

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **235170**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **430684**

(51) Int.Cl.
H02K 9/22 (2006.01)
H02K 3/38 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **22.07.2019**

(54)

Układ chłodzenia czół uzwojenia silnika elektrycznego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

13.01.2020 BUP 02/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

01.06.2020 WUP 06/20

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT
NAPĘDÓW I MASZYN ELEKTRYCZNYCH
KOMEL, Katowice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**TADEUSZ GLINKA, Gliwice, PL
PIOTR DUKALSKI, Katowice, PL
BARTŁOMIEJ BĘDKOWSKI, Sosnowiec, PL
TOMASZ JAREK, Mikołów, PL**

PL 235170 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika elektrycznego, w którego uzwojeniu jest duża gęstość prądu i wydziela się znaczna ilość ciepła.

Znane są rozwiązania chłodzenia czoł uzwojenia stojanów maszyn elektrycznych powietrzem dmuchanym przez wentylator zabudowany na wale maszyny. Sposób ten nie spełnia swojej funkcji w maszynach, w których prędkość obrotowa jest regulowana. Przy małej prędkości obrotowej czoła są słabo chłodzone.

W maszynach elektrycznych o dużej gęstości mocy w jednostce objętości, przeznaczonych m.in. do pojazdów elektrycznych stosowane jest chłodzenie wodne. Płaszcz wodny, najczęściej w formie spirali, zabudowany jest w kadłubie maszyny (US7009317 B2). Ciepło wydzielone na skutek strat energii w części uzwojenia umieszczonym pakiecie blach stojana, poprzez powierzchnię styku pakiet blach – kadłub, odprowadzane jest do chłodzonego cieczą kadłuba. Taki mechanizm chłodzenia stojana powoduje, że czoła uzwojenia mają wyższą temperaturę niż część żłobkowa uzwojenia. Wartość dopuszczalnej temperatury podczas pracy maszyny determinuje temperatura najgorętszego miejsca, która nie powinna przekraczać temperatury dopuszczalnej dla klasy termicznej izolacji, a w maszynach wzbudzanych magnesami trwałymi także temperatury determinującej ich rozmagnesowanie. Problem chłodzenia maszyn elektrycznych jest szczególnie istotny w maszynach wzbudzanych magnesami trwałymi. Na przykład silniki zabudowane w kołach pojazdów elektrycznych, są przeciążane momentem, a w czasie przeciążenia jest duża gęstość prądu i z kwadratem rosnąca gęstość strat mocy. Zwykle najwyższą temperaturę mają połączenia czołowe. Znane są rozwiązania zalewania czoł uzwojenia stojana żywicą ciepłoprzewodzącą w celu poprawy skuteczności odprowadzania ciepła z połączeń czołowych bezpośrednio do chłodzonego kadłuba i/lub do pakietu (US 20090273254 A1, US7067944B2). Rozwiązania te cechują się skutecznością jedynie w przypadku zalewania niewielkich przestrzeni (objętości) czoł uzwojenia. W maszynach o większych średnicach i dłuższych czołach rozwiązanie to jest mało skuteczne.

Znane są także, z rozwiązań patentowych ujawnionych w opisach zgłoszeń WO 2017/121520 A1 i WO 2014/056717 A2, układy chłodzenia czoł uzwojenia z wykorzystaniem radiatorów. W rozwiązaniu WO 2017/121520 A1 czoła uzwojenia są zalane tworzywem, a na obwodzie czoł od strony wirnika jest umieszczony pierścień z blach, bądź pierścień z blachy z żebrami, który pełni funkcję radiatora. Także w rozwiązaniu znanym z opisu WO 2014/056717 A2 pod czołami uzwojenia jest umieszczone żebro prowadzące, które też spełnia funkcję radiatora. Obydwa te patenty proponują umieszczenie radiatorów na czołach uzwojenia os strony wirnika. W maszynach elektrycznych czoła uzwojenia są blisko szczeliny powietrznej między stojanem i wirnikiem, w tej strefie występuje stosunkowo duży strumień magnetyczny rozproszenia, który indukuje w blachach prądy wirowe generujące dodatkowe straty energii i nagrzewanie blach. Drugą trudnością jest mało miejsca na umieszczenie ekranu na wymienionym obwodzie czoł, gdyż średnica wewnętrzna ekranu musi być większa od średnicy wirnika aby możliwy był montaż i demontaż maszyny.

