



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIIS PATENTOWY

Nr 46360

H02 k 19/24

Kl. 21 d², 1
Kl. internat. H 02 k 19

Instytut Elektrotechniki *)

Warszawa, Polska

Prądnica synchroniczna reluktancyjna wielofazowa

Patent dodatkowy do patentu nr 46359

Patent trwa od dnia 16 kwietnia 1962 r.

W patencie głównym opisano jednofazową synchroniczną prądnicę reluktancyjną o odwracanym kierunku strumienia magnetycznego ze specjalnym kształtem zębów o poskoku zezwojów uzwojeń wzbudzenia i twornika $y = 2$. Znane są sposoby wykonywania również wielofazowych prądnic tego typu.

Istnieją dwa sposoby wykonywania wielofazowych synchronicznych prądnic reluktancyjnych o poskoku zezwojów uzwojeń wzbudzenia i twornika $y = 2$.

Przy pierwszym z tych sposobów stojan prądnicy pozostaje taki sam jak w prądnicach jednofazowej. Zostaje jedynie zmieniona liczba zębów wirnika.

Najmniejsza możliwa liczba zębów prądnicy

trójfazowej opisywanego typu, czyli jak będzie dalej nazywane — podstawowa liczba zębów wynosi $Z_1 = 12$, czyli 3 grupy po 4 zęby. Podstawowa liczba zębów prądnicy jednofazowej tego typu wynosi 4. Przy większych liczbach zębów prądnicy wielofazowej powinny one być podzielone przez podstawową liczbę zębów, w przypadku prądnicy trójfazowej — przez 12.

W prądnicach reluktancyjnych jeden ząb i jeden złobek (t.j. jedna podziałka zębowa τ_{z2}) wirnika odpowiadają jednej parze biegunów, czyli 360° elektrycznym. W prądnicach jednofazowej liczba zębów wirnika Z_2 równa jest połowie liczby zębów stojana Z_1 , czyli $Z_2 = \frac{Z_1}{2}$.

Podziałka zębowa wirnika τ_{z2} jednofazowej prądnicy reluktancyjnej jest równa dwóm podziałkom zębowym stojana, czyli $\tau_{z2} = 2\tau_{z1}$. W prąd-

*) Właściciel patentu oświadczył, że twórcą wynalazku jest mgr inż. Aleksander Straszewski.

nicy jednofazowej ze stojanem o 12 zębach i wirnikiem o 6 zębach liczba par biegunów p równa jest więc sześciu, zatem $p = Z_2 = 6$.

W prądniccy reluktancyjnej jednemu stopni przestrzennemu obwodu stojana odpowiada p stopni elektrycznych, inaczej mówiąc z_2 stopni elektrycznych.

Aby otrzymać prądnicę trójfazową z synchronicznej prądniccy reluktancyjnej o odwracającym kierunku strumienia magnetycznego i o poskoiku zezwojów uzwojeń wzbudzenia i twornika $y=2$ ze stojanem o 12 zębach, trzeba uzyskać przesunięcie siły elektromotorycznej w trzech sąsiednich zezwojach względnie grupach zezwojów o 120° elektrycznych. Przesunięcie takie można uzyskać wówczas, gdy wirnik tej prądniccy będzie miał 5 lub 7 zębów zamiast 6 zębów w prądniccy jednofazowej. Podziałka zębowa wir-

nika τ_{z_2} przy 5 zębach będzie równa $\frac{12}{5}$

podziałek zębowych stojana τ_{z_1} , czyli $\tau_{z_2} = \frac{12}{5}$

τ_{z_1} . Przy 7 zębach będzie odpowiednio $\tau_{z_2} = \frac{12}{7} = \tau_{z_1}$.

W prądniccy o 12 zębach w stojanie i 5 zębach w wirniku (fig. 1) maksimum strumienia magnetycznego w zębie stojana z_{11} , który jest objęty zezwojem $CT1$ występuje wcześniej niż w zębie z_{13} , objętym zezwojem $CT2$. Opóźnienie występowania tego maksimum w zębie z_{13} w stosunku do zęba z_{11} można określić w następujący sposób.

