

MAŠINE

JEDNOSMERNE STRUJE

Osnovi elektroenergetike

Dr Ivana Vlajić-Naumovska

Sadržaj

- Uopšteno o mašinama jednosmerne struje
- Osnovni delovi
- Namotaji indukta
- Namotaji pobude
- Osnovne jednačine
- Reakcija indukta
- Komutacija
- Pokretanje motora jednosmerne struje
- Regulisanje brzine obrtanja nezavisno pobuđenog motora
- Vard-Leonardova grupa

Mašine jednosmerne struje

- Mašine jednosmerne struje (jednosmerne mašine) su zbog svojih veoma dobrih funkcionalnih karakteristika nekada predstavljale često rešenje u električnim postrojenjima i pogonima.
- Zbog veće cene, složenijeg i skupljeg održavanja, manje pouzdanosti i kraćeg veka trajanja, danas se motor jednosmerne struje sve više potiskuje od strane jeftinijih, jednostavnih i robustnih električnih motora za naizmeničnu struju upravljanih mikroprocesorima i napajanih energetsom elektronikom.
- Generatori jednosmerne struje su praktično potisnuti poluprovodničkim ispravljačima.
- Međutim, generator jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom, zbog svojih veoma dobrih karakteristika se često koristi (npr. kao kočnica u laboratorijama za ispitivanje električnih mašina).

Mašine jednosmerne struje



Slika 1 Motor jednosmerne struje

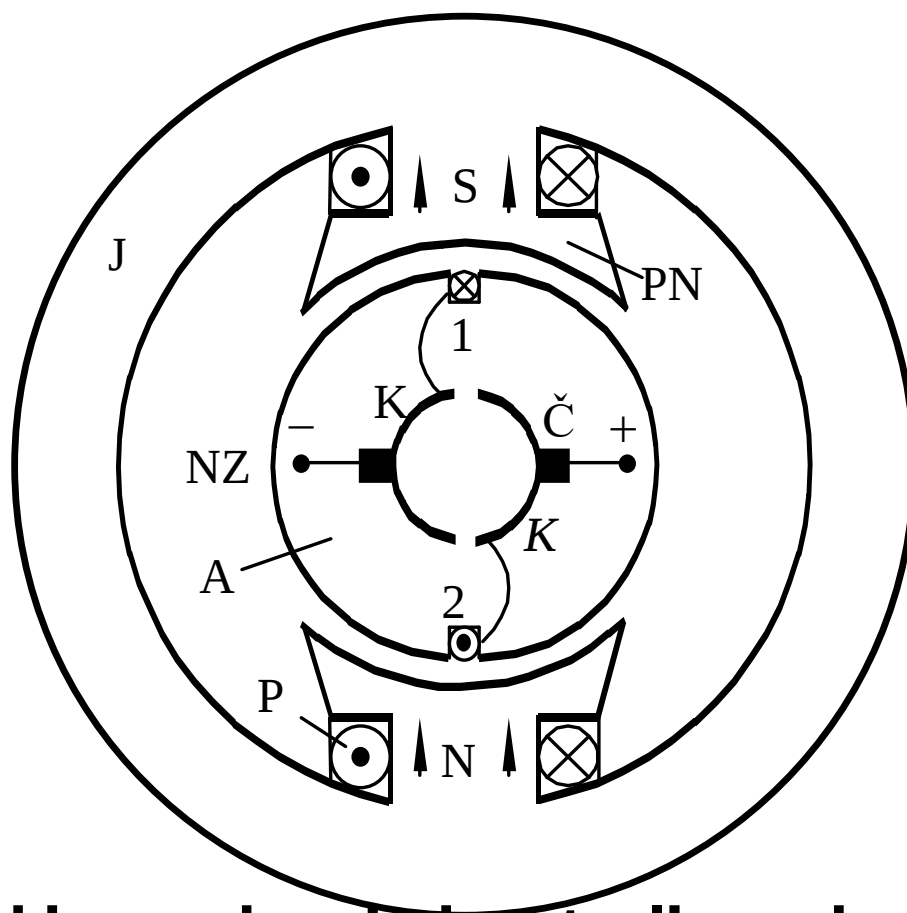
Osnovni delovi

- Osnovni elementi mašine su mirujući deo (stator) i obrtni deo (rotor).
- Između mirujućeg i obrtnog dela nalazi se međugvožđe (vazdušni procep, zazor).
- Magnetsko kolo ima rotacionu simetriju.
- Stator je načinjen od jarma u obliku šupljeg valjka od masivnog gvožđa, na čijoj su unutrašnjoj periferiji pričvršćena $2p$ istaknuta pola složenih od feromagnetskih limova. Na polovima statora je smešten koncentrisan pobudni namotaj (induktor), povezan između polova na određeni način i izveden na dva priključna kraja.
- Rotor je cilindričnog oblika i sastavljen od tankih feromagnetskih limova i ravnomerno je ožljebljen po svom obimu. Paket limova rotora čvrsto je spojen sa vratilom mašine. Namotaj na rotoru (indukt, armatura) je raspodeljen, smešten u žlebovima i zatvoren sam sa sobom.

Osnovni delovi

- *Komutator* (kolektor) je sastavljen od bakarnih segmenata (kriški) koji su izolovani međusobno i u odnosu na masu.
- Postavljen je sa jedne strane rotora i obrće se zajedno sa njim. Na površinu komutatora naleže izvestan broj *dirki* (četkica), koje su smeštene na simetrali među polovima, u "*neutralnoj zoni*" i nepomične (mehanički učvršćene za stator) i spojene na dva priključna kraja na statoru.
- Segmenti komutatora su u električnoj vezi sa namotajem indukta, svaki segment indukta spojen je sa istim tolikim brojem tačaka namotaja indukta.

Osnovni delovi



Slika 2 Šematski presek pojednostavljene dvopolne mašine jednosmerne struje (oznake odgovaraju generatorskom režimu rada) – J - jaram, S i N glavni polovi, P- pobudni namotaj, PN- polni nastavci, A- indukt, K- komutator (kolektor), Č- četkice, NZ- neutralna zona (osa), 1 i 2 - pojednostavljeni namotaj rotora

Princip rada

- Princip rada mašine za jednosmernu struju pojednostavljeno ćemo objasniti na primeru generatora.
- Kada se kroz provodnike namotaja statora pusti jednosmerna struja, ona će stvoriti stalno magnetsko polje pobude, F , odgovarajućeg polariteta, vezanog za smer struje.
- Ovo polje je periodično, sa periodom jednakom dužini dvostrukog polnog koraka, i funkcija je samo prostorne koordinate (položaja na obimu mašine).
- Kada se pomoću neke pogonske mašine rotor obrće konstantnom brzinom, n , u njegovim provodnicima će se usled presecanja magnetnog fluksa indukovati odgovarajuća elektromotorna sila, po zakonu $e=B/v$.
- Budući da je u prethodnoj jednačini samo magnetna indukcija promenljiva, oblik ems će biti isti kao i oblik magnetskog polja (indukcije B).

Princip rada

- U pojedinim provodnicima koje sačinjavaju navojak, *ems* će biti suprotne i sabiraće se, pošto su oni vezani na red.
- Kada je navojak u položaju da je kroz njega fluks maksimalan, prema jednačini $e = -d\Phi / dt$, u njemu će indukovana *ems* biti jednaka nuli, i taj položaj nazivamo neutralnom zonom (horizontalni položaj navojka na slici).
- Međutim, zahvaljujući delovanju kolektora, polaritet *ems*, pa prema tome i struje, u odnosu na spoljašnje kolo, neće se menjati jer, uz nepromenjeni smisao obrtanja, dirke su uvek istog polariteta jer su preko kolektora povezane sa provodnicima koji prolaze ispod istog magnetnog pola.
- Prema tome, pomoću kolektora se naizmenične struje u provodnicima "ispravljaju", što ima za posledicu jednosmernu struju u spoljnjem električnom kolu.