Znane jest także z opisu polskiego zgłoszenia patentowego P.425436 rozwiązanie, w którym do końcówek czoł uzwojenia przylega radiator tarczowy, a przestrzeń czoł uzwojenia jest zalana żywicą ciepłoprzewodzącą. Rozwiązanie to w niewielkim stopniu odprowadza ciepło z czoł uzwojenia do kadłuba.

Celem wynalazku jest zmniejszenie oporu przepływu ciepła z czoł uzwojenia do kadłuba i lepsze wykorzystanie kadłuba jako elementu chłodzącego maszynę.

Według wynalazku układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika elektrycznego jest umieszczony w przestrzeni pomiędzy czołami uzwojenia i rdzeniem magnetycznym. Elementami chłodzącymi są dwa radiatory: tarczowy i pierścieniowy. Radiator tarczowy przylega do powierzchni tarczowej rdzenia magnetycznego, a radiator pierścieniowy jest umieszczony nad czołami uzwojenia i przylega do powierzchni wewnętrznej kadłuba. Radiator tarczowy ma kształt i wymiary skrajnej blachy rdzenia magnetycznego łącznie z zębami, a radiator pierścieniowy korzystnie ma żebra na powierzchni od strony czoł uzwojenia. Radiatory tarczowy i pierścieniowy stykające się z sobą. Radiatory pierścieniowy i tarczowy są ceramiczne, korzystnie z korundu, a ich krawędzie od strony czoł uzwojenia są zaokrąglone. Czoła uzwojenia korzystnie stykają się z radiatorami tarczowym i pierścieniowym. Korzystnie jest, gdy przestrzeń pomiędzy: czołami uzwojenia, rdzeniem magnetycznym, radiatorami tarczowym i pierścieniowym, jest zalana żywicą ciepłoprzewodzącą.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie rozwiązania na rysunkach, na których przedstawiono: fig. 1 przekrój wzdłużny fragmentu twornika z czołami uzwojenia, fig. 2 widok fragmentu powierzchni cylindrycznej twornika silnika elektrycznego od strony szczeliny powietrznej, fig. 3 radiator tarczowy z zębami, fig. 4 radiator pierścieniowy z żebrami, fig. 5 rysunek 3D pokazujący lokalizację radiatorów tarczowego i pierścieniowego względem jarzma silnika.

Układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika elektrycznego jest umieszczony w przestrzeni pomiędzy czołami uzwojenia **1** i rdzeniem magnetycznym **2**. Elementami chłodzącymi są dwa radiatory: tarczowy **3** i pierścieniowy **4**. Radiator tarczowy **3** przylega do powierzchni tarczowej rdzenia magnetycznego **2**, a radiator pierścieniowy **4** jest umieszczony nad czołami uzwojenia **1** i przylega do powierzchni wewnętrznej kadłuba **5**. Radiatory tarczowy **3** i pierścieniowy **4** stykające się z sobą. Radiator tarczowy **3** ma kształt i wymiary skrajnej blachy rdzenia magnetycznego **2** łącznie z zębami **3.1**. Radiator pierścieniowy **4** korzystnie ma żebra (**4.1**) na powierzchni od strony czoł uzwojenia. Radiatory pierścieniowy **3** i tarczowy **4** są ceramiczne, korzystnie z korundu, a ich krawędzie od strony czoł uzwojenia **1** są zaokrąglone. Zaokrąglenie krawędzi chroni czoła uzwojenia **1** przed uszkodzeniem izolacji przewodów podczas uzwojania. Czoła uzwojenia **1** korzystnie stykają się z radiatorami tarczowym **3** i pierścieniowym **4**, uzyskuje się to poprzez dociskanie czoł uzwojenia w stronę radiatorów po włożeniu cewek uzwojenia do żłobków. Korzystnie jest, gdy przestrzeń pomiędzy: czołami uzwojenia **1**, rdzeniem magnetycznym **2**, radiatorami tarczowym **3** i pierścieniowym **4**, jest zalana żywicą ciepłoprzewodzącą **6**.

