

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 246737 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **441908**

(22) Data zgłoszenia: **2022.08.01**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.12.19 BUP 51/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.03.03 WUP 09/2025**

(51) MKP:

**H02K 9/22** (2006.01)

**H02K 9/19** (2006.01)

**H02K 5/20** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ –  
GÓRNOŚLĄSKI INSTYTUT  
TECHNOLOGICZNY, Gliwice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**EMIL KRÓL, Rybnik, PL  
MARCIN MACIĄŻEK, Katowice, PL  
ANDRZEJ WEBER, Katowice, PL**

(54) Tytuł:

**Układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika trakcyjnego**

**PL 246737 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ dodatkowego chłodzenia czoł uzwojenia silnika elektrycznego trakcyjnego, w którego uzwojeniu płynie prąd o dużej gęstości co skutkuje wydzielaniem się dużej ilości ciepła, którą należy odprowadzić w celu ochrony silnika.

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 trakcyjnych, w których prędkość obrotowa zmienia się w szerokim zakresie. Przy małej prędkości obrotowej czoła są słabo chłodzone. Efektywne chłodzenie występuje dopiero przy wyższych prędkościach obrotowych wentylatora. W maszynach elektrycznych o dużej gęstości mocy w jednostce objętości lub masy, przeznaczonych m.in. do napędu pojazdów elektrycznych, stosowane jest chłodzenie płynem. Układ chłodzenia może mieć wtedy formę spirali lub kanałów w różnym kształcie w kadłubie maszyny (US7009317 B2). Ciepło wydzielone na skutek przepływu prądu w uzwojeniu stojana, które jest umieszczone w żłobkach pakietu blach, jest odprowadzane poprzez powierzchnię styku pakietu blach z kadłubem chłodzonym cieczą. Taki sposób chłodzenia stojana powoduje, że czoła uzwojenia mają wyższą temperaturę niż część uzwojenia umieszczona w żłobkach. Wartość maksymalną dopuszczalnej temperatury uzwojeń podczas pracy silników trakcyjnych determinuje temperatura najgorętszego miejsca, która nie powinna przekraczać temperatury dopuszczalnej dla klasy termicznej izolacji uzwojenia. Problem chłodzenia maszyn elektrycznych jest szczególnie istotny w silnikach trakcyjnych z magnesami trwałymi. Silniki napędowe pojazdów elektrycznych, są bowiem przeciążane momentem, w czasie przeciążenia duża wartość skuteczna prądu powoduje, że znacząco rosną straty mocy (z kwadratem wartości skutecznej prądu). Ze względu na utrudnione oddawanie ciepła najwyższą temperaturę mają połączenia czołowe uzwojenia. Znane są rozwiązania zalewania czoł uzwojenia stojana żywicą termoprzewodzącą w celu poprawy skuteczności odprowadzania ciepła z połączeń czołowych bezpośrednio do chłodzonego kadłuba i/lub do pakietu (US20090273254 A1, US7067944 B2). 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 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 patencie WO 2014/056717 A2 pod czołami uzwojenia jest umieszczone żebro przewodzące ciepło, które też spełnia funkcję radiatora. Obydwa te patenty proponują umieszczenie radiatorów na czołach uzwojenia od 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 dodatkowych radiatorach prądy wirowe generujące dodatkowe straty mocy. Kolejną niedogodnością jest ilość miejsca na umieszczenie radiatora na wewnętrznym obwodzie czoł, gdyż średnica wewnętrzna radiatora, musi być większa od średnicy wirnika, aby możliwy był montaż i demontaż silnika. Znane jest ze zgłoszenia patentowego PL P.425436 rozwiązanie, w którym do końcówek czoł uzwojenia przylega radiator tarczowy, a przestrzeń wokół czoł uzwojenia jest zalana żywicą termoprzewodzącą. Rozwiązanie to w niewielkim stopniu odprowadza ciepło z czoł uzwojenia do kadłuba. Znane jest także rozwiązanie z patentu PL P.425436 gdzie dodatkowe elementy poprawiające odprowadzanie ciepła przylegają bezpośrednio do kadłuba oraz poprzez żywice termoprzewodzącą do czoł uzwojenia. Rozwiązanie to wymaga wykonania ściśle przylegającego pierścienia do kadłuba oraz nie jest odporne na rozszerzalność termiczną materiału, z którego został wykonany pierścień.

