

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246835 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440936**

(22) Data zgłoszenia: **2022.04.13**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.10.16 BUP 42/2023**

(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 17/00 (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 zasilany silnikiem elektrycznym

PL 246835 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest generator strugi syntetycznej zasilany silnikiem elektrycznym mający zastosowanie zwłaszcza do chłodzenia komponentów elektronicznych.

Generator strugi syntetycznej jest urządzeniem generującym ciąg struktur wirowych nazywanych strugą syntetyczną. Struga syntetyczna może być wykorzystywana do intensyfikacji wymiany ciepła, kontroli warstwy przyściennej, sterowania oporem aerodynamicznym ciał stałych oraz do napędu małych robotów podwodnych. Znane w technice generatory strugi syntetycznej składają się z komory, dyszy lub wielu dysz oraz membrany, która pod wpływem ruchu posuwisto-zwrotnego zmienia objętość komory. Najczęściej do napędu generatorów strugi syntetycznej wykorzystywane są przetworniki elektroakustyczne, piezoelektryczne oraz tłoki z korbowodem napędzane silnikiem elektrycznym. Znane są również rozwiązania, gdzie zamiast membrany zastosowano iskrownik, który wskutek dostarczenia energii elektrycznej doprowadza do podgrzania gazu w komorze generatora strugi syntetycznej powodując powstawanie strugi syntetycznej.

Przepływ generowany przez struktury wirowe nazywany strugą syntetyczną znany jest z publikacji Ingard et al. pt.: „Acoustic Circulation Effects and the Nonlinear Impedance of Orifices”, Journal of the Acoustical Society of America, 22 (2), 211–218, 1950”, a budowa generatora strugi syntetycznej oraz zastosowanie tego przepływu w technice zostały przedstawione w publikacji „Smith B. L. & Glezer A. pt.: „The formation and evolution of synthetic jets”, Physics of fluids, 10 (9), 2281–2297, 1998”. Cechą charakterystyczną urządzenia wytwarzającego strugę syntetyczną jest brak zewnętrznego doprowadzania płynu. Średnie masowe natężenie przepływu w przekroju dyszy wynosi dokładnie zero, a pomimo to w pewnej odległości od płaszczyzny dyszy wiry zasysają zewnętrzny płyn, który wywołuje przepływ. Struga syntetyczna może być wykorzystywana do intensyfikacji wymiany ciepła, kontroli warstwy przyściennej, sterowania oporem aerodynamicznym ciał stałych oraz do napędu małych robotów podwodnych. Znane w technice generatory strugi syntetycznej składają się z komory, dyszy lub wielu dysz oraz membrany, która pod wpływem ruchu posuwisto-zwrotnego zmienia objętość komory cyklicznie w czasie.

Najczęściej do napędu generatorów strugi syntetycznej wykorzystywane są:

- a) przetworniki elektroakustyczne: „Chaudhari, M., Verma, G., Puranik, B., & Agrawal, A. (2009), Frequency response of a synthetic jet cavity. Experimental thermal and fluid science, 33(3), 439–448”;
- b) przetworniki piezoelektryczne: „Zhang, J., & Tan, X. (2007), Experimental study on flow and heat transfer characteristics of synthetic jet driven by piezoelectric actuator. Science in China Series E: Technological Sciences, 50(2), 221–229”;
- c) tłoki z korbowodem napędzane silnikiem elektrycznym: „Lyu, Y. W., Zhang, J. Z., Liu, X. C., & Tan, X. M. (2019), Experimental investigation on convective heat transfer induced by piston-driven synthetic jet with a transmission pipe. Experimental Thermal and Fluid Science, 104, 26–42”;
- d) iskrownik, który wskutek dostarczenia energii elektrycznej doprowadza do podgrzania gazu i wytworzenia plazmy w komorze generatora strugi syntetycznej powodując powstawanie strugi syntetycznej: „Santhanakrishnan, A., & Jacob, J. D. (2007), Flow control with plasma synthetic jet actuators. Journal of Physics D: Applied Physics, 40(3), 637”.