Namotaji indukta

- Namotaj indukta nalazi se na rotoru, a po tipu je obično valjkasti (dobošasti, bubnjasti, cilindrični). Nekada se namotaj izvodio u obliku prstena, ali ovo rešenje je napušteno jer je zbog potrebe za ručnim motanjem vreme izrade bilo veliko, a i potrošnja bakra je bila veća jer provodnici na unutrašnjem delu prstena nisu aktivni i ne učestvuju u stvaranju ems.
- Spajanje provodnika u navojak se vrši tako da indukovana ems u navojku bude maksimalna, tj. tako da navojak obuhvata sav fluks po polu. Više navojaka vezanih na red postavljenih u dva žleba, i to u gornjem sloju jednog žleba i donjem sloju drugog žleba, naziva se navojni deo (sekcija).
- Prema načinu vezivanja provodnika u navojne delove valjkasti namotaj možemo da podelimo uglavnom na četiri vrste: prost omčasti namotaj, složeni omčasti namotaj, prost valoviti namotaj i složen valoviti namotaj.

Namotaji pobude

- Prema načinu spajanja namotaja pobude u odnosu na namotaj indukta, razlikujemo sledeće osnovne vrste pobude:
 - *nezavisna pobuda*, kod koje je namotaj pobude spojen na poseban spoljni izvor napona, koji je potpuno nezavisan od prilika u mašini. Pobudni namotaj je dimenzionisan prema tom spoljnjem naponu. Vrednost pobudne struje može se podešavati, nezavisno od mašine, ako u strujnom kolu pobude postoji promenljivi otpornik. Ovo je danas najčešće rešenje, a jednosmerni pobudni napon se dobija iz naizmenične trofazne mreže, preko ispravljača.
 - *otočna (paralelna) pobuda*, kod koje je pobudni namotaj spojen paralelno na namotaj indukta. Pobudna struja kreće se u granicama 1 do 5% struje indukta, pri čemu se manja vrednost odnosi na mašine većih snaga. Za postizavanje potrebne magnetopobudne sile, pošto je struja magnećenja mala, potrebno je da paralelni namotaj ima veliki broj navojaka. Otpor paralelnog namota je velik.

Namotaji pobude

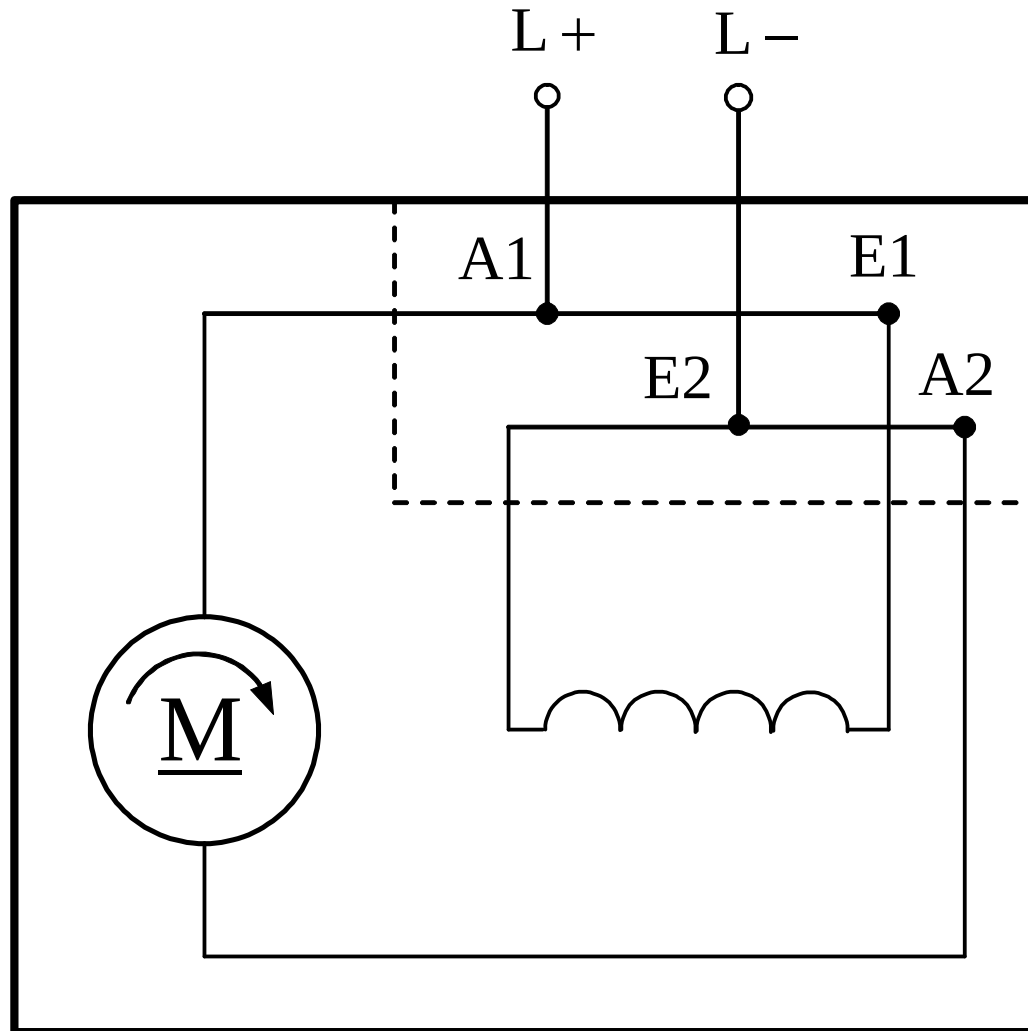
- *redna (serijska) pobuda*, kod koje je pobudni namotaj spojen na red sa namotom indukta. Za dimenzionisanje namotaja merodavna je struja indukta. Za postizanje odgovarajuće magnetopobudne sile, pošto je struja velika, broj navojaka namotaja redne pobude ne mora biti velik. Teži se da otpor rednog namotaja bude što manji, kako bi pad napona na njemu bio što manji.
- *složena pobuda*, gde pored glavnog, nezavisnog ili paralelnog, postoji i pomoćni, redni pobudni namotaj. Učešće pojedine pobude u ukupnoj *mps* uslovljava *spoljna karakteristika mašine*, tj. zahtevana zavisnost napona na priključcima od struje opterećenja za generator, odnosno brzine obrtanja o razvijenom momentu (za motore). U zavisnosti od toga da li su glavni i pomoćni pobudni namotaj izvedeni tako da im se fluksevi potpomažu ili suprotstavljaju, razlikujemo aditivnu, odnosno diferencijalnu, složenu pobudu.

