

(19)



REPUBLIKA SLOVENIJA
Urad RS za intelektualno lastnino

(10) **SI 21830 A**

(12)

PATENT

(21) Številka prijave: **200400151**

(51) MPK: **H02K 1/14**, H02K 16/00,
H02K 21/12, H02K 26/00

(22) Datum prijave: **25.05.2004**

(45) Datum objave: **31.12.2005**

(72) Izumitelj: **Petek Marko, 2229 Malečnik, SI**

(73) Imetniki: **Petek Marko, Metava 53, 2229 Malečnik, SI ;**
Petek Alenka, Metava 53, 2229 Malečnik, SI ;
Petek Maja Marija, Plečnikova 9, 2000 Maribor, SI ;
Meier Mojca, Prešernova 12, 2000 Maribor, SI

(54) **SINHRONSKI ELEKTROMEHANSKI PRETVORNIK**

(57) Sinhronski elektromehanski pretvornik rešuje problem sinhronskega motorja oziroma generatorja za velike navore, z zelo majhnim zastojnim navorom, velikim izkoristkom mase trajnih magnetov in veliko sposobnostjo odvajanja toplote. Pretvornik vsebuje rotor s sodim številom približno enakomerno razporejenih izmenično orientiranih magnetnih polov, prednostno trajnih magnetov, in vsaj en stator, kateri vsebuje enako število enako razporejenih polov vsake od vsaj dveh električnih faz, ki so razporejeni v strnjene skupine, na mejah med katerimi prihaja do

uskladitve električne faze statorja z magnetno fazo rotorja. Navitja polov posamezne skupine statorskih polov pripadajo isti električni fazi, pri čemer so navitja sosednjih polov znotraj skupine navita v nasprotnih smereh. Število polov rotorja je vsaj za dva različno od skupnega števila polov vseh električnih faz. Poli statorja so lahko enakomerno ali neenakomerno razporejeni. Poli rotorja so lahko orientirani v radialni smeri proti osi ali vzporedno z osjo vrtenja, možna pa je tudi linearna izvedba pretvornika.

SI 21830 A

Petek Marko,
Metava 53,
2229 Malečnik

SINHRONSKI ELEKTROMEHAŃSKI PRETVORNIK

Predmet izuma je konstrukcija sinhronskega elektromehanskega pretvornika.

Izum sodi po mednarodni klasifikaciji v H02K1/14, H02K 16/04, H02K 21/12 in H02K 26.

Tehnični problem, ki ga rešuje izum, je konstrukcija sinhronskega elektromehanskega pretvornika, ki omogoča doseganje velikega razmerja med navorom na rotor in maso trajnih magnetov, zelo majhen zastojni navor ter veliko toplotno prehodnost med statorskimi navitji in ohišjem. Hkrati omogoča sestavljanje statorjev iz posameznih statorskih polov.

Znanih rešitev problema je veliko. Največja razmerja med navorom in maso magnetov je mogoče doseči pri konstrukcijah, pri katerih poli statorja vsebujejo magnetno permeabilna jedra. Te konstrukcije dosegajo bistveno večja razmerja od konstrukcij s poli brez permeabilnih jeder, pri katerih pa ni težav z zastojnim navorom. Zato se večina znanih rešitev ukvarja s tem, kako zmanjšati zastojni navor pri konstrukciji, ki vsebuje magnetno permeabilna jedra polov statorja. Večina jih temelji na razliki v številu polov rotorja in polov statorja.

Po patentu JP 10234144 je problem rešen s trifazno konstrukcijo, pri kateri ima rotor deset izmenično namagnetnih polov, stator pa je sestavljen iz treh skupin s po tremi aktivnimi poli posamezne faze in dvema manjšima slepima poloma brez navitja na obeh robovih skupin. Slabost te rešitve je v tem, da se pri večjih navorih pojavi velika utripna sila na rotor.

Po patentu JP 2003088011 je problem rešen s trifazno konstrukcijo, ki jo sestavlja stator s celim večkratnikom dvanajstih neenakomerno razporejenih polov, ki so razdeljeni v šest skupin po dveh nasprotno navitih polov iste faze, in rotor z istim večkratnikom štirinajstih izmenično namagnetnih polov. Na obodu magnetne reže sosednji poli statorja prehajajo eden v drugega, kar še dodatno zmanjša zastojni navor, vendar na račun zmanjšanja navora zaradi delnega zaključevanja magnetnega pretoka preko povezave med sosednjimi poli. Nerodno je tudi to, da se pri statorjih z več kot dvanajstimi poli izmenjujejo le skupine po dveh polov iste faze, saj je potrebno za vsako skupino žrtvovati eno tretjino pola rotorja.

Po patentih US 2002047432, US 2002074887 in podobnih, se ob različnem številu rotorskih in statorskih polov zmanjšanje zastojnega navora doseže še z neenakomerno razporeditvijo rotorskih polov, pri enakomerni razporeditvi statorskih.

Po patentu EP 0543625 imajo jedra statorskih polov v razširjenem delu v bližini magnetne reže proti rotorju praznine. S tem se zmanjša zastojni navor, hkrati pa se zmanjšajo tudi vrtilni tokovi v razširjenem delu polovnega jedra.

Po patentu JP 11018326 in podobnih se zmanjšanje zastojnega navora doseže z vdolbino na čelnem delu polovnega jedra, ki prehaja v magnetno režo proti rotorju. Posledica tega je tudi rahlo zmanjšanje magnetnega pretoka med rotorjem in statorskimi poli pri enaki minimalni širini magnetne reže, kar zmanjša navor pri istem toku skozi statorska navitja.

Podobne rešitve so tudi po patentu US 5523637 in podobnih, kjer imajo jedra statorskih polov na čelu razporejenih več vdolbin. Število, velikost in razporeditev vdolbin je odvisna od geometrije jeder in od velikosti reže med sosednjimi poli statorja. S tem se doseže zmanjšanje zastojnega navora, hkrati pa se zmanjša tudi dosegljiv navor pri enaki širini magnetne reže med rotorjem in statorskimi poli.

Po patentu JP 2003070189 je problem zmanjšanja zastojnega navora rešen tako, da se jedra sosednjih statorskih polov medsebojno prekrivajo. Zaradi tega se poveča magnetni pretok med sosednjimi statorskimi poli, kar ima za posledico zmanjšanje dosegljivega navora.

Po patentu JP 2003259573 je problem sklenitve magnetnega pretoka med sosednjimi poli, ki zmanjšuje dosegljiv navor, rešen s pomočjo oblike razširitve polovnega jedra. To je oblikovano tako, da se v smeri sosednjih polov zoži, kar ima za posledico zmanjšanje magnetnega pretoka med sosednjimi poli. Zaradi tega se nekoliko poveča dosegljiv navor pri enaki masi magnetov. Vendar se zaradi takšne oblike jedra poveča zastojni navor.

Po patentu JP 2003153514 je problem rešen s pomočjo vejastih polovnih jeder in navitij, ki si medsebojno delijo posamezne veje sosednjih jeder. Glavna slabost rešitve je dokaj zapletena izdelava navitij. Neugodno je tudi, da vejasta struktura polovnih jeder zmanjša toplotno prehodnost med navitji in ohišjem.

Po patentu US 5751089 je problem rešen z dvofazno konstrukcijo z dvema statorjema in rotorjem, z izmenično namagnetenimi poli. Stator in rotor vsebujeta enako število enakomerno razporejenih polov, pri čemer sta statorja zamaknjena eden glede na drugega za polovico pola. Na prvem je navito navitje prve faze, na drugem pa druge faze. Obe navitji sta naviti tako, da so smeri navijanja sosednjih polov obrnjene. Zaradi dveh statorjev omogoča konstrukcija veliko toplotno prehodnost med navitji in ohišjem. Slabost rešitve je dokaj velik zastojni navor, ki ga je mogoče nekoliko zmanjšati z obliko polovnih jeder.

