

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **218474**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **394066**

(51) Int.Cl.
H02K 3/24 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **01.03.2011**

(54)

Przewód uzwojenia wzbudzenia generatora

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

10.09.2012 BUP 19/12

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.12.2014 WUP 12/14

(73) Uprawniony z patentu:

**TURBOCARE POLAND SPÓŁKA AKCYJNA,
Lubliniec, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**STEFAN SIERADZKI, Lubliniec, PL
JAN ADAMEK, Lubliniec, PL
DAMIAN KARDAS, Kochanowice, PL
JAN KAPINOS, Gliwice, PL
ROMAN KROK, Tychy, PL**

PL 218474 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przewód uzwojenia wzbudzenia generatora z bezpośrednim systemem chłodzenia wirnika za pomocą wodoru lub powietrza.

W przemyśle energetycznym stosuje się różnego typu generatory o różnej mocy, różnej konstrukcji i różnych systemach chłodzenia. Generator składa się ze stojana i wirnika. Stojan ma korpus, a w nim rdzeń wykonany z blach magnetycznych ze żłobkami, w których umieszczone jest uzwojenie stojana. Wirnik stanowi stalowa odkuwka w kształcie walca z wyfrezowanymi promieniowo żłobkami, na pewnej długości w środku odkuwki (tzw. becze), w których umieszczone jest uzwojenie wzbudzenia wytwarzające pole magnetyczne. Uzwojenie wzbudzenia wykonane jest przewodem miedzianym i składa się z cewek. Każda cewka zawiera zwoje połączone szeregowo, przy czym zwój stanowi pojedynczy przewód lub dwa przewody równoległe. Zwoje odizolowane są od siebie za pomocą przekładki izolacyjnej zwanej izolacją międzyzwojową. Każda cewka uzwojenia umieszczona w żłobku odkuwki wirnika jest od niego odizolowana elektrycznie przy użyciu izolacji głównej żłobkowej. Cewki uzwojenia połączone są szeregowo i są rozmieszczone wokół biegunów wirnika, przy czym w generatorach najczęściej spotyka się wirniki dwubiegunowe. W uzwojeniu wzbudzenia wyróżnia się część prostą, umieszczoną w żłobkach wirnika oraz część ukształtowaną poza żłobkami, stanowiącą połączenia czołowe uzwojenia. Uzwojenie w żłobkach zabezpieczone jest za pomocą klinów żłobkowych. Połączenia czołowe osłonięte są pierścieniami stalowymi zwanymi kołpakami osadzonymi na becze wirnika. Wielkość, kształt i wymiary przekroju poprzecznego przewodu uzwojenia wzbudzenia zależą od wartości prądu wzbudzenia i konstrukcji uzwojenia oraz systemu chłodzenia wirnika (pośredniego, bezpośredniego: osiowo - promieniowego, zabierakowego). Przykładowo z publikacji W. Latek: *TURBOGENERATORY*, WNT Warszawa 1973 r. znane są przewody uzwojenia wzbudzenia o przekroju w kształcie prostokątnym w wirnikach chłodzonych pośrednio oraz z wewnętrznymi kanałami wentylacyjnymi, prostokątnymi bądź owalnymi w wirnikach chłodzonych bezpośrednio. Z tej samej publikacji znane są też przewody uzwojenia wzbudzenia z bocznymi, zewnętrznymi kanałami wentylacyjnymi, prostokątnymi lub zaokrąglonymi w części prostej, żłobkowej uzwojenia.

Większość dotychczas wyprodukowanych generatorów ma przewody uzwojenia wzbudzenia o identycznym kształcie na całej długości zwoju tzn. zarówno w części prostej, żłobkowej, jak i w części połączeń czołowych. W niektórych generatorach stosuje się natomiast przewody, których kształt przekroju poprzecznego w części prostej, żłobkowej uzwojenia wzbudzenia jest inny niż w części czołowej.