W opisie zgłoszeniowym wynalazku US 5758823 A ujawniono generator strugi syntetycznej posiadający obudowę z wewnętrzną komorą, dyszą oraz membraną. Membrana stanowi jedną ze ścianek obudowy i może, poprzez swój ruch, cyklicznie zmieniać objętość komory wywołując cykliczne zmiany ciśnienia oraz powstawanie strugi syntetycznej w dyszy.

Z opisu zgłoszeniowego US 5758823 A znany jest generator strugi syntetycznej do chłodzenia za pomocą strug w zamkniętych lub otwartych systemach. To znane rozwiązanie może być wykorzystywane do chłodzenia komponentów i podzespołów elektronicznych. Generator jest zbudowany z dyszy, komory i membrany, która jest zasilana z modułu sterującego wytwarzającego ruch posuwisto-zwrotny.

Z opisu patentowego US 7336486 B2 znane jest natomiast urządzenie z zastosowaniem wielu generatorów strugi syntetycznej w konfiguracji macierzowej, które połączone są z odpowiednimi modułami chłodzącymi, mającymi za zadanie skuteczne rozpraszanie ciepła. Ten znany generator strugi syntetycznej jest również napędzany membranami z elementami umożliwiającymi ruch posuwisto-zwrotny.

W opisach patentowych US 7932535 B2 oraz US 8066410 B2 natomiast zostały ujawnione urządzenia do chłodzenia modułów i diod UED, które zawierają generatory wytwarzające strugę syntetyczną, która intensyfikuje konwekcyjną wymianę ciepła.

Z polskiego opisu patentowego PL 237225 B1 znany jest generator strugi syntetycznej z dyszą osadzoną w płycie mocującej tego generatora zamocowanej w górnej części jego obudowy, zawierający membranę umieszczoną w dolnej części jego obudowy oraz komorę na płyn będącą pomiędzy płytą mocującą a membraną. Dysza zawiera tuleję, która połączona jest z co najmniej jednym elementem napędowym, przy czym tuleja osadzona jest na co najmniej jednej prowadnicy. W wariantcie wykonania elementem napędowym jest silnik elektryczny.

W wielu zastosowaniach wydajność znanych ze stanu techniki generatorów strugi syntetycznej, a także możliwy zakres jej regulacji, są niewystarczające.

Generator strugi syntetycznej zasilany silnikiem elektrycznym, zawierający korpus wewnątrz, którego jest co najmniej jedna komora oraz co najmniej jedna dysza, według wynalazku charakteryzuje się tym, że komora jest elastomerowa oraz jest usytuowana bezpośrednio przy wewnętrznej powierzchni jednej ze ścianek korpusu, ponadto komora zawiera otwór, którym jest szczelnie połączona z jedną ze ścianek korpusu, zaś dysza jest w ścianie korpusu w świetle tego otworu, a ponadto wewnątrz korpusu jest rolka, której oś obrotu jest równoległa do powierzchni ściany korpusu przy której jest komora, a ponadto ta rolka jest ułożyskowana na swojej osi w pierwszym jarzmie oraz drugim jarzmie, które są w postaci belek o równej długości, a rolka jest ułożyskowana na jednym z końców każdej z tych belek, zaś drugi koniec pierwszego jarzma jest podłączony do wału silnika elektrycznego a drugi koniec drugiego jarzma jest ułożyskowany w korpusie, zaś oś obrotu pierwszego jarzma oraz drugiego jarzma, jest równoległa do powierzchni ścianki korpusu przy której jest komora, ponadto odległość pomiędzy osią obrotu jarzm a powierzchnią roboczą rolki od strony ścianki korpusu jest większa od odległości pomiędzy osią obrotu jarzm, a powierzchnią komory od strony tej osi obrotu jarzm.

