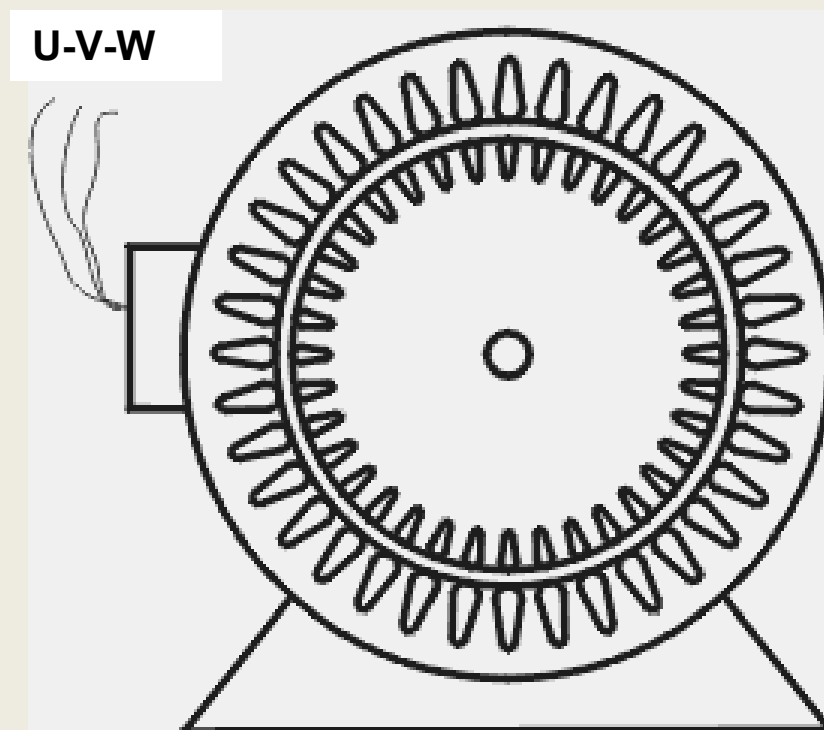




Visoka škola elektrotehike i računarstva
strukovnih studija 2015/2016
Specijalističke studije SNET

Monitoring i
Dijagnostika
Električnih
Mašina

MERENJE OTPORNOSTI NAMOTAJA ELEKTRIČNIH MAŠINA



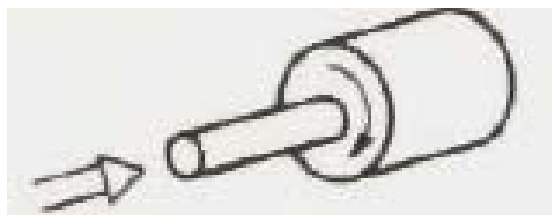
Predmetni profesor: Dr Željko Despotović, dipl.el.inž

UVOD

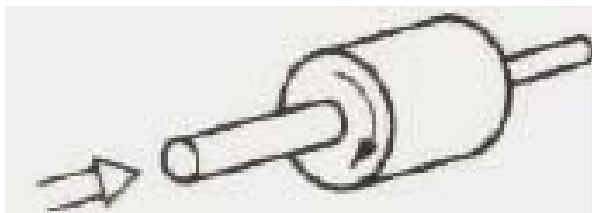
- Prilikom dijagnostike kvarova električnih mašina merenje otpora namotaja je od veoma velikog značaja
- Na osnovu ove izmerene vrednosti moguće je sa određenom tačnošću odrediti gubitke pri datoj struji ($P_{\gamma}=RI^2$)
- Vrlo često se merenjem otornosti namotaja određuje i temperatura zagrejanog namotaja
- Merenjem otpora između priključaka električne mašine je moguće doneti zaključke o greškama pri izradi, namotavanju ili čak o eventualnim kvarovima u namotaju (kratak spoj na delu namotaja ili između faza, prekidi u namotaju, nekorektni spojevi u namotaju i sl.)
- Poređenjem proračunskih i izmerenih vrednosti kontroliše se kako proračun tako i merenje ($R_p \approx R_m$)
- Iz ovih razloga dijagnostika započinje merenjem otpora namotaja, a cilj je dobiti otpornosti po fazi
- Ekvivalentna električna šema se odnosi na jednu fazu i na stacionarno (ustaljeno) stanje mašine.
- Veoma su bitni smerovi obrtanja i oznake priključnih krajeva
- Osnovne dispozicije i konstrukcije namotaja

OZNAKE PRIKLJUČAKA I SMEROVI OBRTANJA - konvencija

IEC 34-8 (smer obrtanja) , IEC 34-1 (priključci)
EN 60034-1



Vrsta osovine: jedna osovina
Smer pogleda: čeona strana kraja osovine
Smer obrtanja: udesno



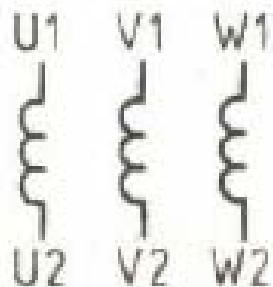
Vrsta osovine: dva nejednaka kraja osovine
Smer pogleda: čeona strana debljeg kraja osovine
Smer obrtanja: udesno



Vrsta osovine: dva jednaka kraja osovine
Smer pogleda: čeona strana kraja osovine koja ne
leži na strani komutatora ili kliznih prstenova
Smer obrtanja: udesno

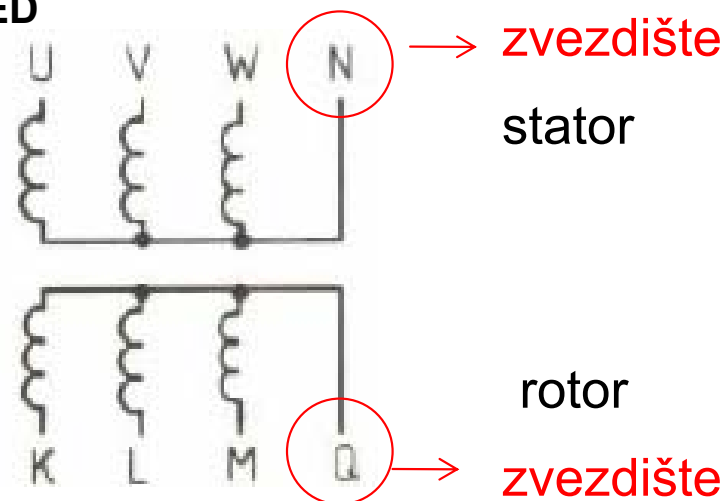
AC Mašine

- OBRTANJE UDESNO
- ABECEDNI REDOSLED SLOVA I VREMENSKI REDOSLED FAZA SE PODUDARAJU

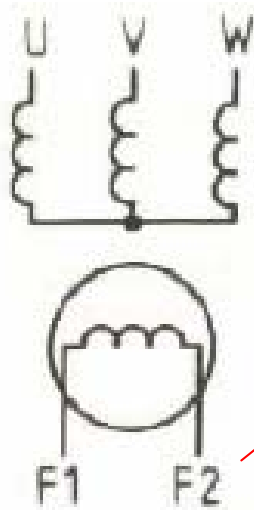


Početak namotaja - "1"
Kraj namotaja - "2"

namotaji trofazne asinhronne
mašine

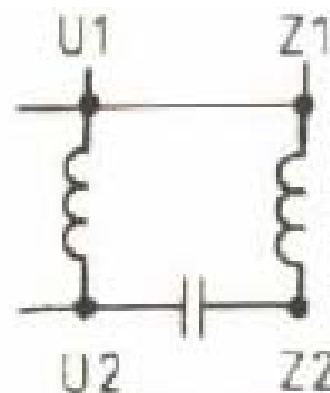


namotaj i trofazne asinhronne
mašine sa namotanim rotorom



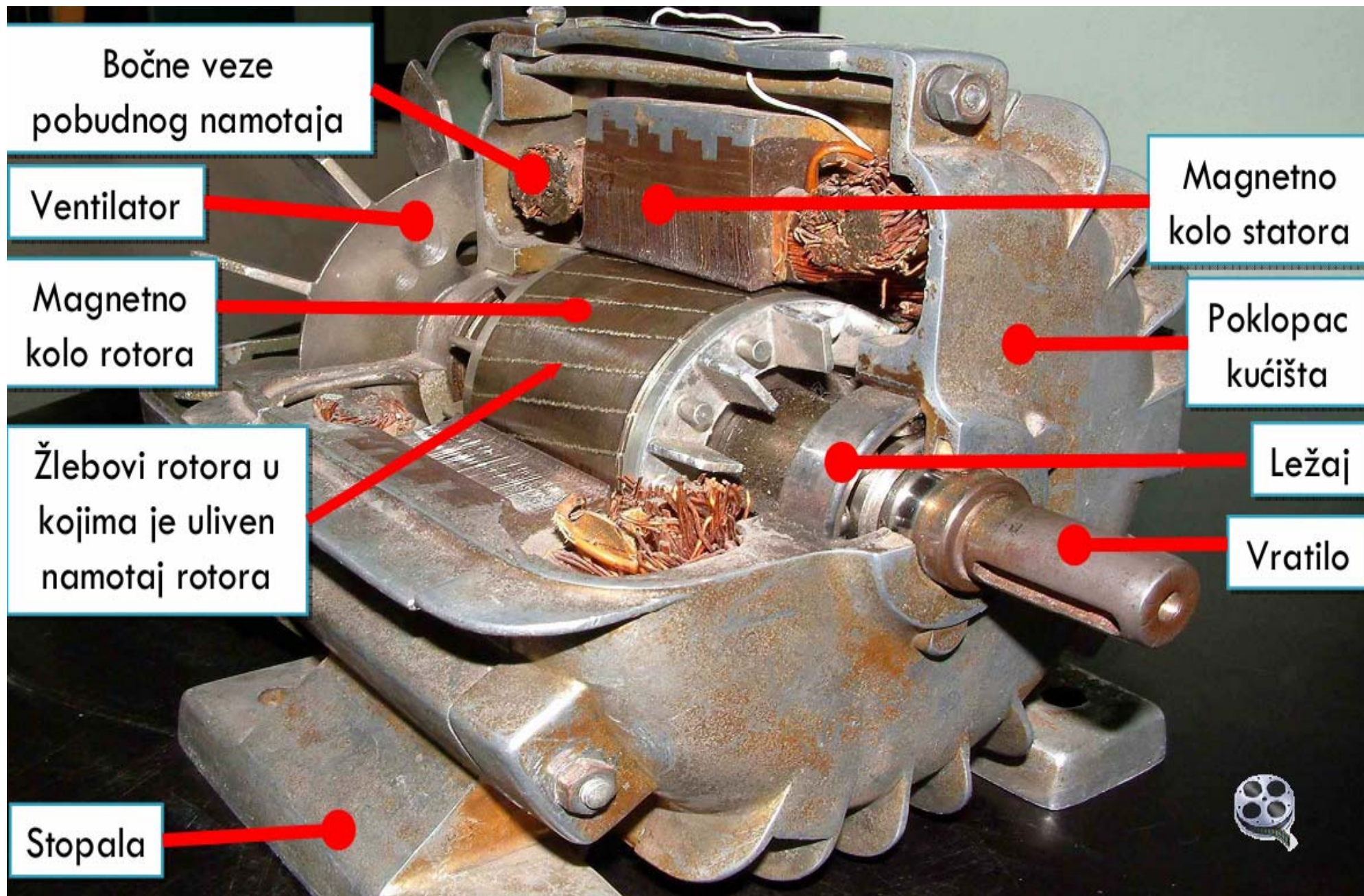
Slovo "F" je rezervsano
za jednosmernu struju

namotaji sinhronne
mašine



namotaji monofazne asinhronne
Mašine

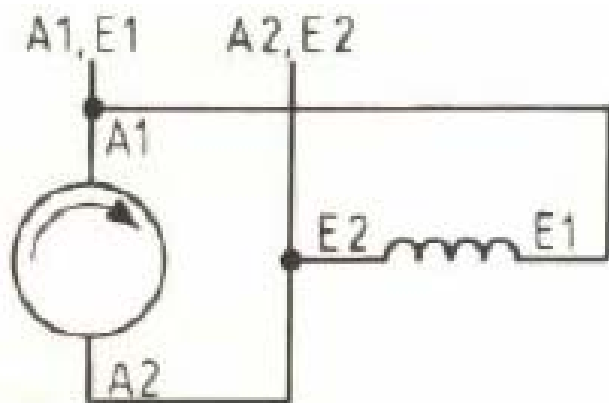
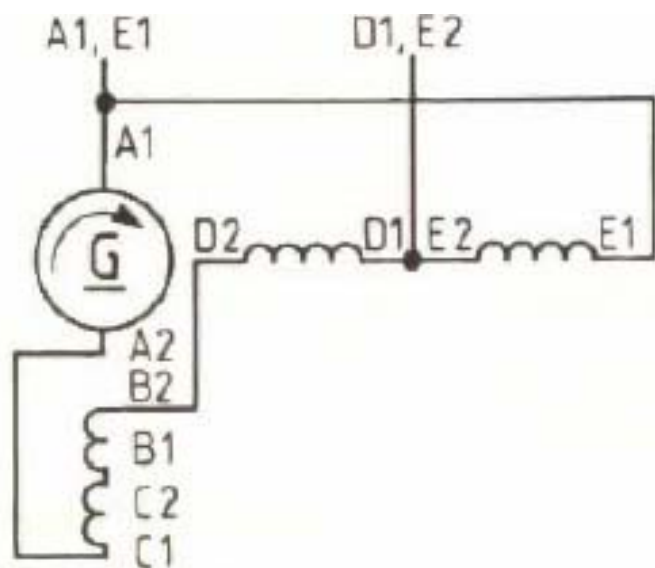
OSNOVNI DELOVI ASINHRONE MAŠINE SA KAVEZNIM ROTOROM



DC Mašine

- OBRTANJE UDESNO

-KROZ NAMOTAJ INDUKTA i POBUDNI NAMOTAJ TEČE SRUJA ISTOG SMERA

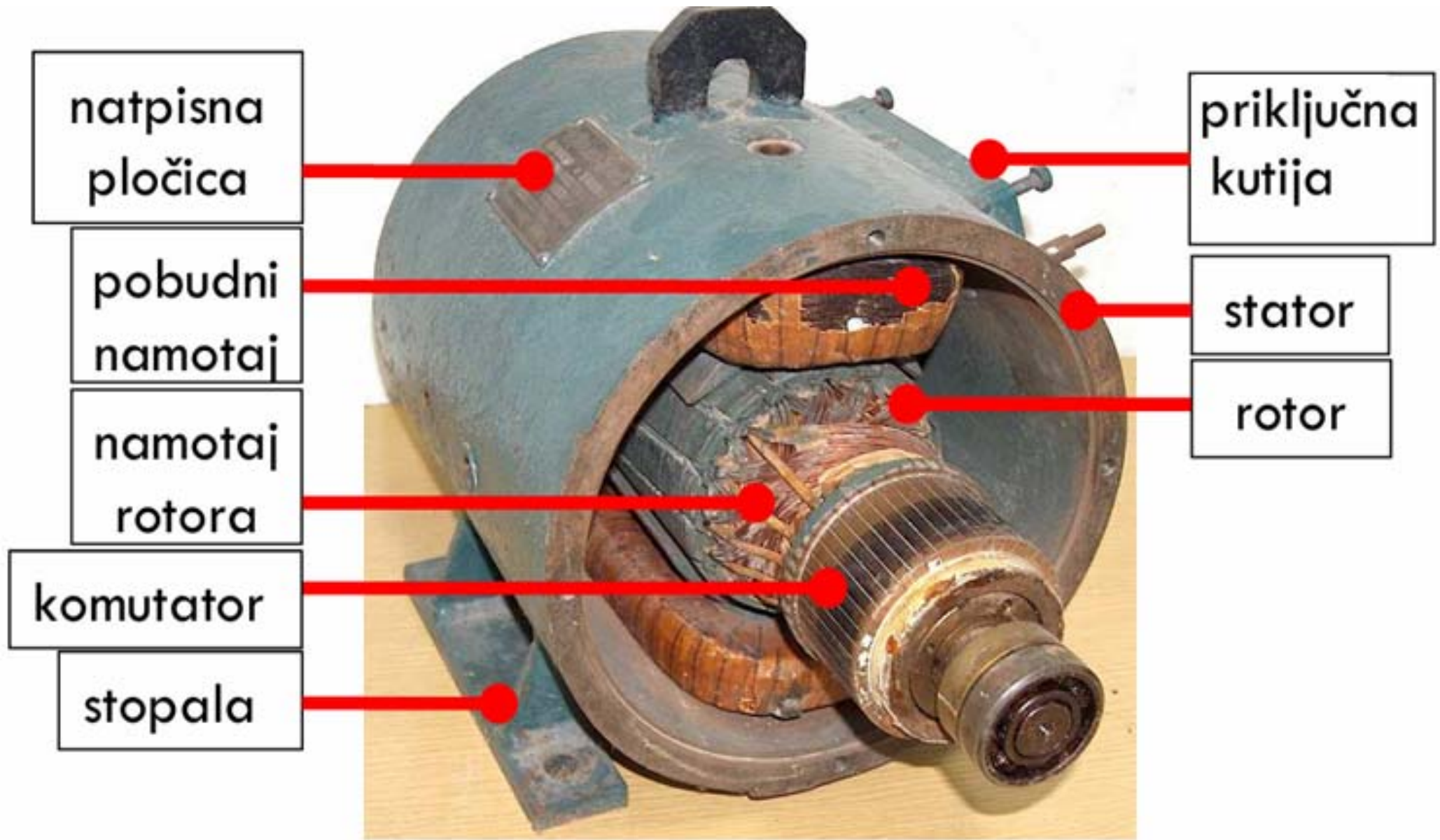


Kompaundovani jednosmerni generator (sa složenom pobudom) sa kompenzacionim namotajem i namotajem pomoćnih polova

