

Prądnicą synchroniczną ze wzbudzeniem hybrydowym

Przedmiotem wynalazku jest prądnicą synchroniczną 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 patentu RP 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, ze zgłoszenia patentowego P.430452 prądnica synchroniczna jawobiegunowa 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.

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 obydwojma 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 czół ceki 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 czół cewki jest mniejsza od długości boku ceki 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. Mniejszą masą 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


DYREKTOR
dr hab. inż. Jakub Bernatt
prof. KOMEL