

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239128**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432762**

(22) Data zgłoszenia: **30.01.2020**

(51) Int.Cl.

H02K 21/04 (2006.01)

H02K 21/14 (2006.01)

H02K 1/27 (2006.01)

(54)

Prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem hybrydowym

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

14.12.2020 BUP 26/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

08.11.2021 WUP 32/21

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(y) wynalazku:

**STANISŁAW GAWRON, Tychy, PL
TADEUSZ GLINKA, Gliwice, PL**

PL 239128 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem hybrydowym, z wirnikiem cylindrycznym, przeznaczona do elektrowni wiatrowych i małych elektrowni wodnych.

Wzbudzenie hybrydowe prądnic synchronicznych jest połączeniem wzbudzenia magnesami trwałymi i wzbudzenia elektromagnetycznego. Prądnice synchroniczne ze wzbudzeniem hybrydowym mają kilka rozwiązań obwodu magnetycznego. Są rozwiązania w których siła magnetomotoryczna magnesów trwałych i siła magnetomotoryczna uzwojenia wzbudzenia (smm) działają szeregowo i są rozwiązania w których wymienione smm działają równolegle. Rozwiązanie szeregowe wzbudzenia nie jest ekonomiczne, gdyż przenikalność względna magnesów trwałych wynosi w przybliżeniu 1,05 i magnesy trwałe o grubości kilku milimetrów dla wzbudzenia elektromagnetycznego mają dużą reluktancję i aby efektywnie dowzbudzać obwód magnetyczny lub go odwzbudzać konieczna jest duża wartość siły magnetomotorycznej uzwojenia wzbudzenia.

Znane jest szeregowo-równoległe wzbudzenie hybrydowe w którym magnesy trwałe są umieszczone na części każdego z biegunów wirnika, a uzwojenie wzbudzenia obejmuje cały biegun. W rozwiązaniu tym uzwojenia wzbudzenia ma objętość i masę taką jak w maszynie synchronicznej bez magnesów trwałych, a strumień magnetyczny generowany przez to uzwojenie jest proporcjonalny do powierzchni nabiegunnika nie objętego działaniem magnesu trwałego. Uzwojenie wzbudzenia bocznikuje magnesy trwałe i eliminuje ich efektywne działanie. Innym rozwiązaniem wzbudzenia szeregowo-równoległego jest maszyna synchroniczna jawnobiegunowa o parzystej liczbie par biegunów. Magnesy trwałe umieszczone są na co drugim biegunie i są jednakowo zorientowane względem szczeliny, a uzwojenie wzbudzenia jest cewką okrągłą umieszczoną koncentrycznie na wale tuż przy jarzmie. Mogą to być także dwie cewki umieszczone z dwóch stron wału. Siła magnetomotoryczna wzbudzenia elektromagnetycznego działa unipolarnie w obwodzie magnetycznym maszyny. Jego zaletą jest nieruchome uzwojenie wzbudzenia. Jednak rozwiązanie to nie jest magnetycznie korzystne, gdyż magnesuje wał i jarzmo stojana stałym strumieniem magnetycznym oraz wzbudza niesymetryczny rozkład pola magnetycznego pod biegunami. Rozwiązanie to nie wzbudziło zainteresowania producentów maszyn elektrycznych.

Znany jest z opisu PL 207551 generator elektryczny synchroniczny ze wzbudzeniem hybrydowym równoległym w którym wirnik jest podzielony wzdłużnie na dwie części: część dłuższą z zabudowanymi magnesami trwałymi i część krótszą wzbudzaną elektromagnetycznie. Drugim tego typu rozwiązaniem to podzielenie wirnika na trzy części. Części skrajne dłuższe są z magnesami trwałymi, a na części środkowej jest osadzone uzwojenie wzbudzenia. Zaletą tych rozwiązań jest prosta technologia, obydwie części wirnika wykonuje się niezależnie, a następnie montuje się je na wspólnym wale. Rozwiązania te są preferowane do maszyn dwubiegunowych.

Znana jest także, z opisu zgłoszenia patentowego P.430452 prądnica synchroniczna jawnobiegunowa ze wzbudzeniem hybrydowym. Prądnica synchroniczna ma liczbę par biegunów ($p = p_{PM} + p_{EI}$), gdzie p_{PM} jest liczbą par biegunów wzbudzanych magnesami trwałymi, a p_{EI} liczbą par biegunów ze wzbudzeniem elektromagnetycznym. Uzwojenie twornika ma $p = (p_{PM} + p_{EI})$ par biegunów. Rozłożenie biegunów ($2p_{EI}$) ze wzbudzeniem elektromagnetycznym na obwodzie wirnika musi być równomierne i symetryczne. Rozwiązanie to jest przeznaczone do maszyn synchronicznych wolnoobrotowych o dużej liczbie par biegunów.