Dobre przewodzenie ciepła do kadłuba uzyskuje się poprzez zmniejszenie oporu na drodze przepływu ciepła z czoł **1** do kadłuba **5**. Funkcję tę pełnią radiatory **3** i **4**. Korzystnie jest zatem aby radiatory były możliwie blisko czoł uzwojenia i przylegały do kadłuba. Zęby **3.1** na radiatorze pierścieniowym **3** i żebra **4.1** na radiatorze, pierścieniowym **4** powiększają powierzchnię odbierania ciepła z czoł uzwojenia **1**, zmniejszają opór cieplny i poprawiają warunkach chłodzenia silnika. Korzystnie jest, gdy radiatory **3** i **4** są wykonane z materiału ceramicznego np. z korundu. Korund jest dielektrykiem i może stykać się z uzwojeniem bez dodatkowej izolacji. Korund ma dobrą przewodność cieplną, około 30 W/mK, co zapewnia dobre odbieranie ciepła z czoł uzwojenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika elektrycznego jest umieszczony w przestrzeni pomiędzy czołami uzwojenia i rdzeniem magnetycznym i jest, **znamienny tym**, że elementami chłodzącymi są dwa radiatory: tarczowy (3) i pierścieniowy (4), radiator tarczowy (3) przylega do powierzchni tarczowej rdzenia magnetycznego (2), a radiator pierścieniowy (4) jest umieszczony nad czołami uzwojenia (1) i przylega do powierzchni wewnętrznej kadłuba (5), radiatory tarczowy (3) i pierścieniowy (4) stykające się ze sobą.
2. Układ według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że radiator tarczowy (3) ma kształt i wymiary skrajnej blachy rdzenia magnetycznego (2) łącznie z zębami (3.1), a radiator pierścieniowy (3.2) korzystnie ma żebra (4.1) na powierzchni od strony czoł uzwojenia.
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że radiatory pierścieniowy (3) i tarczowy (4) są ceramiczne, korzystnie z korundu, a ich krawędzie od strony czoł uzwojenia (1) są zaokrąglone.
4. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czoła uzwojenia (1) korzystnie stykają się z radiatorami tarczowym (3) i pierścieniowym (4).
5. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że korzystnie jest gdy przestrzeń pomiędzy czołami uzwojenia (1), rdzeniem magnetycznym (2), radiatorami tarczowym (3) i pierścieniowym (4), jest zalana żywicą ciepłoprzewodzącą (6).

