

(19)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSKI RAZVOJ IN TEHNOLOGIJO
URAD RS ZA INTELEKTUALNO LASTNINO

(10) **SI 23980 A**

(12)

PATENT

(21) Številka prijave: **201200006**

(51) Int. Cl. (2013.01)

(22) Datum prijave: **10.01.2012**

H02K 15/00

(45) Datum objave: **31.07.2013**

(72) Izumitelji: **Bertoncelj Bojan, Otoki 15, 4228 Železniki, SI;**
Tadina Matej, Kamna Gorca 1, 3241 Podplat, SI;
Krmelj Bojan, Poljanska cesta 37, 4220 Škofja loka, SI;
Benedičič Boris, Dašnica 28, 4228 Železniki, SI;
Mohorič Borut, Ojstri vrh 12, 4228 Železniki, SI

(73) Imetnik: **NELA razvojni center d.o.o. Podružnica Otoki,**
Otoki 21, 4228 Železniki, SI

(74) Zastopnik: **Patentna pisarna d.o.o., Čopova 14, p.p. 1725, 1001 Ljubljana, SI**

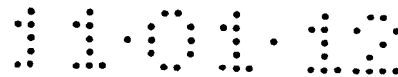
(54) **ROTOR S TRAJNIMI MAGNETI SINHRONEGA ELEKTROMOTORJA**

(57) Rotor s trajnimi magneti ima gred, jedro, po obodu jedra razporejeno množico trajnih magnetov, obdanih z ojačitvenim elementom, pri čemer rotor vsebuje jedro tvorjeno kot lamelasto jedro s pozicionirnimi lamelami in sidrnimi lamelami, ki ima po obodu razporejene vzdolžne utore tipa lastovičji rep. Pozicionirne lamele in sidrne lamele so združene v paket lamel tako, da se na obodu

lamelastega jedra tvorijo vzdolžni utori tipa lastovičji rep, ki so prekinjeni v določenem razmiku s stojinami pozicionirnih lamel, in so na obodu lamelastega jedra med utori nameščeni trajni magneti, fiksno pritrjeni z ojačitvenim elementom v obliki ojačitvene kletke iz umetne mase.

SI 23980 A

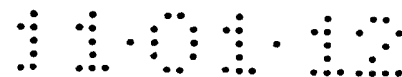
Pri elektromotorjih, ki za ustvarjanje navora uporabljajo na rotorju razporejene trajne magnetne, obstaja problem namestitve zlasti pa pritrditve magnetov na rotorjevo jedro. Ta problem je še zlasti očiten pri rotorjih, ki obratujejo z višjimi ali zelo visokimi hitrostmi, kot so rotorji elektromotorjev v sodobnih strojih bele tehnike. Najpogostejša rešitev je lepljenje magnetov na jedro rotorja in dodatno utrjevanje z različnimi objemnimi elementi kot so objemni obročki ali objemni plašč na obodu rotorja. Da se zagotovi konstanten krožni presek rotorja po celotni dolžini, je rotor skupaj z objemnimi elementi običajno obdan še z umetno maso ali drugim podobnim materialom, da se zagotovi konstantna in gladka površina plašča in konstanten presek po celotni dolžini rotorja. Zaradi dodatnih elementov na rotorju se reža med statorjem in rotorjem oz. magneti večja s čimer se zmanjšuje magnetni pretok s tem pa tudi učinkovitost motorja. Objemni elementi morajo biti izdelani iz nemagnetnih materialov, kot je na primer nerjavno jeklo ali ojačitvena vlakna, da ne vplivajo na



magnetni pretok med rotorjem in statorjem, hkrati pa morajo imeti zadostno trdnost, da zagotavljajo fiksno pritrditev. Da je reža med magneti rotorja in statorjem čimmanjša, se uporabljajo rotorju soosni ločni magneti, ki pa izkazujejo velik samodržni vrtilni moment, ki ima za posledico neenakomerno delovanje motorja pri povišani stopnji hrupa.