NAMOTAJI JEDNOSMERNIH	SLOVNA OZNAKA
indukt	A
pomoćni pol	B
kompenzacioni namotaj	C
redni namotaj	D
paralelni namotaj	E
pobudni namotaj (nezavisna pobuda)	F

Jednosmerna mašina sa paralelnom pobudom spojena za smer obrtanja udesno

Dvopolna mašina jednosmerne struje (MJSS)

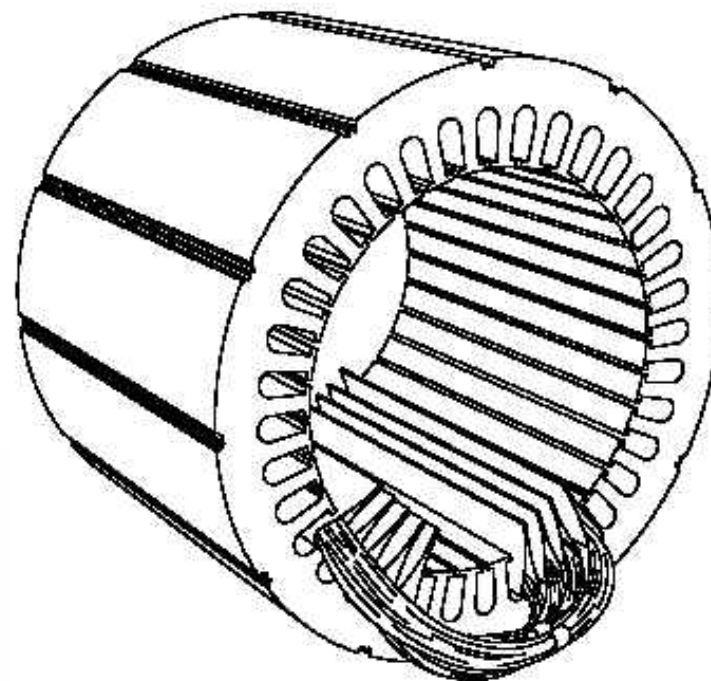
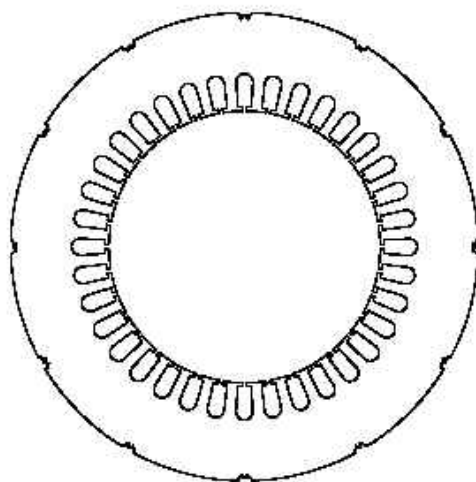


NATPISNA PLOČICA

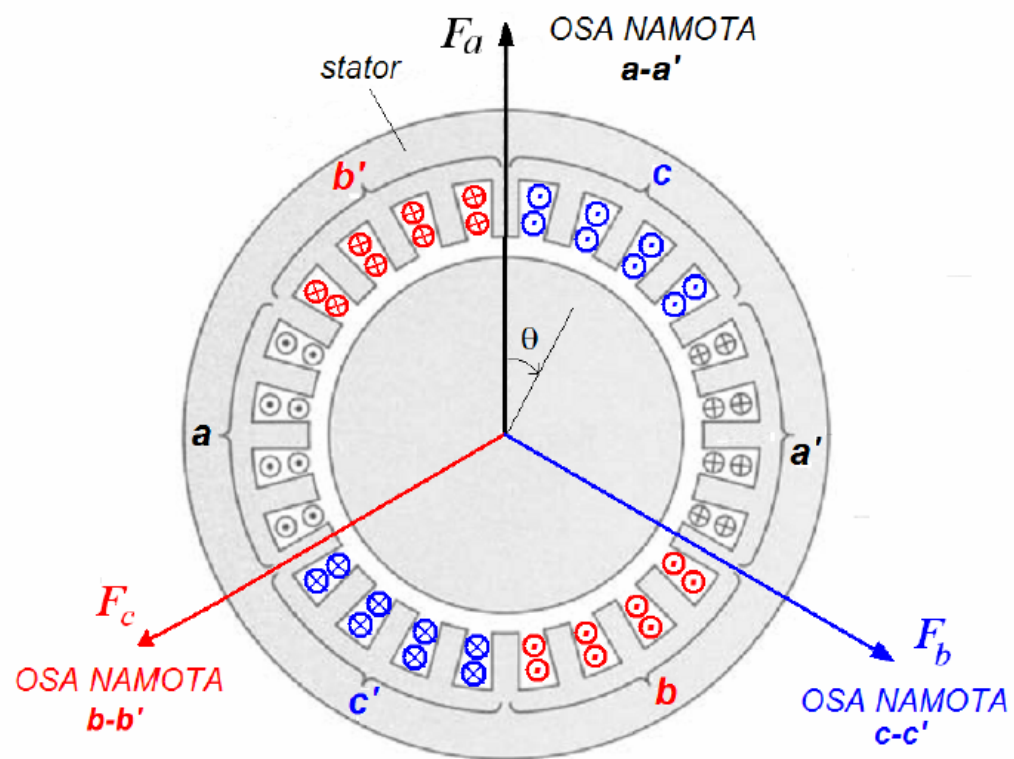
1			
Typ		2	
3	4	Nr.	5
6	7	V	8 A
9	10	S	11
cos φ		12	
13	14	/min	15 Hz
16	17	18 V	19 A
Isol.-Kl.	20	IP	21
22		kg	
23			

- 1- Proizvođač
- 2- Tip, veličina i oblik izvedbe
- 3- Vrsta struje (DC ili AC)
- 4-Vrsta mašine (motor ili generator)
- 5- Fabrički broj
- 6- Oznaka spoja namotaja (Y, Δ)
- 7- Nazivni napon
- 8- Nazivna struja
- 9-Snaga (aktivna snaga u kW za motore, prividna snaga u kVA za sinhronne generatore i kompenzatore)
- 10- Jedinica snage (kVA, kW)
- 11- Vrsta pogona
- 12-Faktor snage
- 13- Smer obrtanja (prema IEC 34-6)
- 14- Brzina obrtanja (ob/min)
- 15- Frekvencija
- 16- Reč "pobuda" za DC i sinhronne mašine i reč "rotor" za asinhronne mašine
- 17-Vrsta spoja rotorskog namotaja
- 18-Pobudni napon (DC i sinhronne mašine)
- 19-Pobudn struja (DC i sinhronne mašine)
- 20-Klasa izolacije
- 21- Vrsta zaštite (IEC 529)
- 22- Masa
- 23- Broj i godina proizvodnje

KONSTRUKCIJA STATORA ASINHRONE MAŠINE

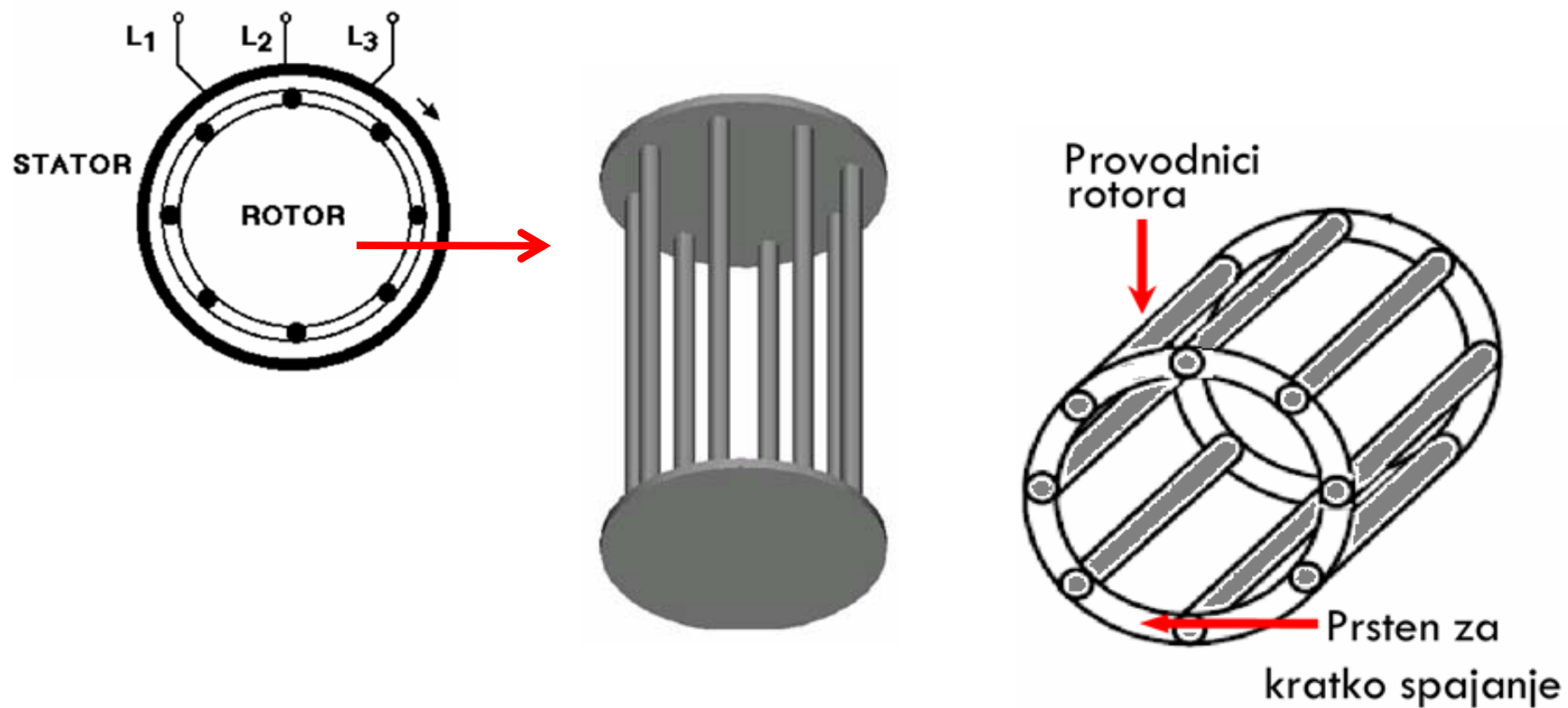


Statorski namotaj

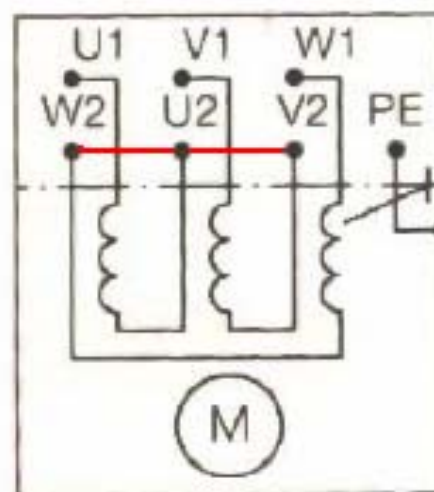
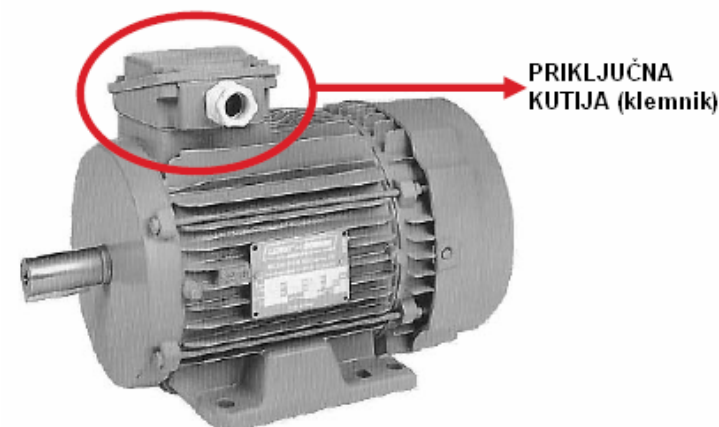
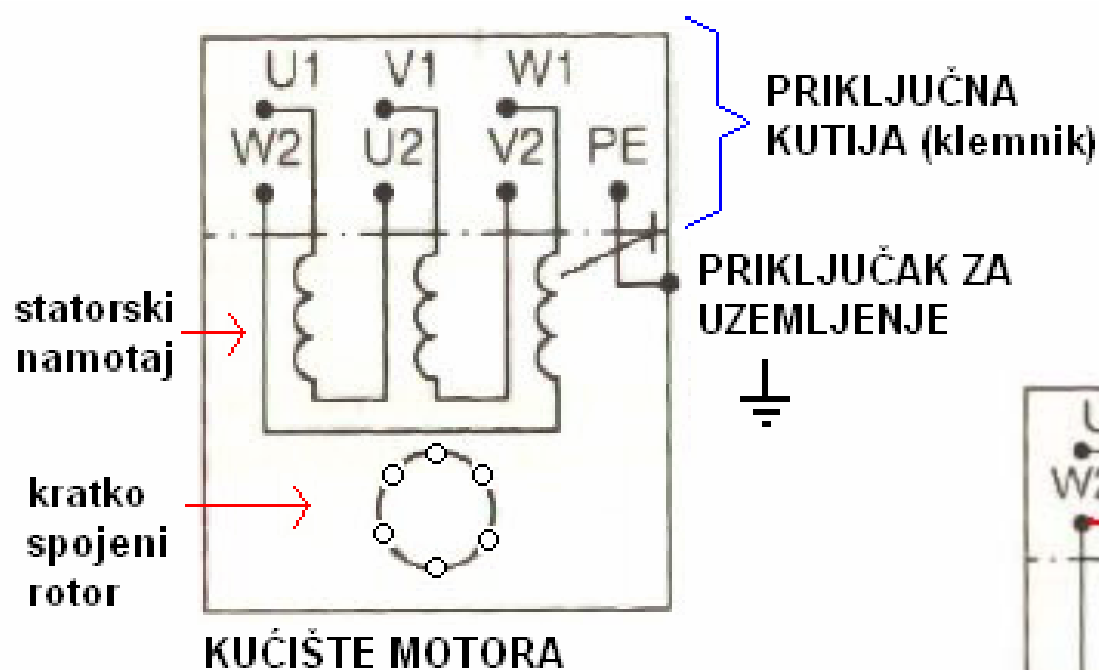


Trofazni statorski namotaj i raspodela MPS po fazama

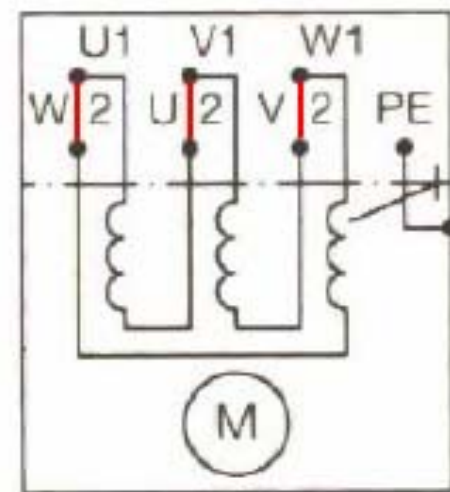
KONSTRUKCIJA KRATKOSPOJENOG ROTORA ASINHRONE MAŠINE



PRIKLJUČNI KRAJEVI ASINHRONOG MOTORA SA KRATKOSPOJENIM ROTOROM

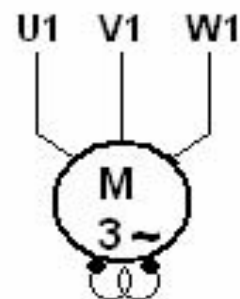


SPREGA "zvezda"

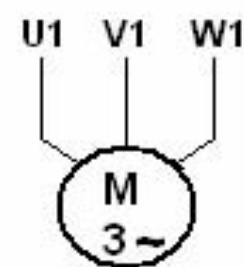


SPREGA "trougao"

