

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 254

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 1/22 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-37949**
(22) Přihlášeno: **07.09.2020**
(47) Zapsáno: **27.07.2021**

(73) Majitel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, Veverčí, CZ

(72) Původce:
doc. Ing. David Paloušek, Ph.D., Brno, Žabovřesky, CZ
Ing. Zbyněk Strecker, Ph.D., Jankovice, CZ
Ing. Rostislav Huzlík, Ph.D., Brno, Žabovřesky, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Libor Markes, patentový zástupce, Grohova
145/54, 602 00 Brno, Veverčí

(54) Název užitého vzoru:
**Rotor se strukturovanou geometrií pro
zlepšení parametrů elektrických točivých
strojů**

Rotor se strukturovanou geometrií pro zlepšení parametrů elektrických točivých strojů

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká rotoru elektrického točivého stroje se zanořenými permanentními magnety, jehož strukturovaná geometrie přináší snížení momentu setrvačnosti. Výroba rotoru předpokládá využití technologie selektivního laserového tavení.

10

Dosavadní stav techniky

U současných rotorů synchronních strojů s permanentními magnety převažují tři základní konstrukce: První spočívá v přímém lepení permanentních magnetů na hřídel, který musí být z magneticky vodivého materiálu. Dalším řešením je, že se na samotný hřídel nasune nebo nalisuje paket plechů (typicky tloušťky 0,35 mm nebo 0,5 mm). Poté se magnety lepí buď přímo na povrch paketu, anebo pokud je rotor stroje proveden jako rotor s vnořenými magnety, vloží se do vnitřních drážek. Nevýhodou provedení s magnety lepenými na povrchu je poměrně značná hmotnost rotoru. Pro většinu točivých strojů by totiž nemusel mít rotor plný hřídel, jelikož pro vedení magnetického toku není taková plocha průřezu potřeba. Avšak pro jednoduchost konstrukce se stroj vyrábí s plným hřídelem.

U varianty s vnořenými magnety se v důsledku konstrukce část magnetického toku uzavírá přes samotný rotor; neprochází tudíž přes vzduchovou mezeru mezi rotorem a statorem a nemůže se tak podílet na tvorbě momentu stroje.

Technické řešení si klade za úkol navrhnout strukturovanou geometrii rotoru elektrických točivých strojů s vnořenými magnety, která umožní optimalizaci některých parametrů stroje při zachování výhodných vlastností strojů s běžným rotorem.

30

Podstata technického řešení

Uvedený úkol splňuje rotor pro točivé stroje, který má vnořené permanentní magnety umístěny mezi segmentovými pólovými nástavci z magneticky vodivého materiálu upevněnými prostřednictvím můstek a objímky na hřídeli. Podstata rotoru spočívá v tom, že pólové nástavce jsou tvořeny zakřivenými hranolovitými útvary, jejichž stěny svírají s rovinou kolmou na osu rotoru úhel 35° až 55° a jejichž podélná osa je zakřivena shodně se zakřivením magnetických siločar v daném místě stanoveným na modelu metodou konečných prvků, přičemž hranolovité útvary jsou vzájemně odděleny vzduchovými mezerami, které jsou k zachování soudržnosti struktury místně překlenuty propojovacími můstky.

Můstky mohou mít tvar hranolu se zakřivenou podélnou osou, jehož stěny svírají s rovinou kolmou k ose rotoru úhel 35° až 55° .

45

S výhodou je každý můstek opatřen sítí průchozích otvorů kruhového nebo rovnoběžníkového průřezu se zaoblenými kouty kolmých na plochu proloženou osou rotoru a bodem na ose můstku v místě otvoru.

Mezery mezi hranolovitými útvary pólových nástavců mohou být zalaty zalévací hmotou.

50

Rotor může být vytvořen jako sestava rotorových modulů nasunutých na hřídeli na sraz.

Objasnění výkresů

Technické řešení bude dále objasněno pomocí výkresů, na nichž obr. 1 představuje bokorys výhodného provedení strukturovaného rotoru pro točivé stroje, obr. 2 je půdorys rotoru podle obr. 1, na němž je naznačeno umístění vnořených permanentních magnetů, obr. 3 je rotor podle obr. 1 v axonometrickém promítání a obr. 4 je řez můstkem plochou procházející osou rotoru a osou můstku.