Rysunki

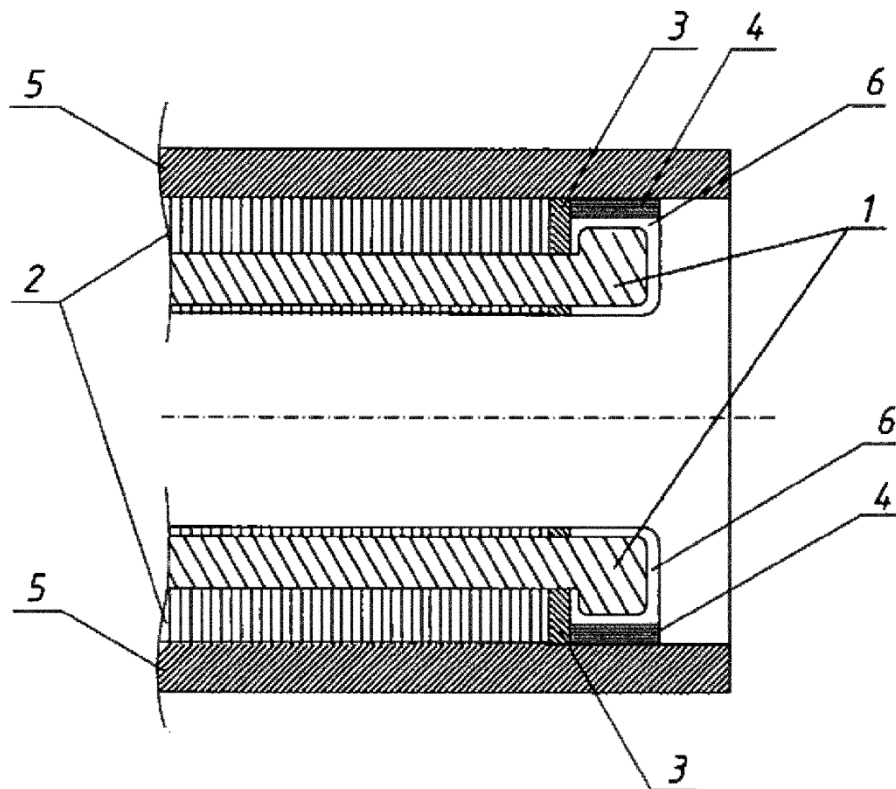


Fig. 1

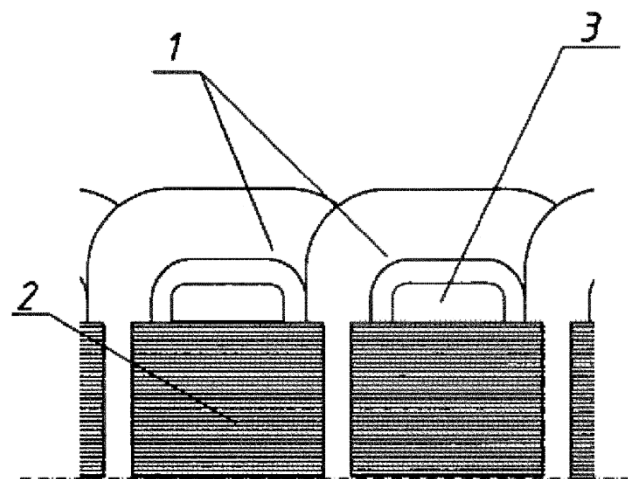


Fig. 2