Miedzy osiami zębów z_{11} i z_{13} zawarte są dwie podziałki zębowe stojana, czyli $2\tau_{z_1}$, natomiast między zębami wirnika z_{21} i z_{22} zawarta jest jedna podziałka zębowa τ_{z_2} , większa od sumy dwóch podziałek zębowych stojana $2\tau_{z_1}$. Przesunięcie m między osiami zębów z_{13} i z_{22} przy pokrywaniu się osi zębów z_{11} i z_{21} wyrażone ułamkiem obwodu πD wyniesie w prądniccy o 5 zębach u wirnika

$$m \pi D = \frac{1\tau_{z_2}}{5\tau_{z_2}} \pi D = \frac{2\tau_{z_1}}{12\tau_{z_1}} \pi D = \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{6} \right) \pi D = \frac{1}{30} \pi D$$

czyli $m = \frac{1}{30}$ obwodu, co odpowiada kątowi

$$\text{przestrzennemu } \alpha_p = \frac{360}{30} = 12^\circ. \text{ Ponieważ kąt}$$

elektryczny prądniccy wynosi Z_2 stopni elektrycz-

nych, to przesunięcie fazowe między siłami elektromotorycznymi cewek $CT1$ i $CT2$ wyniesie dla danej prądniccy z liczbą zębów wirnika $Z_2 = 5$ w stopniach elektrycznych

$$\alpha_{e1} = \alpha_p \cdot Z_2 = 12 \cdot 5 = 60^\circ \text{ el.}$$

Analogiczne przesunięcie fazowe otrzymuje się gdy zamiast wirnika o 5 zębach zastosuje się

wirnik o 7 zębach. Wówczas $m = \frac{2}{12} - \frac{1}{7} = \frac{1}{42}$,

a kąt przestrzenny $\alpha_p = \frac{360}{42}$. Kąt elektryczny

zaś jest równy

$$\alpha_{e1} = \alpha_p \cdot Z_2 = \frac{360}{42} \cdot 7 = 60^\circ$$

Prądnicce trójfazowe o 5 i 7 zębach wirnika będą różnić się między sobą częstotliwością w takim samym stosunku jak ich liczby biegunów, t.zn.

$$\frac{f_5}{f_7} = \frac{p_5}{p_7} = \frac{Z_{25}}{Z_{27}} = \frac{5}{7}$$

We wzorze tym indeksy 5 i 7 oznaczają odpowiednio liczby zębów wirnika prądniccy.

Na fig. 2a przedstawiony jest w stanie rozwiniełym układ zębów stojana i wirnika prądniccy o 12 zębach w stojanie i 5 zębach w wirniku. Na fig. 2b jest podany układ połączeń zezwojów dwuwarstwowego uzwojenia wzbudzenia prądniccy, a na fig. 2c — sposób połączenia zezwojów dwuwarstwowego uzwojenia twornika w układ trójfazowy.

Sześć zezwojów dwuwarstwowego uzwojenia $CT1$ do $CT6$ twornika, których siły elektromotoryczne są przesunięte w każdych dwóch sąsiednich cewkach względem siebie o 60° elektrycznych, tworząc naturalny układ sześciofazowy. Gwiazda wektorów napięć tego sześciofazowego układu przedstawiona jest na fig. 3a. Przez odwrócenie wektorów napięć w trzech zezwojach uzwojenia twornika $CT2$, $CT4$ i $CT6$ i połączenie po 2 zezwoje o jednakowym kierunku wektora sem w szereg (lub równolegle) uzyskuje się układ trójfazowy, gwiazda wektorów napięć którego przedstawiona jest na fig. 3b. Przy jednowarstwowym uzwojeniu twornika, składającym się w danej prądniccy o 12 zębach w stojanie z 3 zezwojów, uzyskuje się od razu przesunięcie wektorów sił elektromotorycznych o 120° , a więc od razu układ trójfazowy.