Znana jest opisu EP 3 373 426 A1 prądnica jawnobiegunowa w której magnesy trwałe są umieszczone między nabiegunnikami i są namagnesowane obwodowo. Linie pola magnetycznego wzbudzanego przez magnesy trwałe zamykają się w obwodzie magnetycznym samego wirnika. Strumień magnetycznym wzbudzany przez magnesy trwałe wstępnie nasycza nabiegunniki, pieńki biegunów i jarzmo wirnika. Strumień ten nie przenika do jarzma twornika i nie indukuje napięcia w uzwojeniu twornika. Prądnica w 100% jest wzbudzana przez uzwojenie wzbudzenia, które jest umieszczone na pieńkach biegunów. Korzyść z takiego usytuowania magnesów trwałych jest następująca: charakterystyka magnesowania żelaza $B = f(H)$, w okolicach punktu $H \approx 0$ jest nieliniowa, a przewodność magnetyczna względna μ ma małą wartość, wstępne namagnesowanie linearyzuje charakterystykę magnesowania $B = f(H)$ i zwiększa wartość μ . W opisie patentowym nie jest wymieniony rodzaj magnesów trwałych, lecz na rysunkach zaznaczono biegunowość magnesów trwałych. Magnesy trwałe są magnesowane wzdłuż największego wymiaru, takie magnesowanie jest charakterystyczne dla magnesów AlNiCo. W prądnicach synchronicznych wzbudzanych magnesami trwałymi i dodatkowym uzwojeniem wzbudzenia, magnesów AlNiCo nie stosuje się.

Celem wynalazku jest maszyna synchroniczna z wirnikiem cylindrycznym i ze wzbudzeniem hybrydowym, gdyż zaletą prądnic synchronicznych z wirnikiem cylindrycznym jest mniejszy poziom hałasu generowanego przez wirnik niż w prądnicach jawnobiegunowych.

Według wynalazku prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem hybrydowym z wirnikiem cylindrycznym ma magnesy trwałe zamocowane w rynienkach na powierzchni jarzma wirnika, a uzwojenie wzbudzenia jest umieszczone w żłobkach pod magnesami trwałymi. Na wirniku, korzystnie w środku, pod każdym magnesem trwałym jest żłobek w którym jest umieszczony bok cewki uzwojenia wzbudzenia. Na wirniku, korzystnie pod obydwooma końcówkami każdego magnesu trwałego, jest żłobek w którym jest umieszczony bok cewki uzwojenie wzbudzenia.

Przedmiot wynalazku jest zilustrowany przykładem rozwiązania na rysunkach na których przedstawiono: fig. 1 przekrój poprzeczny wirnika o liczbie par biegunów $p = 3$ i z magnesami trwałymi zamocowanymi w rynienkach i jednym żłobkiem w środku każdego bieguna i fig. 2 przekrój poprzeczny wirnika o liczbie par biegunów $p = 3$ i z magnesami trwałymi zamocowanymi w rynienkach i dwoma żłobkami umieszczonymi pod końcami każdego magnesu.

Prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem hybrydowym z wirnikiem cylindrycznym ma magnesy trwałe **2** zamocowane w rynienkach na powierzchni jarzma **1** wirnika, a uzwojenie **5** wzbudzenia jest umieszczone w żłobkach **3** pod magnesami trwałymi **2**. Na wirniku, korzystnie w środku pod każdym magnesem trwałym **2** – w osi „d”, jest żłobek **3** w którym jest umieszczony bok cewki uzwojenia **5** wzbudzenia. Jeden bok cewki uzwojenia **5** wzbudzenia leży pod biegunem N, a drugi bok cewki uzwojenia **5** wzbudzenia leży pod biegunem S, jak to pokazano na rysunku fig. 1. To rozwiązanie jest korzystne w wirnikach długich o małej liczbie par biegunów $p \leq 3$, gdy długość boku cewki leżąca w żłobku jest większa od długości czoła cewki uzwojenia **5**. Wariantem także korzystnym jest gdy pod obydwooma końcówkami każdego magnesu trwałego **2**, jest żłobek **3** w którym jest umieszczony bok cewki uzwojenie **5** wzbudzenia. To rozwiązanie jest korzystne w wirnikach o liczbie par biegunów $p \geq 3$, gdy długość czoła cewki jest mniejsza od długości boku cewki uzwojenia **5** leżącego w żłobku **3**, jak to pokazano na rysunku fig. 2. Wirnik według tych rozwiązań ma wzbudzenie hybrydowe: magnesami trwałymi i elektromagnetyczne. Strumień magnetyczny wzbudzany przez uzwojenie **5** zamyka się przez zęby **4** między magnesami trwałymi **2**. Powierzchnia obwodowa magnesów trwałych **2** obejmuje 80% ÷ 90% powierzchni obwodowej wirnika, zapewnia do zakres regulacji napięcia maszyny synchronicznej $\pm(20 \div 10)\%$.

