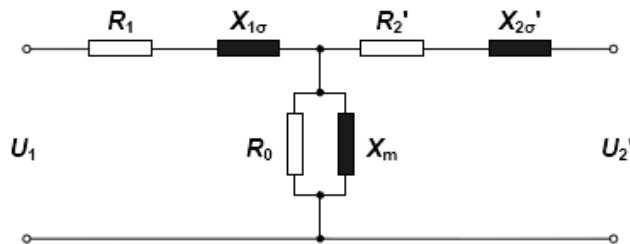


1. Nacrtat nadomjesnu shemu transformatora

Nadomjesna shema transformatora, kao i svakog drugog električnog stroja, daje se uvijek za jednu fazu nadomjesne zvijezde, bez obzira na to kako je transformator stvarno spojen (Y, D, Z).



Slika 4.1 T - nadomjesna shema transformatora

R_1, R_2' - radni otpori namota primara i sekundara (reducirana vrijednost)

$X_{1\sigma}, X_{2\sigma}'$ - rasipne reaktancije namota primara i sekundara (reducirana vrijednost)

R_0 - fiktivni radni otpor; gubici u njemu odgovaraju gubicima u željezu

X_m - glavna reaktancija.

Elementi nadomjesne sheme se određuju iz mjerenja otpora namota, pokusa praznog hoda, pokusa kratkog spoja i preračunavaju se na toplo stanje (75°C).

Pri tome se u praznom hodu zanemaruje uzdužna grana (tj. $R_1, X_{1\sigma}, R_2', X_{2\sigma}'$) i određuju se X_m, R_0 , a u pokusu kratkog spoja se zanemaruje poprečna grana i određuju se X_k, R_k . Dobivene razlike u iznosima izmjerenog radnog otpora i izračunatog radnog otpora iz pokusa kratkog spoja nastale su zbog pojave dodatnih gubitaka. Ovi gubici, odnosno njihov nadomjesni otpor, opadaju s porastom temperature, za razliku od Jouleovih gubitaka u namotu koji s porastom temperature rastu.

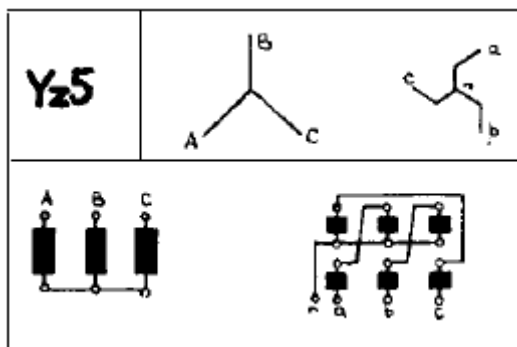
- za male transformatore vrijedi: $R_1 \approx R_2' = 1\%$ $X_{\sigma} = L_{\sigma} = 5\%$
- za velike transformatore vrijedi: $R_1 \approx R_2' = 0.1\%$ $X_{\sigma} = L_{\sigma} = 12\%$

2. Sto određujemo iz pokusa praznog hoda transformatora i nacrtaj karakteristiku (valjda nadomjesnu shemu???) praznog hoda

Ako se transformator s jedne strane priključi na napon, a s druge strane ostave stezaljke otvorene, teći će iz mreže samo struja praznog hoda, odnosno snaga potrebna za pokrivanje gubitaka praznog hoda. Struja uklapanja je neusporedivo veća od trajne struje praznog hoda. **Struja praznog hoda sastoji se od jalove komponente za magnetiziranje jezgre, radne komponente u fazi s naponom koja služi za pokrivanje gubitaka**, te male komponente struje nabijanja kapaciteta namota

Gubici praznog hoda nastaju prvenstveno zbog histereze i vrtložnih struja u jezgri. Spomenuti gubici ovise o magnetskoj indukciji u jezgri B , frekvenciji f , debljini lima d , te konstanti materijala p_h i p_v i računaju se prema izrazima:

3. Nacrtati yd5 spoj



4. Pokus kratkog spoja transformatora

Pri pokusu kratkog spoja transformatora sekundarne stezajke se kratko spoje, a primar se napaja sniženim naponom tolikog iznosa da namotom poteče nazivna struja. Otpor kratkospojnika kod velikih transformatora nije zanemariv jer je usporediv s otporom namota. Snimaju se ovisnosti $P_o = f(U_o)$, $I_o = f(U_o)$ i $\cos \phi_o = f(U_o)$ u području $1,1 - 0,8 U_n$.