Drugi sposób wykonywania reluktancyjnych prądnic wielofazowych opisywanego typu polega na zmniejszaniu lub powiększaniu podziałki zę-

bowej stojana w stosunku do podziałki zębowej wirnika przy pozostawieniu takiej samej liczby zębów wirnika jak w prądnicy jednofazowej, czyli parzystej liczby zębów wirnika. Chcąc uzyskać takie same przesunięcie fazowe wektorów sem — nych zezwojów jak w prądnicy wielofazowej o nieparzystej liczbie zębów wirnika, należy zachować taki sam stosunek podziałek zębowych wirnika i stojana. Dla prądnicy trójfazowej o 12 zębach w stojanie i 5 lub 7 zębach

$$\text{w wirniku powinno więc być } \tau_{z_2} = \frac{12}{5} \tau_{z_1}$$

$$\text{względnie } \tau_{z_2} = \frac{12}{7} \tau_{z_1}$$

Na fig. 4 przedstawiona jest w rozwinieciu prądnica trójfazowa (względnie sześciofazowa) o 12 zębach stojana i 6 zębach wirnika. Podziałka zębowa wirnika jest

$$\text{równa } \tau_{z_2} = \frac{5}{12} \tau_{z_1}. \text{ Ponieważ jednej podziałce}$$

$$\text{zębowej stojana } \tau_{z_1} \text{ odpowiada } \frac{5}{12} \text{ podziałki zę-}$$

bowej wirnika τ_{z_2} , to 12 podziałkom zębowym stojana będzie odpowiadać 5 podziałek zębowych wirnika. Na wirniku mieści się 6 podziałek zębowych wirnika. Wynika stąd, że na obwodzie stojana pozostanie niewykorzystane miejsce, odpowiadające jednej podziałce zębowej wirnika, czyli 1/6 obwodu.

Podobnie w prądnicy o 8 zębach w wirniku i 12 zębach w stojanie przy stosunku podziałek

$$\text{zębowych } \tau_{z_2} = \frac{12}{7} \tau_{z_1} \text{ pozostanie nie wyko-}$$

$$\text{rzystana } \frac{1}{8} \text{ obwodu stojana.}$$

Liczba faz jaką można uzyskać w prądnicach reluktancyjnych opisywanego typu w obu wykonaniach jest w zasadzie nieograniczona, lecz związana z określonymi układami liczb zębów. Można np. otrzymywać z łatwością liczby faz stanowiące krotność 3, a więc 6, 9, 12, 18, 24 fazy itd.

Na przykład prądnicę 12-fazową (przy pełnym wykorzystaniu obwodu stojana i nieparzystej liczbie zębów wirnika) uzyskuje się przy 24 zębach stojana i 11 względnie 13 zębach wirnika ($\alpha_{e1} = 30^\circ$) oraz dwuwarstwowym uzwojeniu twornika. Drogą zastosowania w tej prądnicy uzwojenia jednowarstwowego i odpowiedniego

połączenia zezwojów uzwojenia twornika można uzyskać przy tej samej liczbie zębów stojana i wirnika prądnicę sześć- lub trójfazową.

Prądnice wielofazowe mogą być również tworzone z prądnic, liczba zębów stojana i wirnika których stanowi wielokrotność podstawowej liczby zębów. Stosunek podziałek zębowych stojana i wirnika powinien pozostać niezmienny, jedynie liczba zębów stojana i wirnika oraz liczba zezwojów uzwojeń równocześnie powinna być zwielokrotniona, a więc podwojona, potrojona itd. W ten sposób powstaje kilka jak gdyby oddzielnych prądnic, których odpowiednie zezwoje powinny być połączone równolegle lub w szereg. Przy zwiększaniu w taki sposób liczby zębów zostaje zwiększona w tym samym stosunku częstotliwość prądnicy zakładając, że prędkość obrotowa prądnicy jest niezmienna. Na przykład przy podwojeniu liczby zębów stojana i wirnika prądnicy według fig. 1 uzyskuje się prądnicę trójfazową (lub sześciofazową) o 24 zębach stojana i 10 zębach wirnika oraz 12 zezwojach uzwojenia twornika (przy uzwojeniu dwustronnym). Częstotliwość tej prądnicy jest dwukrotnie wyższa od częstotliwości prądnicy o 12 zębach stojana i 5 zębach wirnika.