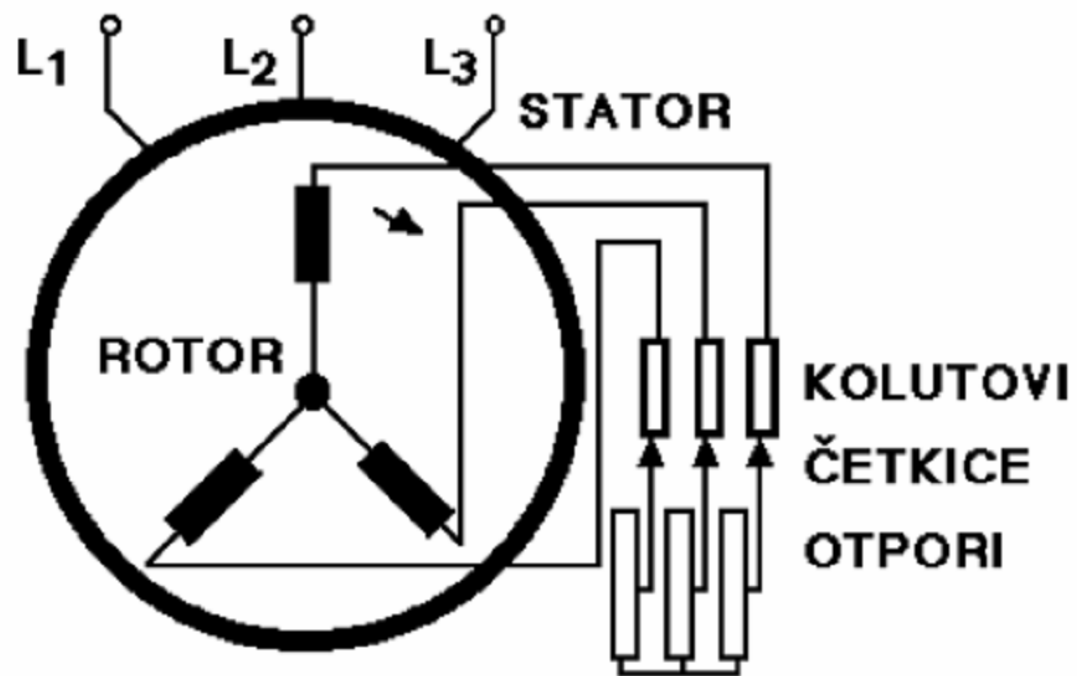
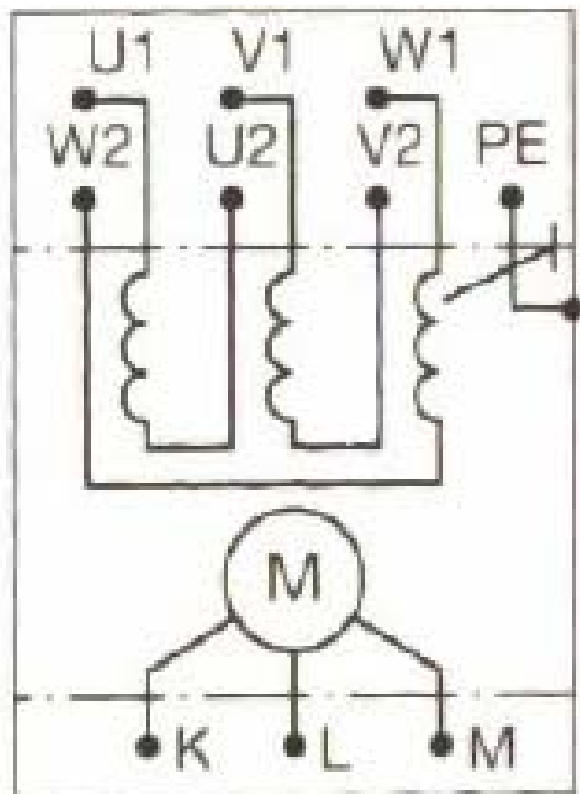
SIMBOLI NA EL. ŠEMAMA



ili

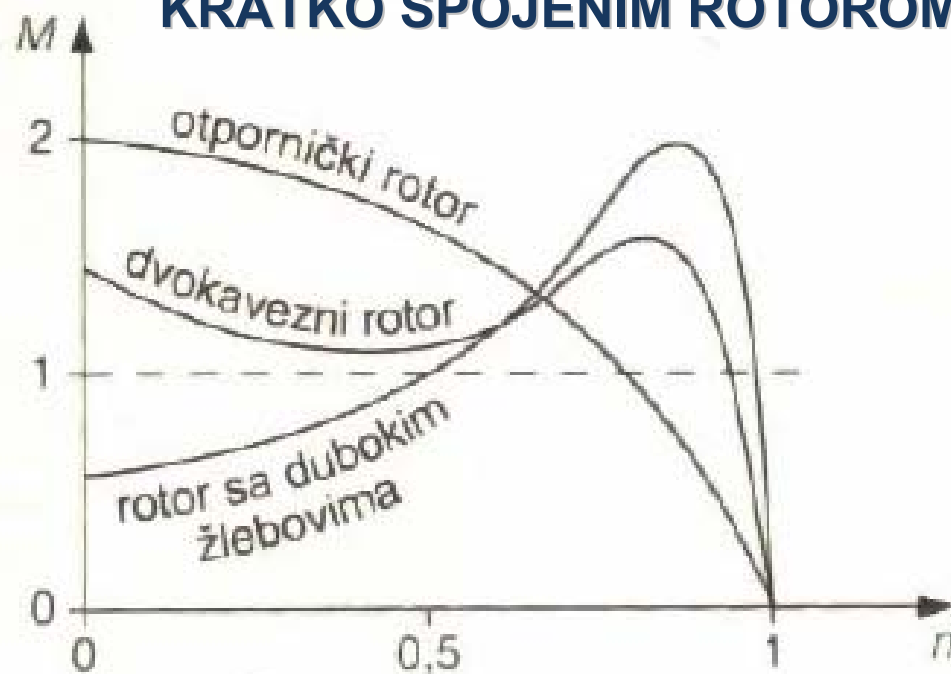


PRIKLJUČNI KRAJEVI ASINHRONOG MOTORA SA NAMOTANIM ROTOROM



- Rotor je sa kliznim prstenovima i sa četkicama
- Na krajeve rotora se vezuje trofazni rotorski upuštač

KARAKTERISTIKE ZALETA ASINHRONE MAŠINE SA KRATKO SPOJENIM ROTOROM

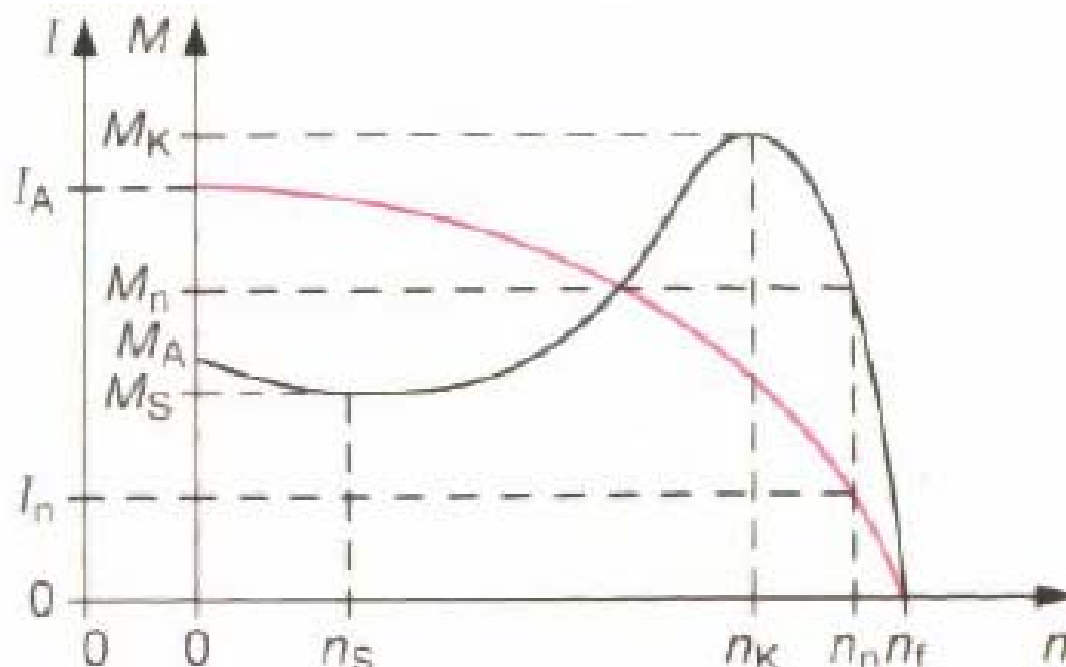


Osobine:

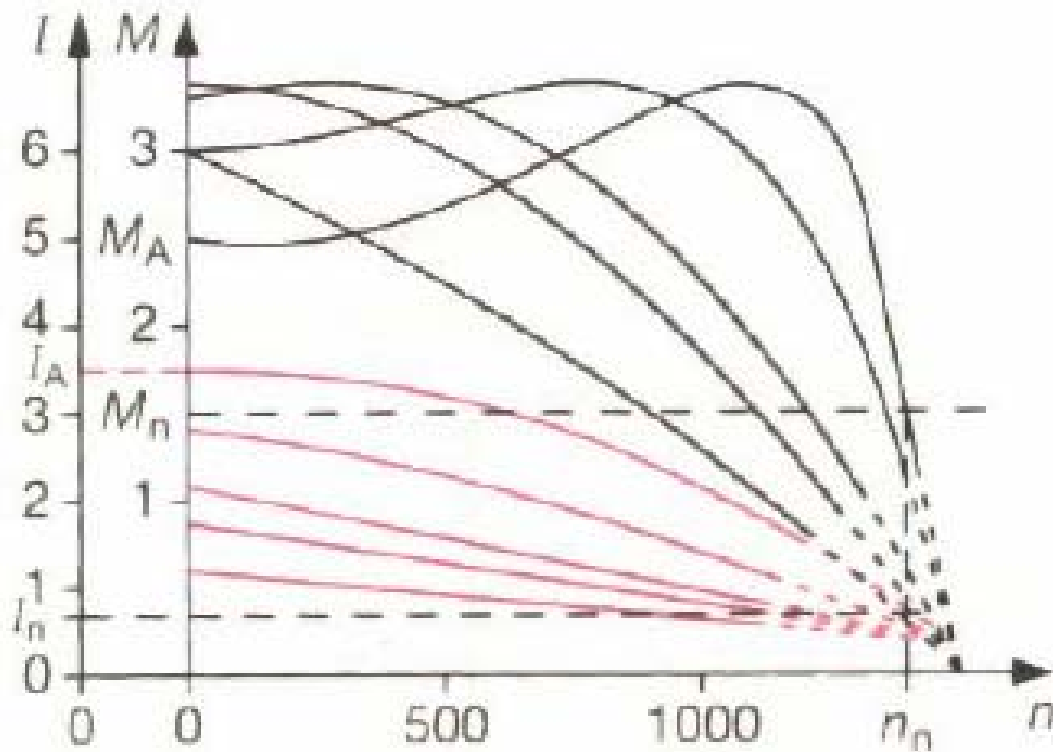
- robustnost
- niski troškovi održavanja
- kompaktnost
- težak zalet
- ”tvrda” karakteristika brzine
- za upravljanje brzinom obrtanja potreban frekventni regulator

Polazna struja: $I_A/I_n = 3 \dots 7$

Polazni momenat: $M_A/M_n = 0.5 \dots 3$



KARAKTERISTIKE ZALETA ASINHRONE MAŠINE SA NAMOTANIM ROTOROM



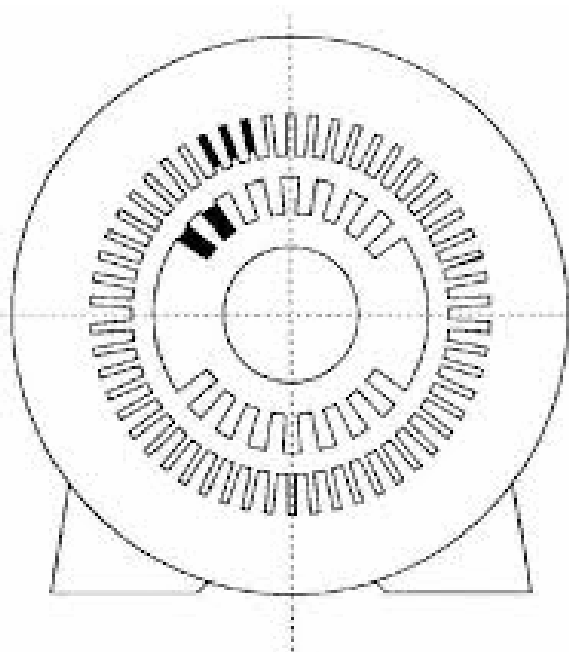
Osobine:

- robusnost
- skuplje održavanje
- laganiji zalet
- "mekša" karakteristika brzine
- upravljanje brzinom obrtanja je moguće u kolu indukta

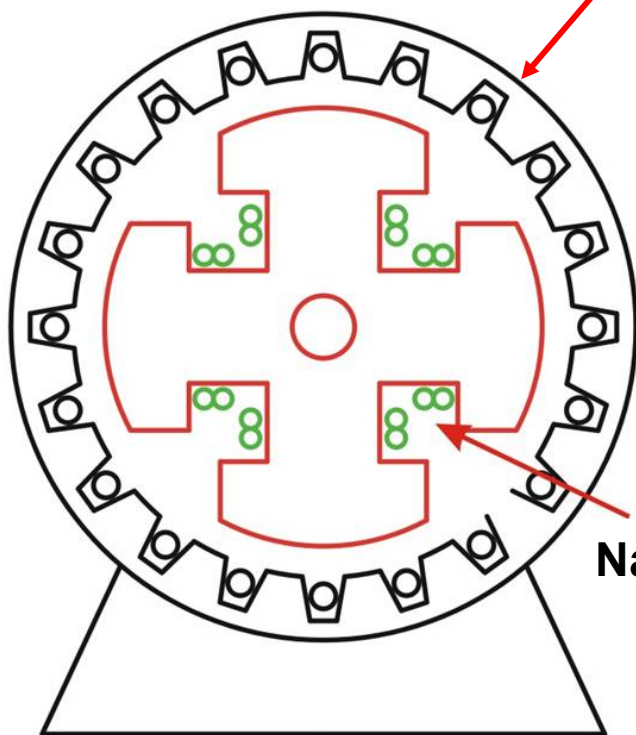
Polazna struja: $I_A/I_n = 1.5 \dots 2.5$

Polazni momenat: $M_A/M_n = 1 \dots 3$

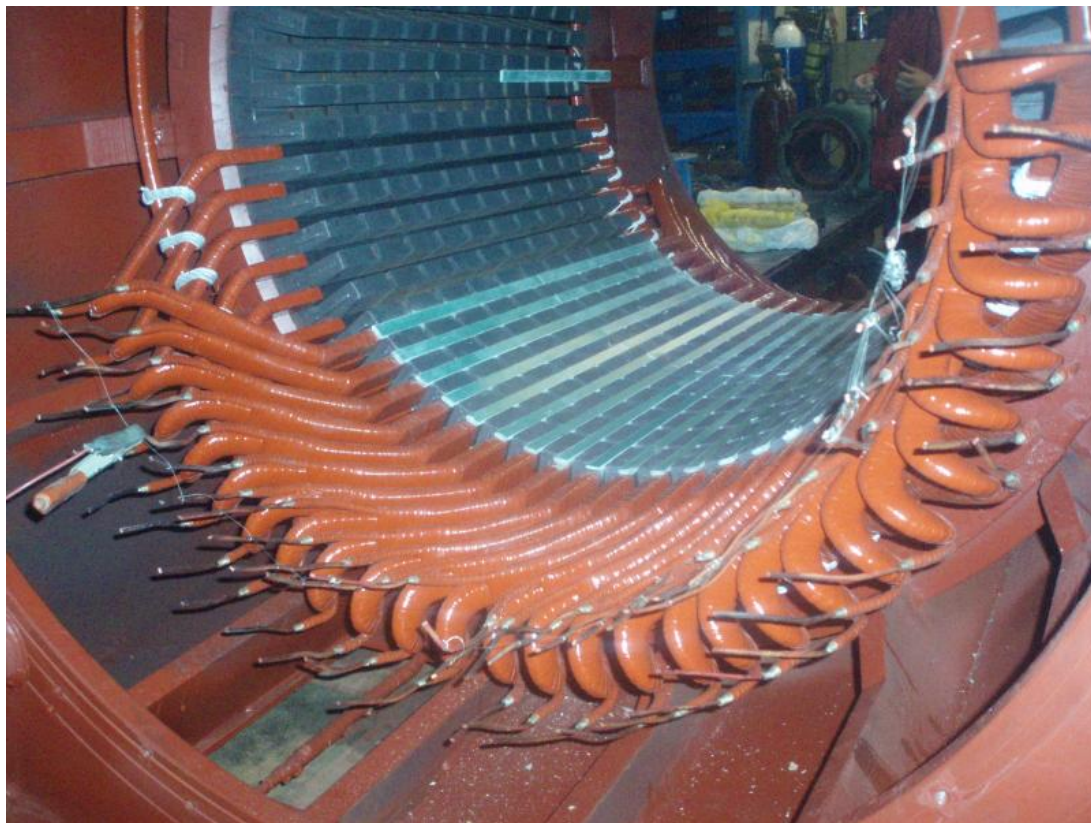
STATORSKI NAMOTAJ SINHRONOG GENERATORA (turbogeneratora)