Korzystnie komora jest w postaci węża, a korpus ma kształt walca, a oś obrotu jarzm jest na osi tego walca, przy czym ścianka korpusu przy której jest komora jest walcowa, a wąż na swoich obydwu końcach jest połączony szczelnie z równoległymi względem siebie ściankami korpusu, a dysza jest w postaci otworu przelotowego w ścianie korpusu, od strony co najmniej jednego końca węża w świetle otworu tego węża, ponadto oś obrotu rolki jest równoległa do wzdłużnej osi węża.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeśli silnik elektryczny jest zamocowany wewnątrz korpusu do jednej z jego równoległych ścianek.

Kolejne korzyści odległość $2t$ pomiędzy powierzchnią rolki będącą najbliższą walcowej ścianki korpusu wynosi dwukrotność grubości t ścianki węża.

Następne korzyści uzyskiwane są, jeżeli generator zawiera trzy komory, rozmieszczone w równej odległości względem siebie oraz względem osi obrotu jarzm.

W generatorze strugi według wynalazku możliwa do uzyskania jest wysoka wydajność chłodzenia, dzięki znaczącym zmianom w objętości jego komór. W rozwiązaniu wyeliminowana została konieczność stosowania głośników wraz z wzmacniaczami, które najczęściej wykorzystywane są w generatorach strugi syntetycznej. Poprzez zmianę prędkości obrotowej silnika elektrycznego, możliwe jest dobranie wydajności generatora do występujących potrzeb.

Generator strugi syntetycznej zasilany silnikiem elektrycznym, według wynalazku w przykładzie wykonania został bliżej wyjaśniony na rysunku, na którym na fig. 1 przedstawiono poglądowo generator w widoku od strony dysz, fig. 2 – w przekroju wzdłuż linii A-A z fig. 1, fig. 3 – w przekroju wzdłuż linii B-B z fig. 2.

Generator strugi syntetycznej zasilany silnikiem elektrycznym, według wynalazku, w przykładzie wykonania został opisany poniżej. Generator ma walcowy korpus 1, który jest zamknięty po obydwu stronach równoległymi względem siebie oraz prostopadłymi do osi wzdłużnej korpusu 1 ściankami, z których jedna jest na stałe połączona ze ścianką walcową, a druga jest w postaci dekla 2. Wewnątrz korpusu 1 zamocowane są trzy komory 3, z których każda jest w postaci elastycznego węża 3a, którego oś wzdłużna jest równoległa do osi wzdłużnej korpusu 1. Węże 3a są rozmieszczone w równych odległościach względem siebie oraz względem osi korpusu 1 bezpośrednio przy wewnętrznej powierzchni jego walcowej ścianki. Wewnątrz korpusu 1 na środku jego ścianki trwale połączonej ze ścianką walcową jest zamocowany silnik elektryczny 4, do wału którego jest zamocowany jeden koniec pierwszego jarzma 5, które jest w postaci belki, na drugim końcu której, od strony przeciwnej względem silnika elektrycznego 4, jest ułożyskowana, na swojej osi obrotu, rolka 6 która od drugiej strony jest ułożyskowana na jednym końcu drugiego jarzma 7, którego drugi koniec jest ułożyskowany w dekle 2 korpusu 1, na jego środku. Odległość $2t$ pomiędzy zewnętrzną powierzchnią walcową rolki 6 a walcową ścianką korpusu 1 wynosi dwukrotność grubości t ścianki węża 3a. Na powierzchni dekla 2 od strony wnętrza korpusu 1 są trzy pierwsze trzpienie 8, rozmieszczone w równych odległościach względem siebie oraz

względem środka dekla 2. Na ściance korpusu 1, na której jest silnik elektryczny 4, są trzy drugie trzpie- nie 9, rozmieszczone współosiowo względem pierwszych trzpień 8. Każdy z węży 3a na jednym swoim końcu jest szczelnie osadzony na jednym z pierwszych trzpień 8, zaś na drugim swoim końcu jest szczelnie osadzony na drugim trzpieniu 9 współosiowym do tego pierwszego trzpienia 8. Na środku każdego z drugich trzpień 9 jest dysza 10, w postaci otworu przelotowego prowadzącego na zewnątrz korpusu 1.