Namotaji pobude

namotaj	nova oznaka	stara oznaka
indukt	A1, A2	A, B
pomoćni polovi	B1, B2	G, H
kompensacija	C1, C2	G, H
redna pobuda	D1, D2	E, F
paralelna pobuda	E1, E2	C, D
nezavisna pobuda	F1, F2	I, K

Tabela 1 Oznake krajeva namotaja mašina jednosmerne struje

Namotaji pobude



Slika 3 Motor sa otočnom pobudom

Osnovne jednačine

- Osnovne jednačine koje opisuju električne i mehaničke veličine kod električnih mašina jednosmerne struje su:

- *indukovani napon u namotaju indukta*

$$E = k_E \Phi n ,$$

- *elektromagnetni momenat motora*

$$M = k_M \Phi I_a ,$$

gde je I_a struja indukta,

- *napon na priključcima jednosmerne mašine*

$$U = E \pm R_a I_a ,$$

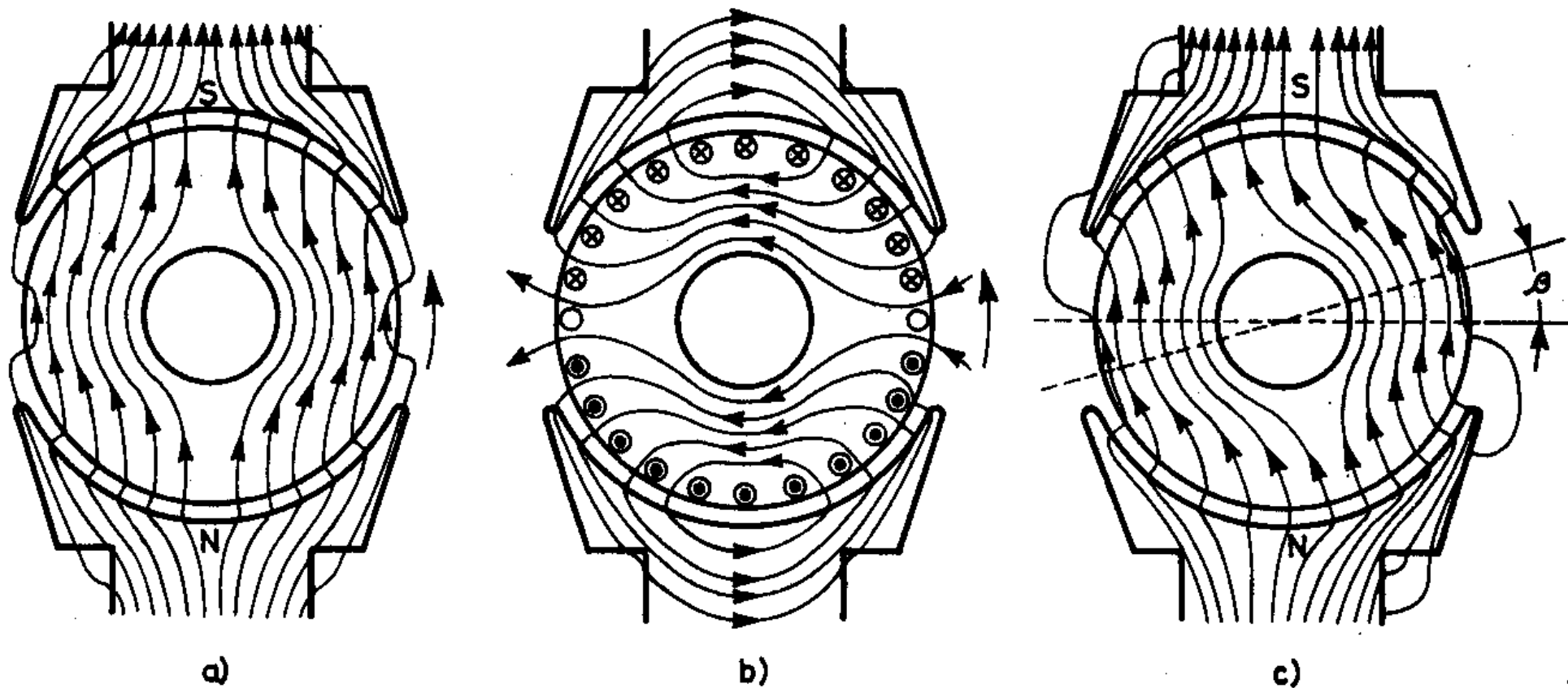
Osnovne jednačine

- Predznak "+" odnosi na motore, a "-" na generatore, dok je R_a ukupni otpor indukta, koji obuhvata galvanski otpor svih namotaja koji su redno priključeni na indukt i prelazni otpor na komutatoru,
- *brzina obrtanja, koja sledi iz gornjih jednačina:*
$$n = \frac{E}{k_E \Phi} = \frac{U \pm R_a I_a}{k_E \Phi},$$
- gde se predznak "-" odnosi na motore, a predznak "+" na generatore.

Reakcija indukta

- U praznom hodu u mašini postoji samo magnetsko polje pobude, dok pri opterećenju, usled struje indukta ("reakcije indukta"), javlja se i magnetsko polje indukta.
- M_{ps} indukta je poprečno postavljena u odnosu na m_{ps} induktora. Talas m_{ps} pobude ima oblik pravougaonika, dok je talas m_{ps} linearna funkcija obima indukta i ima oblik trougla. Reakcija indukta utiče kako na prostornu raspodelu fluksa u vazдушnom zazoru tako i na veličinu resultantog fluksa po polu.
- Rezultanta raspodela fluksa je karakterisana povećanjem fluksa pod jednim krajem polnog nastavka i smanjenjem pod drugim krajem.
- Zbog zasićenja, ovo povećanje fluksa je manje od smanjenja, tako da se rezultatni fluks zbog reakcije indukta ipak smanjuje.

