ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: ELEKTRYKA z.139 Nr kol.1247

Tadeusz GLINKA

ZASTOSOWANIE MAGNESÓW TRWAŁYCH FERROPLASTYCZNYCH W KONSTRUKCJI MIKROMASZYN

Streszczenie. Mikromaszyny elektryczne, takie jak: silniki prądu stałego, silniki skokowe, prądnice synchroniczne z biegunami kłowymi, silniki synchroniczne i silniki z komutacją elektroniczną mogą być wzbudzane magnesem trwałym ferroplastycznym. Zastosowanie magnesów ferroplastycznych w konstrukcji tych mikromaszyn upraszcza technologię ich wykonania i poprawia parametry. W artykule zaprezentowano parametry różnych gatunków magnesów ferroplastycznych, a na przykładzie prądniczki synchronicznej z biegunami kłowymi przedstawiono korzyści w technologii produkcji i parametrach tych maszyn.

THE APPLICATION OF PERMANENT FERROPLASTIC MAGNETS IN MICROMACHINE DESIGN

Summary. Electrical machines such as d.c.motors, stepping motors, synchronous generators with claw poles, synchronous motors and electronic commutator motors may be excited by means of permanent ferroplastic magnets. The application of ferroplastic magnets in micromachine design simplifies production engineering and improves the ratings. The properties and ratings of various kinds of ferroplastic magnets have been presented in the paper. The example of synchronous generator with claw poles shows the advantages in production engineering resulting from the use of the magnets.

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРОПЛАСТИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ В МИКРОДВИГАТЕЛЯХ

Резюме. Электрические микродвигатели такие как: двигатели постоянного тока, шаговые двигатели, синхронные генераторы с когтиобразными полюсами, синхронные двигатели и двигатели с электронной коммутацией могут возбуждаться постоянным ферропластическим магнитом. Применение ферропластических магнитов в таких микродвигателях упрощает технологию их изготовления и улучшает параметры. В статье рассматриваются параметры различных видов ферропластичеких магнитов. На примере синхронного генератора с когтиобразными полюсами доказано, что технология производства роторов таких машин более дешева, а параметры их значительно лучше.

1. WSTĘP

Rozwój technologii magnesów trwałych idzie w kierunku magnesów ferroplastycznych. Magnesy ferroplastyczne uzyskuje się jako mieszaninę proszków magnetycznych ferrytowych lub pierwiastków ziem rzadkich z tworzywem termoplastycznym, np. polipropylenem lub nylonem. Dowolne kształty tych magnesów uzyskuje się metodą wtrysku. W tego typu technologii produkcyjnej magnesów ferroplastycznych dosyć łatwo jest formować magnes anizotropowy o założonym uprzywilejowanym kierunku anizotropii. Magnesy ferroplastyczne, w stosunku do magnesów spiekanych, są tańsze, gdyż ich produkcja jest mniej energochłonna. Ponadto niedokładności ich wymiarów są znacznie mniejsze, a magnes wyjęty z formy ma kształt ostateczny i nie podlega dalszej obróbce np. przez szlifowanie.

Tabela 1

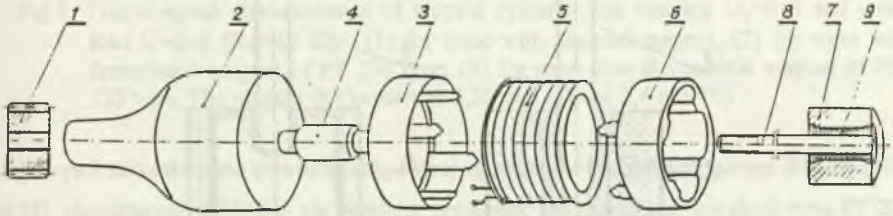
Porównanie parametrów magnesów ferrytowych spiekanych i ferroplastycznych