Wykaz oznaczeń

- 1 – korpus
- 2 – dekiel
- 3 – komora
- 3a – wąż
- 4 – silnik elektryczny
- 5 – pierwsze jarzmo
- 6 – rolka
- 7 – drugie jarzmo
- 8 – pierwszy trzpień
- 9 – drugi trzpień
- 10 – dysza

Zastrzeżenia patentowe

1. Generator strugi syntetycznej zasilany silnikiem elektrycznym, zawierający korpus, wewnątrz którego jest co najmniej jedna komora oraz co najmniej jedna dysza, **znamienny tym**, że komora (3) jest elastomerowa oraz jest usytuowana bezpośrednio przy wewnętrznej powierzchni jednej ze ścianek korpusu (1), ponadto komora (3) zawiera otwór, którym jest szczelnie połączona z jedną ze ścianek korpusu (1), zaś dysza (10) jest w ściance korpusu (1) w świetle tego otworu, a ponadto wewnątrz korpusu (1) jest rolka (6), której oś obrotu jest równoległa do powierzchni ściany korpusu (1) przy której jest komora (3), a ponadto ta rolka (6) jest ułożyskowana na swojej osi w pierwszym jarzmie (5) oraz drugim jarzmie (7), które są w postaci belek o równej długości, a rolka (6) jest ułożyskowana na jednym z końców każdej z tych belek, zaś drugi koniec pierwszego jarzma (5) jest podłączony do wału silnika elektrycznego (4) a drugi koniec drugiego jarzma (7) jest ułożyskowany w korpusie (1), zaś oś obrotu pierwszego jarzma (5) oraz drugiego jarzma (7), jest równoległa do powierzchni ścianki korpusu (1) przy której jest komora (3), ponadto odległość pomiędzy osią obrotu jarzm (5 i 7) a powierzchnią roboczą rolki (6) od strony ścianki korpusu (1) jest większa od odległości pomiędzy osią obrotu jarzm (5 i 7), a powierzchnią komory (3) od strony tej osi obrotu jarzm (5 i 7).
2. Generator według zastrz. 1, **znamienny tym**, że komora (3) jest w postaci węża (3a), a korpus (1) ma kształt walca, a oś obrotu jarzm (5 i 7) jest na osi tego walca, przy czym ścianka korpusu (1) przy której jest komora (3) jest walcowa, a wąż (3a) na swoich obydwu końcach jest połączony szczelnie z równoległymi względem siebie ściankami korpusu (1), a dysza (10) jest w postaci otworu przelotowego w ściance korpusu (1), od strony co najmniej jednego końca węża (3a) w świetle otworu tego węża (3a), ponadto oś obrotu rolki (6) jest równoległa do wzdłużnej osi węża (3).
3. Generator według zastrz. 2, **znamienny tym**, że silnik elektryczny (4) jest zamocowany wewnątrz korpusu (1) do jednej z jego równoległych ścianek.
4. Generator według zastrz. 2 albo 3, **znamienny tym**, że odległość $2t$ pomiędzy powierzchnią rolki (6) będącą najbliższą walcowej ścianki korpusu (1) wynosi dwukrotność grubości t ścianki węża (3a).
5. Generator według jednego z zastrz. od 1 do 4, **znamienny tym**, że zawiera trzy komory (3), rozmieszczone w równej odległości względem siebie oraz względem osi obrotu jarzm (5 i 7).