Celem wynalazku jest zmniejszenie oporu przepływu ciepła z czoł uzwojenia do kadłuba chłodzonego płynem oraz lepsze wykorzystanie kadłuba jako elementu chłodzącego silnik trakcyjny.

Według wynalazku układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika trakcyjnego bazuje na żywicy termoprzewodzącej wypełniającej przestrzeń pomiędzy czołami uzwojenia i kadłubem. W żywicy są umieszczone łukowe elementy z materiału o dużej przewodności cieplnej. Każdy z elementów wykonany jest z materiału o dużej przewodności cieplnej korzystnie z aluminium lub korundu i ma kształt wycinka pierścienia i łuku  $\alpha$  i długości osiowej  $L$ . Liczba, elementów korzystnie jest równa lub większa od liczby biegunów maszyny, ( $\alpha \leq \frac{\pi}{p}$ ), gdzie  $p$  jest liczbą par biegunów.

Korzystnie jest, aby po obu stronach elementu była żywica termoprzewodząca, lecz elementy nie stykały się z izolacją czoł uzwojenia i z powierzchnią kadłuba. Korzystnie jest, żeby elementy stykały

się czołowo z pakietem blach stojana, a ich długość osiowa  $L$  była zbliżona do długości wysięgu czoł uzwojenia silnika.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunkach, na których: fig. 1 pokazuje przekrój wzdłużny fragmentu stojana silnika trakcyjnego z czołami uzwojenia, fig. 2 czoła silnika od strony tarczy łożyskowej w płaszczyźnie prostopadłej do osi, fig. 3 dwa rzuty pojedynczego elementu łukowego poprawiającego odprowadzanie ciepła.

Układ chłodzenia czoł uzwojenia 1 silnika trakcyjnego bazuje na żywicy termoprzewodzącej 2 wypełniającej przestrzeń pomiędzy czołami uzwojenia 1 i kadłubem 3. Kadłub 3 jest chłodzony cieczą. W żywicy 2 są umieszczone łukowe elementy 4 z materiału o dużej przewodności cieplnej. Kąt łuku elementu 4 jest równy  $\alpha$ , a długość osiowa elementu 4 wynosi  $L$ . Elementy 4 umieszcza się w żywicy 2 zaraz po zalaniu czoł 1, a przed jej 2 polimeryzacją. Każdy z elementów 4 wykonany jest z materiału o dużej przewodności cieplnej korzystnie z aluminium lub korundu i ma kształt wycinka pierścienia. Optymalna liczba elementów łukowych 4 wykonanych z metalu, np. aluminium, jest równa liczbie biegunów silnika. W przypadku wykonania elementów 4 z materiałów nieprzewodzących prądu elektrycznego, lecz dobrze przewodzących ciepło, np. korundu, to liczba elementów 4 jest uzależniona od technologii wytwarzania elementów 4 oraz łatwości ich montażu w silniku. Korzystnie jest jednak, aby liczba elementów 4 była równa lub większa od liczby biegunów maszyny ( $\alpha \leq \frac{\pi}{p}$ ), gdzie  $p$  jest liczbą par biegunów. Korzystnie jest aby po obu stronach elementu 4 była żywica termoprzewodząca 2, lecz elementy 4 nie stykały się z izolacją czoł uzwojenia 1 i z powierzchnią kadłuba 3, to jest aby drgania kadłuba nie przenosiły się na element 4, gdyż stwarzałoby to zagrożenie powstanie szczelin między elementami 4 i żywicą 2. Korzystnie jest żeby elementy 4 stykały się czołowo z pakietem blach stojana 5, poprawia to przewodzenie ciepła z czoł do pakietu blach. Korzystnie jest aby długość osiowa  $L$  elementu 4 była zbliżona do długości wysięgu czoł uzwojenia 1, wówczas powierzchnia odbioru ciepła, z czoł 1 jest większa.