Namotaj statora

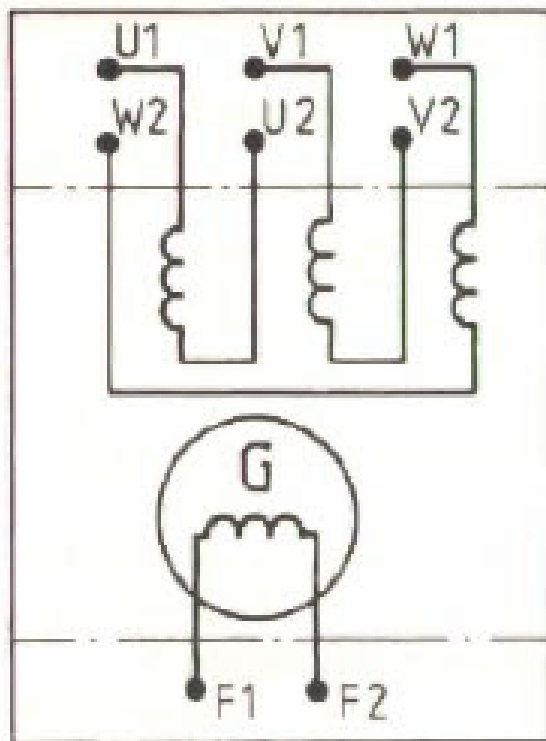


Namotaj rotora



STATORSKI NAMOTAJ SINHRONOG GENERATORA (hidrogeneratora)

PRIKLJUČNI KRAJEVI SINHRONOG GENERATORA / MOTORA

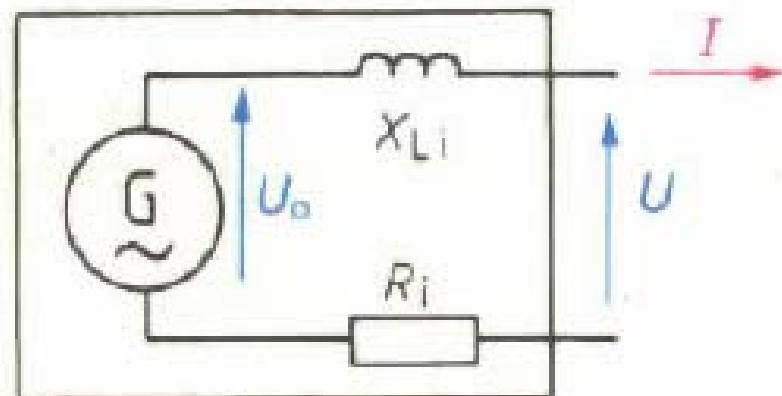


priključni
krajevi
statora

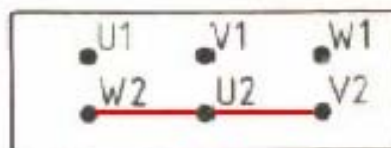
namotaj
statora

namotaj
rotora

priključni
krajevi
rotora



Ekvivalentna šema po fazi



sprega "zvezda"



sprega "trougao"

GENERATOR:

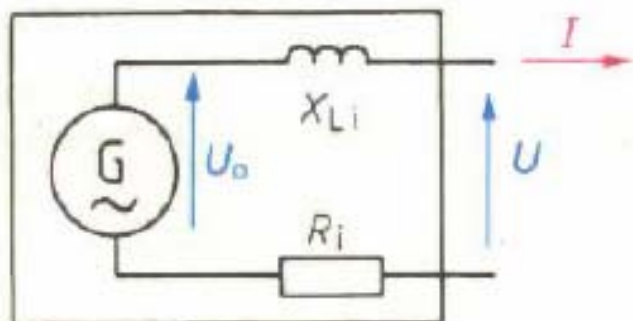
$$f_s [\text{Hz}] = \frac{p \cdot n_s [\text{ob / min}]}{60}$$

MOTOR:

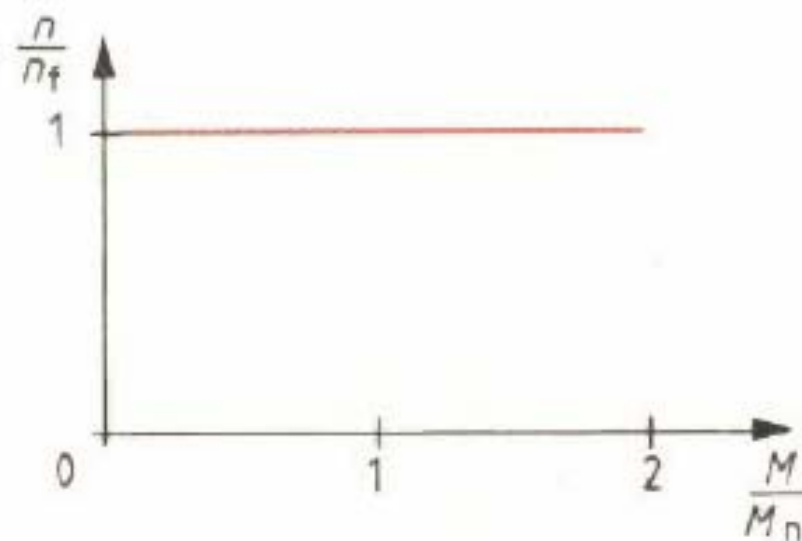
$$n = n_s [\text{ob / min}] = \frac{60 \cdot f_s [\text{Hz}]}{p}$$

- Pobudni namotaj F1-F2 na rotoru se napaja preko kliznih prestenova sa četkicama
- Četkice se neravnomerno troše!!!
- Vremenom je potrebno izvršiti zamenu priključaka (+) i (-)

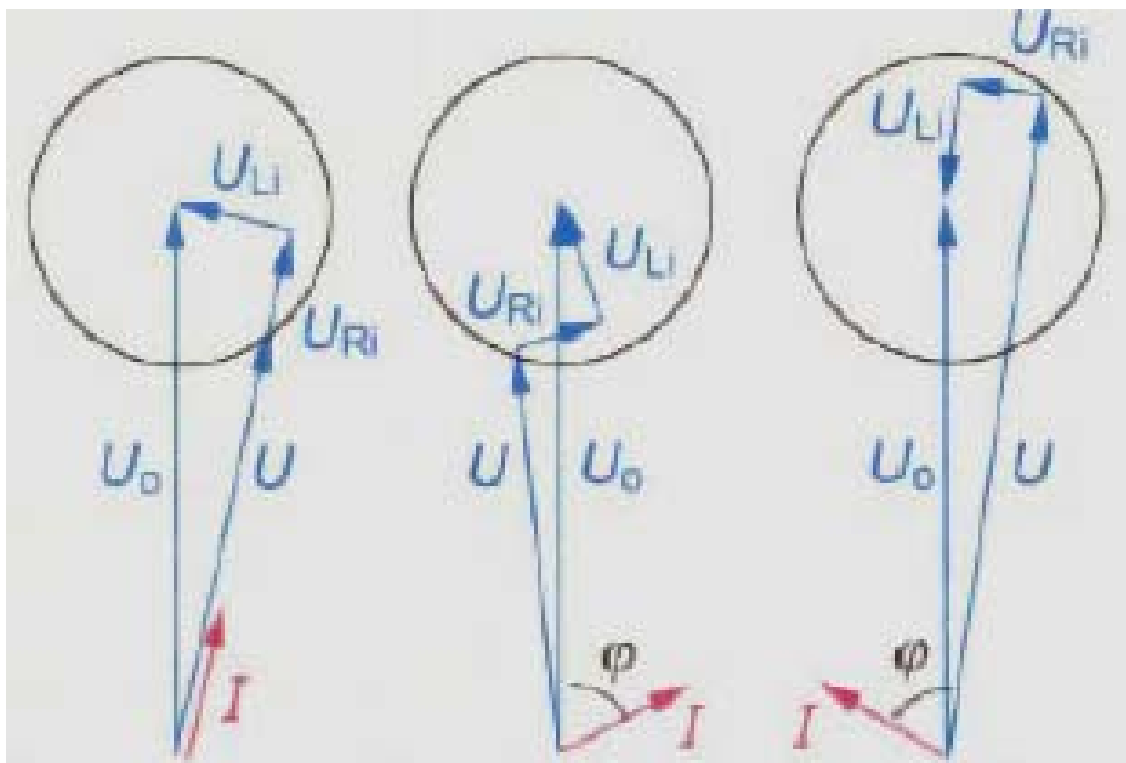
SINHRONI GENERATOR



Ekvivalentna šema



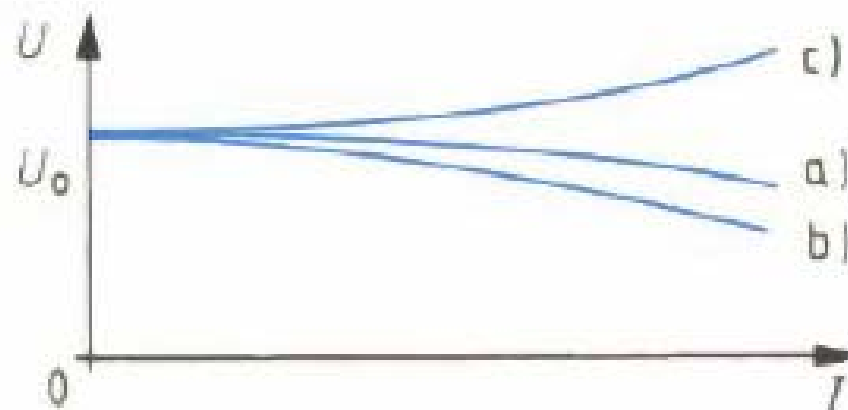
Momentna karakteristika



a) Omsko opterećenje

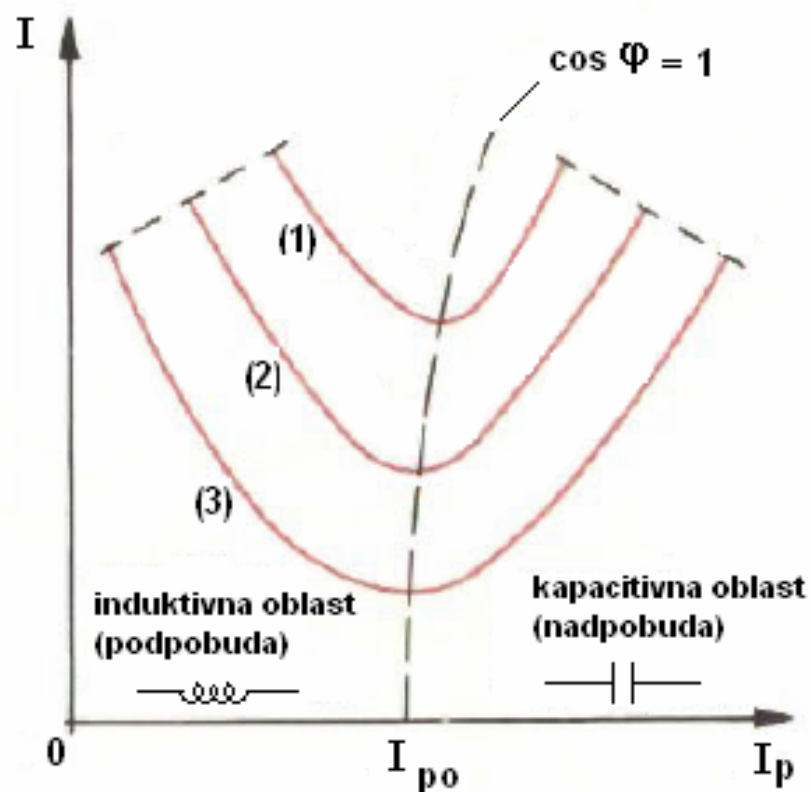
b) Induktivno opterećenje

c) Kapacitivno opterećenje



Karakteristika opterećenja

Mordejeve "V" krive SINHRONOG GENERATORA

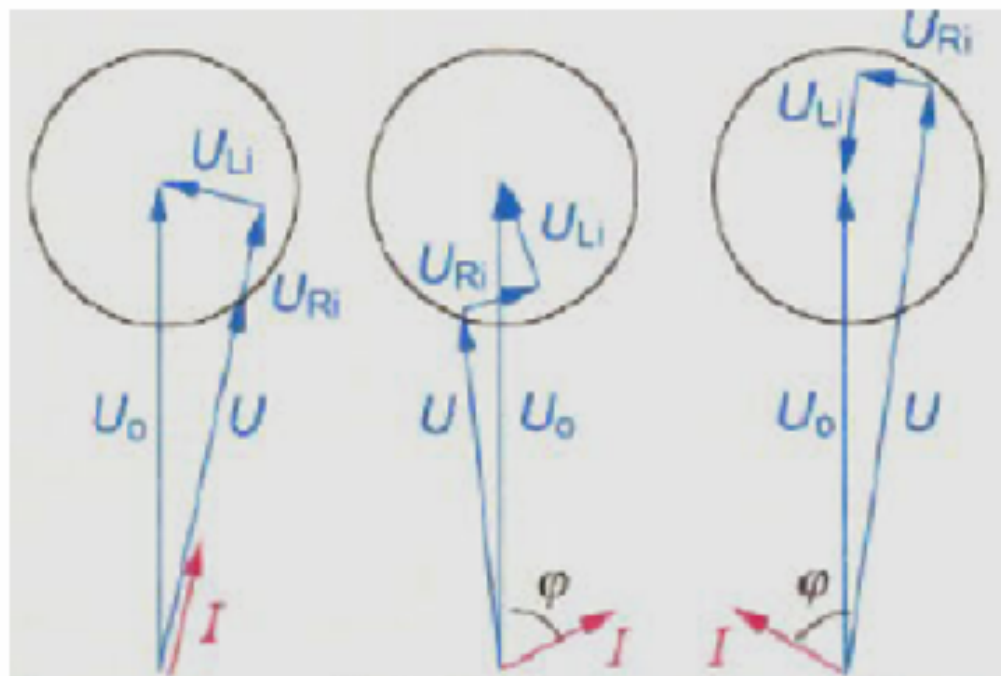
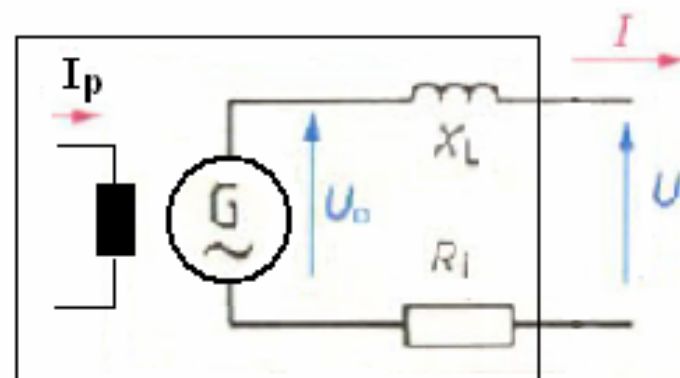


(1) puno opterećenje

(2) polovina opterećenja

(3) prazan hod

— — — — granica sinhronizacije

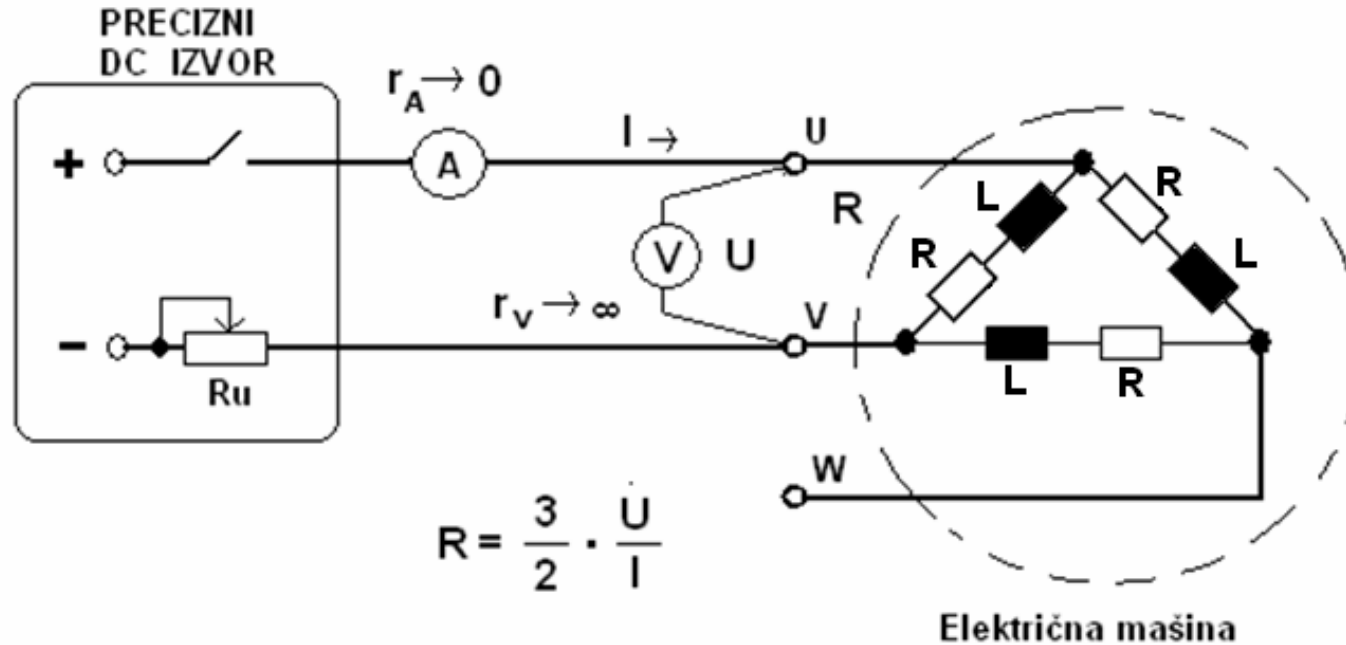


MERENJE OTPORA HLADNOG NAMOTAJA ELEKTRIČNIH MAŠINA-

U/I metoda

- Meri se otpor namotaja pri jednosmernoj struji $R=$, i kada je on hladan (obično se usvaja da je temperatura hladnog namotaja 20°C)
- Veoma često je potrebno da se pri merenju otpornosti hladnog namotaja meri i njegova temperatura
- Najčešće korišćena metoda je pomoću napona i struje ili tzv. U/I metoda.
- Ova metoda je relativno jednostavna i daje dobre rezultate
- Potrebni su precizni instrumenti za jednosmernu struju, kao i precizni izvor jednosmernog napona sa malom talasnošću napona (najbolje je koristiti bateriju kao izvor)!!! Zašto?
- Opseg merenih otpornosti od $1\text{m}\Omega$ do 100Ω
- Voltmetar se pri merenju malih vrednosti otpornosti namotaja vezuje na same krajeve namotaja, posle ampermetra; na ovaj način je moguće korigovati grešku usled potrošnje voltmetra