Rysunki

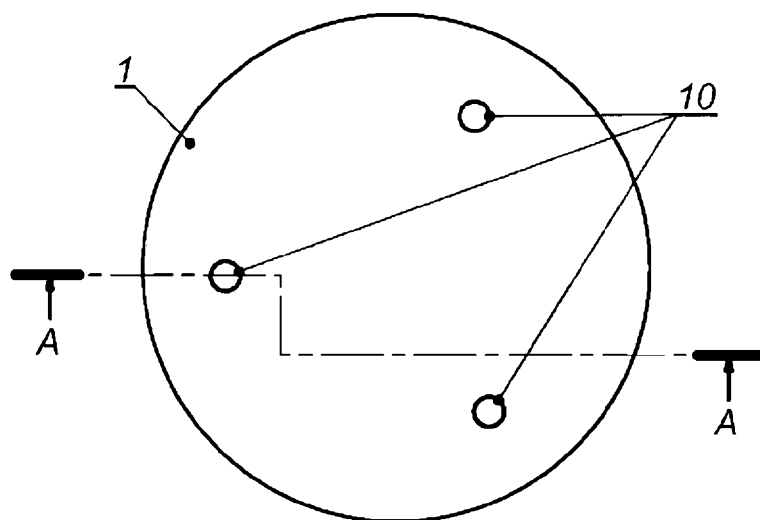


Fig. 1

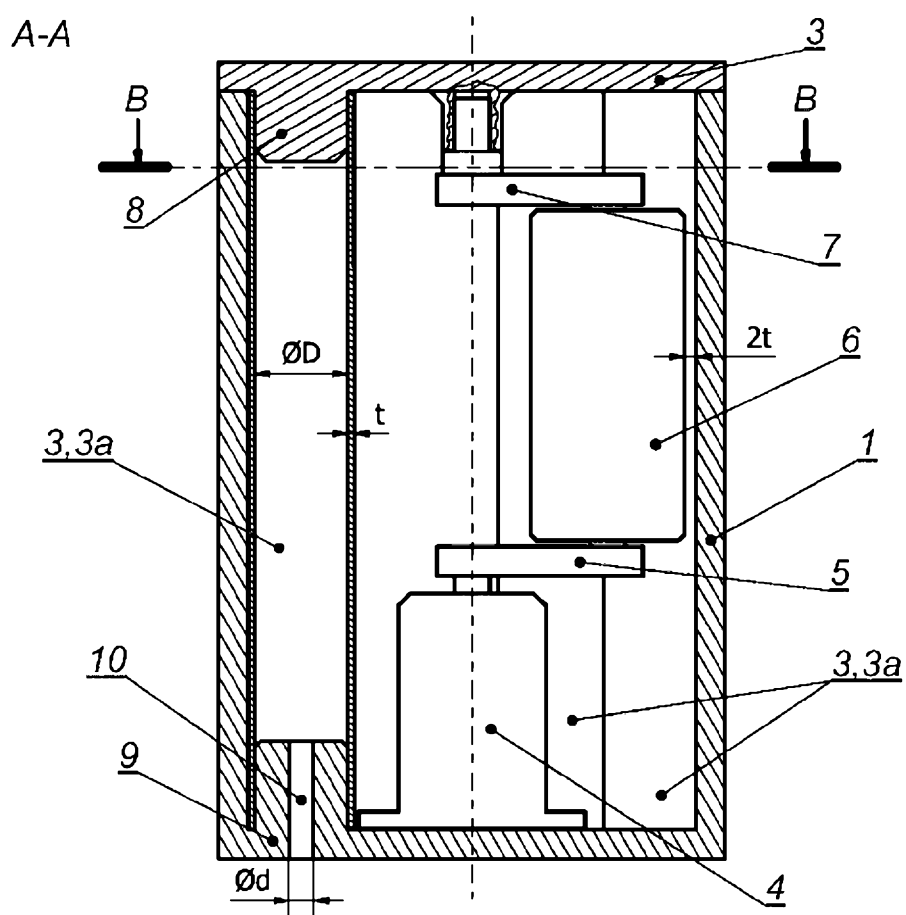


Fig. 2