Wynalazek w sposób znaczący zmniejsza opór przewodzenia ciepła z czoł uzwojenia 1 do kadłuba 3. Uzyskuje się to poprzez wprowadzenie do żywicy 2 elementów 4, które mają znacznie korzystniejszy od żywicy 2 współczynnik przewodzenia ciepła.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Układ chłodzenia czoł uzwojenia silnika trakcyjnego bazujący na żywicy termoprzewodzącej wypełniającej przestrzeń pomiędzy czołami uzwojenia i kadłubem, **znamienny tym**, że w żywicy (2) są umieszczone łukowe elementy (4) z materiału o dużej przewodności cieplnej.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że każdy z elementów (4) wykonany jest z materiału o dużej przewodności cieplnej korzystnie z aluminium lub korundu i ma kształt wycinka pierścienia o łuku  $\alpha$  i długości osiowej  $L$ .
3. Układ według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że liczba elementów (4) korzystnie jest równa lub większa od liczby biegunów maszyny ( $\alpha \leq \frac{\pi}{p}$ ), gdzie  $p$  jest liczbą par biegunów.
4. Układ według zastrz. 1, 2 i 3 **znamienny tym**, że po obu stronach elementu (4) znajduje się żywica termoprzewodząca (2), lecz elementy (4) nie stykają się z izolacją czoł (1) uzwojenia i z powierzchnią kadłuba (3).
5. Układ według zastrz. 1, 2, 3 i 4, **znamienny tym**, że korzystnie jest, żeby elementy (4) stykały się czołowo z pakietem blach stojana (5), a ich (4) długość osiowa  $L$  była zbliżona do długości wysięgu czoł uzwojenia (1) silnika.