SLUČAJ KADA SU NAMOTAJI FAZA SIMETRIČNI



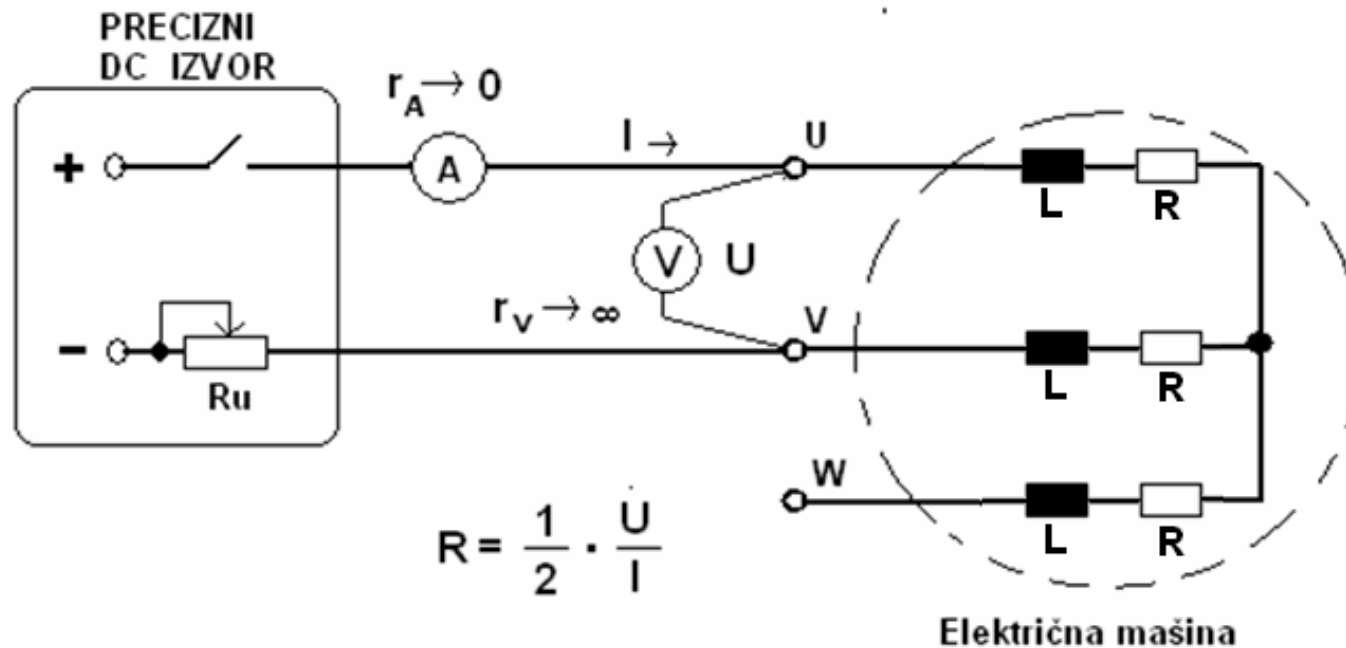
Merenje otpornosti po fazi
za slučaj sprege u Δ

$$R = R_s$$

$$L = ?$$

R_s – otpornost statora
po fazi

L - induktivnost statorskog
namotaja po fazi. Koja je
to induktivnost?



Merenje otpornosti po fazi
za slučaj sprege u Y

$$R = R_s$$

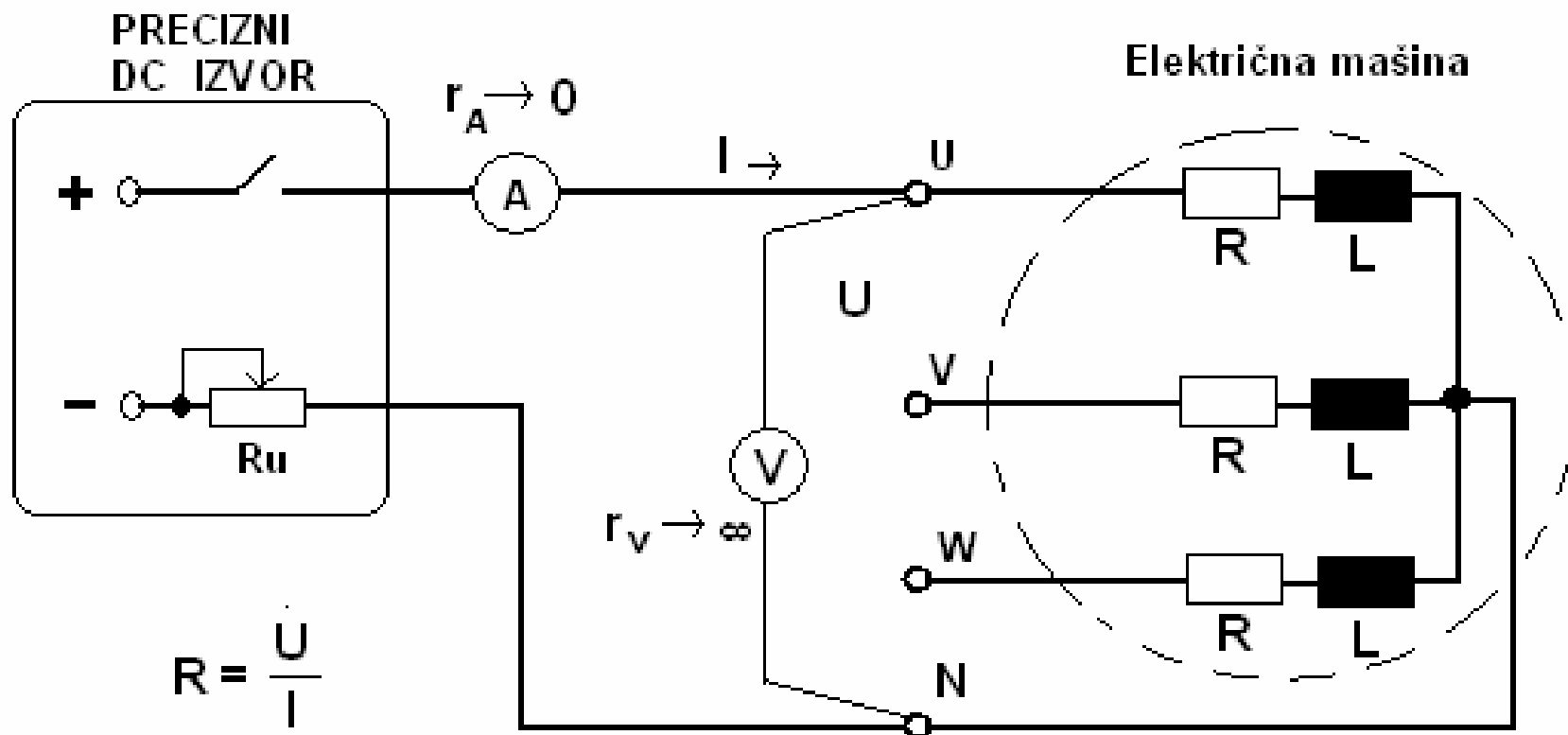
Za oba slučaja induktivni
otpor pri jednosmernoj
struji ($\omega=0$) je jednak 0:

$$X = \omega L = 0 \cdot L = 0$$

Induktivnost je za DC
struju kratak spoj!!!

MERENJE OTPORNOSTI PO FAZI ZA SLUČAJ KADA JE ZVEZDIŠTE PRISTUPAČNO

SLUČAJ KADA SU NAMOTAJI FAZA SIMETRIČNI



$$X = \omega L = 0 \cdot L = 0$$

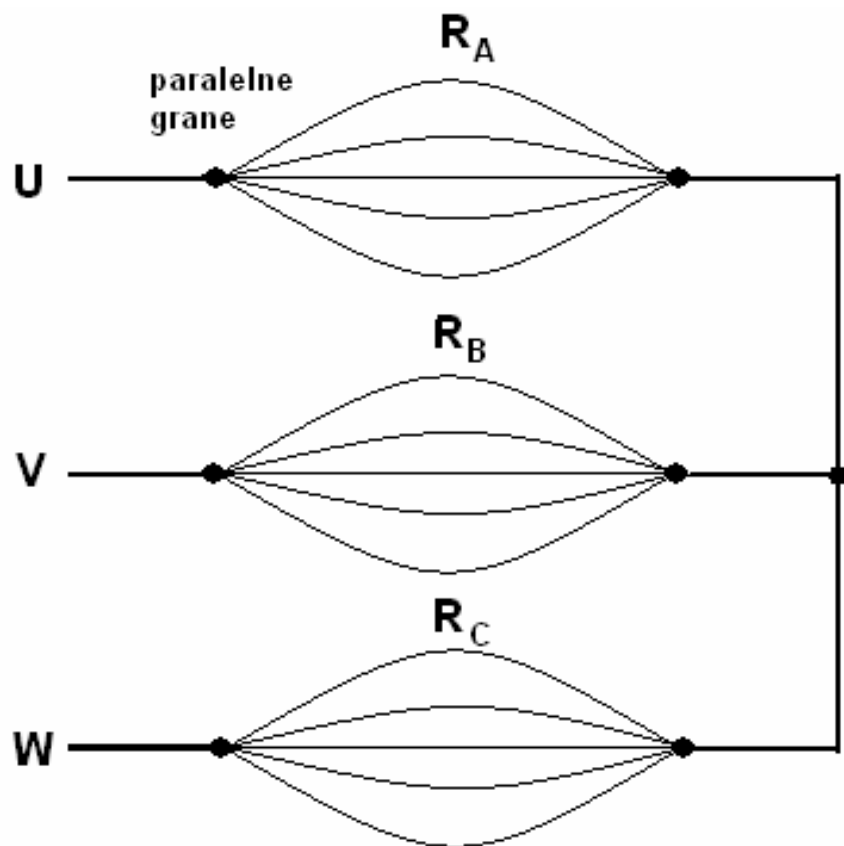
ŠTA SE DEŠAVA KADA NAMOTAJI NISU SIMETRIČNI?

GREŠKE U NAMOTAJU

Razlike u otpornostima između priključaka električne mašine impliciraju na neke greške u namotaju:

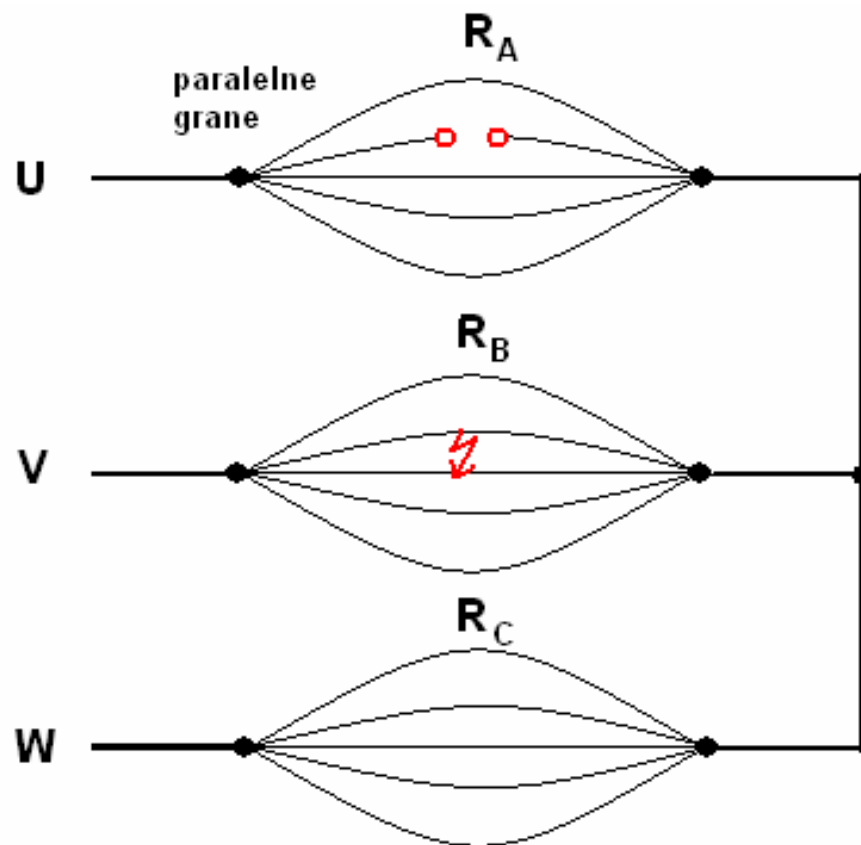
- Različiti preseci provodnika
- Usled velikog broja paralelnih grana spojna mesta mogu biti nekvalitetno i nekorektno izvedena
- Prekidi u nekoj od paralelnih grana faznih namotaja
- Kratki spojevi u nekoj od paralelnih grana usled oštećenja izolacije i sl.
- Ponekada se greške tek mogu uočiti kada se na namotaj dovede puni napon, a da pri ispitivanju “na hladno” tj. pri sniženom naponu, je grešku nemoguće uočiti

POREĐENJE ISPRAVNOG I NEISPRAVNOG NAMOTAJA



$$R_A = R_B = R_C$$

- SVAKA FAZA IMA VIŠE PARALELNIH GRANA
- ISPRAVAN I SIMETRIČAN NAMOTAJ
- SVA TRI FAZNA NAMOTAJA SU SIMETRIČNI

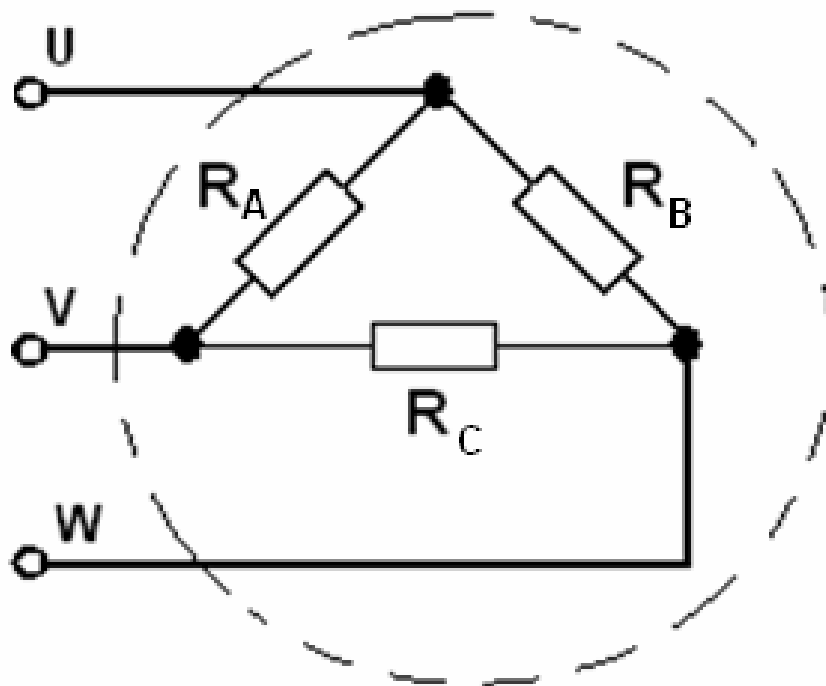


$$R_A \neq R_B \neq R_C$$

- NAMOTAJ KOD KOGA JE DOŠLO DO PREKIDA JEDNE OD PARALELNIH GRANA U FAZI (A), DO KRATKOG SPOJA DVE PARALELNE GRANE U FAZI (B); NAMOTAJ (C) JE ISPRAVAN

SPREGA “Δ”

$$R_A \neq R_B \neq R_C$$



Električna mašina

$$R_{UV} = R_A \parallel (R_B + R_C)$$

$$R_{UV} = \frac{R_A \cdot (R_B + R_C)}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_{VW} = R_C \parallel (R_B + R_A)$$