Pri rotorjih z visokim številom vrtljajev je centrifugalna sila, ki je posledica vrtenja rotorja, tako velika, da pritrditev magnetov z lepljenjem na površino jedra rotorja nikakor ne zadošča. Zato se magneti vlagajo v za to prirejene izreze v lamelah oz. jedru rotorja. Kovinske lamele, ki so v paketu nameščene na osi rotorja, imajo obliki prečnega prereza magnetov prirejene izreze, v katere so vstavljeni magneti. Del vsakokratne lamele, ki se nahaja nad magnetom, deluje nasproti centrifugalni sili pri vrtenju rotorja in tako preprečuje odmik magnetov v radialni smeri. Tak način fiksiranja magnetov je sicer učinkovit vendar lamele, ki so izdelane iz kovinskega materiala, povzročijo stik magnetnih polov sosednjih magnetov in s tem zmanjšajo gostoto magnetnega polja. Posledično, morajo biti za doseganje enakega učinka, magneti večji in močnejši, kar pa ni zaželeno tako iz prostorskega kot tudi ekonomskega vidika.

V US 2008/0307635 A1 (Marioni) je opisan rotor s trajnimi magneti, ki vsebuje valjasto jedro, obdano z množico trajnih magnetov, pozicioniranih z lončastim telesom in fiksiranih z umetno maso. Lončasto telo ima na plašču množico stopničasto oblikovanih vzdolžnih utorov, ki v notranjosti telesa tvorijo segmente za sprejem magnetov. Magnetni imajo stopničasto oblikovane robove, ki se ujemajo s stopničastimi utori lončastega telesa, katerih naloga je radialno pozicioniranje magnetov na rotorju. Za pravilno namestitev magnetov na rotorski del ima valjasto jedro po obodu oblikovane poglobitve za sprejem magnetov, medsebojno ločene z vzdolžnimi grbinami. Po vstavitvi valjastega jedra in magnetov v lončasto telo, so vzdolžne grbine soležne utorom lončastega dela, prazni prostori med posameznimi elementi pa so zapolnjeni z umetno maso, katere naloga je medsebojno fiksiranje



delov rotorja. Umetna masa, ki obdaja magnete in delno tudi lončasto telo, fiksira posamezne magnete, ne zagotavlja pa zadostne protisile centrifugalni sili, ki med delovanjem deluje na magnete. Zato so magneti dodatno obdani z lončastim delom, ki zagotavlja konstrukcijsko stabilnost zlasti med obratovanjem. Slabost opisane rešitve je tudi v številnih oblikovnih elementih, ki jih vsebujejo posamezni elementi za namene pozicioniranja, ki omogočajo oblikosklepne zveze, kar pomeni zahtevnejšo predvsem pa neekonomično izdelavo.

Rešitev tehničnega problema

Opisani tehnični problem je rešen z rotorjem s trajnimi magneti kot del sinhronnega elektromotorja, kot je na primer elektromotor stroja za belo tehniko, npr. pralnega ali pomivalnega stroja, ki ima gred, katere os sovpada z glavno osjo motorja, jedro v bistu valjaste oblike, po obodu jedra razporejeno množico trajnih magnetov, obdanih z vsaj enim ojačitvenim elementom, pri čemer rotor vsebuje jedro, ki ima po obodu razporeje vzdolžne utore tipa lastovičji rep, ki so medsebojno enakomerno razmaknjeni, da tvorijo ležišča za magnete, pri čemer je jedro tvorjeno iz pozicionirnih lamel in sidrnih lamel lamel, trajne magnete lečaste oblike s polmerom stranice, ki gleda proti zunanosti, manjšim od polmera rotorja in ojačitveno kletko iz umetne mase kot ojačitveni element.

Podrobneje bo izum pojasnjen v nadaljevanju z opisom izvedbenega primera in priloženih skic, ki kažejo:

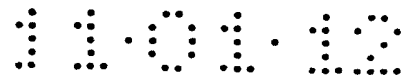
slika 1 rotor s trajnimi magneti po izumu v delnem prerezu,

slika 2 detajl rotorja po izumu s slike 1,

slika 3 rotor s trajnimi magneti po izumu s pozicionirno ojačitvenimi lamelami v delnem prerezu ,

slika 4 detajl rotorja po izumu s slike 1,

slika 5 rotor s trajnimi magneti s prečnimi utori.