V istem patentu je opisana tudi rešitev s poljubnim sodim številom faz, kjer si po obodu obeh statorjev sledijo skupine izmenoma orientiranih polov, ki pripadajo posameznim fazam, pri čemer sta fazi, katerih poli se na statorjih nahajajo nasproti eni drugim, električno zamaknjeni za 90° , ter kotno zamaknjeni za polovico pola. Skupine polov posameznih faz so razporejene tako, da je faza statorskih polov usklajena s fazo rotorskih polov. Pri večjem številu faz omogoča takšna konstrukcija zmanjšanje zastojnega navora zaradi več hkratnih različnih leg polov statorja glede na pole rotorja. Vendar je takšna rešitev nepraktična, saj uporaba štiri in večfaznih krmilnikov ni razširjena.

Znane rešitve s prepletenimi navitji posameznih faz imajo zaradi načina navijanja daljša navitja v primerjavi z neprepletenimi navitji, kar ima za posledico večje uporovne izgube in povečanje mase pri enakih ali podobnih ostalih lastnostih.

Po izumu je problem rešen s konstrukcijo, ki vsebuje rotor s sodim številom približno enakomerno razporejenih izmenično orientiranih magnetnih polov, prednostno trajnih magnetov, in vsaj en stator, kateri vsebuje enako število enako razporejenih polov vsake od vsaj dveh električnih faz, ki so razporejeni v strnjene skupine, na mejah med katerimi prihaja do uskladitve električne faze statorja z magnetno fazo rotorja. Navitja polov posamezne skupine statorskih polov pripadajo isti električni fazi, pri čemer so navitja sosednjih polov znotraj skupine navita v nasprotnih smereh. Konstrukcija bo podrobneje opisana s pomočjo primerov in slik, ki prikazujejo

- sl. 1 trifazni primer s statorjem, ki ima 24 polov, in notranjim rotorjem z 22 magneti
- sl. 2 različno oblikovana jedra polov statorja, ki ima več polov kot rotor
- sl. 3 trifazni primer s statorjem, ki ima 24, polov in zunanjim rotorjem z 22 magneti
- sl. 4 trifazni primer z dvema statorjema, ki imata po 24 polov, in rotorjem z 22 magneti
- sl. 5 dvofazni primer z dvema statorjema, ki imata po 24 polov, in rotorjem s 26 magneti
- sl. 6 različno oblikovana jedra polov statorja, ki ima manj polov kot rotor
- sl. 7 trifazni primer z dvema statorjema, ki imata po 24 neenakomerno razporejenih polov, in rotorjem s 26 magneti
- sl. 8a enostavni prehod statorja med odseki polov
- sl. 8b prehod statorja med odseki z vmesnim slepim polom
- sl. 8c prehod statorja med odseki z enim asimetričnim robnim polom
- sl. 8d prehod statorja med odseki z obema asimetričnima robnima poloma
- sl. 9a način sestave statorja iz posameznih polov
- sl. 9b sestavni deli posameznega pola in sestavljen pol, z navitjem

Sinhronski elektromehanski pretvornik, v nadaljevanju motor, lahko deluje kot motor ali generator. Motor prednostno uporablja električne večfazne sisteme, pri katerih je fazna razlika med sosednjimi psevdofazami enaka in znaša 180° deljeno s številom faz, med katere sodita tudi trifazni sistem z za 120° zamaknjenimi fazami in dvofazni sistem, z za 90° zamaknjenima fazama. Magnetni krog motorja se sestoji iz rotorja 1 in vsaj enega statorja 2, pri čemer je rotor nameščen tako, da se lahko vrti glede na statorje. Vsak stator je neposredno ali posredno povezan z ohišjem 3, oziroma je njegov sestavni del.

Rotor vsebuje sodo število $M=2m$ približno enakomerno razporejenih izmenično orientiranih magnetnih polov 4, prednostno trajnih magnetov, ki so orientirani približno vzporedno s smerjo pravokotno na ploskev, ki meji na magnetno režo s statorjem. Pri konstrukcijah z enim statorjem vsebuje rotor tudi enega ali več magnetno permeabilnih delov 5, preko katerih se sklone magnetni pretok med posameznimi poli na tisti strani polov, ki ne meji na magnetno režo s statorjem. Pri konstrukcijah z dvema statorjema rotor, z morebitno izjemo polov, prednostno ne vsebuje magnetno permeabilnih in električno prevodnih delov. Pri rotorjih s trajnimi magneti so magneti prednostno pravokotne oblike, lahko pa so tudi v obliki segmentov ali izdelani v enem ali več kosih, ki so večpolno namagneteni.

Vsak stator se sestoji iz polov 6, ki so usmerjeni proti rotorju, in enega ali več magnetno permeabilnih delov 7, preko katerih se sklone magnetni pretok med posameznimi poli na tisti strani, ki ne meji na magnetno režo z rotorjem. Statorske pole od polov rotorja ločuje magnetna reža, ki je ozka v primerjavi z razdaljo med sredinama dveh sosednjih polov rotorja, in je približno enaka pri vseh polih. Posamezen pol statorja vsebuje magnetno permeabilno jedro 8 in navitje 9. Jedra polov se običajno v bližini magnetne reže razširijo vsaj v eni smeri, ki je približno pravokotna na smer magnetnega polja v reži, prednostno v smeri, vzporedni s smerjo gibanja rotorja. S tem se doseže povečanje magnetnega pretoka skozi jedro pola, optimalnejši izkoristek materiala jedra in navitij, hkrati pa se zmanjšata razmagnetilna obremenitev in nihanje polja rotorskih polov. Razširjeno jedro pola se sestoji iz glave 10 in stebila 11, okoli katerega je običajno navito navitje pola. Glave jeder sosednji polov se običajno ne stikajo, prednostno pa so ločene z režo, ki je primerljiva s širino magnetne reže med poli statorja in poli rotorja.

Stator vsebuje enako število enako razporejenih polov vsake posamezne električne faze. Število polov vsake faze N je prednostno sodo število, kar omogoča takšno razporeditev posameznih polov, da je skupna sila na rotor minimalna. Skupno število polov vseh faz je vsaj za dva različno od števila polov rotorja, kar povzroči razhajanje med fazama rotorskih in statorskih polov. Poli statorja so zato razporejeni v strnjene skupine, znotraj katerih je razlika med prirastkom magnetne faze rotorja in električne faze statorja med dvema sosednjima poloma majhna, skupno razhajanje med magnetno in električno fazo na

območju skupine pa je manjše od fazne razlike med dvema električnima psevdofazama. Navitja polov posamezne skupine pripadajo isti psevdofazi, zaradi izmenično orientiranih magnetnih polov rotorja pa so navitja sosednjih polov v skupini navita v nasprotnih smereh. Na mejah med sosednjimi skupinami se električna faza statorskih polov uskladi z magnetno fazo rotorskih polov. Zaradi tega pripadajo navitja polov sosednjih skupin različnim psevdofazam, del fazne razlike pa se lahko uskladi tudi s pomočjo razmika med sosednjimi skupinami.