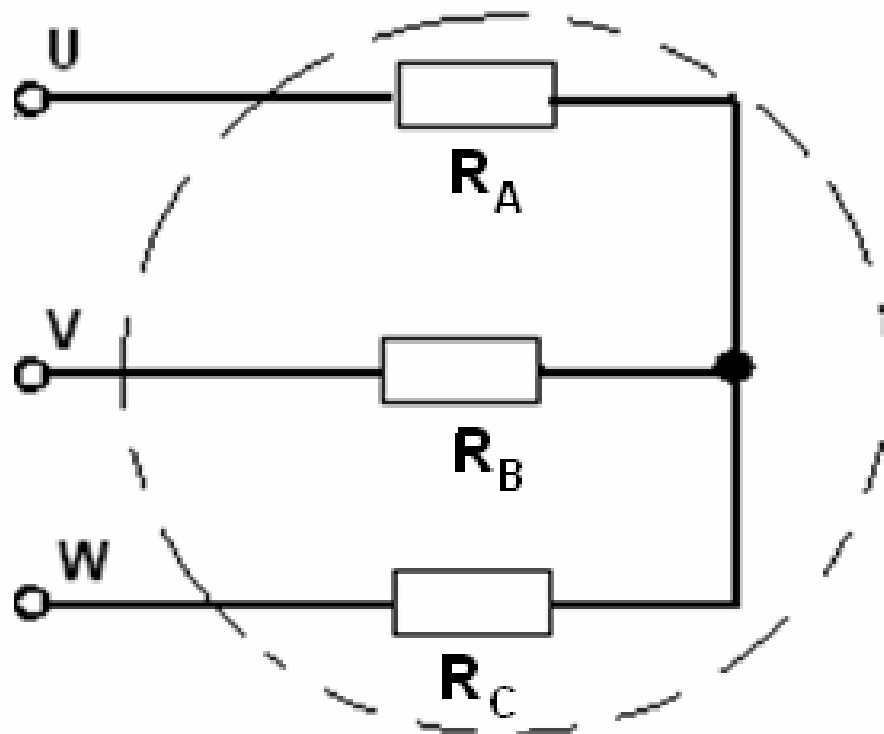
$$R_{VW} = \frac{R_C \cdot (R_B + R_A)}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_{UW} = R_B \parallel (R_A + R_C)$$

$$R_{UW} = \frac{R_B \cdot (R_A + R_C)}{R_A + R_B + R_C}$$

SPREGA “Y” sa IZOLOVANIM ZVEZDIŠTEM

$$R_A \neq R_B \neq R_C$$

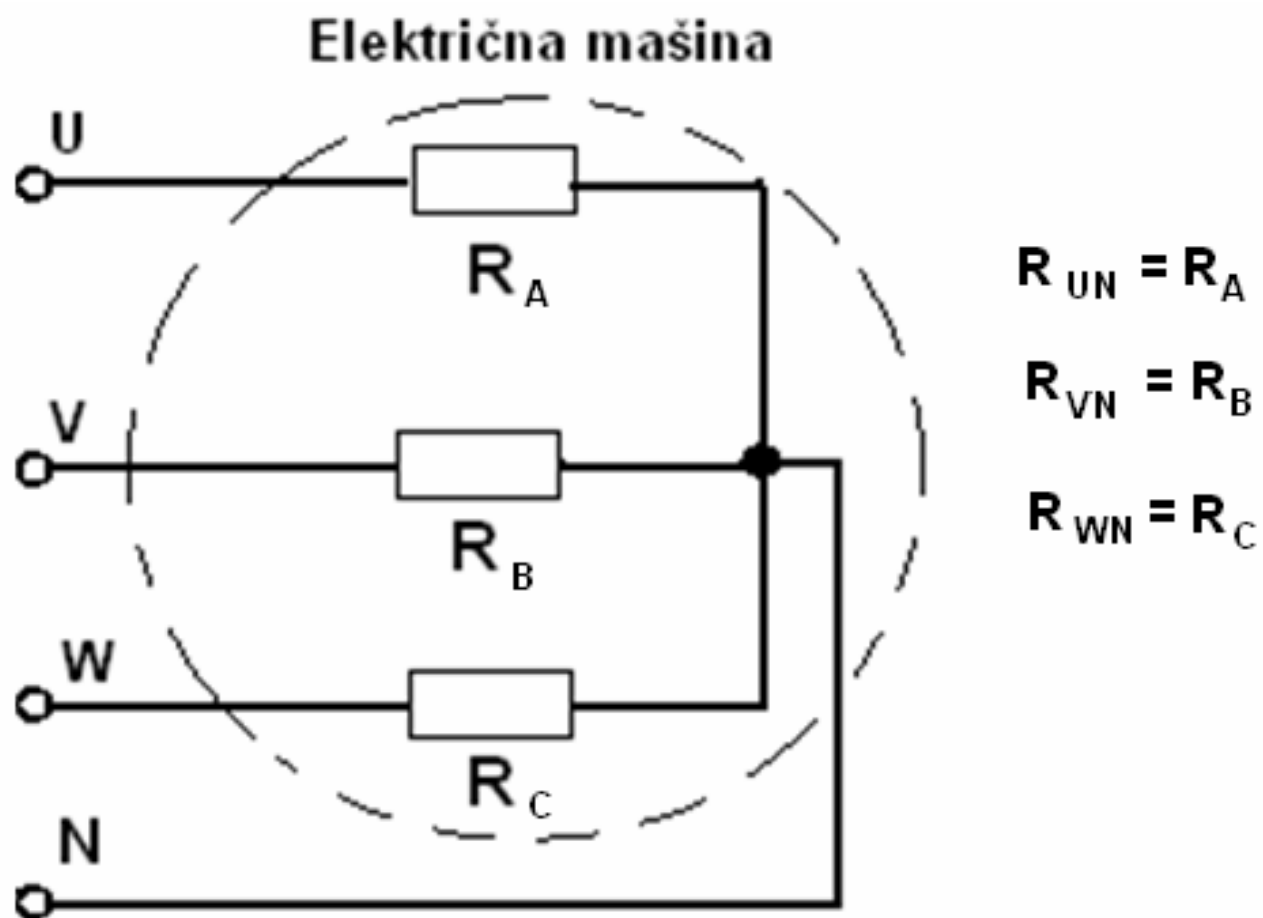


$$R_{UV} = R_A + R_B$$

$$R_{VW} = R_C + R_B$$

$$R_{UW} = R_A + R_C$$

SPREGA “Y” SA PRISTUPAČNIM ZVEZDIŠTEM



VREDNOSTI STRUJE PRI KOJIMA TREBA VRŠITI MERENJE OTPORNOSTI

- Merenje pri nominalnoj struji?
- Merenje pri miliamperskim strujama (digitalni merni instrumenti) ?
- Mernje pri struji od 1A ?
- U ovom poslednjem slučaju očitana vrednost napona na voltmetru u [V] daje vrednost otpornosti u [Ω]
- Vrednost struje pri kojoj se vrši merenje je umnogome određena opsegom otpornosti namotaja koji se meri (m Ω -ski opseg ili Ω -ski opseg), odnosno električnom aktivnom ili prividnom snagom (kW, kVA)mašine
- Mašine veće snage imaju značajno manje otpornosti

- Ako bi se merenje hladnog otpora vršilo pri nominalnoj struji (odnosno pri nominalnoj gustini struje J) moglo bi doći do zagrevanja namotaja i shodno tome do porasta otpornosti!!!

$$P_{\gamma} \cdot dt = m \cdot c \cdot d\theta + p \cdot S \cdot \theta \cdot dt$$

$P_{\gamma} \cdot dt$ – razvijena toplota u otpornosti namotaja, P_{γ} – gubici snage

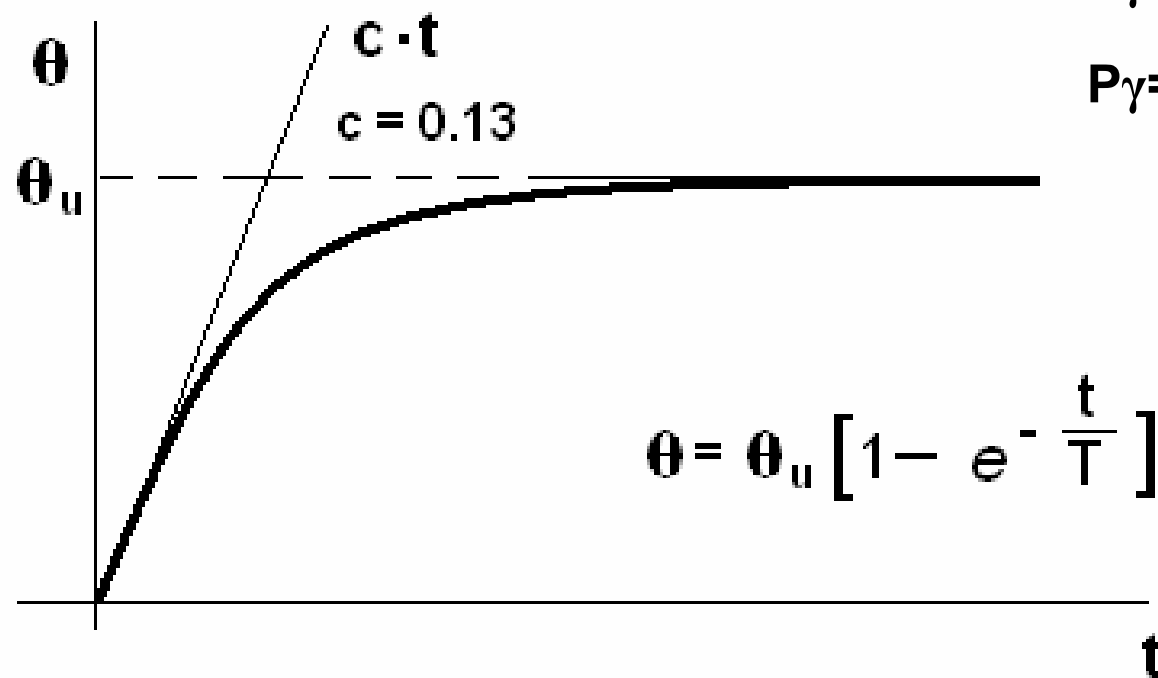
$m \cdot c \cdot d\theta$ - porast unutrašnje energije ΔU

$p \cdot S \cdot \theta \cdot dt$ - deo energije koji se predaje okolini

- Kada se ima **adijabatsko** zagrevanje , odnosno porast temperature (kratkotrajno tj., brzo zagrevanje tako da ne dođe do razmene toplote sa okolinom) , tada član $p \cdot S \cdot \theta \cdot dt \rightarrow 0$ i u tom slučaju je:

$$P_{\gamma} \cdot dt \approx m \cdot c \cdot d\theta$$

- $P_{\gamma} = RI^2 = (\rho \cdot L \cdot I^2) / S = \rho \cdot L \cdot S \cdot J^2$
- $\rho \cdot L \cdot S \cdot J^2 \cdot dt \approx m \cdot c \cdot d\theta \Rightarrow (\rho / \rho_g) \cdot m \cdot J^2 \cdot dt \approx m \cdot c \cdot d\theta$
- Za bakar (Cu) na 20°C je: $\rho = 0.0178 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$, $\rho_g = 8920 \text{ kg}/\text{m}^3$ i $c = 390 \text{ J}/\text{kg}^\circ\text{C}$
- $\rho / \rho_g \approx 2 \Omega \text{mm}^2/\text{kg}$ (kada je ρ [Ωmm], a ρ_g [kg/mm^3])
- Gustina struje $J = 5 \text{ A}/\text{mm}^2$ (kod obrtnih mašina) i $J = 3 \text{ A}/\text{mm}^2$ (kod transformatora)
- $2 \cdot m \cdot J^2 \cdot dt \approx m \cdot c \cdot d\theta \Rightarrow \underline{\Delta \theta = 0.13 \cdot t}$ (adijabatski porast temperature)



$P_\gamma = 2 \text{ m} \cdot \text{J}^2$ za temperaturu 20°C

$P_\gamma = 2.44 \text{ m} \cdot \text{J}^2$ za temperaturu 75°C

$$\Delta\theta/\Delta t = 2 \cdot \text{J}^2 / c$$

$$\Delta\theta = 2 \cdot 5^2 \cdot 62 / 390 = 8^\circ\text{C}$$

Promena otpornosti sa temperaturom:

$$\frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1} = \frac{R(\theta_2)}{R(\theta_1)}$$

$$\theta_1 = 20^\circ\text{C}, \theta_2 = 28^\circ\text{C} \Rightarrow R(\theta_2) = R(20^\circ\text{C}) \left[\frac{235 + 28}{235 + 20} \right]$$

$$R(\theta_2)/R(20^\circ\text{C}) = \left[\frac{235 + 28}{235 + 20} \right] = 1.031$$

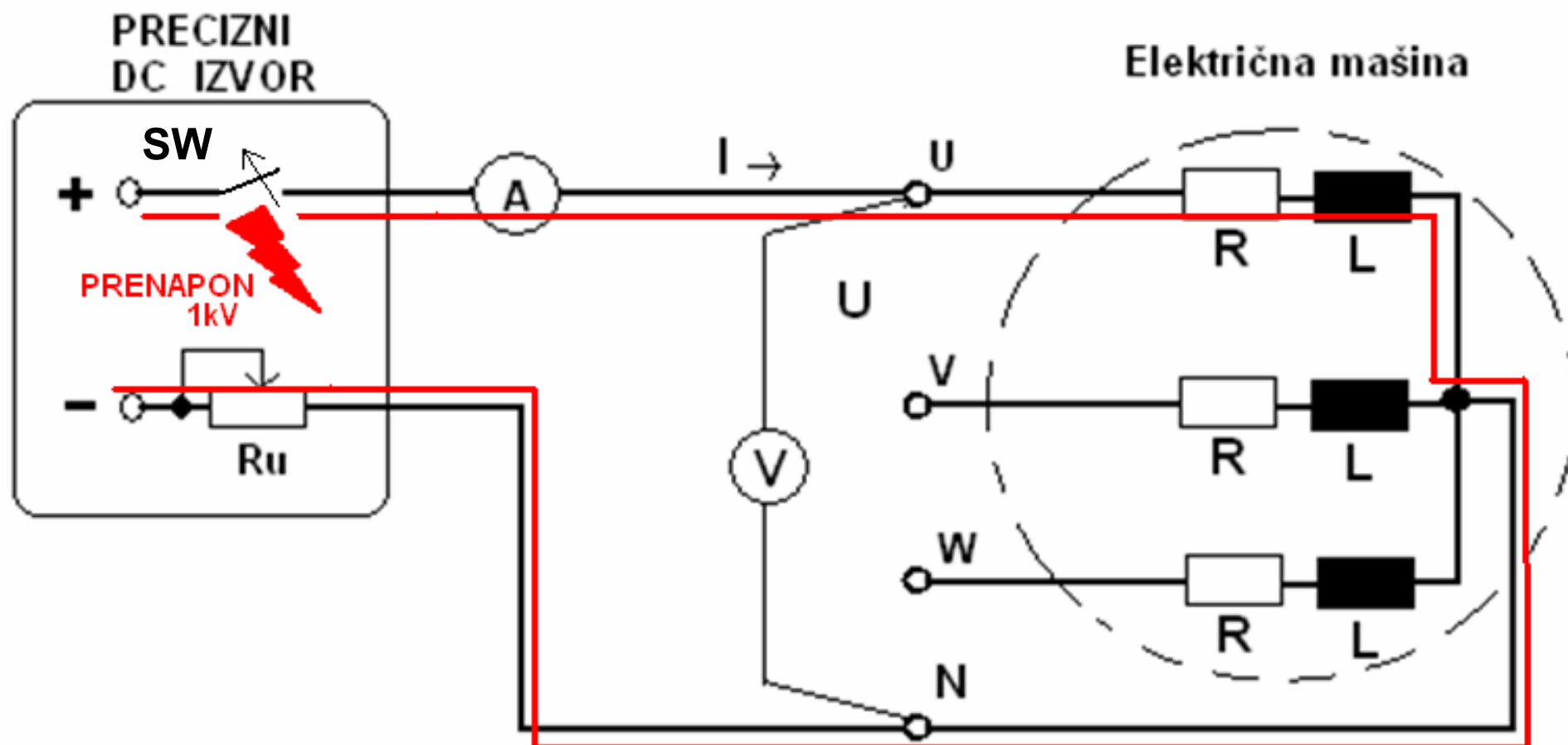
- Iz prethodnog razmatranja sledi da pri dužim merenjima , na primer, dužim od 1 min, temperatura namotaja bi se povećala za 8°C , a otpor namotaja za oko 3%
- Zaključak :** poželjno je meriti otpore “hladnog “ namotaja strujma manjim od nominalne

EFEKAT ZAGREVANJA NAMOTAJA I UTICAJ NJEGOVE INDUKTIVNOSTI

- Ponekada je potrebno da merenje traje i duže od 1min, zbog velikih induktivnosti namotaja čija se otpornost meri
- U tom slučaju je potrebno da se struja uspostavi (odnosno da dostigne ustaljenu vrednost), pa tek onda da se izvrši merenje otpornosti po U/I metodi
- Za mašine velike snage (kod kojih su otpornosti namotaja relativno male) vremenska konstanta namotaja je relativno velika
- $T=L/R$, kada $R \rightarrow 0$, $T \rightarrow \infty$
- Ako je $L/R=5s$, ustaljeno stanje se postiže za pet vremenskih konstanti $5 \cdot T=25s$ ili deset vremenskih konstanti $10 \cdot T=60s$ (1min)
- **Dakle efekat usled zagrevanja namotaja (mora biti kratko trajanje merenja) i efekat induktivnosti (mora biti dugo trajanje merenja) su u suprotnosti tako da treba naći kompromis !!!**

UTICAJ PRENAPONA

- Postoji još jedna poteškoća koja se javlja na kraju (završetku) merenja otpornosti.
- Kada je uspostavljena jednosmerna struja u namotaju akumulirana magnetna energija ($W \sim LI^2$), u inače relativno velikoj induktivnosti L , je značajna!!!
- Prilikom isključenja struje javiće se prenapon na prekidaču, a kao posledica njega može doći do pojave električnog luka !!!
- Stoga može doći do uništenja voltmetra!!