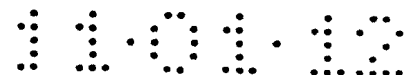
Sinhroni elektromotor vsebuje stator (neprikazano) in znotraj njega soosno razporejen rotor 100, ki ima gred 1, katere os sovпада z glavno osjo motorja, jedro 2, ki je v bistvu valjaste oblike in ima središčno luknjo za sprejem gredi 1 in po obodu jedra 2 razporejeno množico trajnih magnetov 7.

Jedro 2 ima po obodu razporeje vzdolžne utore 21 tipa lastovičji rep, najmanj dva vzdolžna utora, ki so medsebojno enakomerno razmaknjeni. Razmik med sosednjima vzdolžnima utoroma 21 je določen z dimenzijo trajnega magneta 7, ploskev med utoroma 21 tvori ležišče 22 magneta 7 in je prilagojeno spodnji ploskvi magneta 7. Jedro 2 je tvorjeno iz kovinskih lamel 3 diskaste oblike, ki so na znan način medsebojno povezane v paket lamel tako, da tvorijo t. im. lamelasto jedro 2. Lamelasto jedro 2 sestoji iz dveh vrst lamel, iz pozicionirnih lamel 4 in sidrnih lamel 5, pri čemer je število pozicionirnih lamel 4 manjše od števila sidrnih lamel 5.

Pozicionirna lamela 4 ima po obodu razporejene stojine 41, ki se razširajajo v smeri radija navzven. Število stojin 41 na obodu posamezne pozicionirne lamele 4 je enako številu magnetov 7, širina stojine 41 pa je odvisna od dimenzije magnetov 7 oz. od zahtevanega njihovega medsebojnega razmika. Število, oblika in razporeditev stojin 41 je enaka na vseh pozicionirnih lamelah 4.

Sidrna lamela 5 ima po obodu razporejene zareze 51, katerih bočne stranice 52 so tvorjene v obliki lastovičjega repa z zaobljenimi robovi. Razporeditev zarez 51 na sidrni lameli 5 sovпада z razporeditvijo stojin 41 na pozicionirni lameli 4. Pozicionirne lamele 4 in sidrne lamele 5 so medsebojno združene v paket lamel in tvorijo lamelasto jedro 2 tako, da zareze 51 sidrnih lamel 5 tvorijo na obodu lamelastega jedra 2 vzdolžne utore 21 tipa lastovičji rep, pri čemer je vsakokratni utor 21 v določenem razmiku prekinjen s stojinami 41 pozicionirnih lamel 4.

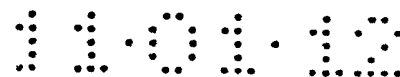
Po obodu lamelastega jedra 2 je v vsakokratnem odseku med dvema sosednjima utoroma 21 oz. med vsakokratnima vzdolžnima nizoma sosednjih stojin 41 nameščen



trajni magnet 7, ki ima spodnjo stranico skladno ležišču 22 na lamelastem jedru 2, v izvedbenem primeru je zaradi ekonomičnosti spodnja stranica ravna ploskev, in ima nasprotno, zgornjo stranico lečasto oblikovano s polmerom manjšim od polmera rotorja, pri čemer sta drugi dve nasprotni si stranici medsebojno vzporedni. Lečasta oblika magneta omogoča blažje prehode med posameznimi magneti, kar zelo pripomore k zmanjšanju samodržnega vrtilnega momenta, to pa pomeni tudi manjši hrup.

