ENOSMERNI MOTORJI

UVOD

Elektromotor je stroj, ki pretvarja električno energijo v mehansko. Uporablja se za pogon različnih strojev, vlakov, tramvajev in naprav. Njegovo gibanje povzročajo magnetna polja, razen pri elektrostatičnih motorjih, kjer se energija ustvari s pomočjo statične elektrike.

Elektromotorji se delijo na:

* motorje na enosmerni tok (DC),
* motorje na izmenični tok (AC),
* univerzalni motorji,
* koračni motorji.

SESTAVNI DELI ENOSMERNEGA KOMUTATORSKEGA MOTORJA

Enosmerni komutatorski motor, oziroma motor z ščetkami je tradicionalno uporabljen v

hitrostno reguliranih pogonih v območju od nekaj watov do okrog 10MW moči.

Priljubljenost enosmernega motorja izhaja iz enostavnosti in cenenosti.

Glavni sestavni deli enosmernih motorjev so:

* stator (nepomični del motorja)
* rotor (vrteči se del)
* komutator, ki je del rotorja in predstavlja mehanski usmernik.
* ščetke oz. krtačke, ki se dotikajo komutatorja in služijo prevajanju toka.

Stator je iz masivnega železa, saj je navitje na njem vzbujano z enosmernim tokom. Na polih statorja je navito vzbujalno navitje. Na rotorju je nameščeno navitje, povezano s komutatorjem, sestavljenim iz lamel iz elektrolitskega bakra, ki so med sabo izolirane. Dovod in odvod toka preko komutatorja do navitja omogočajo ščetke, ki nalegajo na komutator. Običajno so ogljene, ogljeno – grafitne ali kovinsko – grafitne. Po kolektorju (lamelah) drsijo ščetke, ki so fiksirane na stator, torej so nepremične. Sklop kolektor - ščetke imenujemo komutator.

Enosmerni motorji s komutatorjem so bili do pojava motorjev na izmenični tok edina vrsta elektromotorjev. Ravno tako so se dolgo časa uporabljali za realizacijo reguliranih električnih pogonov, saj je možno navor in vrtilno hitrost enostavno spreminjati s spreminjanjem rotorskega in statorskega toka. Ta vrsta motorjev se je pojavila že v 19. stoletju in se pojavlja še danes.

Problem takih motorjev sta zapletenost izvedbe in občutljivost zaradi komutatorja in ščetk. Zaradi iskrenja, ki izvira iz ščetk in komutatorja, taki motorji niso najbolj primerni za okolja z eksplozivno atmosfero.

DELOVANJE ENOSMERNEGA MOTORJA

Motorji na enosmerni tok so namenjeni priključitvi na vir enosmerne napetosti. Enosmerna napetost je električna napetost, ki ima v nekem daljšem časovnem intervalu stalno smer in velikost. Proizvajalci enosmerne električne napetosti pa so, električne baterije, sončne celice, dinama, itd.

 Grafični prikaz časovne odvisnosti enosmerne napetosti, pravimo mu tudi časovni diagram, pa prikazuje slika.

Ko elektromotor priključimo na izvor električne napetosti, steče električni tok preko ščetk in segmentov kolektorja skozi navitji rotorja. Navitje statorja je lahko vezano zaporedno ali vzporedno z navitjem rotorja, njegova naloga pa je ustvariti močno magnetno polje, ki se bo zaključevalo preko rotorja. S tem se ustvari pojav sile na tokovodnik. Skozi tuljavo v rotorju teče električni tok in ta tuljava se nahaja v močnem magnetnem polju, ki ga povzroča stator. Na rotorsko tuljavo deluje tokovna sila:

F = B x I x l = (N)

Smer sile pa je določena s pravilom leve roke, kot kaže slika.

Tuljava ima svoj začetek in konec, nanjo bo deloval par sil, kot kaže slika. Tako se bo ustvaril vrtilni moment M, ki bo rotor zavrtel:

M = F x D/2 + F x D/2 = F x D

D … premer rotorja (m)

KOMUTACIJA

Ko tuljavica preide v nevtralno cono, se zamenjata lameli pod ščetkama in se spremeni tudi smer toka kar imenujemo komutacija, zato je smer sile in vrtilnega momenta nespremenjena. Slika prikazuje tri značilne trenutke prehoda lamel preko ščetke, ko nastopi komutacija. Najbolj kritična je seveda situacija b) ko prehaja ščetka iz ene lamele na drugo. Takrat se spreminja smer toka, kar povzroči iskrenje pod ščetkami, kar lahko povzroči uničenje kolektorja.