$L=5H$
 $I=10A$
 $\Delta t = 0.1s$

Indukovani napon

$$E = - L \Delta I / \Delta t$$

$$\Delta I = 0 - 10A = - 10A$$

$$\Delta t = 0.1s$$

$$E = - 5 \cdot (-10) / 0.1 = \mathbf{500V!!!}$$

Opseg voltmetra od 1mV do nekoliko V!!!, pa postoji mogućnost da uništimo voltmetar!!

KAKO REŠITI PROBLEM?

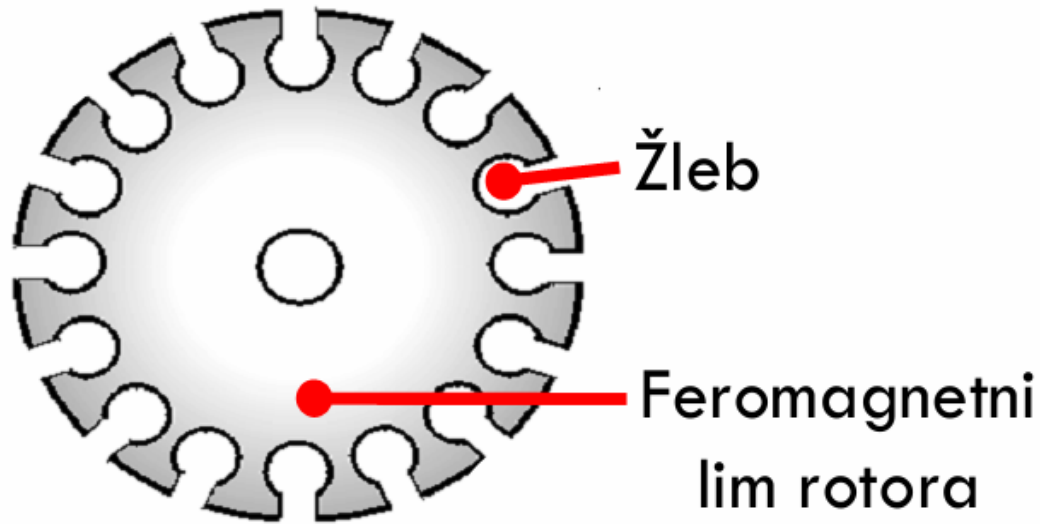
- Voltmetar treba biti uključen samo pri merenju napona na namotaju!!!
- Očitavanjem napona, odspajamo voltmetar i tek nakon toga možemo da isključimo merno strujno kolo!!!
- Treba napomenuti da i nakon odspojenog voltmetra, a nakon otvaraja prekidača postoji mogućnost uništenja ampermetra ili izvora, usled generisanog prenapona
- Kako rešiti ovaj problem?
- Koja je uloga promenljivog otpora R_u ?

- Pri merenju se prvo zatvori strujno kolo, otporom R_u se podesi struja na željenu vrednost, a tek onda priključi voltmetar.
- Po završetku merenja prvo se isključi voltmetar, nakon čega se pomoću dodatnog otpornika struja maksimalno smanji
- Tek nakon ovoga se prekida strujno kolo.

MERENJE OTPORNOSTI ROTORSKIH NAMOTAJA

- Razlikujemo merenja rotorske otpornosti kod mašina naizmenične struje (MNS) i kod mašina jednosmerne struje (MJSS)
- Kada se govori o merenju rotorske otpornosti MNS misli se na sinhronne i asinhronne mašine sa namotanim rotorom, odnosno sa rotorom sa kliznim prstenovima i četkicama
- MJSS imaju po pravilu komutator sa grafitnim četkicama
- MNS imaju komutator sa metalografitnim četkicama

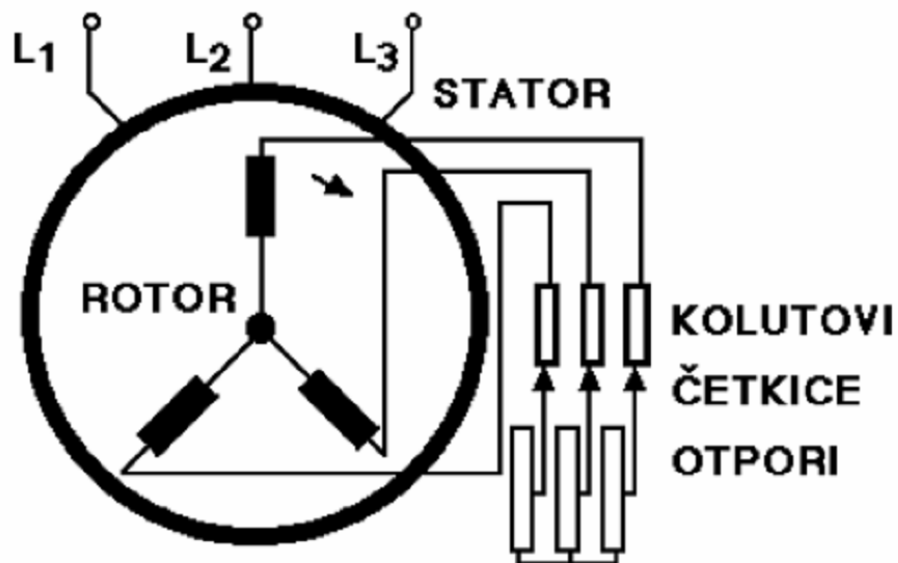
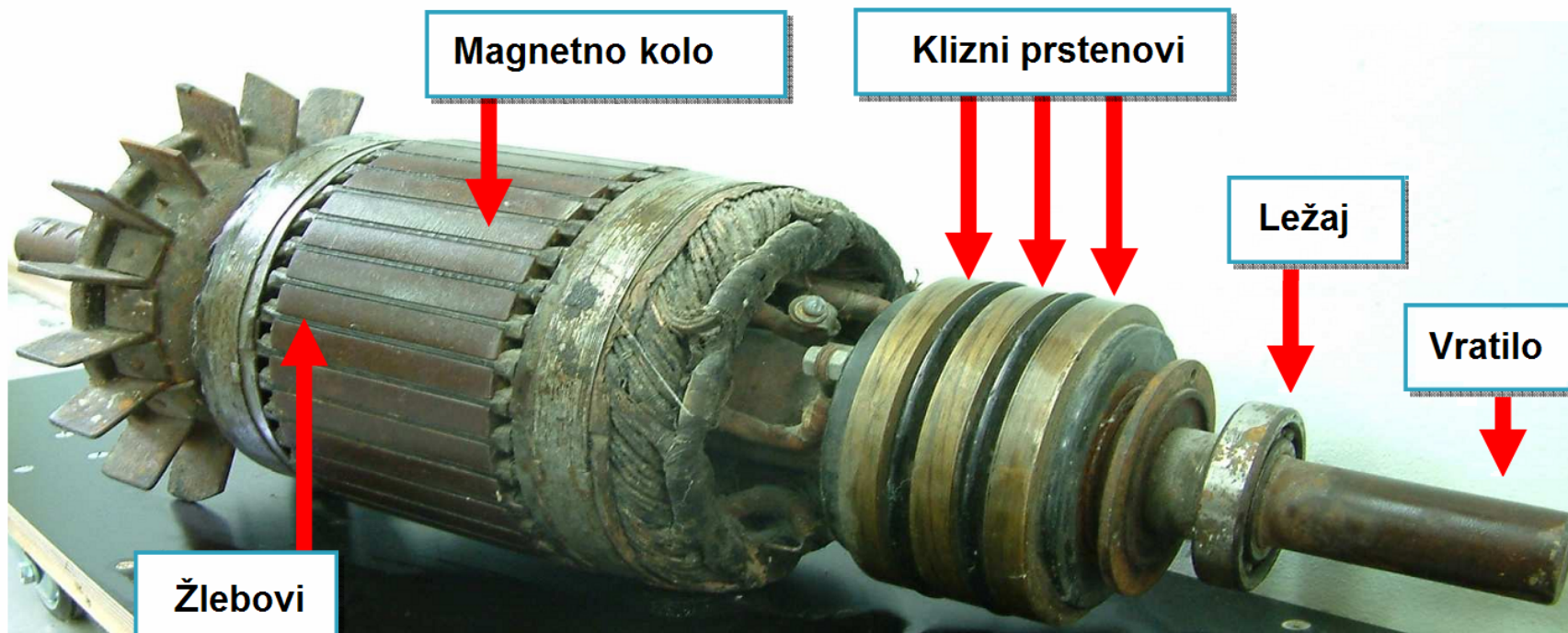
ROTOR MAŠINA ZA NAIZMENIČNU STRUJU (MNS)



Rotor se sastoji iz magnetnog kola i namotaja:

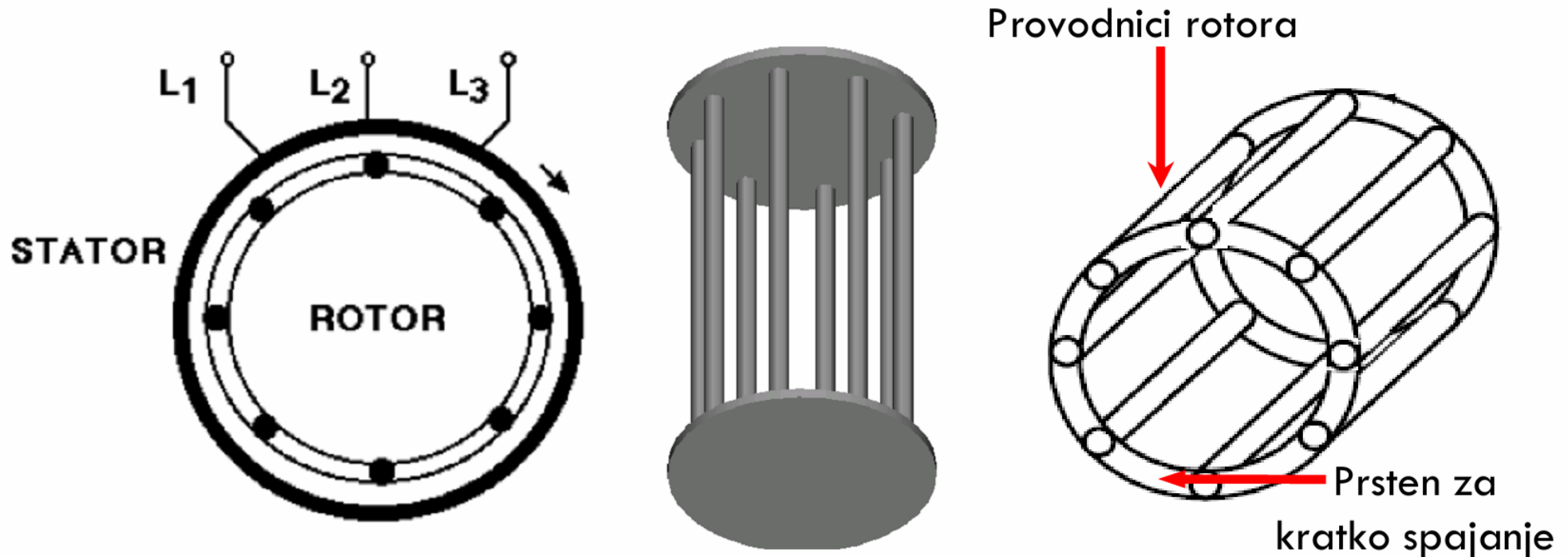
- Magnetno kolo jesačinjeno od tankih i međusobno izolovanih feromagnetnih limova, koji su po spoljašnjoj strani ožlebljeni.
- U žlebovima rotora je smešten namotaj

ASINHRONA MAŠINA SA NAMOTANIM ROTOROM



- U žlebove rotora je postavljen trofazni namotaj.
- Ako je namotaj spregnut u zvezdu onda se tri kraja spajaju u neutralnu tačku, dok se preostala tri kraja izvode do tri klizna prstena, izolovana međusobno ali i od vratila.
- Na klizne prstenove naležu četkice koje su u vezi sa rotorskim otpornikom
- Rotorski otpornik je potreban za puštanje u rad, i nakon toga se četkice podižu i namotaj rotora se kratko spaja.

ASINHRONA MAŠINA SA KAVEZNIM ROTOROM

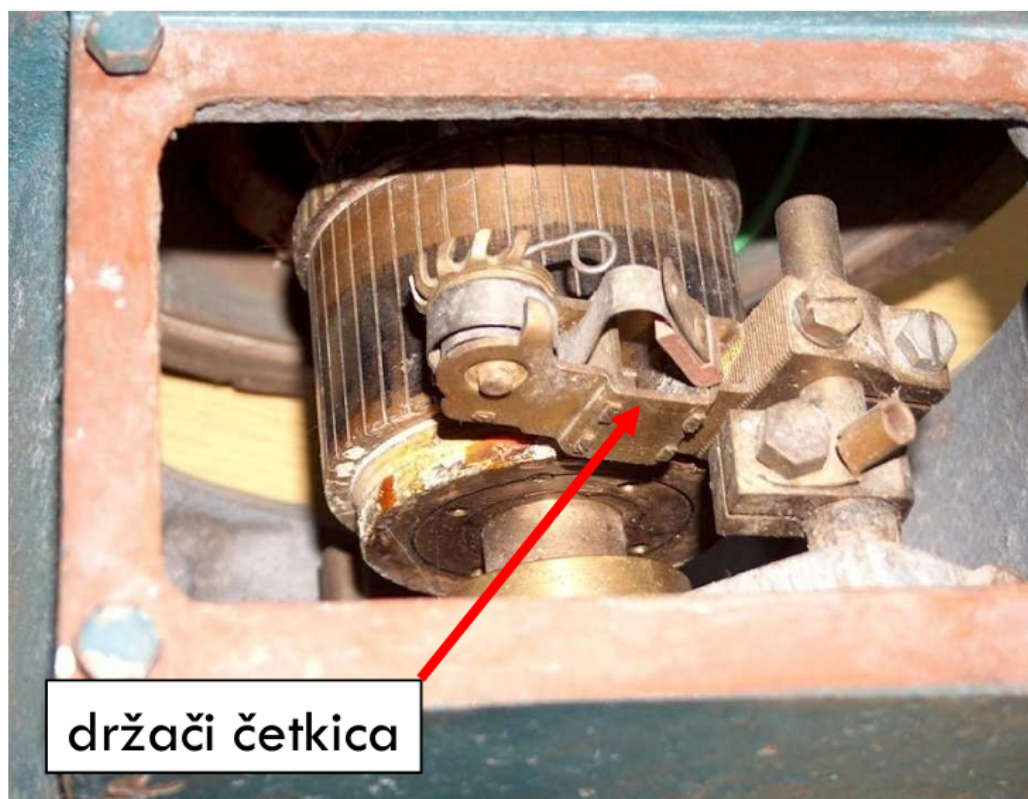
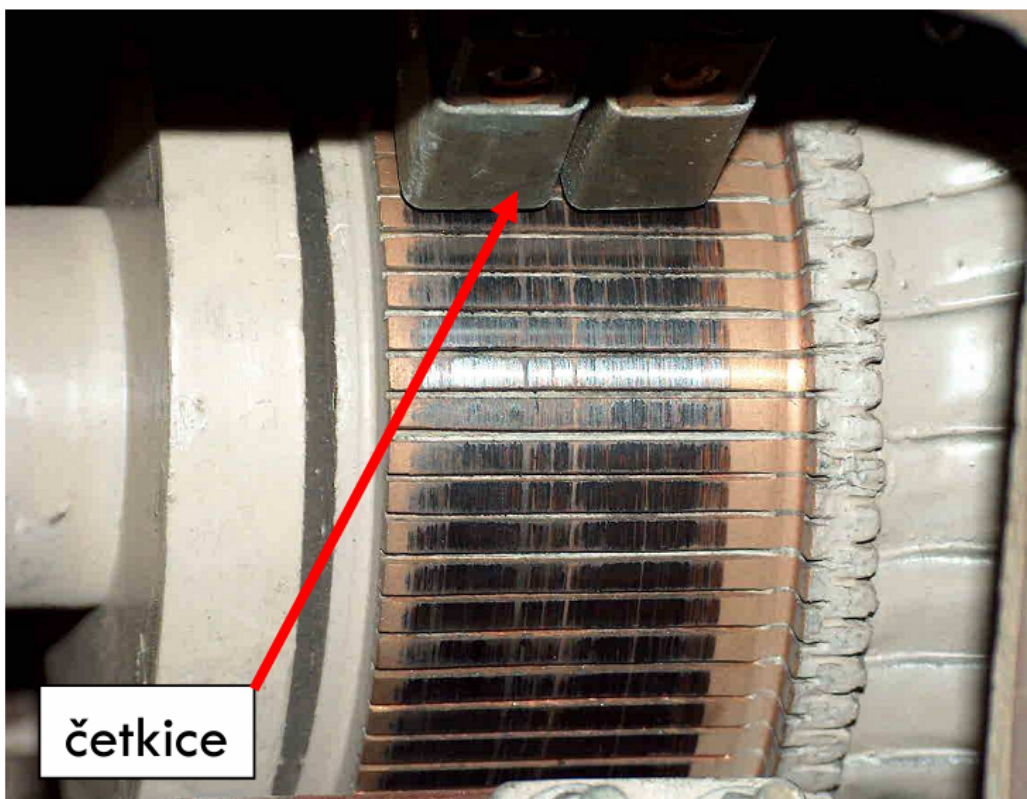


- Ova konstrukcija rotora je prostija u odnosu na konstrukciju namotanog rotora i stoga je jeftinija.
- Sigurnost u radu je mnogo veća i ne zahtevaju se rotorski otpornici.
- Nedostatak je loša karakteristika prilikom puštanja u rad (polazna karakteristika).
- Prevelika je polazna struja ($5-10 \cdot I_n$)
- To ograničava njihovu upotrebu na manje i srednje snage.