Reakcija indukta



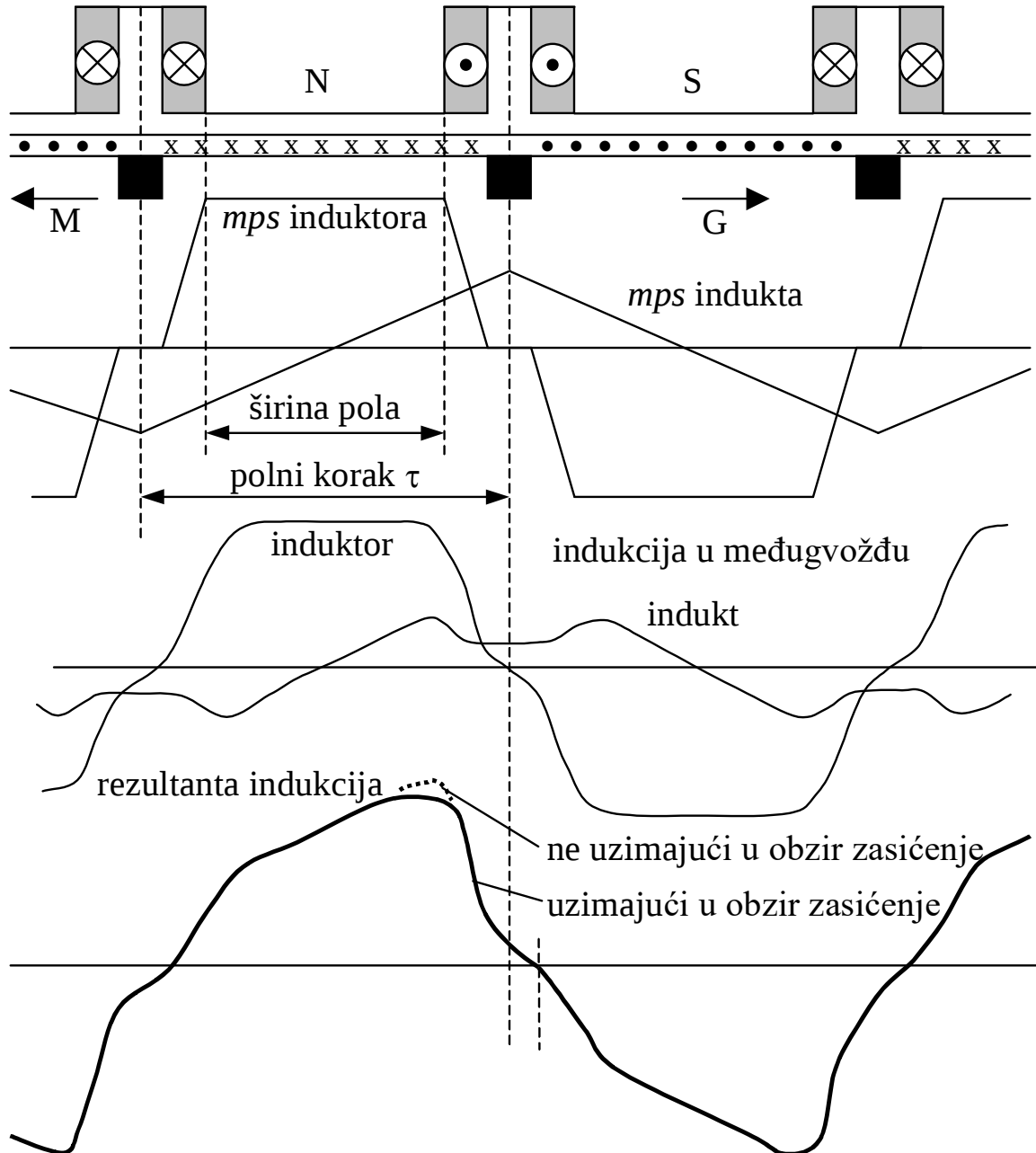
Slika 4 Reakcija indukta

a) polje pobude b) reakcija indukta c) resultantno polje

Reakcija indukta

- Nepovoljne posledice koje prate reakciju indukta, a vezane su za izobličenje resultantnog fluksa su:
- gubitak na elektromotornoj sili usled smanjenja resultantnog fluksa,
- lošija komutacija (funkcionisanje komutatora) usled pomeraja neutralne ose (zone). Navojni deo se prilikom komutacije još uvek nalazi u položaju u kojem ga zahvata jedan deo resultantnog, deformisanog, magnetskog polja. Do promene smeru struje dolazi u nepovoljnom naponskom stanju navojnog dela, što za posledicu ima lošu komutaciju (varničenje).
- povećanje maksimalne indukcije izaziva veće gubitke u gvožđu i povećanje napona među susednim lamelama komutatora. U provodnicima indukta su naizmenične struje, a u gvožđu indukta se prostire naizmenično magnetsko polje. Gubici u gvožđu zavise, pored ostalog, i od kvadrata maksimalne indukcije (B^2). Indukovana *ems* između dve susedne lamele je linearno proporcionalna sa maksimalnom indukcijom. Dozvoljena maksimalna vrednost ove *ems* zavisi od otpora navojnog dela i kod mašina srednjih snaga iznosi oko 35V. Ako vrednost *ems* pređe dozvoljenu maksimalnu vrednost, može doći između dve susedne lamele do preskoka varnice, odnosno uspostavljanja malog luka zbog gorenja ugljene prašine.

Reakcija indukta



**Slika 5 Reakcija indukta
– oblik resultantnog
magnetskog polja**

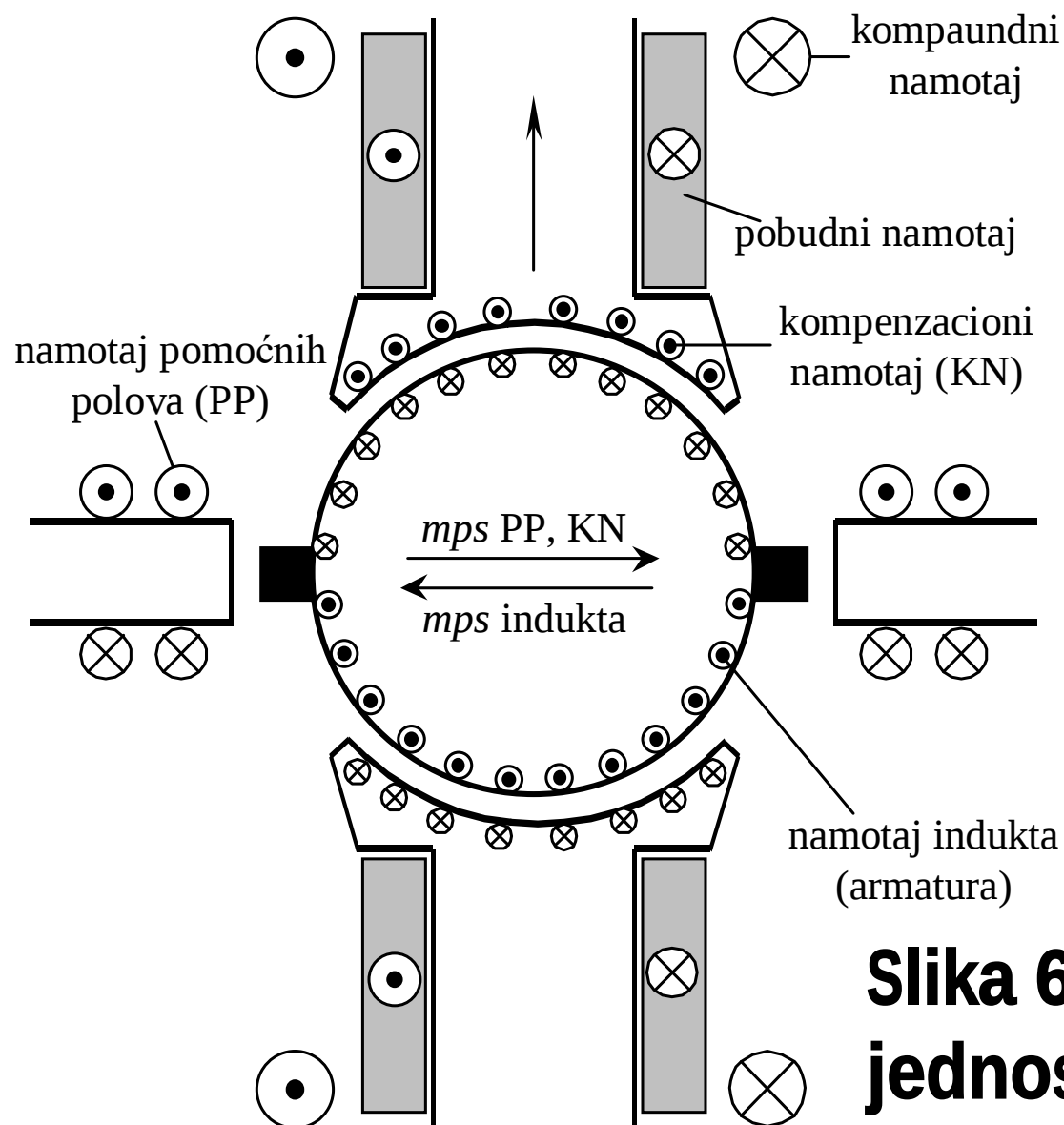
Reakcija indukta

- *Mere* koje su preduzimaju u cilju suzbijanja ovih nepovoljnih posledica su:
 - ✓ pomeranje dirki u stvarnu neutralnu zonu. Ovo je najstarija i praktično napuštena metoda. Pomoću posebne poluge se celi nosač dirki stavlja u stvarni položaj neutralne zone.
 - ✓ uvođenje dodatnih namotaja čija *mps* ima zadatak da poništi delovanje reakcije indukta. Za poništenje reakcije indukta u prostoru ispod glavnog pola se upotrebljavaju *kompaundni* i *kompensacioni* namotaj.
- *Kompaundni namotaj* je najjednostavnije i najjeftinije rešenje, ali koje deluje samo na izbegavanje gubitaka u indukovanoj *ems*. Sastoji se od nekoliko navojaka žice velikog preseka namotanih oko glavnih magnetskih polova. Kroz taj namotaj puštamo struju indukta u istom smeru kao i struju pobudnog namotaja.