NAPETOSTNA ENAČBA ZA ENOSMERNI MOTOR

Pritisnjena napetost se porabi kot padec napetosti na ščetkah in za premagovanje inducirane napetosti v rotorju: U = E + $I\_{a}$ ⋅ $R\_{a}$+ $∆U\_{šč}$

kjer pomeni:

E - Inducirana napetost v rotorskem navitju (V)

ia x Ra - Padec napetosti v navitju rotorja – navitju armature (V)

 ∆Ušč - Padec napetosti na ščetkah (V)

Padec napetosti na ščetkah v območju normalnega delovanja stroja ni odvisen od velikosti bremenskega toka, ampak je približno konstanten. Odvisen je od vrste ščetk in znaša okoli 2 V. Ugotovimo, da je inducirana napetost pri motorju manjša od napetosti na sponkah. Razliko predstavlja padec napetosti v enosmernem stroju.

VRSTE VZBUJANJ ENOSMERNIH MOTORJEV

Enosmerni motorji se lahko med seboj po svojih obratovalnih lastnostih zelo razlikujejo, kar je odvisno od načina vzbujanja, s čimer ustvarjamo magnetno polje. Poznamo:

- tuje vzbujanje,

- vzporedno vzbujanje,

- zaporedno vzbujanje in

- mešano ali kombinirano vzbujanje.

 **Tuje vzbujanje** ima motor takrat, kadar vzbujalno navitje priključimo na poseben vir enosmerne napetosti. Vzbujalni tokokrog je popolnoma ločen od rotorskega. Tako je vzbujalni tok odvisen samo od vzbujalne napetosti in upornosti vzbujalnega kroga. Vir enosmerne napetosti je lahko enosmerni generator, akumulator ali kak drug enosmerni vir. Motor s takim vzbujanjem imenujemo tuje vzbujan enosmerni motor.

**Vzporedno vzbujanje**. Pri tej vrsti vzbujanja je vzbujalno navitje priključeno na sponki motorja – to je na ščetki, kamor je preko lamel priključeno tudi rotorsko navitje. Tako je napetost na sponkah stroja istočasno tudi napetost, ki poganja vzbujalni tok. Vzbujalni tok lahko preko nastavljivega ohmskega upora tudi spreminjamo. Motor s takim vzbujanjem imenujemo vzporedno vzbujan enosmerni motor.

**Zaporedno vzbujanje** Pri tej vrsti vzbujanja je vzbujalno navitje vezano zaporedno v rotorski tokokrog in je rotorski tok istočasno tudi vzbujalni tok. Rotorki tok določa breme in ga ne moremo spreminjati. Vzbujalni fluks je zato možno spreminjati samo s spreminjanjem števila ovojev vzbujalnega navitja ali s souporom, ki ga vežemo vzporedno z vzbujalnim navitjem. Motor s takim vzbujanjem imenujemo zaporedno vzbujan enosmerni motor.

**Mešano ali kombinirano vzbujanje**. Posebnost takega motorja je, da lahko kombiniramo tuje in vzporedno ter vzporedno in zaporedno vzbujanje. Možno je kombinirati celo vse tri načine. Najpogostejša varianta je vzporedno ali zaporedno vzbujanje. Motor s takim vzbujanjem imenujemo mešano vzbujan ali kompaudiran enosmerni motor.

ZAGON ENOSMERNIH MOTORJEV

Pri kolektorskem stroju se pojavijo težave pri zagonu, če gre za stroj večjih moči. Posledica je velik zagonski kratkostični tok, ki lahko doseže tudi do 50 kratno vrednost nazivnega toka. Rotorski kratkostični tok je odvisen samo od upornosti rotorskega navitja in priključne napetosti, ni pa odvisen od obratovalnega stanja stroja (prazen tek ali obremenitev). Preveliki zagonski tokovi imajo določene negativne posledice:

* močno segrevanje rotorskih navitij,
* povzroča ogromen zagonski moment, zaradi katerega so ležaji mehansko preobremenjeni,
* pojavi se nedopusten padec napetosti v omrežju,
* močno škoduje kolektorju.

 Logična ugotovitev je, da je potrebno motorjem večjih moči omejevati zagonski tok. Rešitve so naslednje:

* znižanje priključne napetosti,
* vključevanje ohmskega upora v rotorski tokokrog z več stopnjami.

REGULACIJA ŠTEVILA VRTLJAJEV ENOSMERNIH MOTORJEV

Mnogo je primerov pogonov izvedenih z enosmernimi motorji, ko nastopi potreba po regulaciji števila vrtljajev, pa lahko to izvedemo na naslednje načine:

* s spremembo priključne napetosti na sponkah motorja (U),
* s spremembo padca napetosti (∆U),
* s spremembo vzbujalnega fluksa (Φgl).