Število skupin je sodi večkratnik $2r$ števila električnih faz F , kar omogoča takšno razporeditev, da je skupna sila na rotor minimalna. Še posebej ugodno je, kadar je skupno število polov vseh faz deljivo s številom skupin, saj je struktura statorja v takih primerih najbolj simetrična. Prednostno je čim manjše število skupin, kar zagotavlja večjo izkoriščenost rotorskih polov, vendar pa je mogoče z večjim številom skupin zmanjšati oziroma enakomerneje razporediti mehanske obremenitve rotorja in dvigniti frekvenco mehanskih vzburanj rotorja. Skupna fazna razlika med magnetno in električno fazo na območju skupine statorskih polov, ki šteje P polov, je enaka $D=P(M/(FN)-1)*180^\circ$. Pri prehodu na sosednjo skupino statorskih polov se mora zato električna faza spremeniti za $D+P*180^\circ$, k temu pa je potrebno prišteti še morebitno spremembo zaradi razmika do naslednje skupine. Navitja polov sosednje skupine pripadajo psevdofazi, ki najbolj zadosti temu pogoju. Prednostno število polov v posamezni skupini statorja je določeno tako, da je absolutna vrednost skupne fazne razlike med magnetno in električno fazo na območju skupine približno enaka fazni razliki med psevdofazami.

Zaradi majhne povprečne fazne razlike med magnetno fazo rotorskih polov in električno fazo statorskih polov, še posebej pri statorjih z velikim številom polov, je izkoriščenost magnetnih polov rotorja zelo velika. Zaradi tega omogoča konstrukcija doseganje zelo velikih razmerij med navorom in maso trajnih magnetov. Optimalna izkoriščenost magnetnih polov rotorja se običajno doseže, kadar ti zavzemajo od sedemdeset do petinosemdeset odstotkov obsega ploskve rotorja, ki meji na magnetno režo s statorskimi poli, kar je odvisno tudi od oblike glav jeder polov statorja.

Najboljši izkoristek magnetov je mogoče doseči pri konstrukcijah z dvema statorjema, ki stojita nasproti rotorju z obeh strani rotorskih magnetnih polov. Prednostno je, da imata statorja enako število in razporeditev polov. Statorja sta običajno zamaknjena eden nasproti drugemu približno za sodo število rotorskih polov, pri čemer je prednostna vrednost števila enaka najbližjemu sodemu številu kvocienta med številom polov rotorja in dvakratnikom števila skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi $M/(4r)$. V takem primeru so rotorski poli najmanj razmagnetilno obremenjeni, saj se pri vseh rotorskih polih na nasprotnih straneh istega pola nahajata vsaj dva statorska pola, ki pripadata različnima fazama. Hkrati se razmagnetilna obremenitev, ki jo premaguje posamezni pol rotorja, pri vrtenju najmanj spreminja.

Konstrukcija z dvema statorjema omogoča tudi bistveno izboljšanje toplotne prehodnosti med navitji in ohišjem v primerjavi s konstrukcijami podobnih sposobnosti, ki vsebujejo le en stator. To je še posebej pomembno pri zelo obremenjenih motorjih, ki so aktivno hlajeni. Dvig temperature v motorju negativno vpliva na lastnosti motorja, ker vsebujejo rotorji običajno trajne magnetne, ki jim magnetne lastnosti z rastjo temperature slabijo, hkrati pa se poveča tudi upornost navitij statorja ter zaradi tega uporovne izgube.

Ker navitja posameznih faz niso prepletena, je mogoče statorje sestavljati iz elementov, ki vsebujejo enega ali več polov oziroma jeder in navitij polov. Prednost takšnega načina je v tem, da je mogoče navitja statorskih polov naviti, preden se elementi sestavijo. Po namestitvi posameznih elementov statorja se njihova navitja samo še električno spojijo. Še posebej ugodno je to v primeru, ko je stator sestavljen iz posameznih polov, katerih navitja predhodno navijemo na enostavnih strojih za navijanje na vreteno, zaradi česar je mogoče pri tako izdelanih statorjih doseči najvišje polnilne vrednosti za navitja.

Glede na razliko v številu rotorskih in statorskih polov ter razporeditev statorskih polov ima konstrukcija več variant. Po prvi varianti je število polov rotorja enako najbližjemu sodemu številu, ki je manjše ali enako razliki med skupnim številom statorskih polov vseh električnih faz in številom skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi, posameznega statorja ($M=2m$; m =navzdol zaokroženo($FN/2-r$); prednostno $r=1$). Po tej varianti so poli statorja približno enakomerno razporejeni in imajo prednostno jedra

enake oblike. Takšna razporeditev zagotavlja zelo majhen zastojni navor, še posebej pri motorjih s statorji, ki imajo skupine s povprečno šest ali več statorskimi poli, kjer že pri enostavno oblikovanih glavah polovnih jeder ne presega nekaj tisočin maksimalnega navora motorja. Običajno se z večanjem povprečnega števila polov statorske skupine, manjša zastojni navor. Neenakomernost navora pri sinusni obliki toka posameznih električnih faz je zelo majhna in dosega običajno do nekaj odstotkov. Jedra polov statorja, ki pripadajo posamezni statorski skupini, so lahko oblikovana tako, da še dodatno zmanjšajo razliko med magnetno fazo rotorskih polov in električno fazo statorskih polov. To je mogoče doseči tako, da so glave jeder polov, ki so bližje robovom skupine, bolj nesimetrične in zamaknjene za večji kot 12 proti robu skupine glede na steblo jedra. S tem se še poveča izkoristek rotorskih polov, vendar se hkrati lahko poveča tudi zastojni navor.

Po drugi varianti je število polov rotorja enako najbližjemu sodemu številu, ki je večje ali enako vsoti skupnega števila statorskih polov vseh električnih faz in števila skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi, posameznega statorja ($M=2m$; $m=\text{navzgor zaokroženo}(FN/2+r)$; prednostno $r=1$). Po tej varianti so poli statorja približno enakomerno razporejeni in imajo prednostno jedra enake oblike. Velikost in narava zastojnega navora je podobna kot pri prvi varianti, kar velja tudi za neenakomernost navora pri sinusni obliki toka posameznih električnih faz. Jedra polov statorja, ki pripadajo posamezni statorski skupini, so lahko oblikovana tako, da še dodatno zmanjšajo razliko med magnetno fazo rotorskih polov in električno fazo statorskih polov. To je mogoče doseči tako, da so glave jeder polov, ki so bližje robovom skupine, bolj nesimetrične in zamaknjene za večji kot 12 proti sredini skupine glede na steblo jedra. S tem se še poveča izkoristek rotorskih polov, vendar se hkrati lahko poveča tudi zastojni navor.

Po tretji varianti je število polov rotorja in statorja enako kot po drugi varianti. Poli statorja so neenakomerno razporejeni, znotraj posameznih skupin statorskih polov pa so razporejeni tako, da je razmik med njimi odsekoma približno enakem razmiku med poli rotorja. Razmik med sosednjima robnima poloma 14, 15 odsekov je večji kot med poli posameznega odseka. Prehod med sosednjimi odseki je lahko izveden tudi tako, da se med robnima poloma obeh odsekov nahaja slepi pol 16, iz magnetno permeabilnega materiala, ki nima navitja. S tem se poveča področje magnetne reže, kar ima za posledico manjše

nihanje polja magnetnih polov rotorja pri prehodu preko mej odsekov. Isto je mogoče doseči tudi s spremembo oblike glave jedra enega ali obeh robnih polov. V tem primeru je običajno del glave, ki je najbližji polu sosednjega odseka, razpotegnjen v smeri sosednjega odseka. Ker je lahko pri tretji varianti povprečna razlika med magnetno fazo rotorskih polov in električno fazo statorskih polov najmanjša, je možno z njo doseči največje navore, vendar ima med vsemi variantami tudi največji zastojni navor in neenakomernost navora. Z ustrezno razporeditvijo polov statorja in izbiro oblike glav njihovih jeder je mogoče tudi v tej varianti zastojni navor zmanjšati tako, da je primerljiv z zastojskim navorom ostalih variant. Zastojski navor je mogoče zmanjšati tudi z ustrezno lego ali obliko magnetnih polov rotorja, pri konstrukcijah z dvema statorjema pa tudi z ustrezno izbiro kotnega zamika med njima.