Typ magnesu	Materiał	Firma	B_r T	$_BH_C$ kA/m	$(BH)_{max}$ kJ/m^3
PBO 40	ferroplast aniztropowy	PEMAT	0,12-0,16	79-112	2,3-4
PIY 120	ferroplast aniztropowy	PEMAT	0,22-0,26	151-190	8,7-14
PT 200	ferroplast aniztropowy	PEMAT	0,28-0,3	188-200	16-17
FERRIFLEX3	ferroplast aniztropowy	Aimants UGIMAGSA	0,225	159	9,5
FERRIGLEX4	ferroplast aniztropowy	Aimants UGIMAGSA	0,245	175	11,5
SPINALOR 4H	ferryt (spiek) anizotrop.	Aimants UGIMAGSA	0,385	244	28
SPINALOR 6B	ferryt (spiek) anizotrop.	Aimants UGIMAGSA	0,400	280	30
SPINALOR 8B	ferryt (spiek) anizotrop.	Aimants UGIMAGSA	0,425	264	35
FERROXDURE P30	ferroplast izotropowy	PHILIPS	0,125	88	2,8
FERROXDURE P40B	ferroplast izotropowy	PHILIPS	0,145	96	3,6
FERROXDURE SP50	ferroplast izotropowy	PHILIPS	0,155	104	4,4
FERROXDURE SP130	ferroplast anizotropowy	PHILIPS	0,24	175	11
FERROXDURE SP170	ferroplast anizotropowy	PHILIPS	0,27	196	14
FERROXDURE 270	ferryt (spiek)	PHILIPS	0,35	260	22,8
FERROXDURE 300	ferryt (spiek)	PHILIPS	0,4	160	29,5
FERROXDURE 400	ferryt (spiek)	PHILIPS	0,41	265	31,3
FERROXDURE 500	ferryt (spiek)	PHILIPS	0,404	295	30,5
Ferryt baru	spiek izotrop	Z.M. Trzebinia	0,20	120	6,0

Wytrzymałość mechaniczna magnesów ferroplastycznych jest większa niż magnesów spiekanych, w szczególności na siły udarowe. Mały rozrzut wymiarów magnesów ferroplastycznych pozwala konstruować układy magnetyczne maszyn elektrycznych o zmniejszonej szczelinie. Porównanie podstawowych parametrów magnesów ferroplastycznych i magnesów spiekanych podano w tablicy.

2. ZASTOSOWANIE MAGNESÓW FERROPLASTYCZNYCH W OBWODACH MAGNETYCZNYCH MIKROMASZYN ELEKTRYCZNYCH

Magnesy ferroplastyczne można stosować wszędzie tam, gdzie dotychczas były stosowane magnesy spiekane. Szczególnie korzystne rozwiązania obwodu magnetycznego uzyskuje się w tych mikromaszynach, które posiadają magnes trwały w wirniku. Przykładem takich mikromaszyn są: prądnica synchroniczna 1-fazowa z biegunami kłowymi (prądnica rowerowa), silniki skokowe (np. silnik FA-16 produkcji Przedsiębiorstwa MIKRONA) czy też silniki z komutacją elektroniczną. Rozwiązanie takiego wirnika i parametry mikromaszyny z tym wirnikiem zostanie zilustrowane na przykładzie prądnicy rowerowej. Na rys.1 przedstawiono w układzie rozwiniętym budowę prądnicy rowerowej, a na rys. 2 wirniki, przy czym na rys. 2a wirnik obecnie stosowany z magnesem spiekanym, a na rys.2b wirnik z magnesem ferroplastycznym [1].

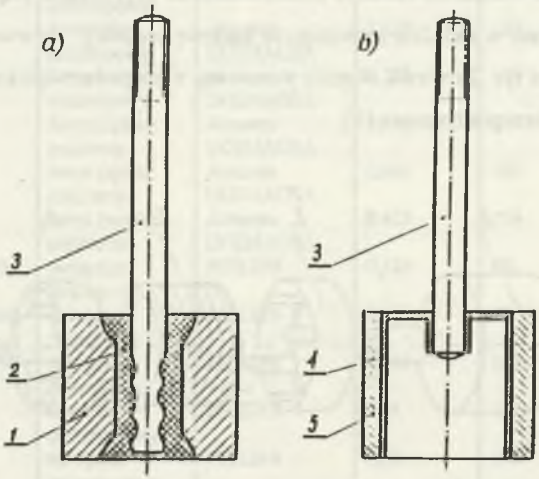


Rys. 1. Elementy składowe prądnicy rowerowej:
1 - kółko napędowe, 2 - obudowa, 3 - lewa połowa jarzma stojana, 4 - tuleja łożyskowa, 5 - uzwojenie, 6 - prawa połowa jarzma stojana, 7 - magnes trwały, 8 - wałek, 9 - tworzywo termoplastyczne

