

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246375 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437021**

(22) Data zgłoszenia: **2021.02.16**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.08.22 BUP 34/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.01.13 WUP 02/2025**

(51) MKP:

H02K 9/02 (2006.01)

H02K 9/16 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**INSTYTUT MASZYN PRZEPŁYWOWYCH
IM. ROBERTA SZEWAŁSKIEGO POLSKIEJ
AKADEMII NAUK, Gdańsk, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
**TOMASZ ZYGMUNT KACZMARCZYK,
Pińczów, PL
GRZEGORZ ZYWICA, Różyny, PL**

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Małgorzata Matyka, Gdańsk, PL

(54) Tytuł:

Urządzenie do chłodzenia maszyn z generatorem elektrycznym

PL 246375 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do chłodzenia maszyn z generatorem elektrycznym.

Konstrukcja urządzenia będąca przedmiotem niniejszego wynalazku może być wykorzystana do chłodzenia maszyn elektrycznych (np. silników, prądnic) lub maszyn, które na jednym wale mają posadowioną prądnicę i układ łopatkowy (np. pompy, sprężarki oraz turbiny parowe i gazowe).

W dalszej części opisu wskazane rodzaje maszyn, do których może być wykorzystany wymiennik ciepła będą nazywane w skrócie „maszynami”. Wymienniki ciepła w zależności od konstrukcji maszyn oraz ich mocy do chłodzenia mogą wykorzystywać różne płyny, zarówno w postaci cieczy jak i gazów. Dlatego w dalszej części opisu nie będzie rozróżnienia rodzaju medium chłodzącego (ciecz lub gaz) i będzie stosowany ogólny termin „płyn”.

Na wale (1) posadowiony jest wirnik (2) wykonany z materiału magnetycznego (np. z magnesami trwałymi), który skojarzony jest ze stojanem (3) maszyny. W zależności od kierunku przepływu prądu maszyna może być nazwana prądnicą lub silnikiem. Przy zasilaniu energią elektryczną uzwojenie (4) stojana (3) powoduje obracanie się wału (1) – praca silnikowa. Praca prądnicowa maszyny ma odwrotny kierunek przepływu prądu tzn. obracając wał (1) z wirnikiem (2) generowana jest siła elektromotoryczna SEM w uzwojeniu (4) stojana (3) i praca mechaniczna zamieniana jest na energię elektryczną. Zarówno podczas pracy maszyny w trybie silnikowym lub prądnicowym w uzwojeniu (4) stojana (3) nagrzewa się i generowany jest w nich strumień ciepła, który zależy od mocy, obciążenia, charakteru pracy (np. praca ciągła lub przerywana) i warunków pracy maszyny. W każdej maszynie uzwojenie (4) ma dopuszczalną temperaturę pracy (tzw. klasę uzwojenia), po przekroczeniu której następuje przegrzanie i uszkodzenie izolacji, co w konsekwencji powodują awarię i uszkodzenie całej maszyny. Dlatego maszyny pracujące przy dużych obciążeniach lub/i trudnych warunkach pracy (np. wysoka temperatura obciążenia) wymagają stosowania dodatkowych układów chłodzenia celem obniżenia temperatury uzwojenia (4) poniżej temperatury dopuszczalnej. Sprawność maszyn elektrycznych maleje wraz ze wzrostem temperatury uzwojenia (4), co ma duże znaczenie w przypadku maszyn o dużych mocach – duża moc nominalna maszyny oznacza duże straty. Miniaturyzacja i kompaktowość napędów i prądnic wymusiła konieczność odbierania od stojana dużych gęstości strumienia ciepła, których nie można uzyskać stosując konwencjonalne układy i metody chłodzenia. Dlatego też zaistniała potrzeba opracowania nowego urządzenia do chłodzenia umożliwiającego odbieranie wysokich gęstości strumienia ciepła od stojana przy małych wymiarach wymiennika ciepła. Małe wymiary wymiennika ciepła zapewniają kompaktowość, redukcję ciężaru oraz oszczędności materiału i kosztów produkcji.

W przedmiotowym rozwiązaniu konstrukcyjnym zastosowano intensyfikację wymiany ciepła przez zwiększenie (rozwnięcie) powierzchni wymiany ciepła przez uźebrowanie oraz zwiększenie prędkości przepływu (liczby Reynoldsa) płynu przy konwekcji wymuszonej przez zastosowanie odpowiednio ukształtowanej szczeliny pierścieniowej.