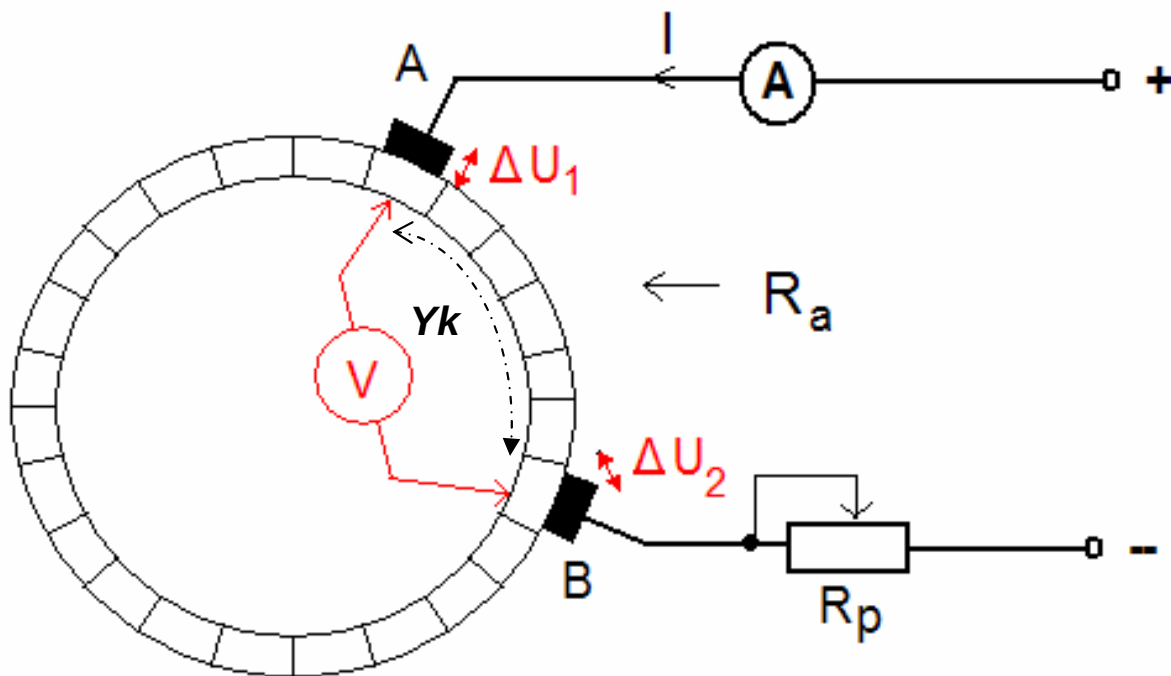


**Kavezni rotor
asinhronne mašine**

Komutator sa četkicama i držačima četkica, kod MJSS



MERENJE OTPORA ROTORSKIH NAMOTAJA



Ukupni otpor:

$$R_a = R_{\text{prel}} + R_{\text{galv}}$$

Ukupni pad napona:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$$

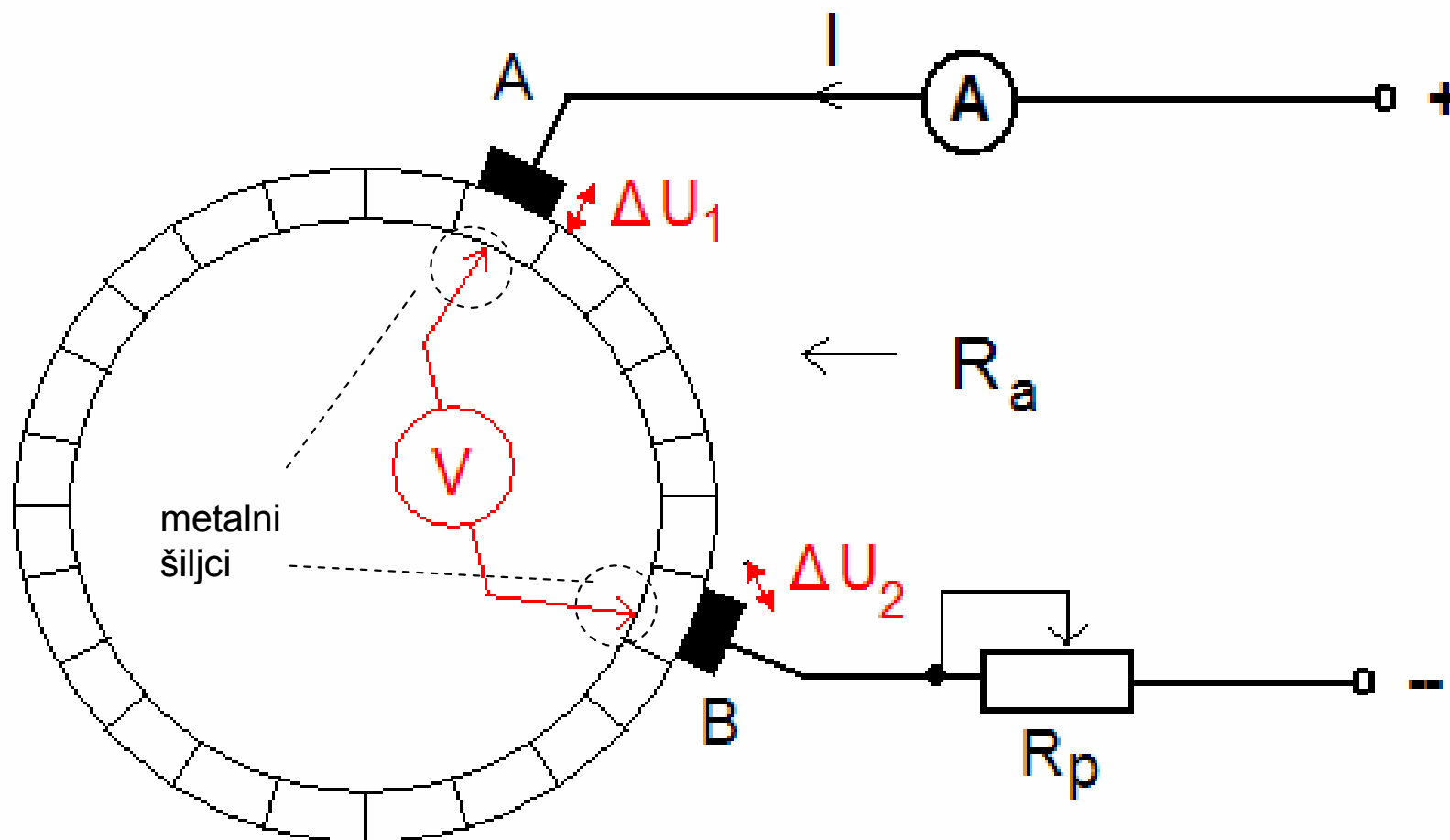
R_{galv} – galvanski otpor samog namotaja

R_{prel} – prelazni otpor između četkica

$$R_{\text{prel}} = \Delta U / I$$

- Otpori rotorskih namotaja mere se direktno na kliznim prstenovima ili na komutatoru između dve kriške na razmaku koji odgovara komutatorskom koraku Y_k .
- Pogrešno je meriti otpor preko četkica jer je prelazni otpor na četkicama jako nelinearan i zavisao od jačine struje
- Prelazni otpor na četkicama može se uzeti u obzir preko pada napona: $\Delta U \approx 2V$ za par četkica (ugljenih, grafitnih ili elektrografitnih) kod rotora MJSS, i $\Delta U \approx 0.6V$ za par četkica (metalografritnih) kod rotora MNS

PRIKLJUČIVANJE VOLTMETRA PRI MERENJU OTPORA ROTORA

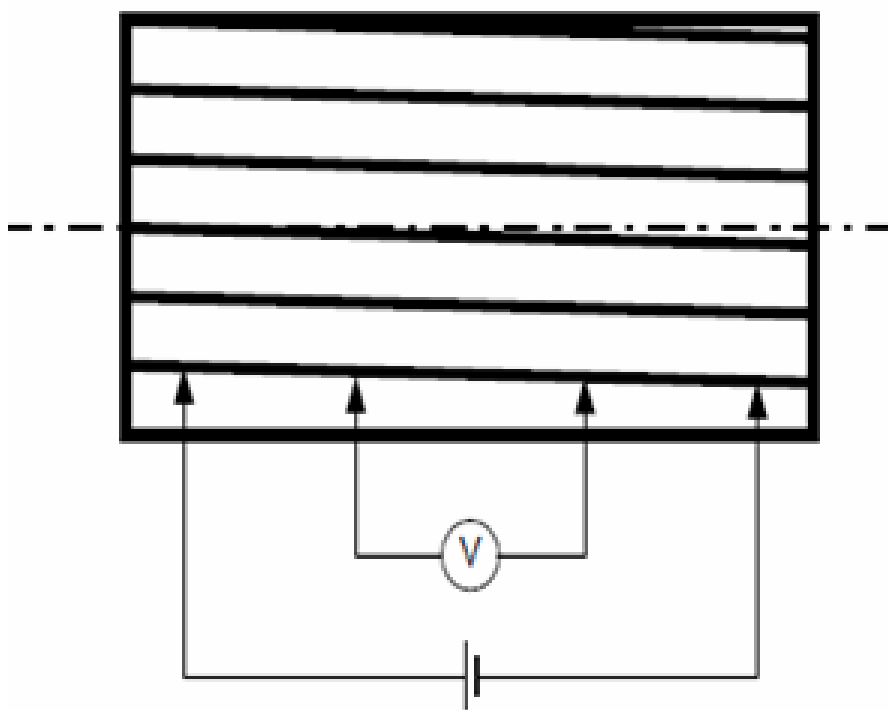


- Voltmetar se pri merenju otpora rotora priključuje pomoću metalnih šiljaka na površine dve kriške komutatora (kod MJSS) ili dva klizna prstena (kod MNS).
- Ovakav način merenja otpora rotora je neophodan prilikom određivanja temperature namotaja rotora pri ogledu zagrevanja.

DETEKCIJA LOMOVA ŠTAPOVA KAVEZA ROTORA

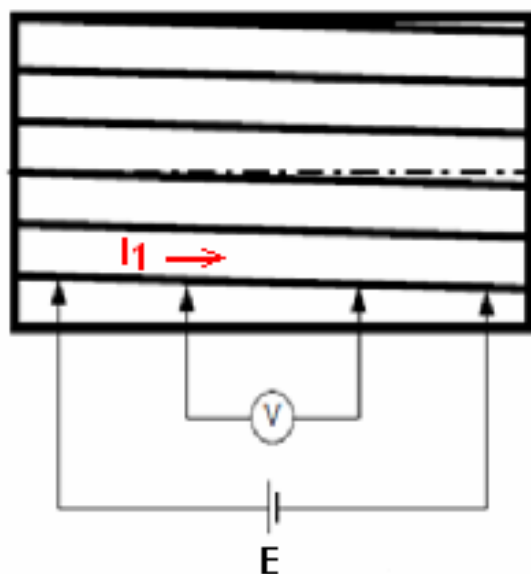


- U slučaju rastavljenog asinhronog motora sa kratkospojenim rotorom, lomovi u štapovima kaveza mogu se detektovati merenjem otpora svakog pojedinačnog štapa U/I metodom
- Merenje se najčešće obavlja po segmentima štapa , a ne za celi štاپ odjednom
- Na ovaj način u nekoliko iteracija je moguće tačnije locirati mesto kvara



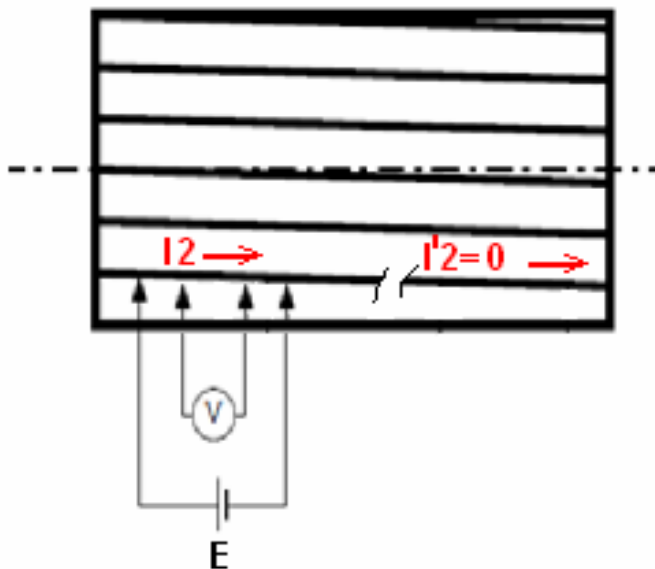
ISPRAVAN ŠTAP

Otpornost štapa: $R_1 = E/I$



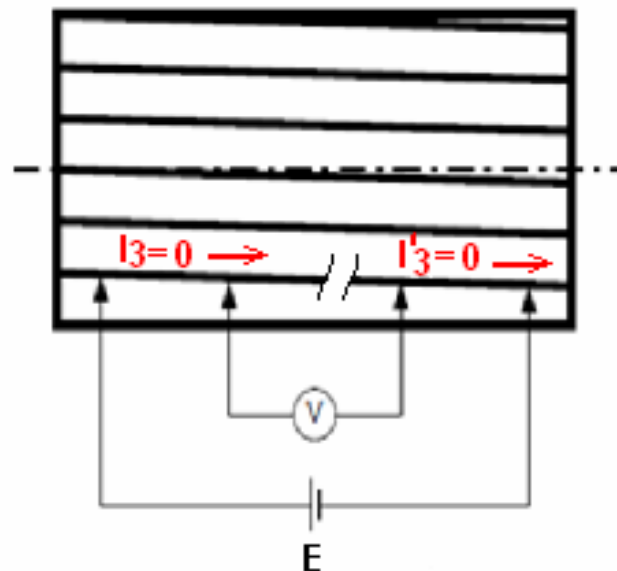
NEISPRAVAN ŠTAP

Otpornost ispravnog dela štapa: $R_2 = E/I_2$



NEISPRAVAN ŠTAP

Beskonačna otpornost



U slučaju kada se ošteti rotorski kavez dolazi do pojave inverzne komponente u obrtnom polju, koja utiče na struju statora motora. Ovo se može uočiti treperenjem kazaljke ampermetra koji je postavljen u priključke statora. Pomenuta inverzna komponenta je proporcionalna klizanju, pa je i treperenje kazaljke zavisno od njega.

PRIMERI ZA AUDITORNE VEŽBE

- Između dva priključna kraja trofazne mašine sukcesivnim merenjem izmereni su otpori čija je srednja vrednost 2Ω . Ako je poznata linijska struja mašine od 100A. Izračunati Džulove gubitke pretpostavljajući da je sprega namotaja (a) zvezda, (b) trougao
- Između dva priključna kraja trofazne mašine sukcesivnim merenjem izmereni su otpori čija 1.9Ω , 2Ω i 2.1Ω . Izračunati otpornosti svakog od faznih namotaja, pretpostavljajući da je sprega namotaja (a) zvezda, (b) trougao

LITERATURA

- Miloš Petrović, *Ispitivanje električnih mašina*, Naučna knjiga, Beograd 1988.
- Slobodan N Vukosavić, *Električne mašine*, Akademska misao, Beograd 2010
<http://masine.etf.rs/knjiga.pdf>
- Vestermanov elektrotehnički priručnik (Poglavljje 3- Električne mašine), Građevinska knjiga, Beograd 2008.
- *Električne mašine-asinhronne mašine*, FTN N.Sad
http://www.keep.ftn.uns.ac.rs/predmeti/masinski_4g_PrimenaPLC_u_meh/PPuM%20-%20ppt%20pogoni%20-%20asinhronne.pdf
- *Električne mašine-komutatorske mašine jednosmerne struje*, FTN N.Sad
http://www.keep.ftn.uns.ac.rs/predmeti/masinski_4g_PrimenaPLC_u_meh/PPuM%20-%20ppt%20pogoni%20-%20jednosmerne.pdf

Hvala na pažnji!!



PITANJA?

- Beograd, Oktobar 2015