**Regulacija s spremembo priključne napetosti na sponkah motorja.** Ta način reguliranja vrtljajev je zelo ugoden, saj lahko vrtljaje spreminjamo od nič pa do nazivnih vrtljajev. Potrebujemo vir enosmerne napetosti, ki je lahko enosmerni generator. Če večamo priključno napetost od nič do nazivne vrednosti, se bodo tako spreminjali tudi vrtljaji,.

**REGULACIJA S SPREMEMBO PADCA NAPETOSTI**. Padec napetosti v rotorskem tokokrogu dosežemo tako, da v rotorski tokokrog vključimo ohmski upor. Na uporu nastane padec napetosti in je napetost na rotorskem navitju manjša od pritisnjene. Tako je manjše tudi število vrtlajev.

**Regulacija s spremembo vzbujalnega fluksa**. na ta način reguliramo vrtljaje tako, da vzbujalni fluks zmanjšujemo. Pri tuje vzbujanih, vzporedno vzbujanih in kompaudiranih motorjih večamo upornost vzbujalnega tokokroga in tako zmanjšujemo fluks. Pri ostalih motorjih pa priključimo upor paralelno z vzbujalnim navitjem.

ZAVIRANJE Z ENOSMERNIMI MOTORJI

V nekaterih motornih pogonih morajo enosmerni motorji tudi zavirati (spuščanje bremena, vožnja navzdol …). Poznamo tri načine zaviranja:

- generatorsko zaviranje,

 - uporovno zaviranje in

 - protitočno zaviranje.

**Generatorsko zaviranje.** Če se število vrtljajev enosmernega motorja toliko poveča, da postane inducirana napetost večja od pritisnjene, dela enosmerni stroj kot generator. Tako pretvarja mehansko energijo v električno in pri tem zavira. Zavorni moment je tem večji, čim večji je tok oziroma čim večje je število vrtljajev.

**Uporovno zaviranje** Pri uporovnem zaviranju odklopimo stroj iz omrežja, na njegovi sponki priključimo ohmski upor, vzbujalno navitje pa na tuji vir. V tem primeru dela stroj kot tuje vzbujan generator. Tak generator pretvarja mehansko energijo v električno, ta pa se porabi za segrevanje stroja in pri tem zavira.

**Protitočno zaviranje** To zaviranje nastane, kadar žene breme rotor v nasprotno smer, kot je določeno z vezavo navitja. V taki situaciji moramo v rotorski tokokrog vključiti dodaten ohmski upor, pri čemer moramo paziti, da motor ne pride v kratek stik. Tak primer bi nastal, če bi vzbujalno navitje odklopili, motor pa bi ostal priključen na električno omrežje.

Enosmerne motorje brez ščetk najpogosteje zasledimo pod imenom “brushless motorji” BLDC, tak motor pogosto imenujejo tudi motor z elektronsko komutacijo.

Dejansko gre tukaj za obrnjeni enosmerni motor s ščetkami, čigar delovanje je v marsičem enako delovanju enosmernega motorja s ščetkami. Na rotor so pritrjeni permanentni magneti, na statorju pa imamo večfazna navitja, skozi katera teče tok, ki povzroča vrtljivo magnetno polje. Statorska navitja so priključena na krmilno elektroniko, ki izvaja elektronsko komutacijo. Takšna konstrukcija v primerjavi z enosmernimi motorji s ščetkami pomeni boljše odvajanje toplote (hlajenje) in manjši vztrajnostni moment motorja. Pole rotorja s permanentnimi magneti (rdeča barva predstavlja severni, zelena pa južni magnetni pol) privlačijo nasprotni poli statorja, kar povzroči navor. Navitja so napajana po vzorcu, ki omogoča vrtenje polja okoli osi statorja. Statorski poli privlačijo pole rotorja, do preklopa pride v trenutku, ko se pola poravnata.

Pri komutaciji ne pride do iskrenja, kar je ena od prednosti tega motorja pred motorjem s ščetkami.

Slabe lastnosti enosmernega motorja brez ščetk so:

* potrebna je dodatna elektronska oprema
* pogon je kompleksnejši

Še posebno se je enosmerni motor brez ščetk uveljavil v osebnih računalnikih pa tudi v robotiki avtomobilski industriji, gospodinskih aparatih, ročnih orodjih …

 *vzbujati električno napetost s spreminjanjem magnetnega pretoka:*inducirati napetost v tuljavi

.