Istotą wynalazku jest urządzenie do chłodzenia maszyn z generatorem elektrycznym, gdzie wał zamontowany jest w korpusie wewnętrznym wymiennika za pośrednictwem dwóch łożysk, wewnątrz maszyny znajdują się uszczelnienia pokrywy tylnej oraz uszczelnienia w części przedniej maszyny; stojan odpowiednio jest osadzony po wewnętrznej gładkiej stronie korpusu wymiennika ciepła i średnicy wewnętrznej (D_w), która jednocześnie stanowi korpus maszyny.

Urządzenie gdzie długość czynną wymiennika ciepła (L_c) jest odpowiednio większa od całkowitej długości uzwojenia stojana oznaczonej przez (L_s).

Urządzenie gdzie zewnętrzna strona korpusu wymiennika ciepła jest odpowiednio uźebrowana.

Urządzenie gdzie pierwsze żebro za komorą zasilającą ma taką samą wysokość (h_2) jak komora.

Urządzenie gdzie komora zasilająca i pierwsze żebro ma mniejszą średnicę u podstawy żebra od środkowej części wymiennika ciepła.

Urządzenie gdzie szczelinę o grubości (s) tworzy przestrzeń pomiędzy walcową powierzchnią zewnętrzną żeber a powierzchnią wewnętrzną korpusu zewnętrznego wymiennika.

Urządzenie gdzie w środkowej części wymiennika ciepła wykonane są żebra o wysokości (h_1) i podziałce (p).

Urządzenie gdzie żebra u podstawy korpusu wymiennika ciepła są zaokrąglone promieniem (r).

Urządzenie gdzie komora wylotowa ma większą objętość przez zastosowanie większej szerokości (k_2) międzyżebrowej i wysokości (h_2) komory.

Urządzenie gdzie zasilanie chłodziwem wymiennika ciepła jest zrealizowane przez króćce zamontowane w tylnej części korpusu oraz pokrywie tylnej.

Kompaktowa budowa, hermetyczność oraz małe rozmiary wymiennika ciepła umożliwiają zastosowanie go do chłodzenia maszyn płynami: wybuchowymi, palnymi, toksycznymi, a przy wykonaniu wymiennika ze stali specjalnych (np. ze stali nierdzewnych czy żaroodpornych) umożliwia pracę z czynnikami agresywnymi chemicznie czy w zakresie wysokich temperatur i ciśnień pracy.

Opis figur:

Fig. 1 – przedstawia wymiennik ciepła w widoku z tyłu

Fig. 2 – przedstawia wymiennik ciepła w przekroju B-B

Fig. 3 – przedstawia wymiennik ciepła w przekroju A-A

Wynalazek ilustruje następujący przykład wykonania, niestanowiący jego ograniczenia.