Znane na połączeniach czołowych przewody z dwoma kanałami wentylacyjnymi, bocznymi, wykonanymi wzdłuż osi podłużnej przewodu na jego powierzchni zewnętrznej pokazano na załączonym rysunku dotyczącym stanu techniki. Obieg medium chłodzącego w generatorze (przeważnie wodoru lub powietrza) zapewniają zwykle dwa wentylatory promieniowe lub poosiowe, osadzone na wale po obu stronach wirnika (strona turbiny, strona wzbudnicy). Przykładowo w znanym generatorze o mocy 360 MW firmy BBC dwa wentylatory promieniowe wyciągają schłodzony w chłodnicach gaz chłodzący i kierują go w strefę połączeń czołowych uzwojeń stojana i wirnika, gdzie rozpyływa się on na strumienie cząstkowe. Część gazu chłodzącego przepływa pod kołpakiem wirnika w przestrzeni czoł uzwojenia wzbudzenia, a następnie dzieli się w okolicy wyjścia przewodów ze żłobka wirnika na dwie części. Większa część gazu przepływa przez kanały w przewodach znajdujących się w części żłobkowej uzwojenia wzbudzenia, odbiera ich ciepło, a następnie wypływa promieniowo do szczeliny przywirnikowej w środku generatora. Stąd płynie przez promieniowe kanały wentylacyjne blach pakietu stojana na zewnątrz w kierunku korpusu stojana i przechodzi do chłodnic umieszczonych po obu stronach korpusu. Mniejsza część gazu chłodzącego z przestrzeni czoł uzwojenia wzbudzenia przepływa wzdłuż bocznych, zewnętrznych kanałów wentylacyjnych przewodów profilowanych, odbiera od nich ciepło i wypływa przez specjalne żłobki w strefie biegunowej końca beczonego wirnika do szczeliny przywirnikowej. Z wykonanych obliczeń i pomiarów cieplnych wynika, że rozkład temperatury w uzwojeniu wzbudzenia generatora jest nierównomierny. W części żłobkowej uzwojenia wzbudzenia przewody umieszczone na dnie żłobka mają temperaturę znacznie wyższą niż przewody znajdujące się w górnej części żłobka. Na połączeniach czołowych cewek uzwojenia rozkład temperatury w kierunku promieniowym jest również zróżnicowany, przy czym dolne zwoje są chłodniejsze od górnych. Nierównomierny rozkład temperatury powoduje nierównomierność wydłużania się liniowego poszczególnych zwojów cewki. W czasie eksploatacji generatora w/w nierównomierny rozkład temperatury powoduje, że górne zwoje cewki uzwojenia wydłużają się znacznie i ulegają odkształceniom w części czołowej

uzwojenia. Powoduje to trwałe odkształcenia plastyczne i uszkodzenie izolacji zwojowej w tej części uzwojenia i w efekcie zwarcia międzyzwojowe powodujące dalszy wzrost temperatury, lokalne wypalenia przewodów uzwojenia i awarię generatora.

Celem twórców wynalazku było zaprojektowanie takiej konstrukcji przewodu uzwojenia wzbudzenia generatora w części połączeń czołowych, która wpłynęłaby zarówno na polepszenie jego parametrów oddawania ciepła, jak i wytrzymałości mechanicznej minimalizując ryzyko deformacji oraz zwarcie przewodów, zwłaszcza zwojów cewek uzwojenia wzbudzenia położonych w strefie pod kołpakiem i w efekcie zapewnienie poprawnej dynamicznie, bezawaryjnej pracy wirnika generatora.