Tako pozicionirani magneti so obdani z umetno maso zahtevanih lastnosti. Umetna masa, ki zapolni vmesne prostore med posameznimi magneti, prekrije magnete in tvori ojačitveno kletko 8, ki sestoji iz valjastega trdnostnega plašča 81 in prioblikovanih ojačitvenih obročev 82 na vsakokratnem koncu magnetov. Debelina trdnostnega plašča 81 se po obodu spreminja zaradi lečastega preseka magnetov. V območju nad lastovičjim utorom med magnetoma se umetna masa dejansko zasidra v vsakokratnem vzdolžnem utoru 21 in tvori z njim oblikosklepno zvezo, s čimer se sila umetne mase, ki nasprotuje centrifugalni sili magnetov, med delovanjem rotorja poveča do take mere, da ni potrebna dodatna utrditev v obliki zunanje ojačitve. Umetna masa, ki zapolni področje nad utorom 22, se širi v smeri radiusa in tvori utrditveni klin, ki sega preko vsakokratnega magneta 7 in mu s tem preprečuje, da bi zaradi centrifugalne sile zdrsel v smeri radiusa skozi umetno maso. V območju nad vrhom magneta je debelina plašča iz umetne mase minimalna, s čimer se zagotavlja minimalna zračna reža med magneti in statorjem. Debelina trdnostnega plašča 81 je sorazmerna vrtilni hitrosti in s tem velikosti centrifugalne sile med obratovanjem in obratno sorazmerna zahtevani razdalji med rotorjem in statorjem. Kot umetne mase se lahko uporabljajo različne vrste termoplastov ali duroplastov, ki imajo zadostno trdnost in temperaturno obstojnost, da so sposobne prenašati visoke obremenitve med obratovanjem. Taka vrsta rotorjev je namenjena za srednje do visoke hitrosti vrtenja.

V primerih visokih hitrosti vrtenja, ko nastopajo velike centrifugalne sile na magnete, oblikosklepna zveza med umetno maso in utorom 21 lamelastega jedra 2 in utrditveni



klin umetne mase ne zadostujeta več. V takih primerih je potrebno magnetne dodatno fiksirati. V ta namen ima vsakokratna stojina 41 pozicionirne lamele 4 na svojem prostem koncu prioblikovana roglja 42, ki sta nasprotno usmerjena in se razširjata v obodni smeri tako, da vsak na svoji strani segata preko magnetov proti sredini. S tem je magnet dodatno fiksiran v določeni legi in preprečen mu je premik v radialni smeri. Ker roglja 42 ne segata preko sredine magnetov, prednostno ne preko tretjine širine magnetov, je preprečena možnost kratke sklenitve magnetnega pola sosednjih magnetov. Oblika rogljev 42 je taka, da skupna višina stojine 41 in rogljev 42 ne presega višine h lečastega magnetov 7, kar omogoča izvedbo minimalne debeline trdnostnega plašča 81, pri čemer prečni prerez rotorja ostaja konstanten in okrogel. Ker sta roglja 42 nameščena na vsakokratni stojini 41 pozicionirne lamele 4 in ne na vsaki lameli, je vpliv na jakost magnetnega polja zanemrljiv, medtem ko je prispevek k fiksiranju magnetov 7 na jedro 2 rotorja, zelo velik. Tako utrjeni magneti na rotorju ne potrebujejo dodatne utrditve v obliki dodatnih zunanjih ojačitvenih elementov. Zaradi boljše medsebojne povezljivosti in večje trdnosti umetne mase so v stojinah 41 izvedene ojačitvene luknje 43, ki se zapolnijo z umetno maso in s tem še dodatno ojačijo sestav.

V primeru potrebe po dodatnem fiksiranju magnetov 7 se uporabi znan način utrjevanja z ojačitvenimi vlakni 72, pri čemer se z ojačitvenimi vlakni neposredno ovije magnet 7 po celotni njihovi dolžini in se jih nato skupaj z magneti obda z omenjeno umetno maso. Ojačitvena vlakna 72 lahko magnet 7 ovijajo tudi mestoma na vnaprej določenih mestih, ki so tvorjena kot prečni utori 71 na zunanji, lečasti ploskvi vsakokratnega magnetov 7 in so nato skupaj z magneti 7 obdana z umetno maso. Ojačitvena vlakna so lahko različnih vrst, npr. kevlarsko, karbonsko, stekleno ali drugo vlakno ustreznih lastnosti. Prednost takega učvrščevanja v primerjavi s klasičnim utrjevanjem na zunanjem plašču rotorja je v konstantnosti prečnega prereza rotorja tako po njegovi velikosti kot tudi obliki.