## Rysunki

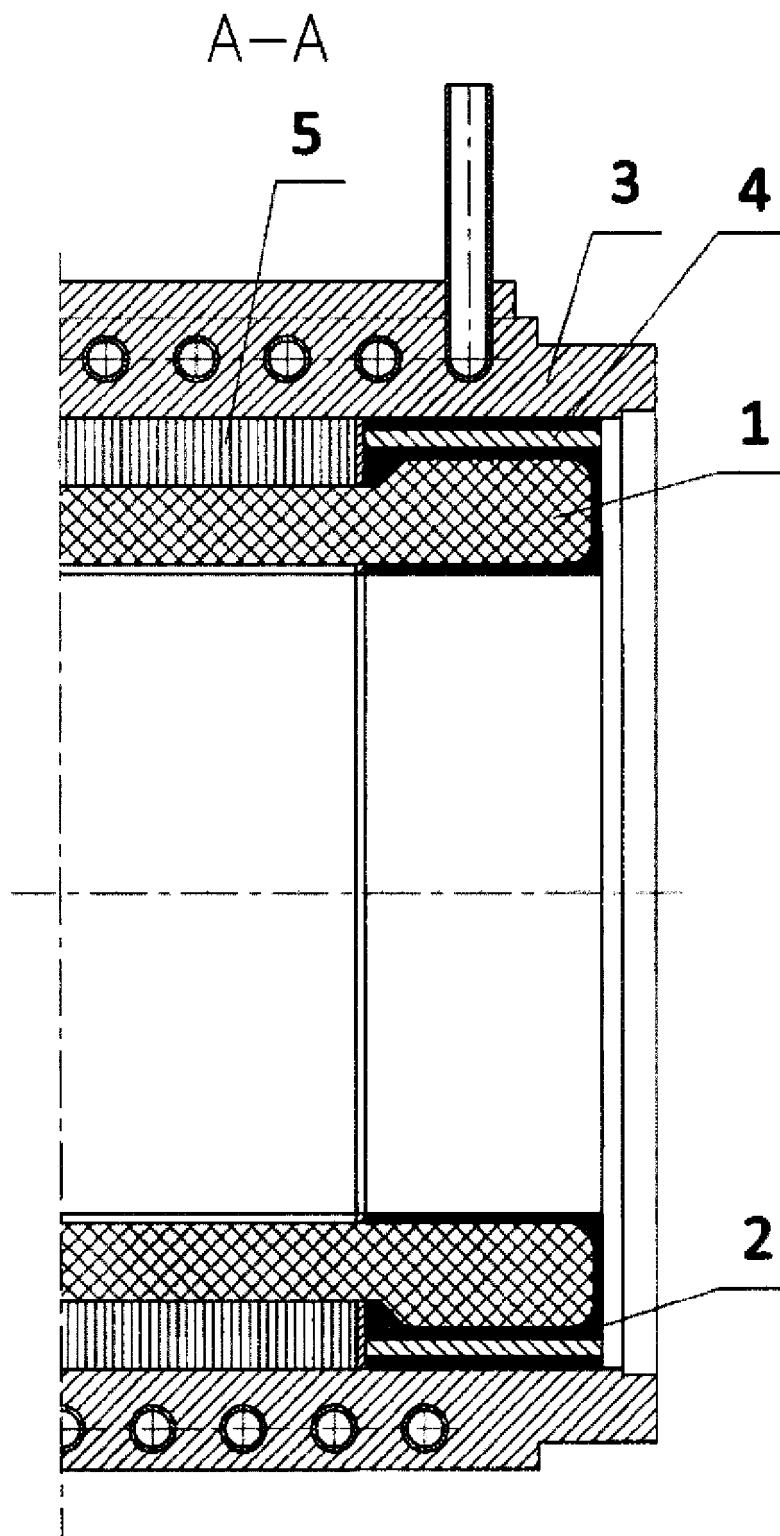


Fig. 1

