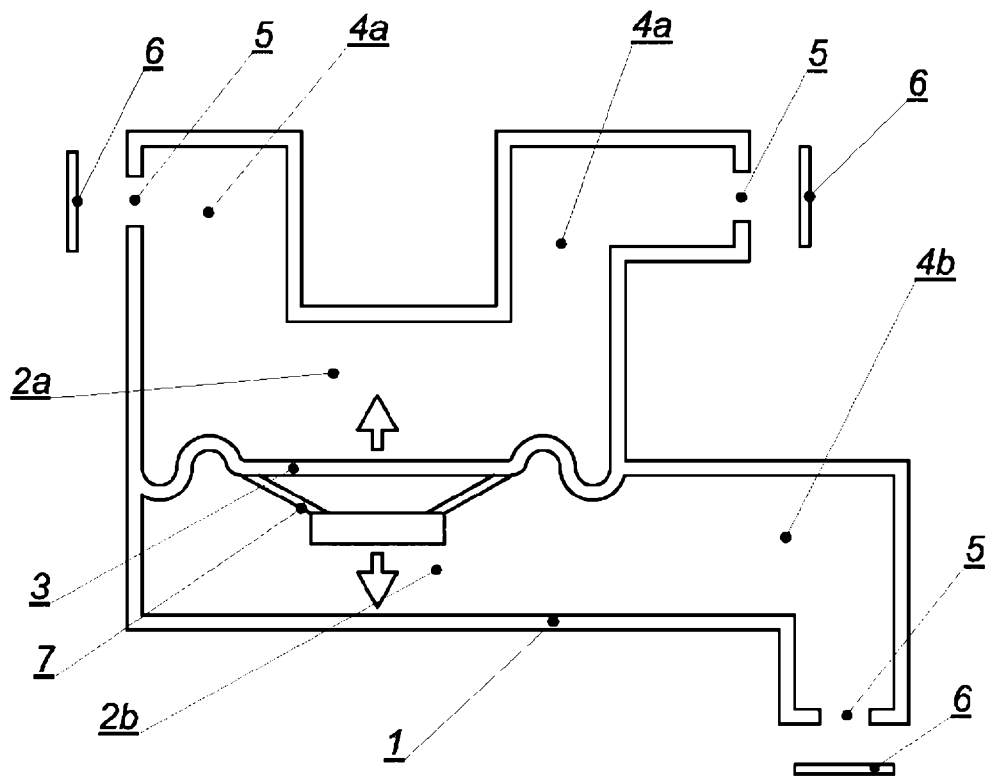


Fig. 2

*Fig. 3*