Mjerenjima u pokusu kratkog spoja iz podataka o ukupnim gubicima P_k transformatora (koji su posljedica struje opterećenja), impedanciji kratkog spoja Z_k i faktoru snage $\cos \phi_k$, dolazi se do podataka o ukupnoj rasipnoj reaktanciji X_k .

Gubici P_k se sastoje od:

- gubitaka u radnim otporima namota,
- tzv. "dodatnih gubitaka" zbog vrtložnih struja u konstruktivnim dijelovima, te efekta potiskivanja struje koji dovodi do neravnomjerne raspodjele struje po presjeku vodiča čime se povećava otpor namota i radni gubici.

Poznavanje iznosa ukupne rasipne reaktancije transformatora važno je za određivanje induktivne komponente napona kratkog spoja U_k . Napon kratkog spoja je reda veličine nekoliko postotaka nazivnog napona U_1 i odgovarajuća struja magnetiziranja za taj mali napon je zanemariva pa možemo uzeti da sva struja koja teče kroz primarni namot, teče i kroz sekundarni namot (naravno, reducirana recipročnom vrijednošću omjera broja zavoja). To znači da se u nadomjesnoj shemi transformatora kod pokusa kratkog spoja može izbaciti poprečna grana (koju čine glavna reaktancija i nadomjesni otpor za gubitke u željezu).

5. Napisati koji su uvjeti paralelnog spoja transformatora.

Uvjeti paralelnog rada:

- ☐ Isti satni broj
- ☐ Jednaki nazivni naponi transformacije U_{1n} / U_{2n}
- ☐ Približno jednaki naponi kratkog spoja, razlika do 10%
- ☐ Omjer nazivnih snaga ne veći od 2

Paralelni spoj transformatora spajanjem izvoda (bez otvaranja kotla) je moguć spajanjem transformatora samo iz iste skupine s parnim satnim brojevima i spajanjem transformatora s obje neparne skupine s neparnim satnim brojevima.

6. Može li transformator od 10kV raditi kad se prikljuci na 12kV?!

Ne može, zbog toga što će se stvoriti veliki tok (veći od maksimalno dozvoljenoga), a kao posljedicu toka imamo struju koja je također veća od maksimalno dozvoljene. Ta struja bi uzrokovala veliko grijanje i naposljetku uništenje trafa.

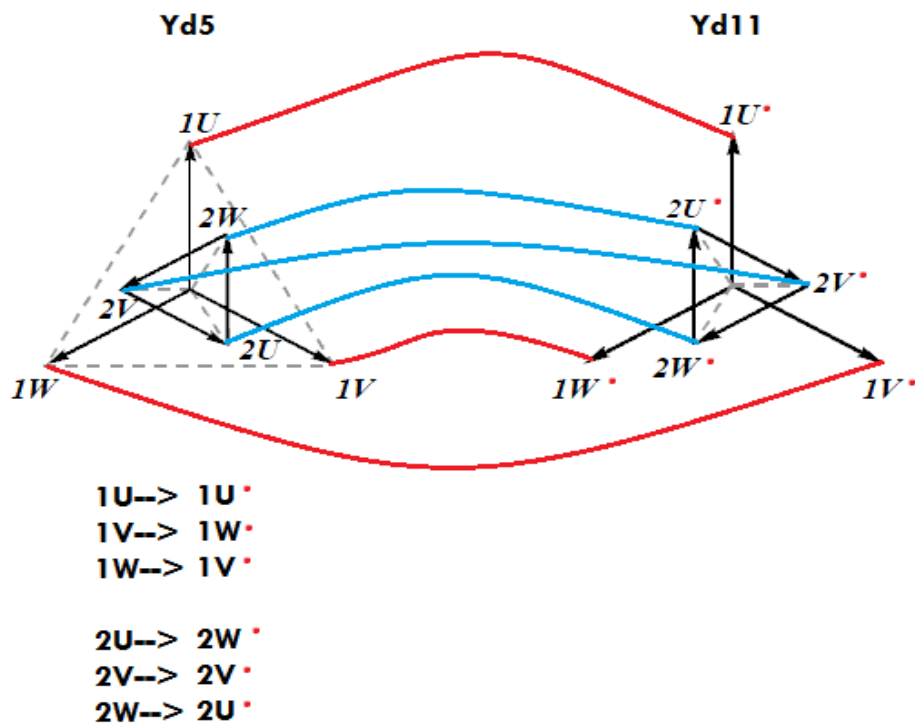
7. Kako se transformatori dijele prema načinu i vrsti hlađenja, što je ONAN?