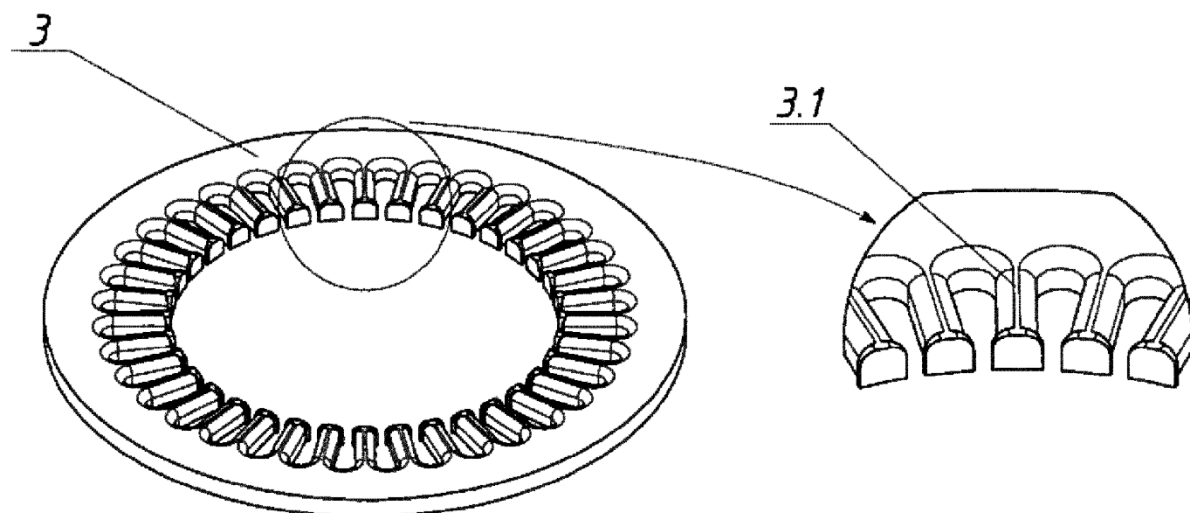


Fig. 3

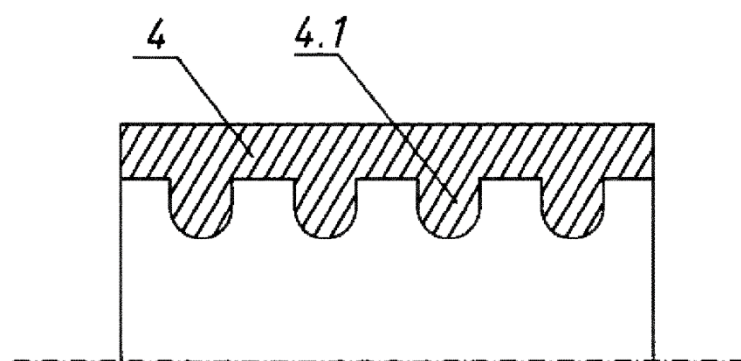


Fig. 4

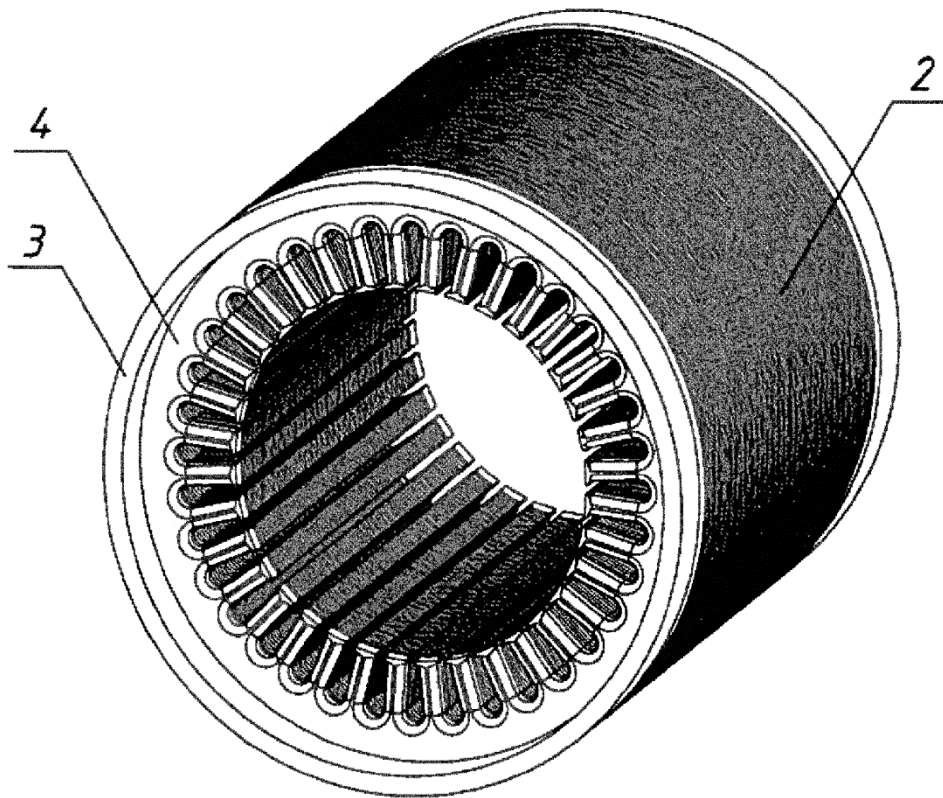


Fig. 5