Vse variante so lahko izvedene v izvedbah z enim ali dvema statorjema, možno pa je tudi, da vsebuje motor statorja različnih variant. Poli rotorja so lahko orientirani v radialni smeri glede na os vrtenja rotorja (radialna konstrukcija) ali vzporedno z osjo vrtenja rotorja (aksialna konstrukcija). Pri radialni konstrukciji z enim statorjem je mogoča izvedba z zunanjim oziroma notranjim rotorjem. Očitno je, da je mogoča tudi linearna konstrukcija vseh treh variant, z enim ali več statorji.

Pri radialni konstrukciji z enim statorjem se rotor 1 običajno sestoji iz magnetno visoko permeabilnega jarma 5 v obliki obroča in trajnih magnetov 4, ki so pritrjeni po enem od obodov jarma, prednostno z lepljenjem ali s pomočjo mehanskih pritrdilnih elementov. Pri konstrukciji z notranjim rotorjem lahko ima jarem tudi obliko valja. Pri radialni konstrukciji z dvema statorjema pa ima rotor običajno obliko tankega obroča in se prednostno sestoji iz trajnih magnetov, ki so preko stranic, ki ne mejijo na magnetne reže s statorji, medsebojno povezani z elementi 17 iz magnetno nepermeabilnega in električno neprevodnega materiala, prednostno polimerov oziroma keramike. Tak rotor je lahko izdelan tudi tako, da se magneti razporedijo in zalijejo z veznim materialom, pri čemer je običajno, da se hkrati zalijejo tudi elementi za povezavo rotorja z gredjo motorja. V primerih, ko je pri konstrukciji z dvema statorjema pomembna velika togost rotorja, se lahko rotor sestoji iz magnetno permeabilnega jarma v obliki obroča in trajnih magnetov, ki

so pritrjeni po obeh obodih jarma, prednostno tako, da so magneti na notranjem in zunanjem obodu približno poravnani in enako orientirani.

Pri aksialni konstrukciji z enim statorjem se rotor običajno sestoji iz magnetno visoko permeabilnega jarma v obliki diska in trajnih magnetov, ki so ob obodu jarma pritrjeni na eno od njegovih ravnih ploskev, prednostno z lepljenjem oziroma s pomočjo mehanskih pritrdilnih elementov. Pri aksialni konstrukciji z dvema statorjema pa ima rotor običajno obliko tankega diska in se prednostno sestoji iz trajnih magnetov, ki so preko stranic, ki ne mejijo na magnetne reže s statorji, medsebojno povezani z elementi iz magnetno nepermeabilnega in električno neprevodnega materiala, prednostno polimerov oziroma keramike. Tak rotor je lahko izdelan tudi tako, da se magneti razporedijo in zalijejo z veznim materialom, pri čemer je običajno, da se hkrati zalijejo tudi elementi za povezavo rotorja z gredjo motorja. V primerih, ko je pri konstrukciji z dvema statorjema pomembna velika togost rotorja, se lahko ta sestoji iz magnetno permeabilnega jarma v obliki diska in trajnih magnetov, ki so ob obodu pritrjeni po obeh ravnih ploskvah jarma, prednostno tako, da so magneti obeh ploskev približno poravnani in enako orientirani.

Magnetni pretok med sosednjimi poli statorja je običajno sklenjen preko magnetno permeabilnega jarma, ki povezuje jedra sosednjih polov. Stebla jeder polov lahko prehajajo v jarem ali pa so od njega ločena s tankim električno neprevodnim slojem. Magnetno permeabilni deli statorja so običajno izdelani iz magnetno visoko permeabilne pločevine.

Jarem in jedra polov so lahko izdelana v enem kosu, ki je pri radialni konstrukciji običajno sestavljen iz elementov v obliki lamel, pri aksialni pa se običajno izdeluje z izsekavanjem traku, ki se navija okoli trna. V obeh primerih je slabost to, da je pri izdelavi težko doseči visoke polnilne vrednosti za navitja polov.

Eden od načinov izdelave statorja je tudi ta, da se jarem in jedra polov izdelajo ločeno. Jarem se v tem primeru običajno izdelava z navijanjem traku na trn, pri čemer se pri radialni konstrukciji trak navija tako, da vsi navoji nalegajo na obod trna. Jedra polov so običajno izdelana iz lamel enake oblike. Pri sestavljanju statorja se na stebela jeder najprej nasadijo navitja, ki so običajno navita na tuljavniku, nato pa se jedra polov s pomočjo mehanskih

pritrtilnih elementov ali lepila pritrtdijo na jarem tako, da so jedra polov in jarem električno izolirani. Pri takšnem načinu izdelave statorja je mogoče doseči visoke polnilne vrednosti za navitja polov, slabost pa je v tem, da sloj izolacije zmanjša toplotno prevodnost med jedri polov in jarmom, hkrati pa ustvarja tudi dodatno magnetno režo med poli in jarmom. Dodatna slabost je tudi v tem, da je način izdelave neprimeren za izdelavo tankih jarmov, ki se običajno uporabljajo pri motorjih z velikim številom polov.

Prednostno je stator izdelan iz polov, ki imajo jedra 8 oblikovana tako, da vsebujejo del jarma, zaradi česar se magnetni pretok sklence neposredno med jedri sosednjih polov. Jedra so oblikovana tako, da je površina reže 19, skozi katero prehaja polje iz enega pola v drugega, čim večja in so običajno izdelana iz lamel enake oblike. Posamezen pol se sestavi tako, da se na steblo jedra natakmeta dva, prednostno enaka, dela 20, ki sestavljata tuljavnik, na katerega se nato navije navitje pola 9. Stator se običajno sestavi tako, da se poli pritrtdijo na ohišje motorja 3, prednostno z lepljenjem ali s pomočjo mehanskih pritrtilnih elementov. Če je del ohišja, na katerega so pritrjeni poli, električno prevoden, mora biti od polov statorja električno izoliran. Pri polih, ki so nalepljeni na ohišje, služi sloj lepila 18 med jedrom pola in ohišjem ter v reži 19 med sosednjima poloma tudi kot električni izolator. Zaradi enostavne izdelave navitij, dosegajo navitja polov tako izdelanih statorjev visoke polnilne vrednosti. Ker so magnetne upornosti rež med sosednjimi poli običajno vsaj za razred manjše od upornosti magnetne reže med poli statorja in rotorja, ne zmanjšajo znatno magnetnega pretoka skozi statorske pole. Tako izdelani statorji omogočajo dobro odvajanje toplote na ohišje, dodatna prednost pa je še v tem, da omejujejo nastanek mehanskih napetosti v statorju in ohišju, ki nastajajo zaradi različnih temperatur in temperaturnih raztezkov materialov, iz katerih so narejeni posamezni elementi.

Pri radialni konstrukciji z dvema statorjema so stebila jeder polov pri notranjem statorju običajno daljša kot pri zunanem statorju, tako da imajo navitja polov obeh statorjev približno enake električne in magnetne lastnosti.