Fig.1. The components of bicycle dynamo
1 - drive wheel, 2 - casing, 3 - the left half of stator yoke, 4 - bearing sleeve, 5 - winding, 6 - the right half of stator yoke, 7 - permanent magnet, 8 - shaft 9 - thermoplastic material

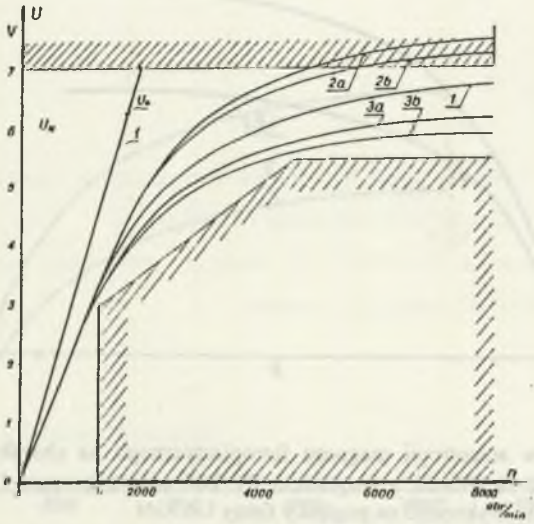
Wirnik ten składa się z wałka (3), puszki stalowej (4) i magnesu trwałego ferroplastycznego (5). Puszka stalowa (4) stanowi konstrukcję nośną wirnika, gdyż łączy w jedną całość wałek (3) i magnes trwały (5). Puszka ta równocześnie zamyka obwód magnetyczny wzbudzenia, przez co uzyskuje się zmniejszenie reluktancji obwodu w stosunku do rozwiązania wirnika z magnesem spiekanym (rys.2a). Daje to ewidentne korzyści, gdyż objętość magnesu trwałego ferroplastycznego jest znacznie mniejsza od objętości magnesu spiekanego, co zmniejsza masę wirnika.

Na przykład masa wirnika (rys. 2a) prądnicy rowerowej produkowanej przez Zakład ROMET wynosi 53 g, ten sam wirnik z magnesem ferroplastycznym (rys. 2b) waży 30 g. Upraszcza się również technologia wykonania wirnika. Wirnik wykonuje się na wtryskarce. Przed każdorazowym wtryskiem masy ferroplastycznej formę zbroi się wkładając do niej wałek i puszkę stalową. W czasie zamykania formy następuje wciśnięcie wałka do tulejki puszki, po zamknięciu formy wtryskuje się masę ferroplastyczną. W ten sposób za pomocą jednej operacji technologicznej wykonuje się gotowy wirnik. Dobrze wykonana forma zapewnia osiowość osadzenia wałka, jak również dostatecznie małe tolerancje średnicy wirnika.



Rys.2. Wirnik z magnesem spiekanym (a) i ferroplastycznym (b)
1 - magnes trwały spiekany, 2 - tworzywo termoplastyczne, 3 - wałek
4 - puszka ferromagnetyczna, 5 - magnes ferroplastyczny
Fig.2. The rotator with sintered magnet (a) and ferroplastic magnet (b)
1 - sintered permanent magnet, 2 - thermoplastic materia, 3 - shalf,
4 - ferromagnetic box, 5 - ferroplastic magnet

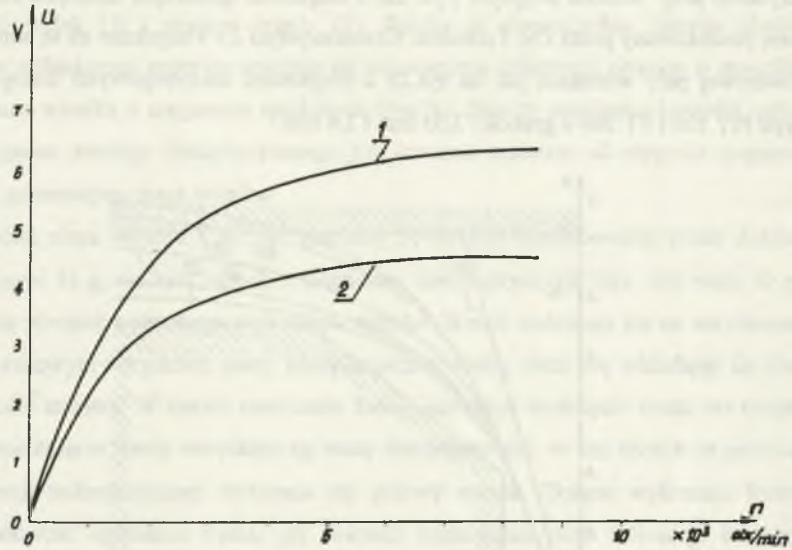
Na rys. 3 przedstawiono rodzinę charakterystyk elektromechanicznych U=f(n) prądnicy rowerowej 100 produkowanej przez Zakłady ROMET w Poznaniu. Charakterystyki (1) uzyskano przy wirniku seryjnym (rys. 2a) z magnesem spiekanym izotropowym z ferrytem baru produkowany przez ZM Trzebinia. Charakterystyki 2 i 3 uzyskano na tej samej prądnicy rowerowej przy wirnikach jak na rys.2b z magnesami anizotropowymi ferroplastycznymi typu PIY 120 i PT 200 o grubości 3,35 mm i 2,4 mm.