10 Příklady uskutečnění technického řešení

Desetipólový rotor pro točivé stroje podle obr. 1 až 3 je nalisován svou dělenou objímkou na hřídeli 1. Každý z dílů 2 objímky je propojen dvěma můstky 3 se dvěma sousedícími pólovými nástavci 4 segmentového tvaru z magneticky vodivého materiálu. Můstky 3 mohou být v jiném provedení rovné či jinak tvarované pro zvýšení magnetického odporu pro rozptylový tok. Můstek 3 je vytvořen geometrií strukturovanou jak vzhledem k povrchu rotoru, tak i vzhledem k jeho průřezu. Mezi každými dvěma pólovými nástavci 4 je uložen vnořený permanentní magnet 5 s póly S, J směřujícími do sousedního pólového nástavce 4. Magnety 5 nacházející se po stranách jednoho pólového nástavce 4 mají shodné póly S, resp. J nasměrovány proti sobě.

Podstatná je struktura pólových nástavců 4. Jejich geometrie je tvořena spleť těles z magneticky vodivého kovového materiálu a založena na tvarech blízkých kosočtvercům tvarovaným v prostoru, které jsou odděleny vzduchem. Pólové nástavce 4 jsou tedy tvořeny hranolovitými útvary 6, jejichž stěny svírají s rovinou kolmou na osu rotoru o úhel 35° až 55° . Podélná osa těchto útvarů 6 je zakřivena shodně se zakřivením magnetických siločar v daném místě, jak je naznačeno na obr. 2. Přitom hranolovité útvary 6 jsou vzájemně odděleny vzduchovými mezerami 7. Aby byla zachována soudržnost struktury pólového nástavce 4, jsou vzduchové mezery 7 místně překlenuty tenkými propojovacími můstky 8, které propojují sousedící hranolovité útvary 6.

Můstky 3 ve znázorněném provedení rotoru mají tvar hranolu se zakřivenou podélnou osou, jehož stěny svírají s rovinou kolmou k ose o rotoru úhel 35° až 55° . Přitom je každý můstek 3 opatřen sítí průchozích otvorů 9 rovnoběžníkového průřezu se zaoblenými kouty. Otvory 9 jsou vedeny kolmo na plochu proloženou osou o rotoru a osou můstku 3.

V jiném provedení jsou mezery 7 mezi hranolovitými útvary 6 pólových nástavců 4 zality zalévací hmotou. Rotor může být vytvořen jako sestava rotorových modulů nasunutých na hřídeli 1 na sraz.

Geometrie byla navržena analýzou elektromechanických vlastností metodou konečných prvků. Uspořádání respektuje konstrukční a technologické zásady pro aditivní výrobu pomocí technologie selektivního laserového tavení (SLM - selective laser melting). Geometrie je konvenčně velmi obtížně vyrobitelná, a proto je s výhodou využito 3D tisku respektive aditivní výroby.

Výše uvedená geometrie rotoru přináší oproti standardním rotorům složeným z plechů následující výhody:

1. Zvýšení magnetického toku pólovými nástavci, což umožňuje dosažení vyšších krouticích momentů na hřídeli.

2. Využití strukturovaných pólových nástavců vede k redukci momentu setrvačnosti a hmotnosti rotoru při zachování maximálního krouticího momentu. Výše navržená struktura taktéž omezuje tvorbu vířivých proudů, čímž zvyšuje účinnost motoru.

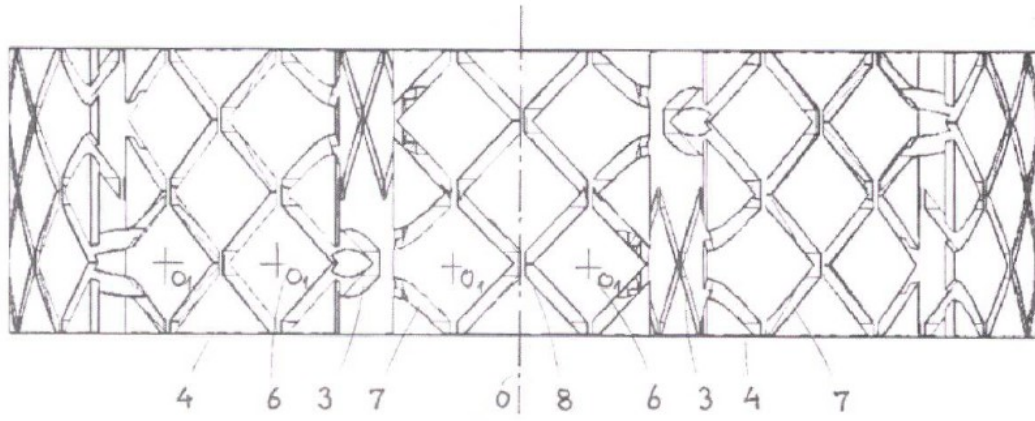
3. Rotor po vytisknutí tvoří kompaktní celek, což usnadňuje sestavení elektromotoru.