Marko Petek

PATENTNI ZAHTEVKI

1. Sinhronski elektromehanski pretvornik,

označen s tem,

da vsebuje vsaj en stator in rotor, ki je nameščen tako, da se lahko vrti oziroma premika glede na statorje; da rotor vsebuje sodo število približno enakomerno razporejenih izmenično orientiranih magnetnih polov, ki so orientirani približno vzporedno s smerjo pravokotno na ploskev, ki meji na magnetno režo s statorjem; da se stator sestoji iz proti rotorju usmerjenih polov, ki vsebujejo jedra iz magnetno permeabilnega materiala, in enega ali več magnetno permeabilnih delov, preko katerih se sklone magnetni pretok med posameznimi poli statorja na tisti strani, ki ne meji na magnetno režo z rotorjem; da pole statorja od polov rotorja ločuje magnetna reža, ki je ozka v primerjavi z razdaljo med sredinama dveh sosednjih polov rotorja, in je približno enaka pri vseh polih; da stator vsebuje enako število enakomerno razporejenih polov vsake od vsaj dveh električnih faz, ki so razporejeni v strnjene skupine, na mejah med katerimi prihaja do uskladitve električne faze statorja z magnetno fazo rotorja; da pripadajo navitja polov posamezne skupine statorskih polov isti električni fazi, pri čemer so navitja sosednjih polov znotraj skupine navita v nasprotnih smereh; da je število skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi, sodo število.

2. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 1,

označen s tem,

da se jedra polov statorja v bližini magnetne reže z rotorjem razširijo vsaj v eni smeri, ki je približno pravokotna na smer magnetnega polja v reži, prednostno v smeri, vzporedni s smerjo gibanja rotorja.

3. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 1 ali 2,

označen s tem,

da rotor kot pole vsebuje trajne magnetne; da magneti prednostno zavzemajo od sedemdeset do petinosemdeset odstotkov obsega ploskve rotorja, ki meji na magnetno režo s posameznim statorjem.

4. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 1 ali 2 ali 3,
označen s tem,
da je število polov rotorja enako najbližjemu sodemu številu, ki je manjše ali enako razliki med skupnim številom statorskih polov vseh električnih faz in številom skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi.

5. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 1 ali 2 ali 3,
označen s tem,
da je število polov rotorja enako najbližjemu sodemu številu, ki je večje ali enako vsoti skupnega števila statorskih polov vseh električnih faz in števila skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi.

6. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 4 ali 5,
označen s tem,
da so poli statorja približno enakomerno razporejeni in da so jedra polov statorja enake oblike.

7. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 4 ali 5,
označen s tem,
da so poli statorja približno enakomerno razporejeni in da se oblike jeder polov znotraj posamezne skupine polov spreminjajo tako, da se zmanjša razlika med magnetno fazo rotorskih polov in električno fazo statorskih polov na območju skupine.

8. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 5,
označen s tem,
da so poli statorja neenakomerno razporejeni, pri čemer so znotraj posameznih skupin odsekoma razporejeni v razmiku, ki je približno enak razmiku med sosednjimi poli rotorja.

9. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 8,
označen s tem,
da so jedra polov statorja, ki vsebujejo navitja, enake oblike, med posameznimi odseki polov z navitji pa se nahajajo poli iz magnetno permeabilnega materiala, ki ne vsebujejo navitij.
10. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 8,
označen s tem,
da imajo poli statorja na prehodih med sosednjimi odseki polov jedra oblikovana tako, da se poveča področje magnetne reže z rotorjem.
11. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 4 ali 5 ali 6 ali 7 ali 8 ali 9 ali 10,
označen s tem,
da so poli rotorja orientirani v radialni smeri glede na os vrtenja rotorja.
12. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 4 ali 5 ali 6 ali 7 ali 8 ali 9 ali 10,
označen s tem,
da so poli rotorja orientirani vzporedno z osjo vrtenja rotorja.
13. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 4 ali 5 ali 6 ali 7 ali 8 ali 9 ali 10,
označen s tem,
da ima obliko linearnega motorja.
14. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 11 ali 12 ali 13,
označen s tem,
da vsebuje dva statorja, ki se nahajata na nasprotnih straneh polov rotorja.
15. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 14,
označen s tem,
da sta statorja eden nasproti drugemu zamaknjena približno za sodo število polov rotorja, pri čemer je prednostna vrednost števila enaka najbližjemu sodemu številu

kvocienta med številom polov rotorja in dvakratnikom števila skupin statorskih polov, katerih navitja pripadajo isti električni fazi.

16. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 14 ali 15,

označen s tem,

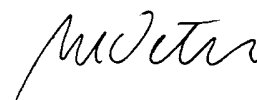
da rotor, z izjemo polov, ne vsebuje magnetno permeabilnih in električno prevodnih delov.

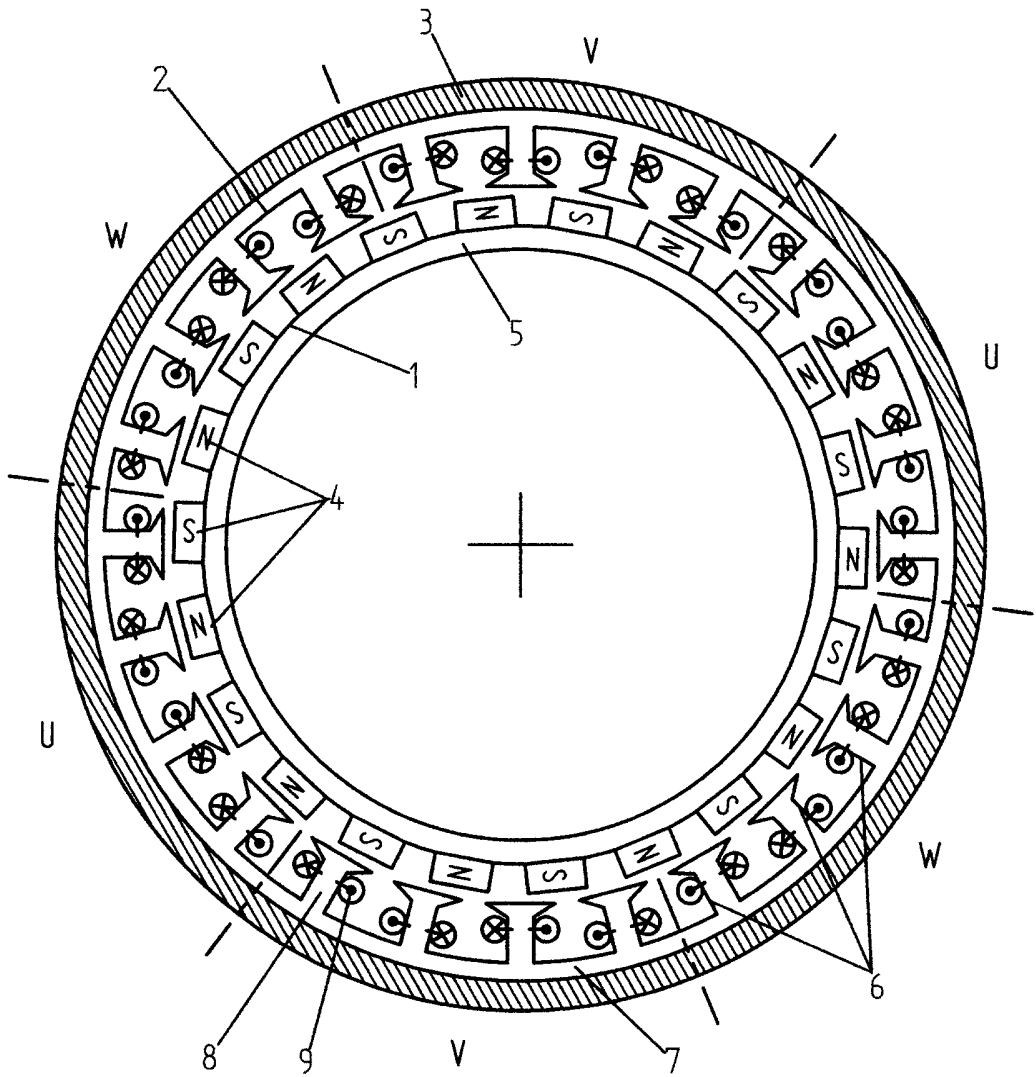
17. Sinhronski elektromehanski pretvornik po zahtevku 11 ali 12 ali 13 ali 14 ali 15 ali 16,

označen s tem,

da je vsaj eden od statorjev sestavljen iz polov, ki imajo jedra oblikovana tako, da se magnetni pretok sklone neposredno med jedri sosednjih polov.