Istotę wynalazku stanowi przewód uzwojenia wzbudzenia generatora mający w przekroju poprzecznym kształt równoległoboku, z którego wykonane są cewki uzwojenia wzbudzenia w części czołowej charakteryzujący się tym, że oprócz dwóch przeciwległych, zewnętrznych, osiowych kanałów wentylacyjnych położonych na krótszych jego bokach, ma jeden osiowy, wewnętrzny kanał wentylacyjny o przekroju poprzecznym w kształcie kołowym lub eliptycznym lub fasolowym, przy czym stosunek powierzchni przekroju poprzecznego wewnętrznego kanału wentylacyjnego do całkowitej powierzchni przekroju poprzecznego przewodu jest równy lub mniejszy od $1/3$. Długość b_z wysięgu ramienia kanału zewnętrznego przewodu uzwojenia wzbudzenia jest równa lub mniejsza od grubości h_z tego ramienia, co zapewnia jego odpowiednią sztywność. Zastosowanie innych proporcji tzn. $b_z > h_z$, (w przedstawionym na rysunku stanie techniki $b_z = 2 h_z$) jest niekorzystne ze względu na to, że zbyt cienkie i długie ramie zwiększa ryzyko jego deformacji w trakcie pracy generatora przy zmiennym obciążeniu na skutek dylatacji termicznej przewodów. Tego typu deformacje doprowadzają do uszkodzenia izolacji międzyzwojowej i ostatecznie do powstawania zwarcie zwojowych, a nawet miejscowych wypaleń przewodów uzwojenia wzbudzenia.

Zastosowanie w wirniku generatora przewodów uzwojenia wzbudzenia, które oprócz dwóch przeciwległych, zewnętrznych, osiowych, kanałów wentylacyjnych mają jeden osiowy, wewnętrzny kanał wentylacyjny zapewniający dodatkową strugę medium chłodzącego, obniża temperaturę poszczególnych zwoi uzwojenia wzbudzenia w części czołowej oraz ogranicza ryzyko wystąpienia awarii w wyniku uszkodzenia izolacji międzyzwojowej i powstania zwarcie zwojowych. Sugerowane jest zastosowanie kołowego, eliptycznego lub fasolowego kształtu przekroju poprzecznego wewnętrznego kanału wentylacyjnego, dzięki którym przewód wykazuje mniejszą podatność na pękanie w trakcie kształtowania łuków połączeń czołowych oraz mniejszy opór aerodynamiczny skutkujący większą prędkością medium chłodzącego, a w konsekwencji poprawą chłodzenia przewodów. Zastosowanie wewnętrznego kanału wentylacyjnego o przekroju prostokątnym jest niekorzystne ze względu na prawdopodobieństwo pojawienia się nieciągłości materiału w trakcie wyginania łuków połączeń czołowych oraz dodatkowo zwiększenie oporu aerodynamicznego kanału.

Przedmiot wynalazku uwidoczniono w przykładzie wykonania na rysunku przedstawiającym w przekroju poprzecznym przewód uzwojenia wzbudzenia w strefie połączeń czołowych cewek uzwojenia wzbudzenia generatora, przy czym fig. 1 przedstawia przewód z wewnętrznym kanałem wentylacyjnym o przekroju eliptycznym, a fig. 2 - przewód z wewnętrznym kanałem wentylacyjnym o przekroju fasolowym.

Przedstawiony na rysunku przewód uzwojenia wzbudzenia generatora mający w przekroju poprzecznym kształt równoległoboku, ma dwa przeciwległe, zewnętrzne, osiowe, położone na krótszych jego bokach kanały wentylacyjne w kształcie zaokrąglonych wydrążeń, w których długość b_z wysięgu ramienia kanału zewnętrznego przewodu jest równa grubości h_z tego ramienia. Ponadto wewnątrz przewodu wydrążony jest dodatkowy, osiowy kanał wentylacyjny o przekroju eliptycznym (fig. 1) lub fasolowym (fig. 2), którego pole powierzchni jest mniejsze od $1/3$ pola powierzchni przekroju poprzecznego całego przewodu.

Przewód uzwojenia wzbudzenia według wynalazku znajduje zastosowanie głównie w strefie połączeń czołowych wirników generatorów z bezpośrednim osiowo-promieniowym systemem chłodzenia. Ze względu na stosunkowo niewielką grubość ramion kanałów zewnętrznych taki przewód nie może być stosowany w części prostej (żłobkowej) uzwojenia wzbudzenia, ponieważ zwiększałoby to ryzyko uszkodzenia izolacji głównej w żłobkach podczas wirowania wirnika.