Reakcija indukta

- *Kompenzacioni namotaj* je najbolje, ali najskuplje rešenje. Smešten je u žlebove na polnim nastavcima statora, kroz provodnike se pušta struja indukta, ali tako da je smer struja suprotan.
- Za poništenje reakcije indukta u prostoru između glavnih polova upotrebljava se *namotaj pomoćnih polova*, koji je fizički smešten na simetrali između glavnih polova.
- Glavna funkcija namotaja pomoćnih polova je poboljšanje komutacije.
- *Mps* kompenzacionog namotaja mora biti jednaka i suprotna *mps* indukta, dok kod namotaja pomoćnih polova *mps* mora biti takva da prvo poništi *mps* indukta, a zatim da stvori jedno suprotno polje radi poboljšanja komutacije.

Reakcija indukta



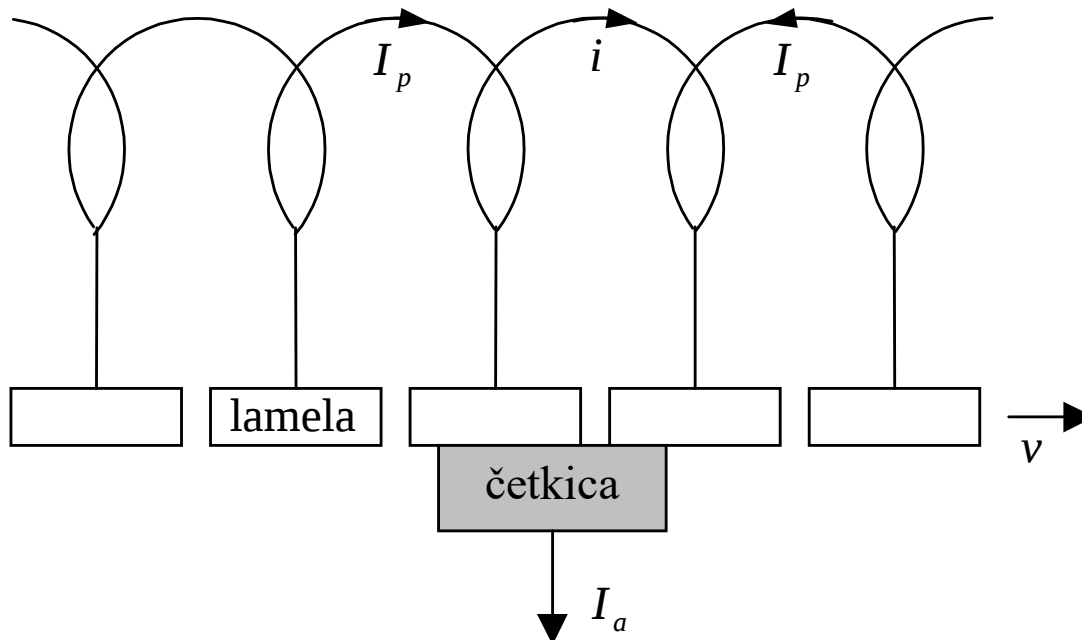
Slika 6 Namotaji mašine jednosmerne struje

Komutacija

- Pod komutacijom podrazumevamo proces promene smera *ems*, odnosno struje prilikom prolaska navojka ili navojnog dela kroz neutralnu osu.
- Za vreme trajanja komutacije, T_k , dirke kratko spajaju navojak ili navojni deo. Vreme za koje je struja konstantna označimo sa T_i .
- Struja provodnika (grane) sa vrednosti $+I_p$ prvo pada na vrednost nula, a zatim raste u suprotnom smeru do vrednosti $-I_p$.
- Kvalitet komutacije ocenjuje se prema njenim posledicama, koje se manifestuju u pojavama varničenja između komutatora i dirki. Loša komutacija se ogleda u znatnom iskrenju kod naznačenog opterećenja ili kod manjih preopterećenja.
- Komutacija bez varničenja je neophodan uslov sigurnog i dugog rada mašine jednosmerne struje.

Komutacija

- Uzroci loše komutacije mogu biti mehanički (neokruglost i istrošenost komutatora, vibracije komutatora, površinsko oštećenje dirki i komutatora, loše vođenje četkica u držačima, neispavan pritisak ili smer pritiska na četkice itd.) i električki (uticaj otpora i *ems* usled samo i međuinuktivnosti). U električnom pogledu, na komutaciju najviše utiče otpor četkica, položaj četkica u odnosu na neutralnu osu i delovanje pomoćnih polova.

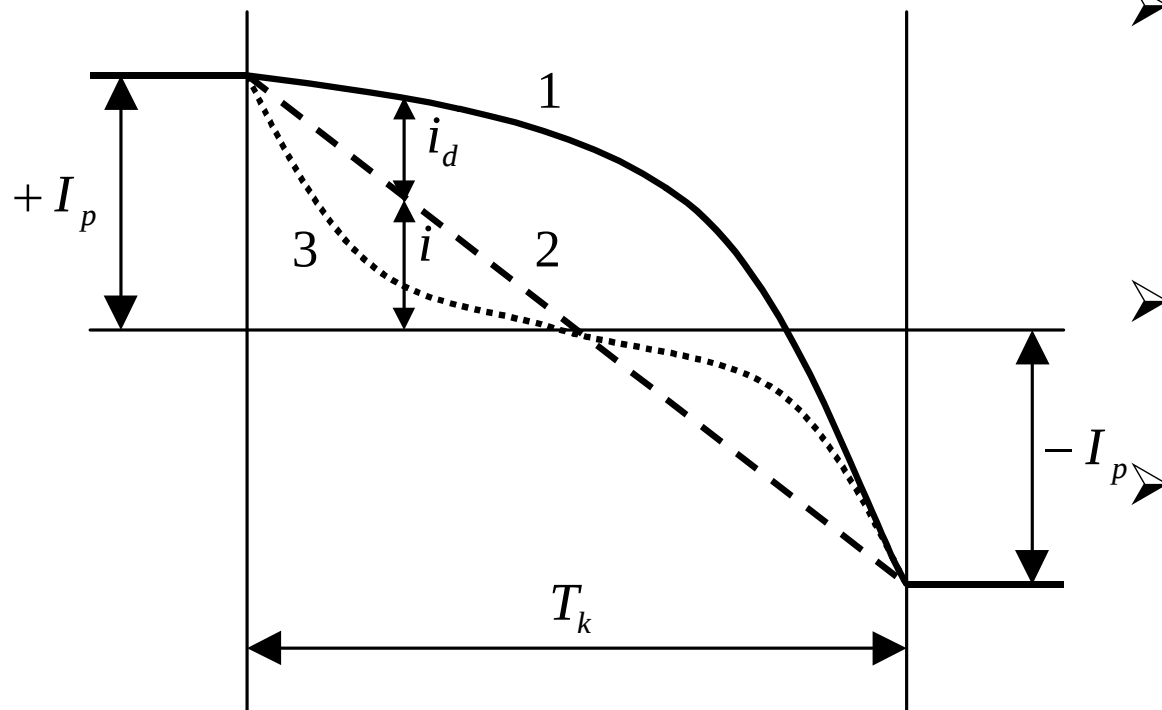


Slika 7 Navojni deo u komutaciji

Komutacija

- Veličine koje utiču na oblik krive komutacije su sledeće:
- *otpori*
 - prelazni otpor četkica,
 - otpor kratkospojenog navojnog dela koji komutira,
 - otpor spojnih vodova (veza) između navojnog dela i lamele komutatora.
- *ems*
 - spoljnjeg kola, e_k , koji se u navojnom delu indukuje kada četkica ne stoji strogo u liniji neutralne ose,
 - usled samoinduktivnosti navojnog dela e_L i
 - usled međuinduktivnosti, e_M , koja se javlja ako širina četkice premašuje širinu komutatorske lamele $b_{\check{c}} > b_l$ i ako se komutacija dešava u više navojnih delova.