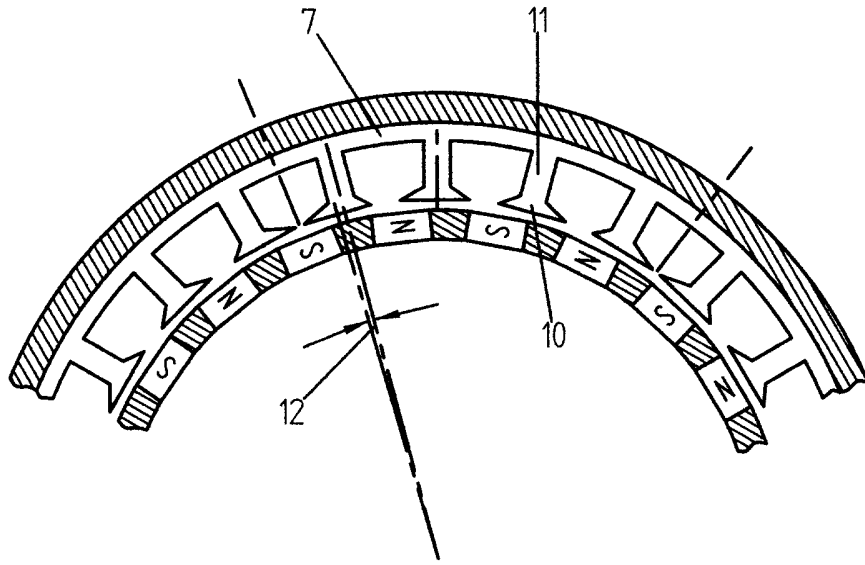
Marko Petek



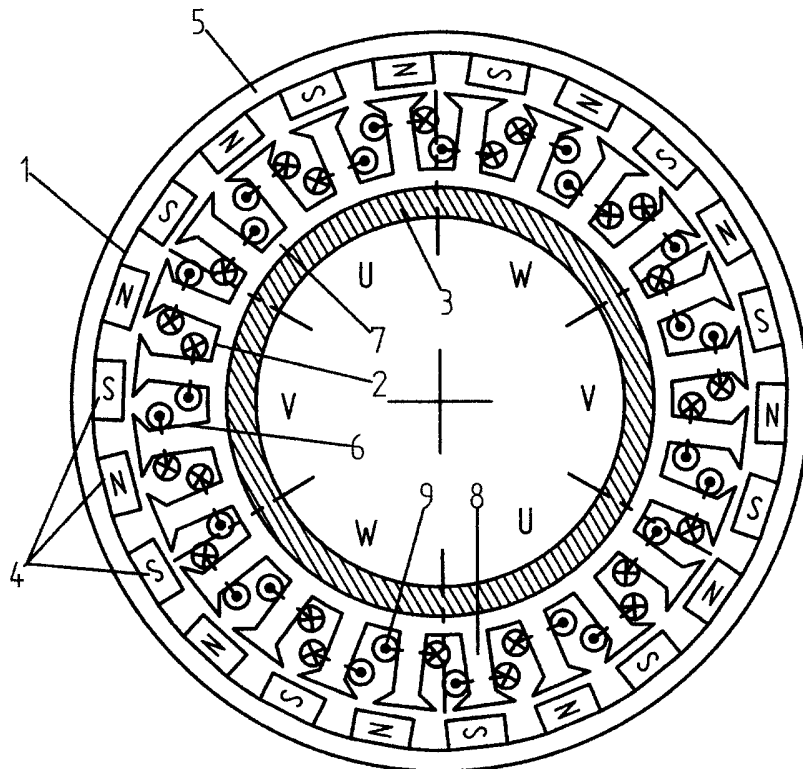


Sl. 1

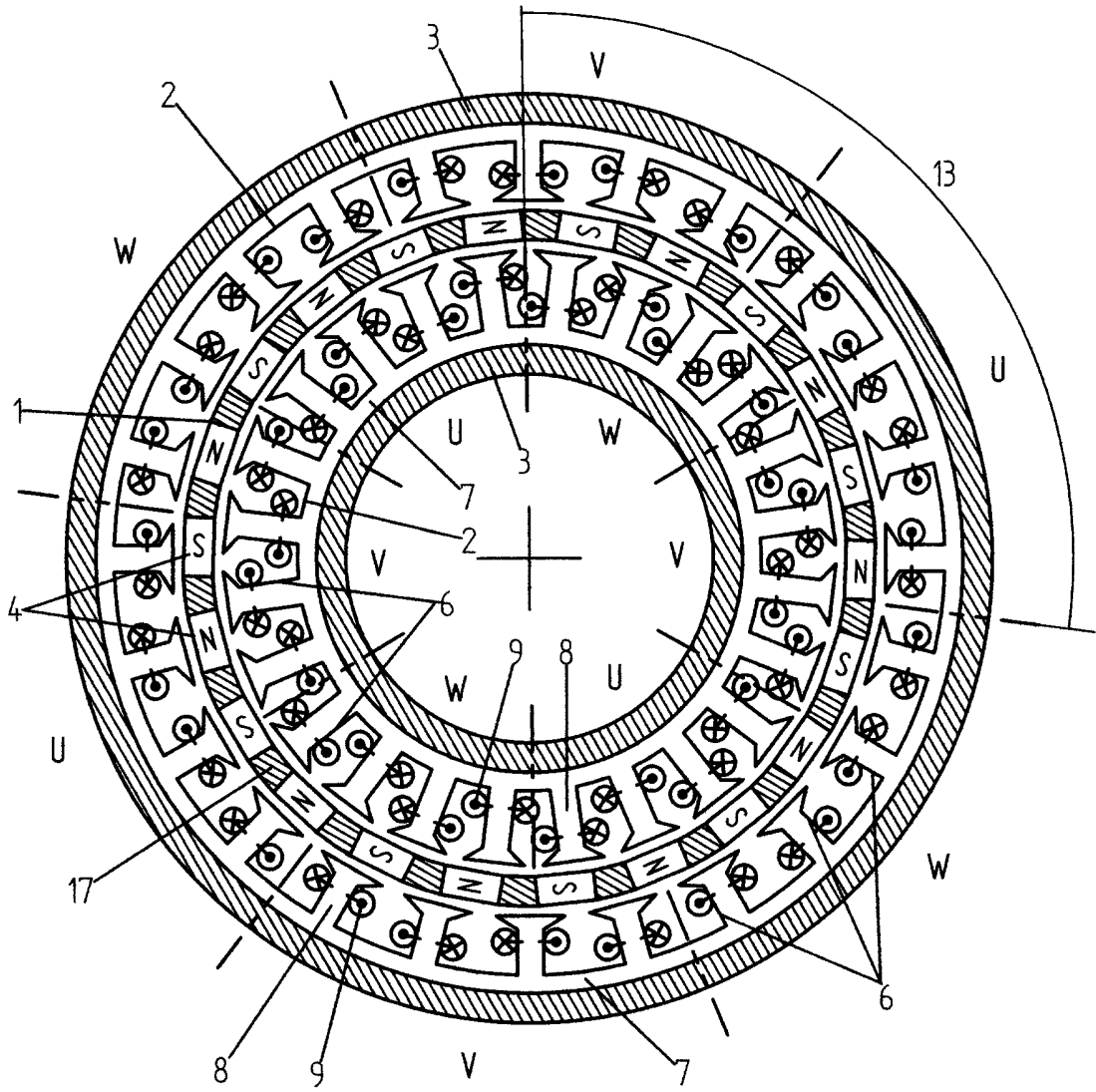
2/8



Sl. 2

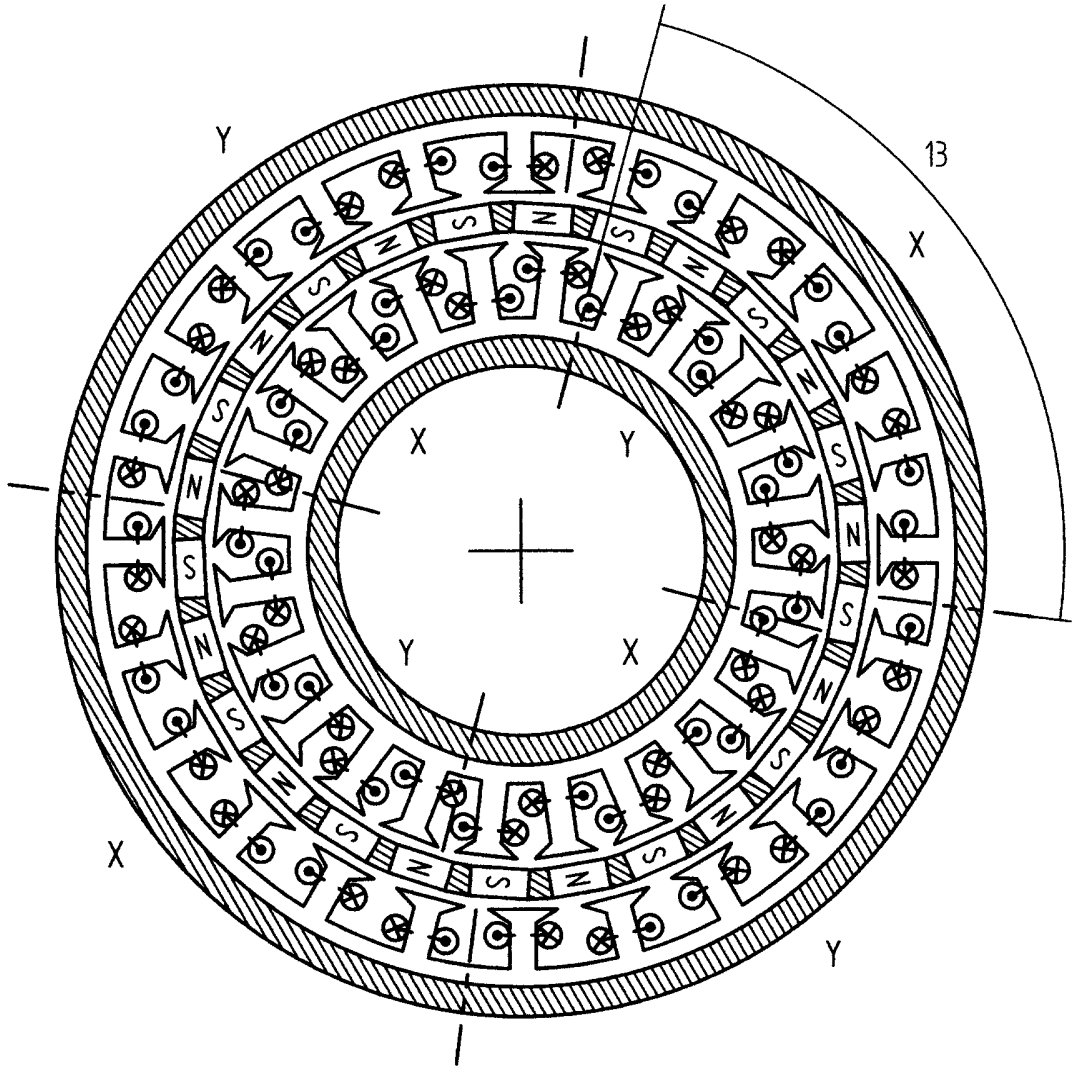


Sl. 3