Rys.3. Charakterystyki elektromechaniczne prądnicy rowerowej: biegu jałowego U_o=f(n) i obciążenia U=f(n) przy R_{ob}=12 Ω uzyskane przy wirniku z magnesem spiekanym (1) i ferroplastycznym PT 200 (2) i PIY 120 (3), przy grubości magnesu 3,35 mm (a) i 2,4 (b). Pomiary wykonano na prądnicy firmy ROMET

Fig.3. Torque-speed characteristics of bicycle dynamo: idle running U_o=f(n) and under load U=f(n) (R_{ob}=12 Ω), (1) for rotor with sintered magnet, (2) for rotor with ferroplastic magnet of PT 200 type, (3) for rotor with ferroplastic magnet of PIY 120 type. The magnet thickness was 3,35 mm (a) and 2,4 mm (b)

Na rys.3 zakreskowano powierzchnię, której zgodnie z wymaganiami normy BN-69/3016-09 [2], charakterystyki U=f(n) nie powinny przecinać. Dla magnesów trwałych typu PT 200 charakterystyki wchodzą na górną zakreskowaną powierzchnię, co świadczy o tym, że magnes jest za silny. Tak więc przy tym magnesie obniżenie charakterystyki można uzyskać poprzez zmniejszenie liczby zwojów, co dodatkowo obniża koszt prądnicy. Porównując wpływ grubości magnesu na parametry prądnicy widać, że już przy grubości magnesu 2,4 mm uzyskuje się poprawne parametry prądnicy rowerowej.



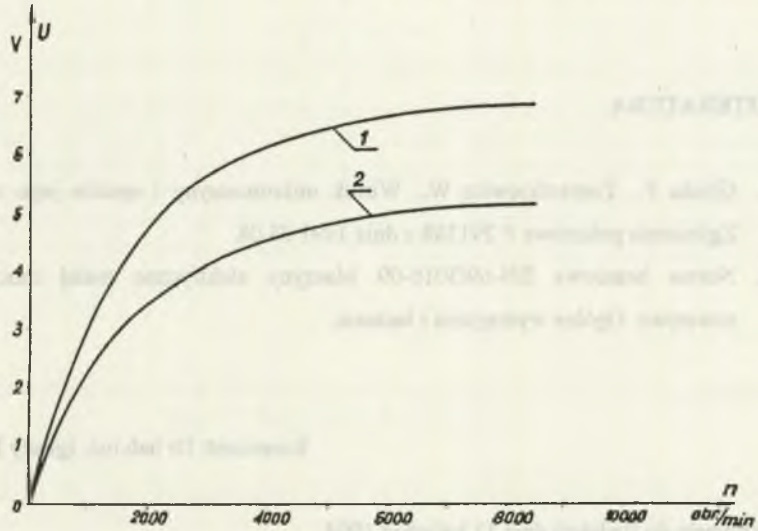
Rys.4. Wpływ anizotropii magnesu ferroplastycznego na charakterystykę U=f(n) przy R_{ab}=12 Ω. Wirnik z magnesem PT 200 anizotropowym (1) i izotropowym (2). Pomiary wykonano na prądnicy firmy UNION

Fig.4. The influence of ferroplastic magnet anizotropy on voltage-speed characteristics U=f(n) with load resistance R_{ob}=12 Ω. The rotor was fitted with PT 200 permanent magnet of (1) anizotropic (2) isotropic type respectively. The tests were run with UNION generator

Na rys.4 zilustrowano wpływ anizotropii magnesu ferroplastycznego na charakterystykę elektromechaniczną U = f(n) prądnicy rowerowej. Przy prędkości obrotowej 5000 obr/min i rezystancji obciążenia 12 Ω przy magnesie anizotropowym uzyskauje się 6 V, a przy magnesie izotropowym 4,4 V. Anizotropia magnesu podwyższa napięcie prądnicy rowerowej o 36% oraz moc wyjściową prądnicy o 85%.