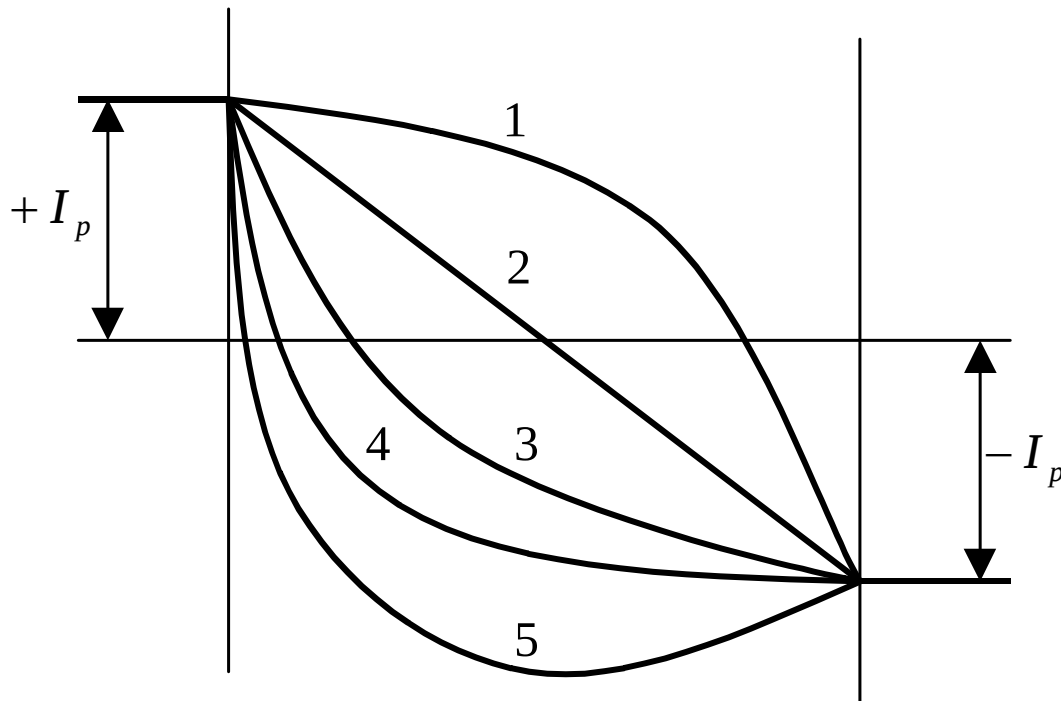
Komutacija



Slika 8 Krive komutacije uz određene vrednosti uticajnih veličina

- Slika 8 prikazuje oblike krivih komutacije za sledeće slučajeve:
 - crtkano – idealna otporna komutacija, uzet je u obzir samo prelazni otpor četkica, dok su ostale uticajne veličine zanemarene,
 - tačka-tačka otporna komutacija kod koje su uzeti u obzir svi otpori, a zanemaren uticaj *ems*,
 - puna linija – komutacija kod koje su uzeti u obzir i *ems* usled samoinduktivnosti e_L . Sa i_d je označena dodatna struja komutacije usled *ems*, koja se superponira na struju idealne otporne komutacije.

Komutacija



- Prvi uslov za dobru komutaciju je relativno veliki prelazni otpor četkica, u odnosu na otpor veza (dovoda) i navojnih delova, što se postiže upotrebom četkica od ugljena odnosno grafita.
- Poboljšanje komutacije na ovaj način je moguće samo kod mašina malih snaga, do 1kW.
- Za mašine većih snaga se primenjuju dodatna sredstva, pre svega pomoćni polovi.

Slika 9 Krive komutacije

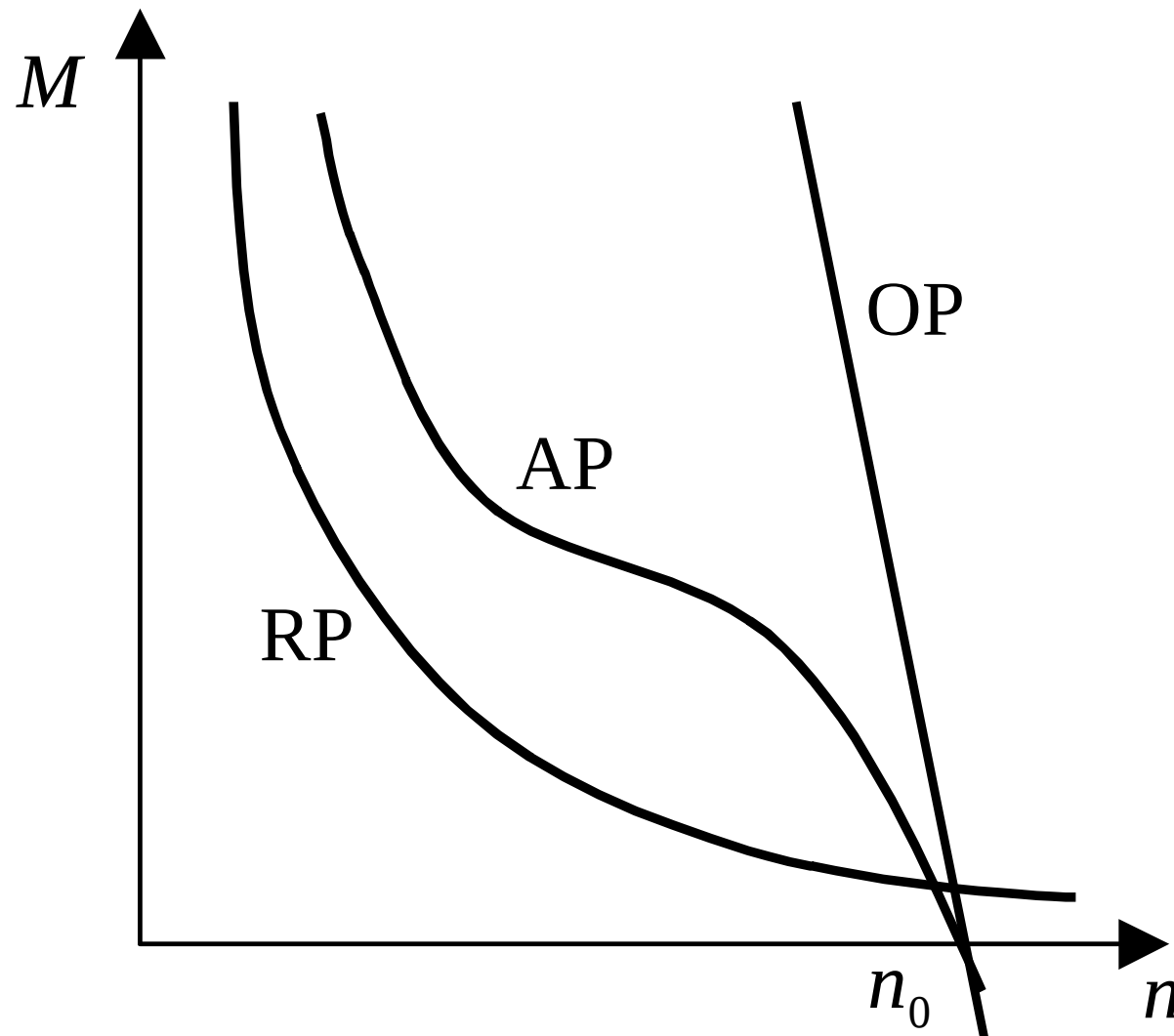
Komutacija

- Pomoćni polova imaju zadatak da suzbiju *ems* usled samoinduktivnosti e_L .
- Magnetsko polje pomoćnih polova izaziva u navojnom delu suprotnu *ems* u odnosu na e_L , pa je na taj način neutrališe.
- Pomoćni polovi moraju da budu pravilno dimenzionisani kako bi se dobila odgovarajuća komutacija.
- Slika 10, kriva 5 prikazuje komutaciju uz prejako delovanje pomoćnih polova.
- Jedna od mera za poboljšanje komutacije je i pomeranje dirki u stvarnu neutralnu osu.
- Problem vezan za komutaciju, odnosno postojanje sistema komutatora i dirki, usložnjava održavanje mašina za jednosmernu struju i isključuje ih u područjima primene sa zapaljivom i eksplozivnom okolinom.