Dije se (s obzirom na hlađenje) na suhe i uljne??

ONAN – hlađenje prirodnim strujanjem ulja oko namota, i zraka kao sekundarnog rashladnog sredstva > uljni transformatori do 20 MVA).

8. Što treba napraviti da bi transformatori Yd5 i Yd11 radili paralelno

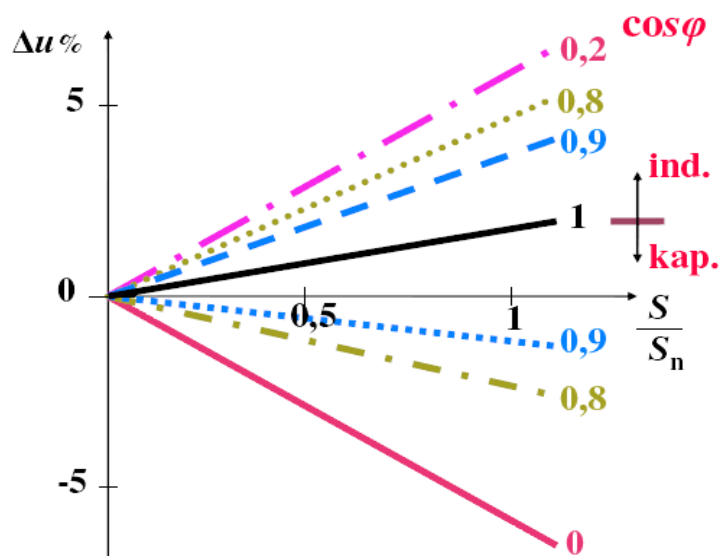
**Yd5 Yd11 da rade
paralelno?**



9. Ovisnost napona na sekundaru transformatora u kapacitivnom i induktivnom opterećenju

Pad napona transformatora u ovisnosti o opterećenju i karakteru opterećenja

Napon sekundara raste s porastom kapacitivnog opterećenja, dok pada s porastom induktivnog opterećenja (u odnosu na prazni hod)



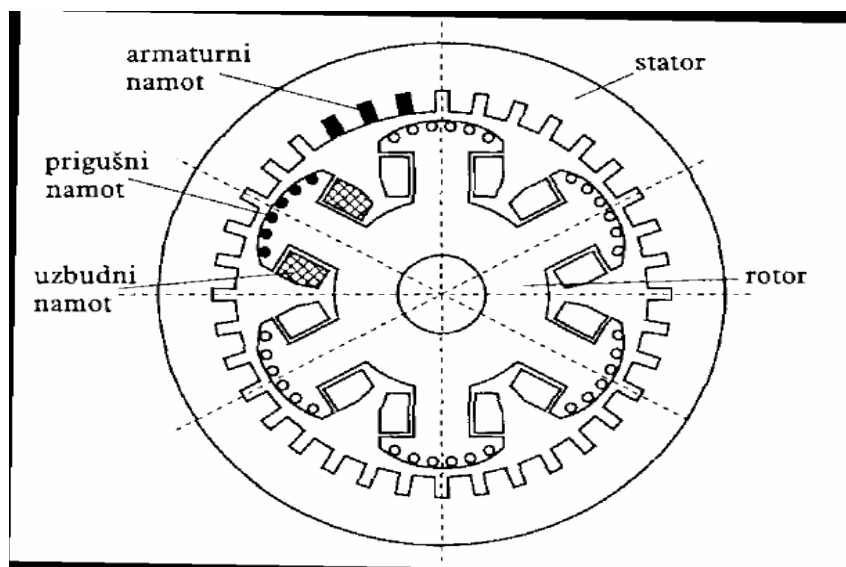
10. Što je konzervator , čemu služi i gdje se nalazi na transformatoru?