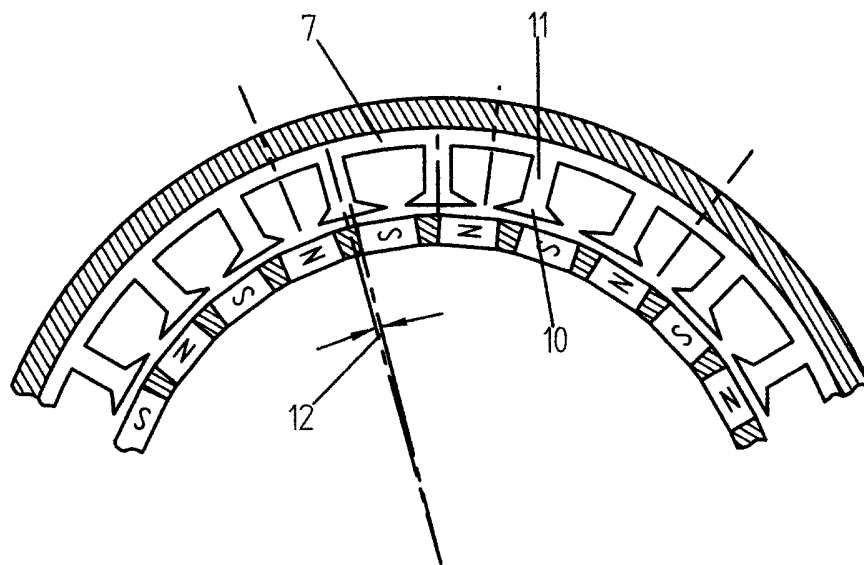
Sl. 4

418



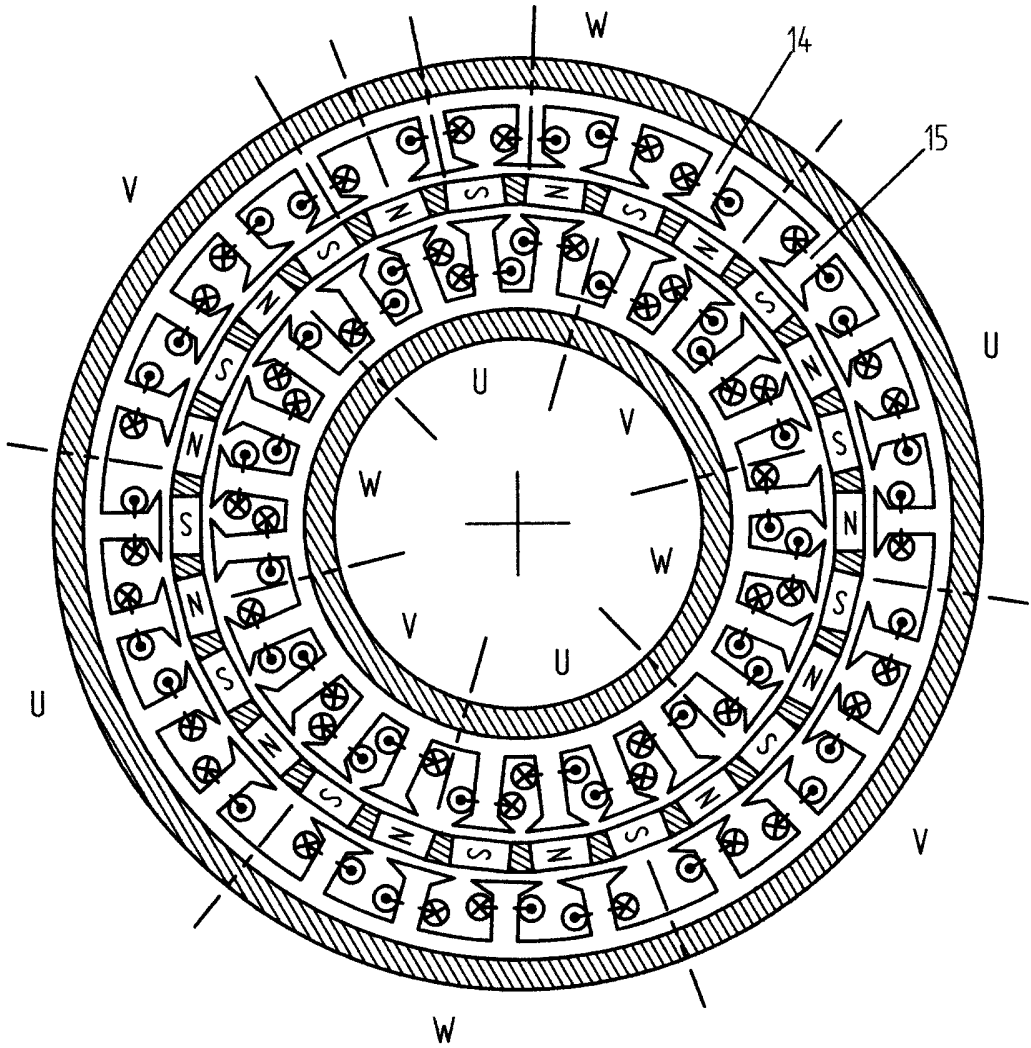
Sl. 5

5/8

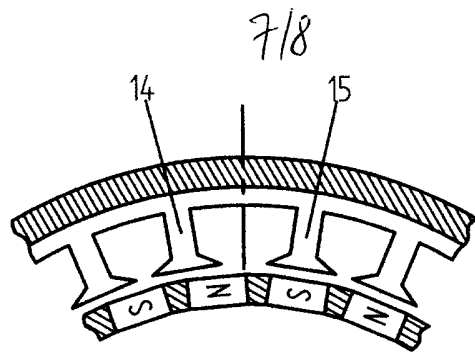


Sl. 6

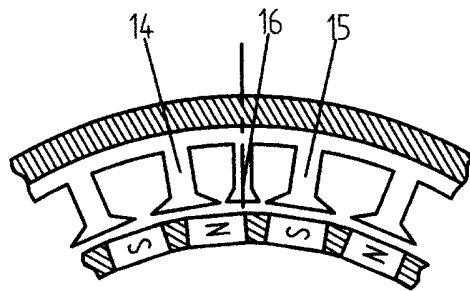
6/8



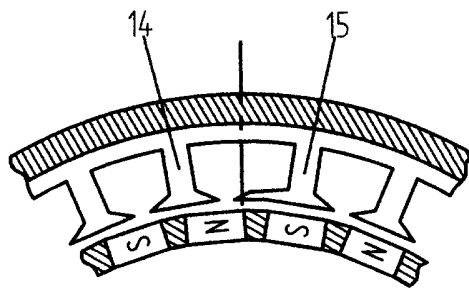