Zastrzeżenie patentowe

Przewód uzwojenia wzbudzenia generatora mający w przekroju poprzecznym kształt równoległoboku, z którego wykonane są cewki uzwojenia wzbudzenia w części czołowej, **znamienny tym**, że oprócz dwóch przeciwnych, zewnętrznych, osiowych kanałów wentylacyjnych położonych na krótszych jego bokach, ma jeden osiowy, wewnętrzny kanał wentylacyjny o przekroju poprzecznym w kształcie kołowym lub eliptycznym lub fasolowym, przy czym stosunek powierzchni przekroju poprzecznego wewnętrznego kanału wentylacyjnego do całkowitej powierzchni przekroju poprzecznego przewodu jest równy lub mniejszy od $1/3$, natomiast długość b_z wysięgu ramienia kanału zewnętrznego przewodu uzwojenia wzbudzenia generatora jest równa lub mniejsza od grubości h_z tego ramienia.

Rysunki

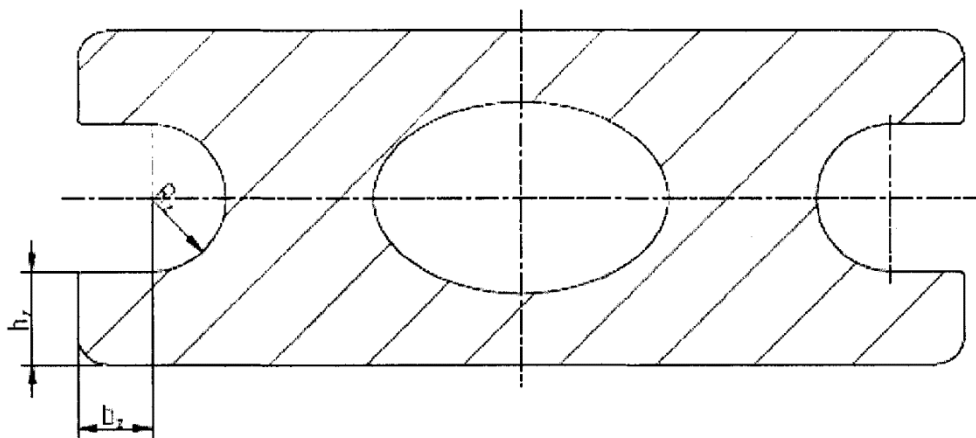


Fig.1.

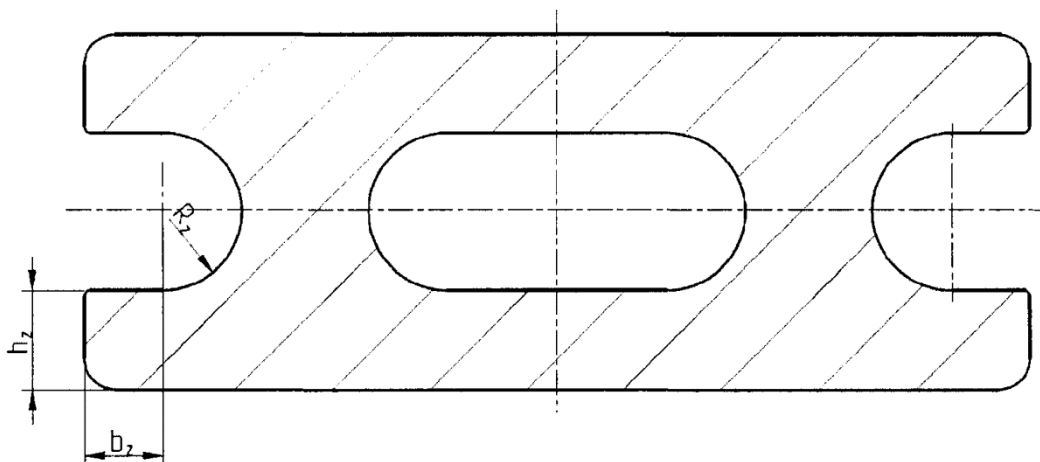


Fig.2.

Rysunek dotyczący stanu techniki

Przedstawiający przewód uzwojenia wzbudzenia generatora mający w przekroju poprzecznym kształt równoległoboku, w dwoma przeciwległymi, zewnętrznymi, osiowymi kanałami wentylacyjnymi położonymi na krótszych jego bokach