Wymienione rozwiązania są korzystne, gdyż pozwalają minimalizować masę miedzi w uzwojeniu **5** wzbudzenia. Mniejsza masa miedzi to mniejszy koszt wykonania wirnika i mniejsze straty mocy w uzwojeniu **5** w czasie pracy maszyny. Wirnik cylindryczny ma powierzchnię obwodową gładką. W czasie wirowania wirnika powietrze obmywające wirnik nie ma zawirowań. Wirnik nie generuje szumów wentylacyjnych, pracuje cicho.

Zastrzeżenia patentowe

1. Prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem hybrydowym z wirnikiem cylindrycznym **znamienna tym**, że magnesy trwałe (2) są zamocowane w rynienkach na powierzchni jarzma (1) wirnika, a uzwojenie (5) wzbudzenia jest umieszczone w żłobkach (3) pod magnesami trwałymi (2).
2. Prądnica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pod każdym magnesem trwałym (2) korzystnie w środku, jest żłobek (3) w którym jest umieszczony bok cewki uzwojenia (5) wzbudzenia.
3. Prądnica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pod obydwooma końcówkami każdego magnesu trwałego (2) korzystnie jest żłobek (3) w którym jest umieszczony bok cewki uzwojenie (5) wzbudzenia.

Rysunki

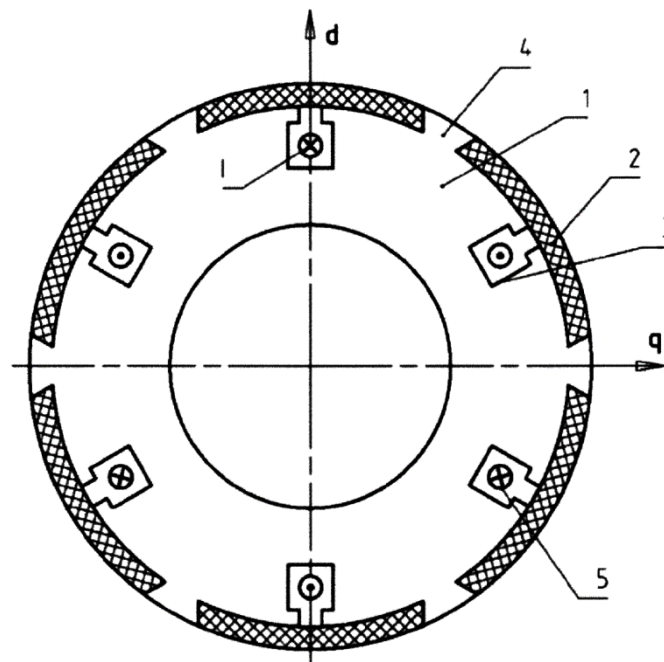


Fig. 1

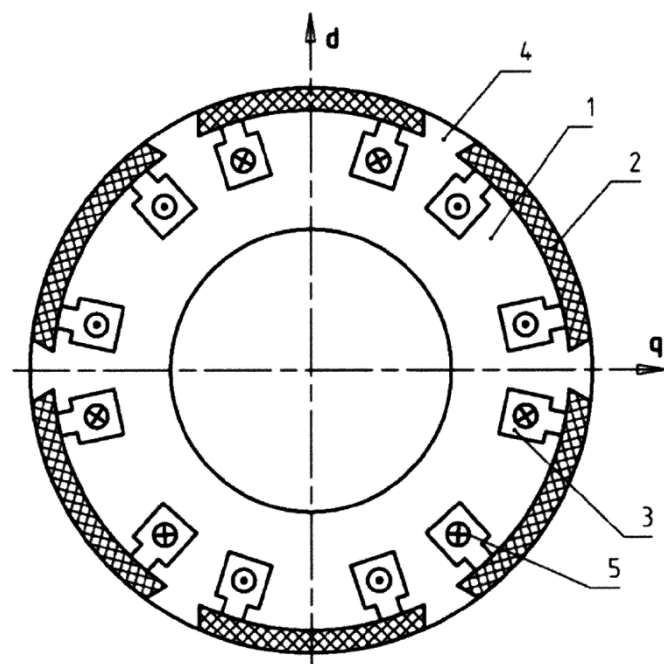


Fig. 2