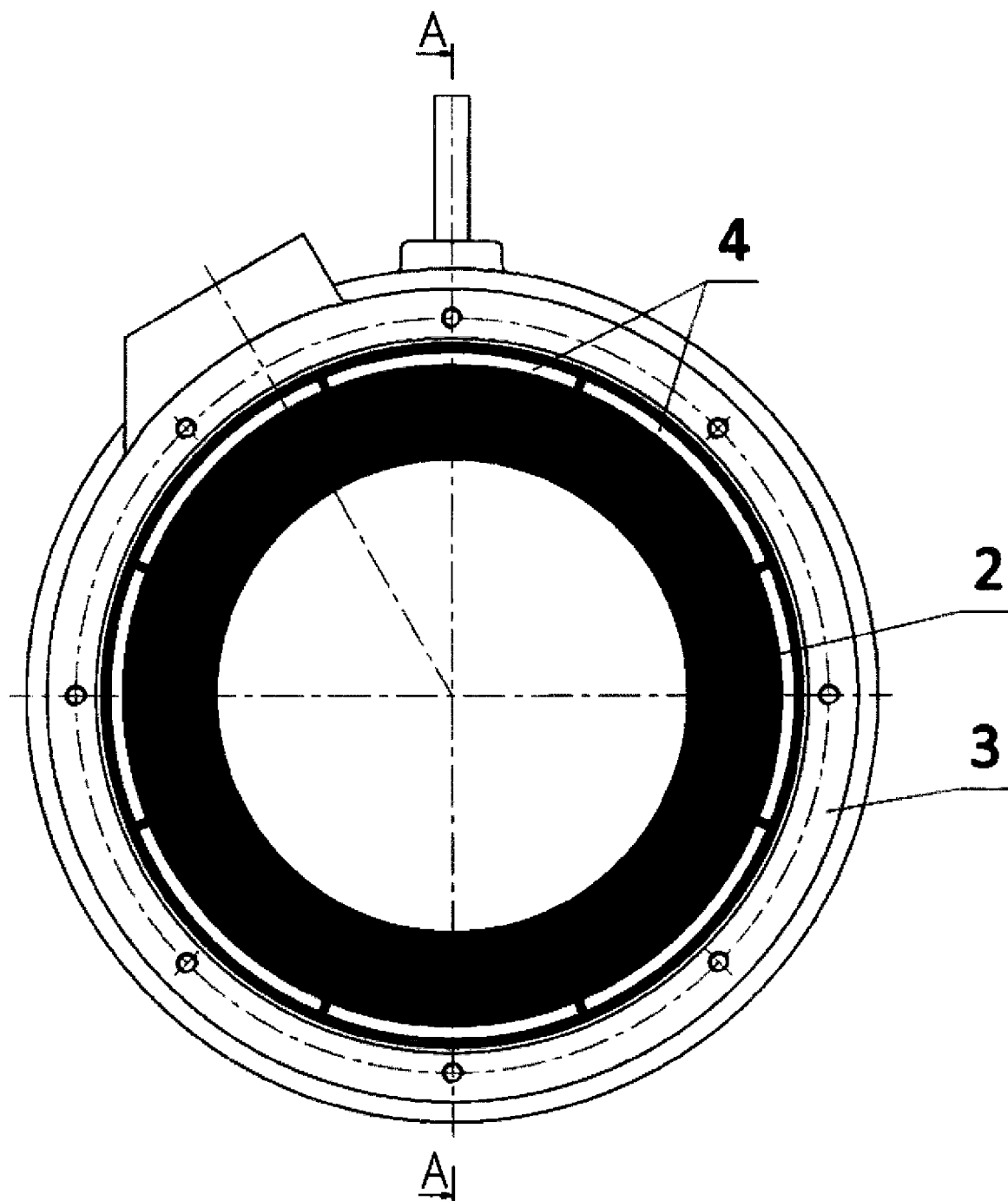


Fig. 2

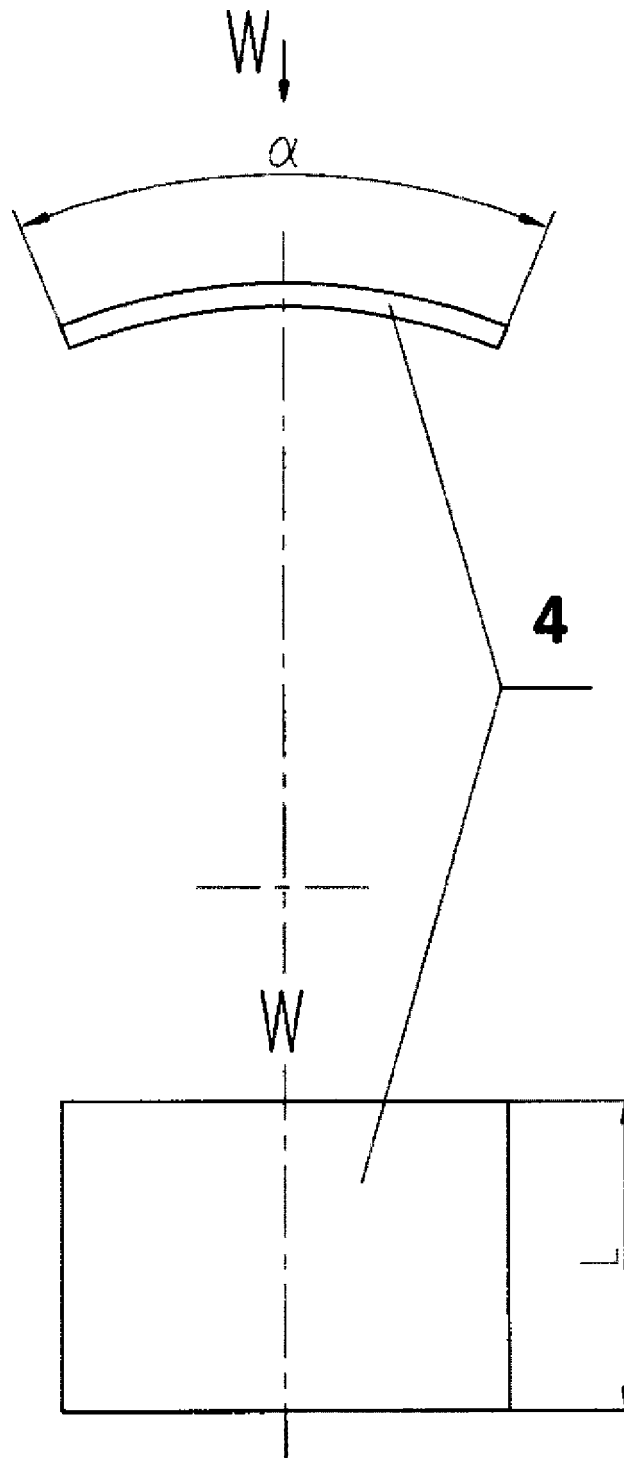


Fig. 3