Opisane wielofazowe synchroniczne prądnice reluktancyjne były dotąd konstruowane w taki sposób, że zęby wirnika były szersze od szczytów żłobkowych stojana. Powstawał w nich więc, podobnie jak i w konstruowanych przed tym prądnicach jednofazowych, opisanych w patencie głównym, duży pasożytniczy strumień rozproszenia, który uniemożliwiał pełne wykorzystanie stali czynnej prądnicy.

Przedmiotem wynalazku jest prądnica wielofazowa pozbawiona wymienionych wad. W prądnicy takiej, podobnie jak i w prądnicy jednofazowej według patentu głównego, szerokość zęba wirnika powinna być mniejsza od szerokości szczytów żłobkowej stojana, niezależnie od tego, czy szerokość zęba wirnika jest równa szerokości zęba stojana czy też większa lub mniejsza od niej. Dotyczy to każdej wielofazowej prądnicy reluktancyjnej o odwracającym strumieniu magnetycznym, niezależnie od tego czy liczba zębów jej wirnika jest nieparzysta, jak np. prądnica według fig. 1 czy też parzysta, jak np. prądnica według fig. 4.

Dalsza część wynalazku dotyczy wielofazowej prądnicy reluktancyjnej o odwracającym kierunku strumienia magnetycznego z parzystą liczbą zębów w wirniku i nie wykorzystaną częścią obwodu stojan.

Wolna część obwodu stojana prądnicy wielofazowej z parzystą liczbą zębów wirnika, np. według fig. 4 może być wykorzystana do umieszczenia w niej dodatkowych zębów i uzwojenia. Na przestrzeni nie wykorzystanej przez zęby 2 stojana 1 jest umieszczony jeden ząb dzielony 2a z dwoma pojedynczymi zębami 2b. Dokoła tego dzielonego zęba w żłobkach umieszczony jest zewzój 5a. W trzasku dzielonego zęba 2a pulsuje podczas wirowania wirnika 6 pod wpływem przechodzenia pod zębami 2b kolejno zębów wirnika 7 i jego żłobków strumień magnetyczny, a w zewzwoju 5a powstaje zmienna siła elektromotoryczna.

Moc otrzymana z zewzwoju 5a zostaje wykorzystana dla wzbudzenia prądnicy. Do tego celu zewzój 5a zostaje połączony z prostownikiem *Pr* poprzez wyłącznik *W* i opornik regulacyjny *R*, z którego zacisków wyjściowych prądu stałego jest zasilane uzwojenie wzbudzenia U_w prądnicy (fig. 5). Dotyczy to prądnicy takiej wielkości, w których moc wzbudzenia jest współmierna z mocą dostarczoną przez zewzój 5a. W ten sposób powstanie samowzbudna prądnica trójfazowa z własnym źródłem wzbudzenia.

Jeżeli przestrzeń wolna w prądnicy według fig. 4 jest za mała aby umieścić w niej jeden ząb dzielony, wówczas można na niej umieścić jeden ząb niedzielony, w którym również będą powstawać pulsacje i na którym będzie umieszczony również jeden zewzój uzwojenia, wykorzystany podobnie jak na fig. 5 do wzbudzenia prądnicy.

Zamiast jednego zewzwoju 5a można zastosować kilka zewzwojów, przeznaczonych np. do celów sterowania.