NÁROKY NA OCHRANU

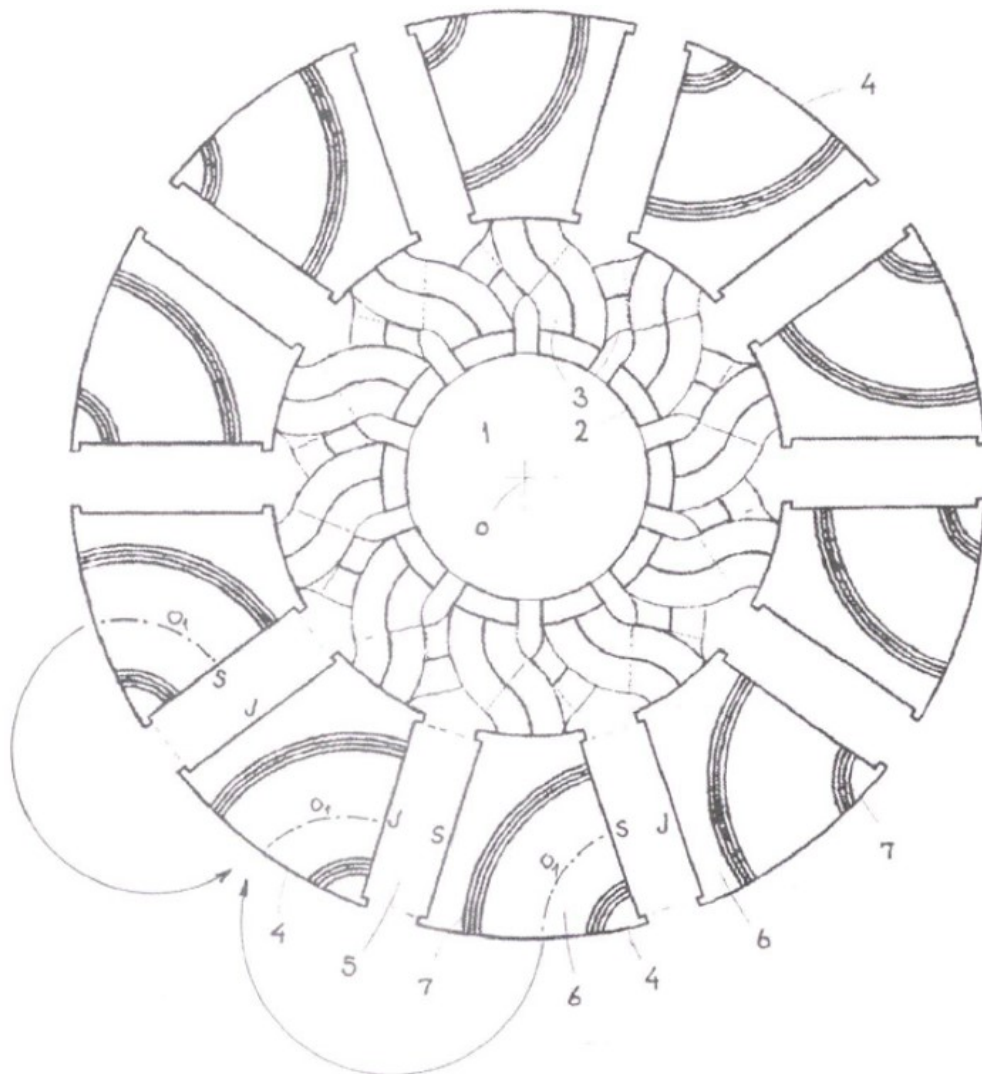
- 5 1. Rotor se strukturovanou geometrií pro zlepšení parametrů elektrických točivých strojů, který má vnořené permanentní magnety umístěny mezi segmentovými pólovými nástavci z magneticky vodivého materiálu upevněnými prostřednictvím můstků a objímky na hřídeli, **vyznačující se tím**, že pólové nástavce (4) jsou tvořeny zakřivenými hranolovitými útvary (6), jejichž stěny svírají s rovinou kolmou na osu (o) rotoru úhel 35° až 55° a jejichž podélná osa (o_1) je zakřivena shodně se zakřivením magnetických siločar v daném místě stanoveným na modelu metodou konečných
- 10 prvků, přičemž hranolovité útvary (6) jsou vzájemně odděleny vzduchovými mezerami (7), které jsou k zachování soudržnosti struktury místně překlenuty propojovacími můstky (8).
- 15 2. Rotor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že objímka rotoru je dělená, přičemž každý díl (2) objímky je dvěma můstky (3) propojen se dvěma sousedícími pólovými nástavci (4).
3. Rotor podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že můstky (3) mají tvar hranolu se zakřivenou podélnou osou, jehož stěny svírají s rovinou kolmou k ose (o) rotoru úhel 35° až 55° .
- 20 4. Rotor podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že každý můstek (3) je opatřen sítí průchozích otvorů (9) kruhového nebo rovnoběžníkového průřezu se zaoblenými kouty kolmých na plochu proloženou osou (o) rotoru a bodem na ose můstku (3) v místě otvoru (9).
- 25 5. Rotor podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že mezery (7) mezi hranolovitými útvary (6) pólových nástavců (4) jsou zalaty zalévací hmotou.
6. Rotor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je vytvořen jako sestava rotorových modulů nasunutých na hřídeli (1) na sraz.