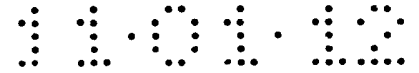
Umetna masa v celoti obdaja magnete, ki so razporejeni po obodu rotorja tako, da tvori plašč konstantnega premera tudi na njihovi sprednji oz. zadnji strani tako, da se tvori kletka 9 iz umetne mase, ki trdno drži trajne magnete 7 v njihovih legah ves čas delovanja rotorja.

Razumljivo je, da lahko strokovnjak s tega področja na osnovi poznavanja pisa izuma izvede tudi drugačne posamezne izvedbne spremembe, ne da bi obšel bistvo izuma, kot je opredeljeno v sledečih patentnih zahtevkih.

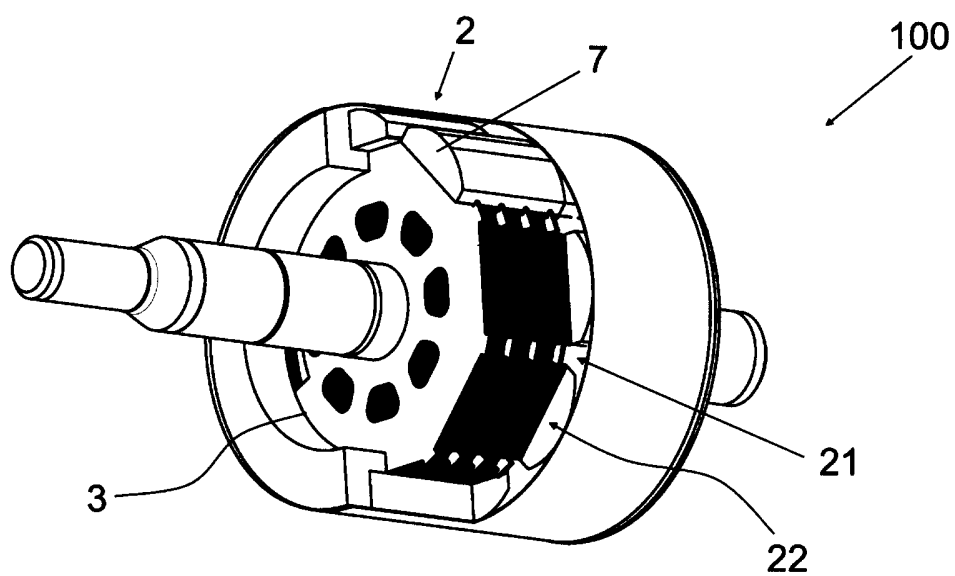


Patentni zahtevki

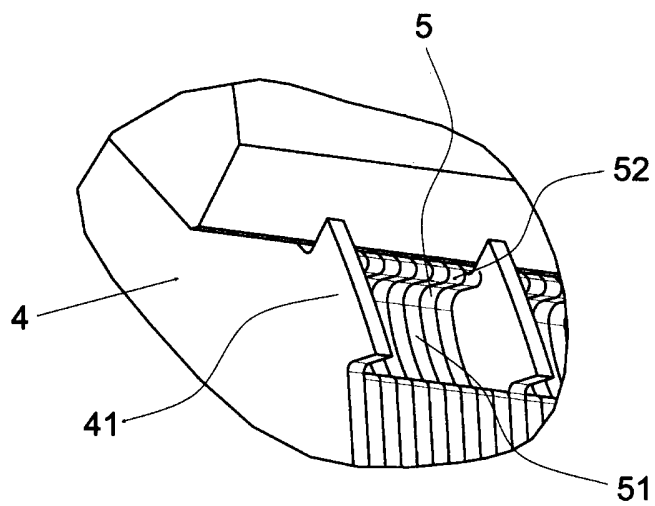
1. Rotor s trajnimi magneti kot del sinhronnega elektromotorja, kot je na primer elektromotor stroja za belo tehniko, npr. pralnega ali pomivalnega stroja, ima gred, katere os sovпада z glavno osjo motorja, jedro valjaste oblike, po obodu jedra valjaste oblike razporejeno množico trajnih magnetov, obdanih z vsaj enim ojačitvenim elementom, **značilen po tem**, da rotor (100) vsebuje
 - jedro (2), ki ima po obodu razporejen vzdolžne utore (21) tipa lastovičji rep, ki so medsebojno enakomerno razmaknjeni, da tvorijo ležišča (22) za magnetne,
 - trajne magnetne (7) lečaste oblike, katerih zunanja stranica, usmerjena proti zunanosti rotorja ima polmer manjši od polmera rotorja,
 - ojačitveno kletko (8) iz umetne mase kot ojačitveni element.
2. Rotor po zahtevku 1, **značilen po tem**, je jedro (2) lamelasto jedro, tvorjeno iz pozicionirnih lamel (4) in sidrnih lamel (5), pri čemer ima pozicionirna lamela (4) po obodu razporejene stojine (41), ki se razširjajo navzven v smeri radia in ima sidrna lamela (5) po obodu razporejene zareze (51), katerih bočne stranice (52) so tvorjene v obliki lastovičjega repa z zaobljenimi robovi.
3. Rotor po zahtevku 2, **značilen po tem**, da so pozicionirne lamele (4) in sidrne lamele (5) združene v paket lamel tako, da se na obodu lamelastega jedra (2) tvorijo vzdolžni utori (21) tipa lastovičji rep, prekinjeni v določenem razmiku s stojinami (41) pozicionirnih lamel (4).