Krzywe napięcia opisywanych wielofazowych synchronicznych prądnic reluktancyjnych o zębach stojana i wirnika nie mających skosu wykazują obecność harmonicznych, których liczba porządkowa równa jest liczbie zębów wirnika. Dotyczy to prądnicy o podstawowej liczbie zębów stojana. Harmoniczne prądnic o zwielokrotnionej liczbie zębów stojana i wirnika mają takie same harmoniczne jak ich prądnice podstawowe. Tak np. krzywa napięcia prądnicy trójfazowej o 12 zębach w stojanie i 4 zębach w wirniku wykazuje zawartość 7 harmonicznej. Tę samą harmoniczną będzie wykazywała prądnica

trójfazowa o 24 zębach w stojanie i 14 zębów w wirniku lub prądnica o 36 zębach w stojanie i 21 zębów w wirniku.

Obecność harmonicznych uwarunkowana jest pulsacją stałego strumienia wzbudzenia. Pulsację tę można usunąć stosując skos zębów w stojanie lub w wirniku. Praktycznie stosuje się skos zębów w wirniku przy prostych zębach w stojanie. Wielkość skosu dla prądnic wielofazowych powinna być równa ułamkowi podziałki zębowej wirnika i zawierać się w przedziale $0,1 - 0,3\tau_z$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Prądnica synchroniczna reluktancyjna według patentu nr 46359 wielofazowa o nieparzystej liczbie zębów wirnika i liczbie zębów stojana podzielnej przez 4, zajmujących cały obwód stojana lub o parzystej liczbie zębów wirnika i liczbie zębów stojana również podzielnej przez 4, nie zajmujących pełnego obwodu stojana, znamienna tym, że celem usunięcia harmonicznych krzywej napięcia posiada skos zębów wirnika względem zębów stojana, zawarty w granicach 0,1 do 0,3 podziałki zębowej wirnika.
2. Prądnica według zastrz. 1, o parzystej liczbie zębów wirnika z zębami w stojanie nie zajmującymi pełnego obwodu stojana, znamienna tym, że na pozostałej wolnej części obwodu stojana jest umieszczony jeden lub kilka rozszczepionych lub pojedynczych nierozszczepionych zębów (2a), dookoła których jest umieszczone dodatkowe uzwojenie twornika, składające się z jednego lub z kilku zewzwojów (5a), (fig. 4).
3. Prądnica według zastrz. 1 i 2, znamienna tym, że jej dodatkowe uzwojenie twornika składające się z jednego lub kilku zewzwojów (5a) zasilane poprzez wyłącznik (*W*) i opornik regulacyjny (*R*) prostownik (*Pr*), a uzwojenie wzbudzenia prądnicy (U_w), składające się z zewzwojów (4), zasilane jest z zacisków prądu stałego prostownika (*Pr*), do którego jest przyłączone (fig. 5).