Przykład

W przedmiotowym rozwiązaniu konstrukcyjnym wymiennika ciepła (zaprezentowanym na Fig. 1, Fig. 2 i Fig. 3) zastosowano jednosekcyjny układ chłodzenia uzwojenia (4) i stojana (3) maszyny. Takie rozwiązanie może być zastosowane np. w maszynach w których mamy do czynienia z krótkim wałem i stojanem (3) maszyny. Wał (1) zamontowany jest w korpusie wewnętrznym wymiennika za pośrednictwem dwóch łożysk (6 i 12). Hermetyczność wewnątrz maszyny uzyskano dzięki zastosowaniu uszczelnienia (7) pokrywy tylnej (10 – Fig. 1) oraz uszczelnienia (13) w części przedniej maszyny. Stojan (3) odpowiednio jest osadzony po wewnętrznej gładkiej stronie korpusu wymiennika ciepła (5) i średnicy wewnętrznej (D_w) – Fig. 2, która jednocześnie stanowi korpus maszyny. Długość czynna wymiennika ciepła (L_c) jest odpowiednio większa od całkowitej długości uzwojenia (3) i stojana (4) oznaczonej przez (L_s) na Fig. 3. Takie rozwiązanie zapewnia odbiór maksymalnego strumienia ciepła z maszyny przy jednoczesnej kompaktowości wymiennika ciepła. Strumień ciepły maszyny przekazywany jest od stojana (3) do korpusu wymiennika ciepła (5) przez zapewnienie odpowiedniego kontaktu metalicznego pomiędzy tymi elementami. Zewnętrzna strona korpusu wymiennika ciepła (5) jest odpowiednio uźebrowana (Fig. 3). Płyn chłodzący dostarczany jest do pierścieniowej komory zasilającej (15) wymiennika ciepła za pośrednictwem przewodu rurowego o średnicy (d_1). Komora zasilająca (15) w celu zapewnienia równomiernego rozprowadzenia płynu chłodzącego w wymienniku ma odpowiednio większą objętość od objętości międzyżebrowej wymiennika ciepła. Zwiększenie objętości komory zasilającej uzyskano przez zwiększenie szerokości (k_1) i wysokości (h_2) żeber w taki sposób, że wysokość wszystkich żeber wymiennika ma taką samą średnicę (D_m) – Fig. 3. Podobnie pierwsze zebro za komorą zasilającą (15) ma taką samą wysokość (h_2) jak komora. Komora zasilająca (15) i pierwsze zebro ma mniejszą średnicę u podstawy żebra od środkowej części wymiennika ciepła (tj. o wartość różnicy h_2 i h_1). Takie rozwiązanie zapewnia obniżenie temperatury korpusu (5) w obrębie uzwojenia stojana (4), które nie ma metalicznego kontaktu z korpusem (5) wymiennika przez co narażone jest na większe obciążenie cieplne. Z komory zasilającej (15) płyn przepływa przez odpowiednio dobraną szczelinę (s) do uźebrowanej części wymiennika ciepła. Szczelinę o grubości (s) tworzy przestrzeń pomiędzy walcową powierzchnią zewnętrzną żeber (tj. wyznaczoną przez średnicę D_m i grubości żebra g), a powierzchnią wewnętrzną korpusu zewnętrznego wymiennika (11). Przez zmianę grubości szczeliny (s) można regulować prędkość przepływu płynu przez wymiennik ciepła, a tym samym intensyfikować wymianę ciepła i zwiększać gęstość strumienia odbieranego ciepła z maszyny. W środkowej części wymiennika ciepła wykonane są żebra o wysokości (h_1) i podziałce (p). Płyn po przepływie przez kanał (14) trafia do przestrzeni międzyżebrowej o szerokości (t), gdzie odbiera ciepło od powierzchni uźebrowanej i kierowany jest do następnej przestrzeni międzyżebrowej by ostatecznie trafić do komory wylotowej (16) wymiennika ciepła. Żebra u podstawy korpusu wymiennika ciepła są zaokrąglone promieniem (r), co po pierwsze zapewnia odpowiednie ukształtowanie strugi płynu chłodzącego oraz turbulizację przepływu. Po drugie minimalizuje naprężenia termiczne u nasady żeber i zapewnia bardziej równomierny rozkład natężeń i temperatury na powierzchni wymiennika ciepła. Podobnie jak w przypadku komory zasilającej (15) komora wylotowa (16) ma większą objętość przez zastosowanie większej szerokości (k_2) międzyżebrowej i wysokości (h_2) komory. Zwiększenie objętości ma na celu intensyfikację chłodzenia uzwojenia stojana w obrębie komory wylotowej (16) oraz zapewnienie stabilizacji parametrów płynu przed przewodem wylotowym (9) wymiennika ciepła. Regulację prędkości przepływu przez wymiennik można również realizować przez odpowiednie dobranie średnicy (d_1) przewodu zasilającego (8) i średnicy (d_2) przewodu wylotowego (9). Wyprowadzenie przewodów zasilającego (8) i wylotowego (9) przez pokrywę tylną (10) zapew-