4. Rotor po zahtevku 2 ali 3, **značilen po tem**, da je število pozicionirnih lamel (4) manjše od števila sidrnih lamel (5).
5. Rotor po zahtevku 2, **značilen po tem**, da ima stojina (41) na svojem prostem koncu prioblikovana roglja (42), ki se razširjata v obodni smeri in sta nasprotno usmerjena.



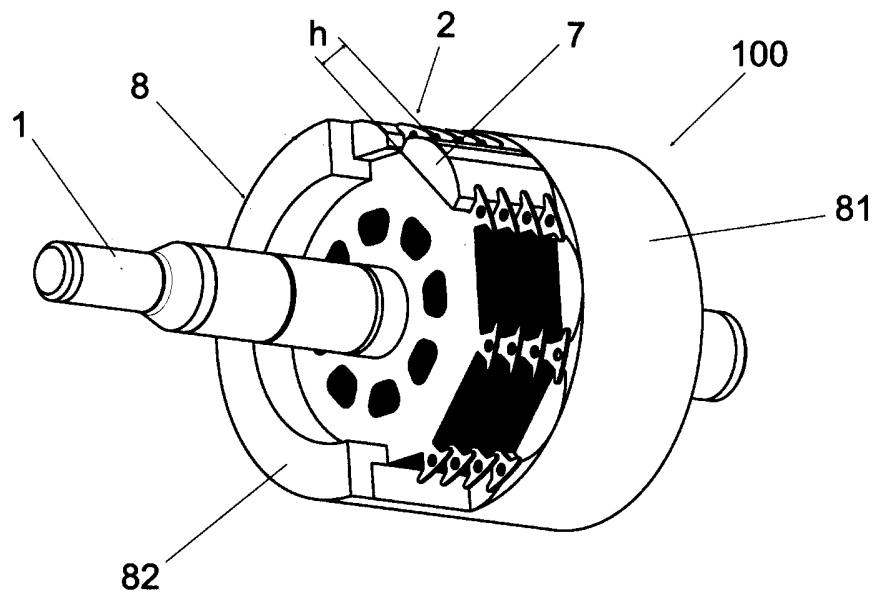
6. Rotor po zahtevku 5, **značilen po tem**, da je vsakokratni rogelj (42) krajši od polovice širine magneta (7), prednostno krajši od tretjine širine in je skupna višina stojine (41) in rogljev (42) manjša od višine h lečastega magneta (7).
7. Rotor po zahtevku 5, **značilen po tem**, da so v stojinah (41) izvedene ojačitvene luknje (43).
8. Rotor po zahtevku 2, **značilen po tem**, da je število, oblika in razporeditev stojin (41) enaka na vseh pozicionirnih lamelah (4), pri čemer je število stojin (41) na obodu posamezne pozicionirne lamele (4) odvisno od števila magnetov (7).
9. Rotor po zahtevku 1, **značilen po tem**, da so na obodu lamelastega jedra (2) med utori (21) nameščeni trajni magneti (7) fiksno pritrjeni z ojačitvenim elementom v obliki ojačitvene kletke (8) iz umetne mase.
10. Rotor po zahtevku 8, **značilen po tem**, da ojačitvena kletka (8) sestoji iz valjastega trdnostnega plašča (81) in ojačitvenega obroča (82) na vsakokratnem koncu magnetov.
11. Rotor po predhodnih zahtevkih **značilen po tem**, da je razmik med sosednjima vzdolžnima utoroma (21) določen z dimenzijo trajnega magneta (7).
12. Rotor po katerem koli predhodnem zahtevku, **značilen po tem**, so ojačitvena vlakna dodatni ojačitveni element, ki so razporejena neposredno na magnetih (7) in obdana z umetno maso.
13. Rotor po katerem koli predhodnem zahtevku, **značilen po tem**, da lečasta ploskev magneta (7) vsebuje prečne uture (71) za sprejem ojačitvenih vlaken (72).