Instytut Elektrotechniki

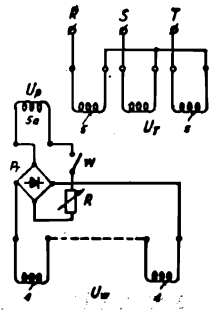
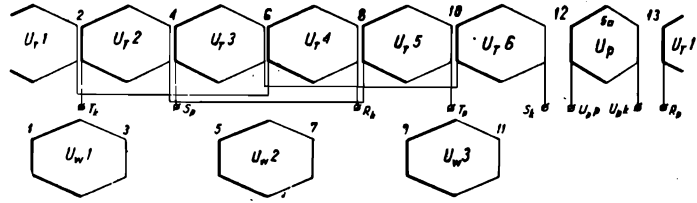
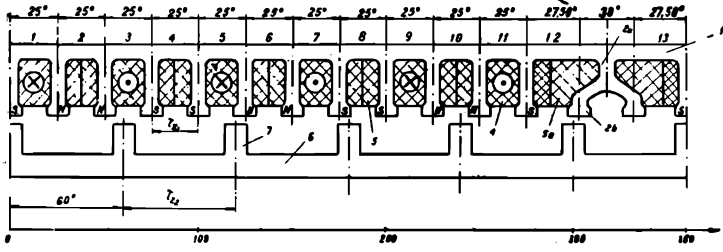
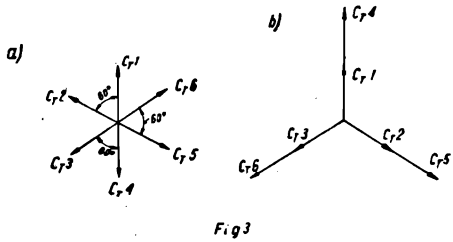
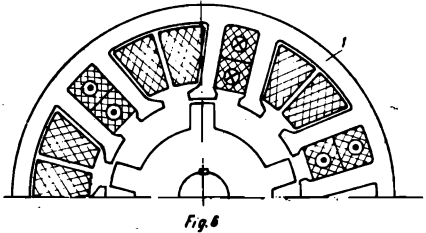
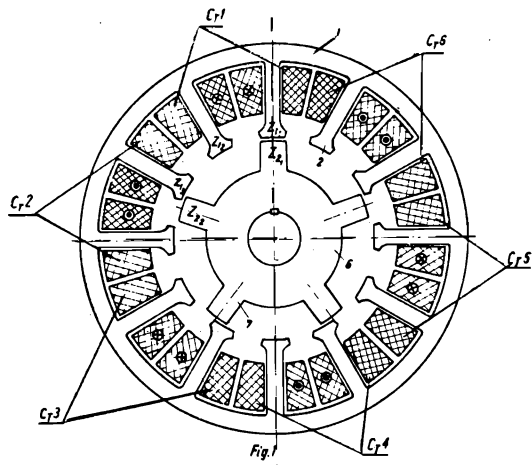


Fig. 4

Fig. 8

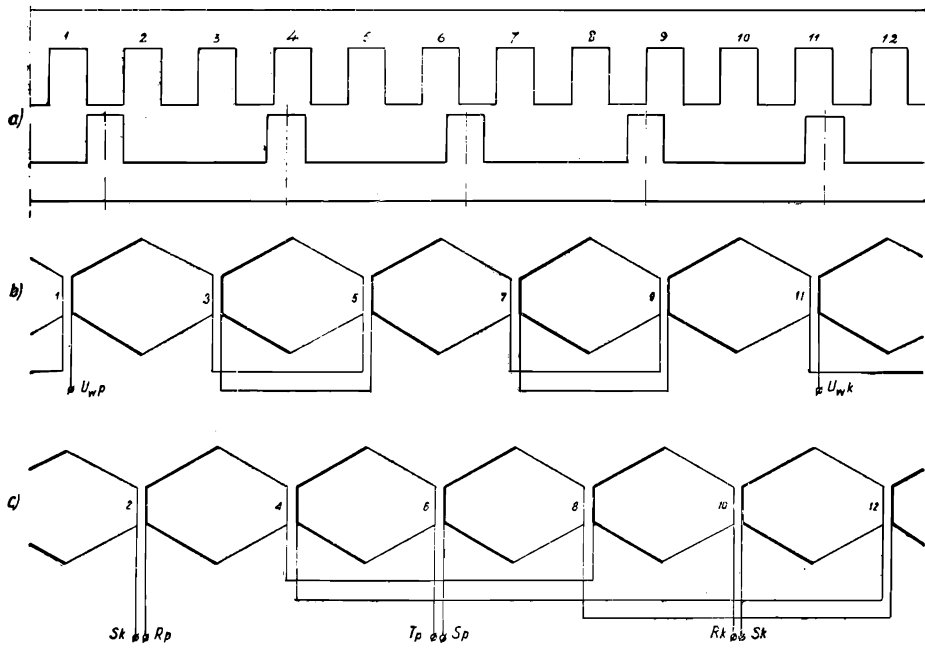


Fig. 2