nia kompaktowość maszyny (nie ma konieczności montażu króćców na korpusie maszyny, co jest problematyczne w przypadku małych maszyn ze względu na brak dostępnego miejsca). Ponadto, takie rozwiązanie układu zasilania zapewnia łatwy montaż pokrywy tylnej (10) do korpusu wymiennika (11) za pomocą śrub (17) dzięki centryczności otworów pokrywy (11) z przewodem zasilającym (8) i odprowadzającym (9) płyn z wymiennika ciepła. Śruby (17) montowane są na średnicy podziałowej (ϕ_{Dr}). W skład opisanego powyżej wymiennika ciepła wchodzi następujące elementy: korpusy uźebrowany (5) z kanałem zasilającym (15) i odpływowym (16) oraz korpus zewnętrzny (11), który z korpusem (5) tworzą odpowiedni kanał pierścieniowy (14) powodujący intensyfikację wymiany ciepła w wymienniku. Wymiennik ciepła średnicy zewnętrznej (ϕ_{Dz}) wyposażony jest w dwa przewody rurowe, które są wykorzystywane do zasilania (8) i odprowadzenia (9) płynu roboczego z wymiennika.

Warto zwrócić uwagę, że w obrębie łożysk (6 i 12) prezentowany wymiennik ciepła nie ma kanału chłodzącego. Ponieważ do podparcia wału (1) maszyny może być zastosowany różny typ łożyska (np. toczne, ślizgowe czy gazowe) nie zawsze zasadne jest chłodzenie łożysk. W przypadku zastosowania łożysk tocznych i ślizgowych chłodzenie jest zasadne, a w przypadku łożysk gazowych już niekoniecznie. Przykładowo łożysko gazowe może być zasilane parą (np. czynnika niskowrzącego) to przy zastosowaniu chłodzenia łożyska może dojść do kondensacji czynnika roboczego w łożysku powodując jego nieprawidłową pracę, co w konsekwencji może prowadzić do uszkodzenia maszyny. Z reguły maszyny pracujące w podwyższonych temperaturach są wyposażone w dodatkowy układ smarowania łożysk.

Oznaczenia:

- 1 – wał maszyny elektrycznej,
- 2 – wirnik,
- 3 – stojan,
- 4 – uzwojenie stojana,
- 5 – uźebrowany korpus wymiennika ciepła,
- 6 – łożysko tylne,
- 7 – uszczelnienie,
- 8 – przewód zasilający wymiennik ciepła,
- 9 – przewód wylotowy wymiennika ciepła,
- 10 – pokrywa tylna,
- 11 – korpus zewnętrzny wymiennika ciepła,
- 12 – łożysko przednie,
- 13 – uszczelnienie,
- 14 – kanał/szczelina pierścieniowa wymiennika ciepła,
- 15 – komora zasilająca,
- 16 – komora wylotowa,
- 17 – śruba.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do chłodzenia maszyn z generatorem elektrycznym, **znamiennie tym**, że wał (1) zamontowany jest w korpusie wewnętrznym wymiennika za pośrednictwem dwóch łożysk (6 i 12), wewnątrz maszyny znajdują się uszczelnienia (7) pokrywy tylnej (10) oraz uszczelnienia (13) w części przedniej maszyny; stojan (3) odpowiednio jest osadzony po wewnętrznej gładkiej stronie korpusu wymiennika ciepła (5) i średnicy wewnętrznej (D_w), która jednocześnie stanowi korpus maszyny.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że długość czynna wymiennika ciepła (L_c) jest odpowiednio większa od całkowitej długości uzwojenia (3) stojana (4) oznaczonej przez (L_s).
3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zewnętrzna strona korpusu wymiennika ciepła (5) jest odpowiednio uźebrowana.
4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że pierwsze żebro za komorą zasilającą (15) ma taką samą wysokość (h_2) jak komora (15).
5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że komora zasilająca (15) i pierwsze żebro ma mniejszą średnicę u podstawy żebra od środkowej części wymiennika ciepła.

6. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że szczelinę o grubości (s) tworzy przestrzeń pomiędzy walcową powierzchnią zewnętrzną żeber a powierzchnią wewnętrzną korpusu zewnętrznego wymiennika (11).
7. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że w środkowej części wymiennika ciepła wykonane są żebra o wysokości (h1) i podziałce (p).
8. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że żebra u podstawy korpusu wymiennika ciepła są zaokrąglone promieniem (r).
9. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że komora wylotowa (16) ma większą objętość przez zastosowanie większej szerokości (k2) międzyżebrowej i wysokości (h2) komory.
10. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że gdzie zasilanie chłodziwem wymiennika ciepła jest zrealizowane przez króćce (8 i 9) zamontowane w tylnej części korpusu (11) oraz pokrywie tylnej (10).

Rysunki