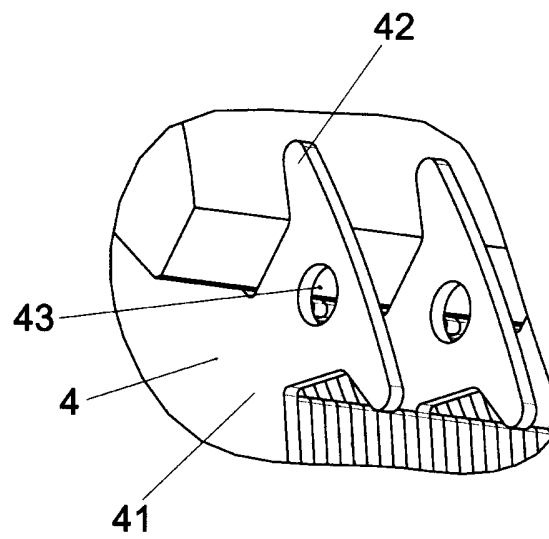
Sl. 1



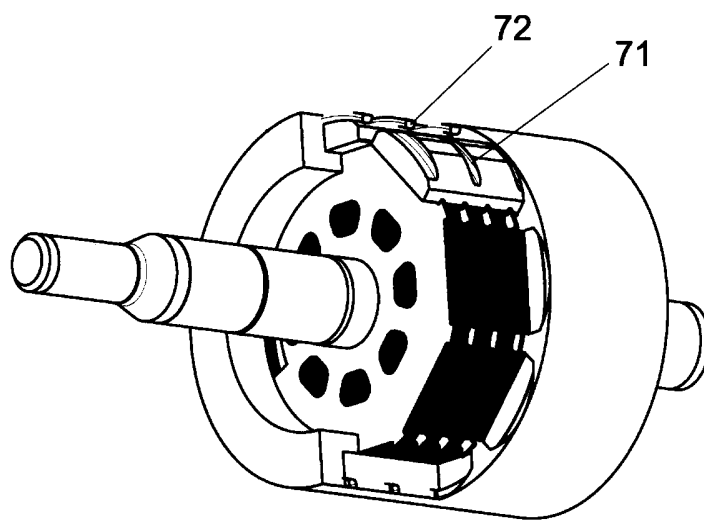
Sl. 2



Sl. 3



Sl. 4



Sl. 5