Karakteristike momenta motora

- Karakteristike momenta (mehaničke karakteristike) predstavljaju zavisnost momenta od brzine obrtanja, $M=f(n)$. Kod motora jednosmerne struje njih prvenstveno određuje sistem pobude, i one mogu biti:
 - "tvrde" kod kojih se brzina obrtanja vrlo malo menja sa promenom momenta opterećenja, koju srećemo kod otopčno (paralelno) pobuđenih motora, oznaka na slici OP,
 - "meke" kod kojih se značajno menja brzina obrtanja sa promenom momenta opterećenja, koju srećemo kod redno pobuđenih motora, oznaka na slici RP,
 - celo područje između ove dve karakteristike može da se ostvari primenom jednosmernih motora sa složenom aditivnom pobudom, oznaka na slici AP.

Karakteristike momenta motora



Slika 10 Karakteristike momenta motora jednosmerne struje

Pokretanje motora jednosmerne struje

- Da bi se smanjili udari struje i naprezanja u motoru pri pokretanju (startovanju), motor se priključuje na sniženi napon koji se može menjati otpornikom za pokretanje, upravljivim ispravljačima i neupravljivim ispravljačima sa regulacionim transformatorom.
- Otpornici za puštanje u pogon (zaštitni otpornici, pokretači) su višestepeni, kako bi se osigurala postepenost puštanja, odabrani tako da ograniče struju pokretanja npr. na dvostruku vrednost naznačene struje i dimenzionisani samo za kratkotrajni rad, ako nisu predviđeni i za regulaciju brzine obrtanja.

Regulisanje brzine obrtanja nezavisno pobuđenog motora

- Motor jednosmerne struje je mogućnost kontinualnog regulisanja brzine obrtanja u širokim granicama održala u konkurenciji sa naizmeničnim motorima kod pogona sa promenljivom brzinom obrtanja. Prema ranije navedenom izrazu,

$$n = \frac{E}{k_E \Phi} = \frac{U - R_a I_a}{k_E \Phi},$$

- brzinu obrtanja motora jednosmerne struje možemo vršiti na tri osnovna načina:
 - *promenom napona napajanja,*
 - *promenom magnetnog fluksa pobude, tj. struje pobude i*
 - *promenom otpora u kolu indukta.*

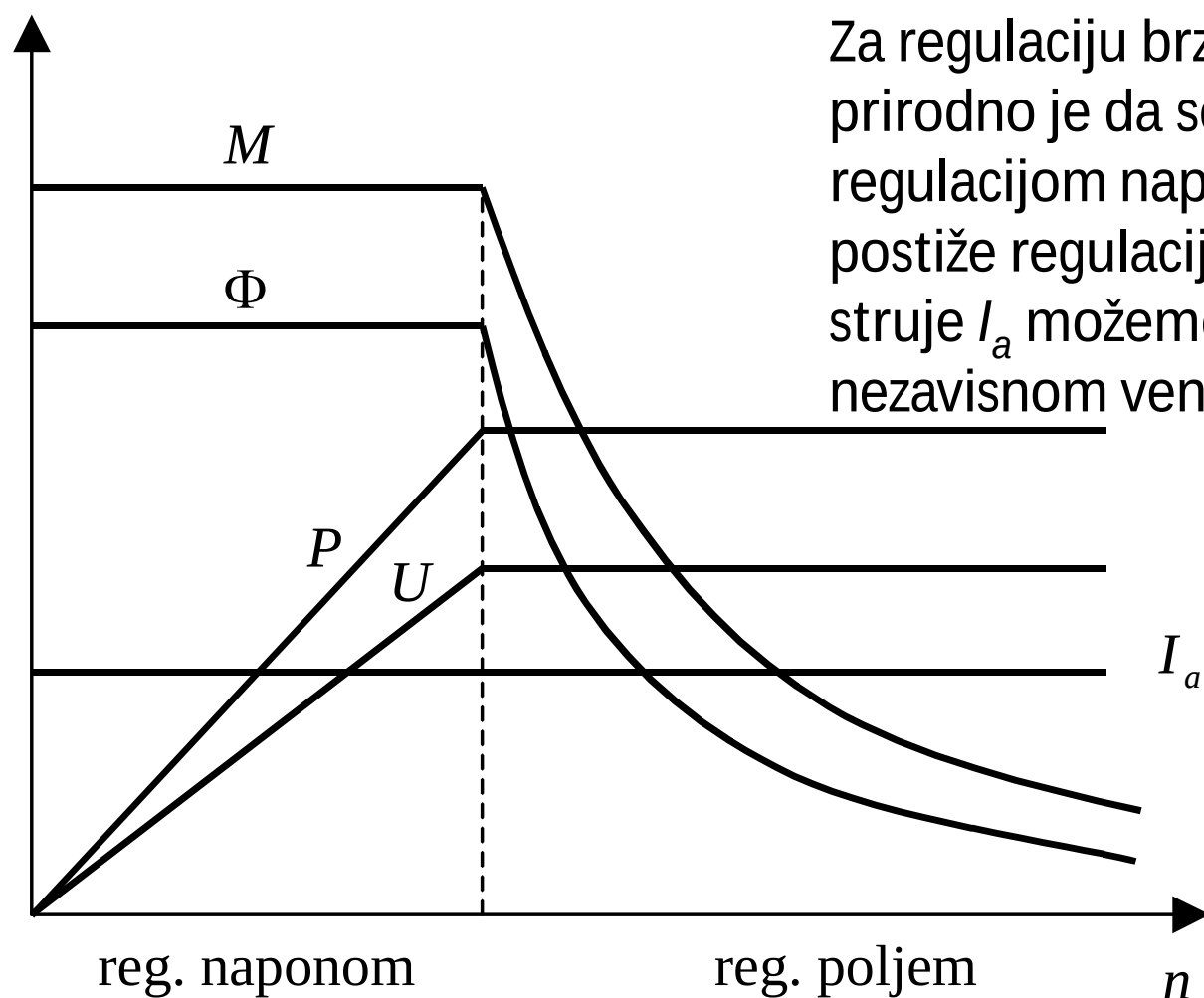
Regulisanje brzine obrtanja nezavisno pobuđenog motora

- *Regulacija naponom* je efikasna počevši od brzine obrtanja jednakoj nuli, pa do brzine koja odgovara naznačenom naponu motora, uz neku konstantnu, obično naznačenu pobudu.
- To je veliki opseg regulacije, i kod mašina sa nezavisnim hlađenjem, u odnosu na brzinu obrtanja, motor se u celom ovom opsegu može opteretiti konstantnom strujom, odnosno konstantnim momentom (uz konstantnu pobudu), tako da je snaga motora proporcionalna brzini obrtanja, odnosno približno proporcionalna sa naponom.
- Kod motora hlađenih ventilatorom, kod manjih brzina se mora smanjiti struja, odnosno momenat, da ne bi došlo do pregrevanja.