SI. 7



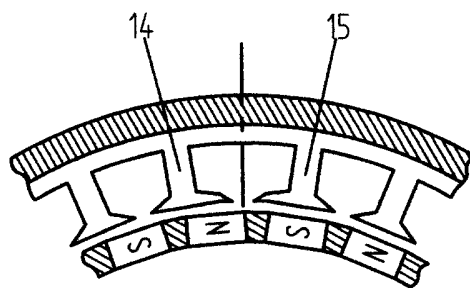
Sl. 8a



Sl. 8b

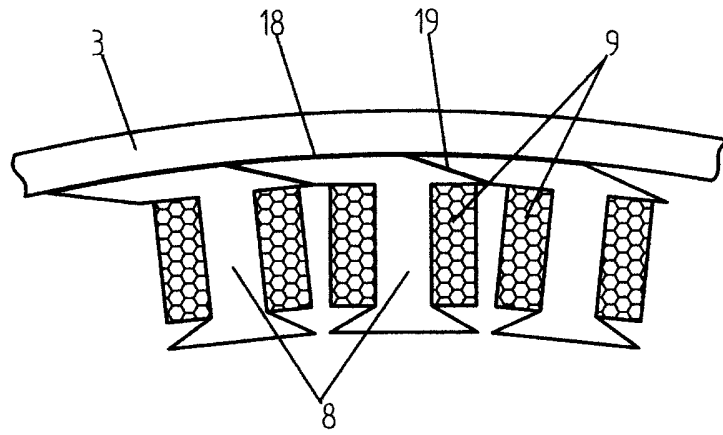


Sl. 8c

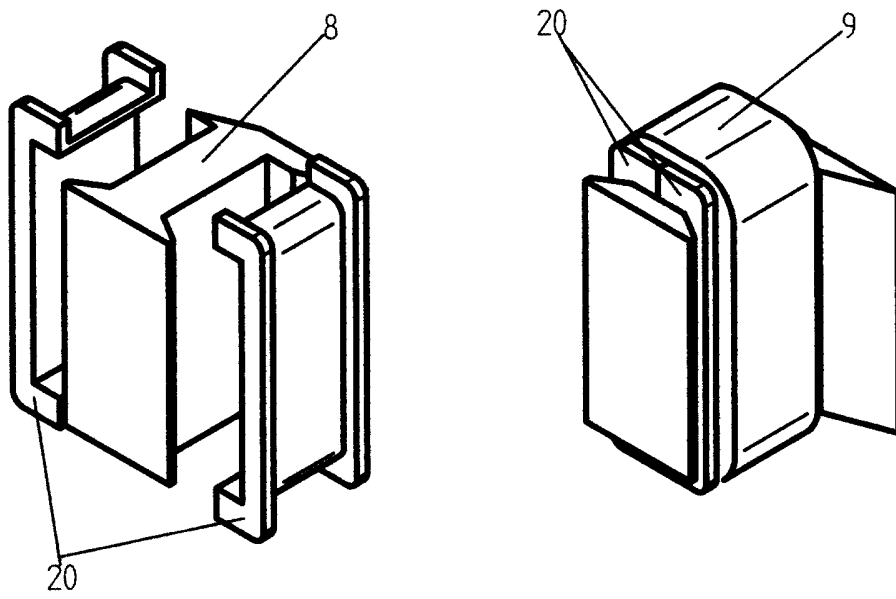


Sl. 8d

8/8



Sl. 9a



Sl. 9b

Marko Petek
Marko Petek