Na rysunku 5 przedstawiono wpływ rodzaju puszki wirnika (rys. 2b) na charakterystykę elektromechaniczną U=f(n) przy R_{ob}=12 Ω. Pomiary przeprowadzono na wirniku z magnesem ferroplastycznym anizotropowym z puszką stalową (1) i puszką aluminiową (2) i tekstalitową (23). Jak widać, na przebieg charakterystyki wpływają właściwości ferromagnetyczne puszki. Puszka ferromagnetyczna zmniejsza reluktancję obwodu

magnetycznego, co powiększa wartość strumienia wzbudzenia, a tym samym i napięcia prądnicy. Na przykład przy prędkości obrotowej 5000 obr/min przy puszce ferromagnetycznej uzyskuje się 5,7 V, a przy puszce niemagnetycznej 4,2 V. Puszka ferromagnetyczna podwyższa napięcie o 35,7%, a moc prądnicy o 84 %.



Rys.5. Wpływ rodzaju puszki wirnika (rys.2b) na charakterystykę U=f(n) przy R_{ob}=12Ω
1 - puszka stalowa, 2 - puszka niemagnetyczna
Fig.5. The influence of the type of rotor box on voltage - speed characteristics U=f(n) with load resistance R_{ob}= 12Ω, 1 - steel box, 2 - non-magnetic box

3. PODSUMOWANIE

Z danych zestawionych w tabeli 1 widać, że parametry magnesów ferroplastycznych anizotropowych leżą pośrodku parametrów magnesów ferrytowych spiekanych izotropowych i anizotropowych. Magnes ferroplastyczny ma znacznie mniejszą tolerancję rozrzutu wymiarów niż magnes spiekany, dlatego też obwody magnetyczne maszyn elektrycznych wzbudzane tymi magnesami można wykonywać z mniejszą szczeliną. W ten sposób punkt pracy

magnesu trwałego podnosi się w kierunku B_r i indukcję w szczelinie przy tym magnesie można uzyska równą, a czasem większą niż przy magnesie spiekanym anizotropowym.

Przedstawiony przykład prądnicy rowerowej w sposób dostateczny ilustruje zalety konstrukcyjne i technologiczne, które się uzyskuje przy magnesach ferroplastycznych. Parametry elektromechaniczne maszyny, co jest rzeczą oczywistą, są lepsze niż przy magnesach ferrytorowych izotropowych spiekanych.

LITERATURA

1. Glinka T., Tomaszkiewicz W.: Wirnik mikromaszyny i sposób jego wytwarzania. Zgłoszenie patentowe P 291388 z dnia 1991.08.08
2. Norma branżowa BN-69/3016-09 Maszyny elektryczne małej mocy. Prądnice rowerowe. Ogólne wymagania i badania.

Recenzent: Dr hab.inż. Ignacy Dudzikowski

Wpłynęło do Redakcji dnia 11 kwietnia 1994

Abstract

Electrical machines such as d.c. motors, stepping motors, synchronous generators with claw poles, synchronous motors and electronic commutator motors may be excited by means of permanent ferroplastic magnets. The application of ferroplastic magnets in micromachine design simplifies production engineering and improves the ratings. This improvement results from the anizotropic properties of ferroplastic magnet. The advantages in both the ratings and production engineering arising from the use of ferroplastic magnets have been shown by the example of bicycle dynamo (fig.1). The cross-section of the bicycle dynamo rotor with sintered magnet and ferroplastic magnet has been shown in fig.2. The mass of the rotor with ferroplastic magnet is approximately, 56 per cent of the mass of the rotor with sintered

magnet. The torque-speed characteristics of bicycle dynamo for rotors with sintered and ferroplastic magnets respectively have been shown in fig.3. Fig.4 presents the influence of ferroplastic magnet anizotropy on voltage-speed characteristics of bicycle dynamo, while fig.5 shows the influence of the type of rotor box on the output ratings of bicycle dynamo.