Regulisanje brzine obrtanja nezavisno pobuđenog motora

- *Regulacija poljem* se sprovodi tako da se priključeni napon drži na konstantnoj vrednosti, a magnetsko polje se smanjuje smanjenjem struje pobude.
- Opseg regulacije je otprilike 2:1 za motore normalne izvedbe, tj. sa regulacijom brzine se može ići do dvostruke vrednosti u odnosu na brzinu kod punog magnetnog fluksa.
- Daljnje smanjenje fluksa se ne praktikuje, jer bi rad motora mogao da postane nestabilan, te može lako da pobegne (eksplozija kolektora), nastupaju poteškoće kod komutacije, jer se smanjuje vreme komutacije T_k , a mora se voditi računa i o mehaničkim naprezanjima usled cetrifugalnih sila koja rastu sa kvadratom brzine obrtanja

Regulisanje brzine obrtanja nezavisno pobuđenog motora



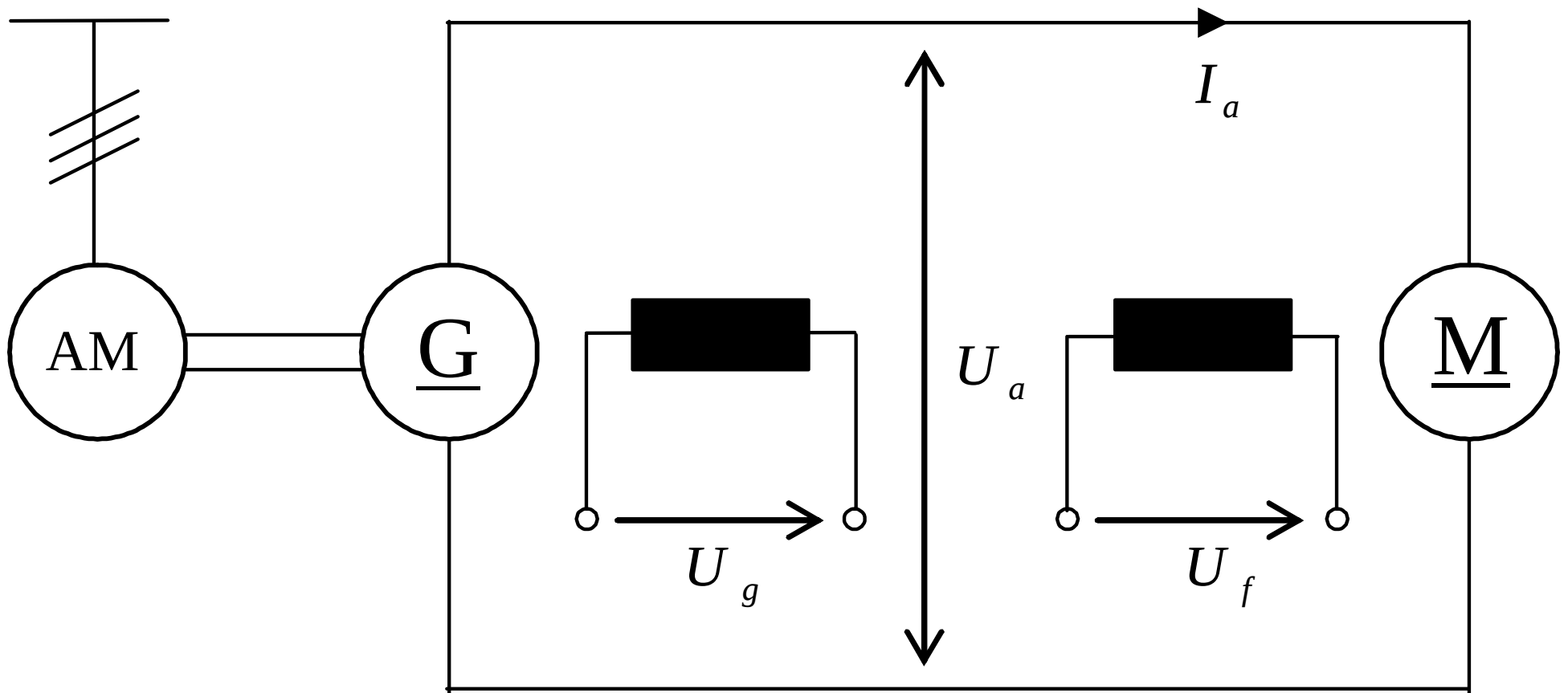
Za regulaciju brzine motora jednosmerne struje prirodno je da se konstantni momenat postiže regulacijom napona, dok se konstantna snaga postiže regulacijom poljem. Konstantnu vrednost struje I_a možemo da obezbedimo samo nezavisnom ventilacijom.

Slika 11 Princip regulacije brzine obrtanja

Vard-Leonardova grupa

- *Vard-Leonardova grupa* predstavlja klasičan način upravljanja motorom jednosmerne struje.
- Grupu mašina sačinjavaju asinhroni motor, koji pokreće generator jednosmerne struje koji, pak, napaja motor jednosmerne struje čijom brzinom obrtanja upravljamo.
- Pobudom generatora reguliše se napon motora, dok se menjanjem pobude motora sprovodi regulacija poljem.
- Danas je Vard-Leonardova grupa uglavnom potisnuta pogonom sa *tiristorskim konvertorom* umesto generatora sa asinhronim motorom.

Vard-Leonardova grupa



Slika 12 Vard-Leonardova grupa

Vard-Leonardova grupa

- Ako je za napajanje motora za jednosmernu struju na raspolaganju izvor jednosmerne struje (akumulatorska baterija ili neregulisani ispravljač) kontinualno podešavanje napona može se vršiti pretvaračem jednosmernog napona u jednosmerni (*čoper*).

Univerzalni motor

- Univerzalni motor je kolektorski motor koji se može priključiti i na jednosmerni i na naizmenični izvor napajanja.
- Zbog male cene, dobrih pogonskih karakteristika i jednostavnog održavanja, nalazi se u primeni u stotinama sitnih elektromotornih pogona, posebno u električnim aparatima u domaćinstvima.
- Ovde se koristi činjenica da se sa promenom polariteta priključenog napona (i na pobudnom namotaju i na četkicama) ne menja se smer obrtanja motora jednosmerne struje.
- Dakle, u principu se motor jednosmerne struje može priključiti na naizmeničnu (jednofaznu) mrežu i on će imati iste fizičke osobine kao i da je priključen na jednosmernu mrežu.
- Da bi tehnički iskoristili ovu mogućnost, potrebno je da celo magnetsko kolo (statora i rotora) bude napravljeno od tankih feromagnetskih limova.

Univerzalni motor

- Za sasvim male snage (ispod 0,5kW) izrađuju se, po pravilu dvopolni, redni motori bez pomoćnih polova (i bez kompenzacionog namotaja) za brzine obrtanja preko 10000 ob/min za ručne alate i druge ručne elektromotorne uređaje, oko 15000 ob/min i više za usisivače i miksera, te oko 30000 ob/min za mlinove za kafu.
- Važno je primeniti da su brzine obrtanja sa napajanjem jednosmernom strujom nešto veće nego sa napajanjem naizmeničnom.
- Karakteristika momenta im je ograničeno meka, tako da obično mogu da izdrže prazni hod.
- Na svakom polu imaju po jednu četkicu, koje u radu varniče plavičasto.
- Zbog varničenja i široke opšte upotrebe, univerzalni motori izazivaju radio i televizijske smetnje, koje se ograničavaju dogradnjom kondenzatora ili prigušnica.

Literatura

- M. Milanković, D. Perić, I. Vlajić-Naumovska, *“Osnovi elektroenergetike”*, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, 2016.