2 výkresy

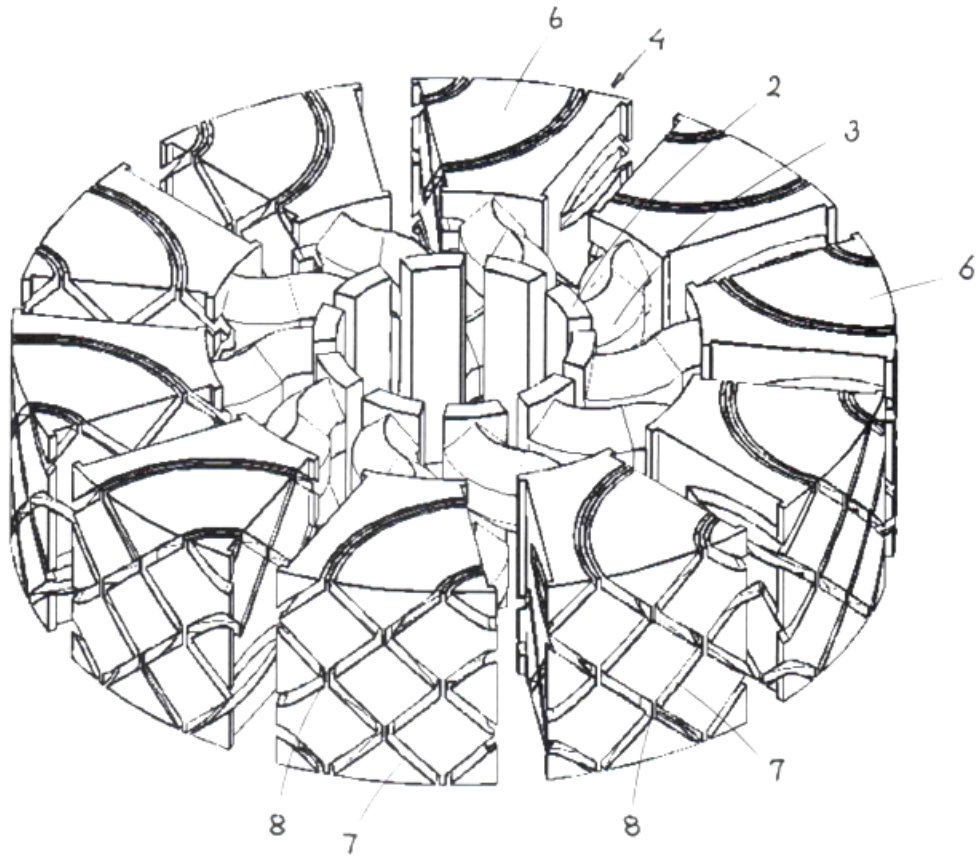
30



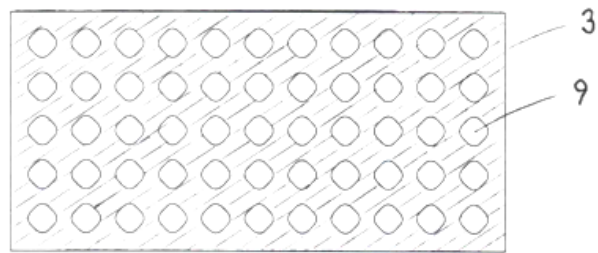
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4