Prolaskom velikih struja kroz namote transformatora generira se toplina koju je potrebno odvesti hlađenjem. Kod uljnih transformatora hlađenje se vrši uljem koje ispunjava cijeli kotao transformatora. Porastom temperature ulje se širi te je kod transformatora velikih dimenzija potreban veliki dodatni prostor koji će omogućavati širenje. Iz tog razloga na transformatore se ugrađuje dio koji se naziva konzervator

11. Nacrtati transformator u KS i napisati što znači sto na semi, kako se računa struja kratkog spoja

Znači shema izgleda kao i obična nadomjesna shema za trafo ali nema poprecne grane i stezaljke sekundara su kratko spojene.

1. Nacrtati sinkroni stroj i nacrtati gdje je uzбудni a gdje armaturni namot



2. Reaktancije kod TG i HG i koliko otprilike iznose vrijednosti tih reaktancija?

Reaktancija u d-osi

Sinkrona reaktancija u uzdužnoj osi x_d sastoji se od rasipnog dijela $x_{a\sigma}$ i dijela koji predstavlja tok koji prolazi kroz zračni raspor x_{ad} :

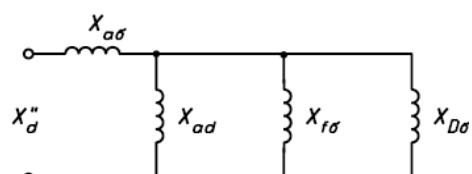
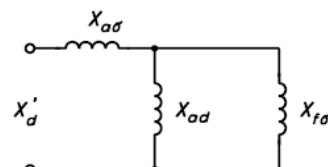
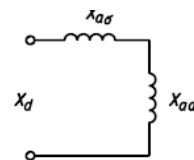
$$x_d = x_{a\sigma} + x_{ad}$$

Prijelazna (tranzijentna) reaktancija u uzdužnoj osi:

$$x'_d = x_{a\sigma} + \frac{x_{ad} x_{f\sigma}}{x_{ad} + x_{f\sigma}}$$

Početna (subtranzijentna) reaktancija u uzdužnoj osi:

$$x''_d = x_{a\sigma} + \frac{x_{ad} x_{D\sigma} x_{f\sigma}}{x_{ad} x_{D\sigma} + x_{ad} x_{f\sigma} + x_{D\sigma} x_{f\sigma}}$$



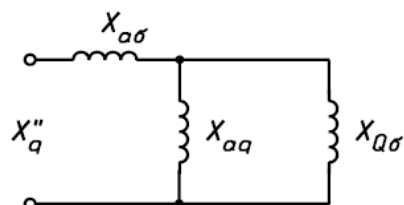
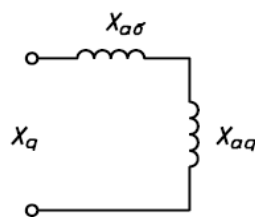
Reaktancija u q-osi

Sinkrona reaktancija u poprečnoj osi x_q sastoji se od rasipnog dijela $x_{a\sigma}$, koji je jednak onome u uzdužnoj osi, i dijela koji odgovara toku u glavnom krugu u q-osi x_{aq} :

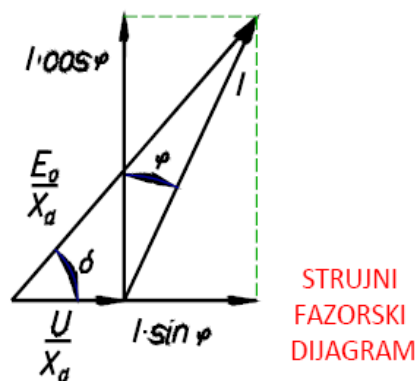
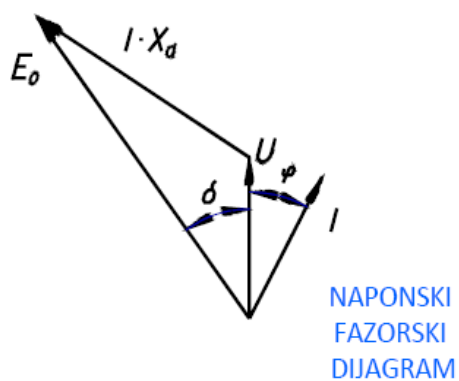
$$x_q = x_{a\sigma} + x_{aq}$$

Početna reaktancija u poprečnoj osi:

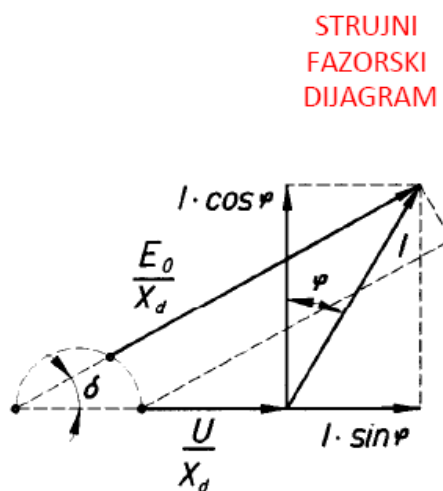
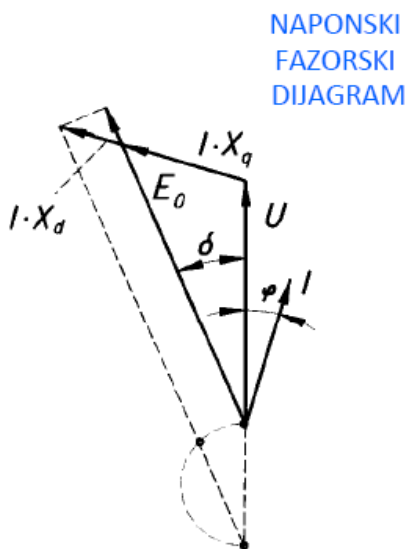
$$x_q'' = x_{a\sigma} + \frac{x_{aq} x_{Q\sigma}}{x_{aq} + x_{Q\sigma}}$$



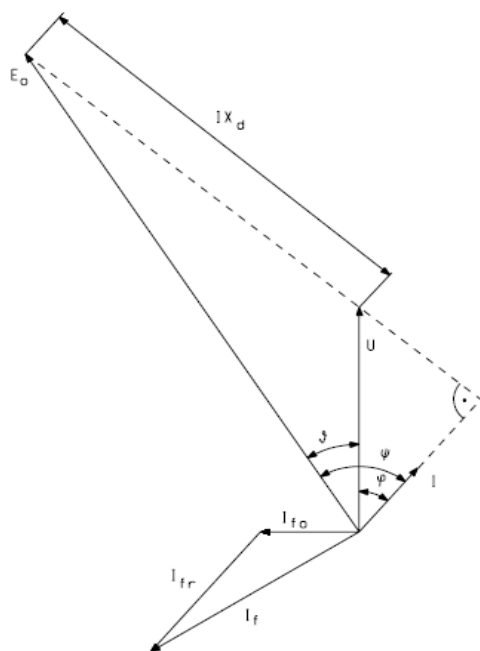
3. Fazorski dijagram TG-a



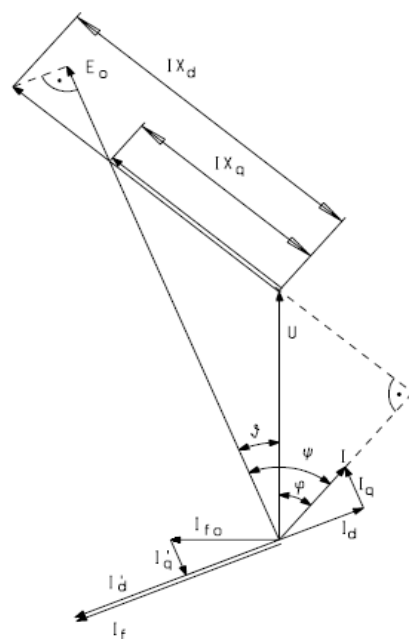
4. Fazorski dijagram HG-a



- fazorski dijagrami HG-a i TG-a



Slika 3. Pojednostavljeni fazorski dijagram sinkronog generatora s cilindričnim rotorom (turbogenerator)



Slika 4. Pojednostavljeni fazorski dijagram sinkronog generatora s izraženim polovima (hidrogenerator)

5. Nacrtati fazorski dijagram hidrogeneratora $X_d=120\%$ $X_q=60\%$ opterećen sa 50% snage i u kapacitivnom području rada. Sljedeće slike su sa predavanja, ne odnose se na taj primjer, nego općenito za više slučajeva

Fazorski dijagram hidrogeneratora opterećenog:

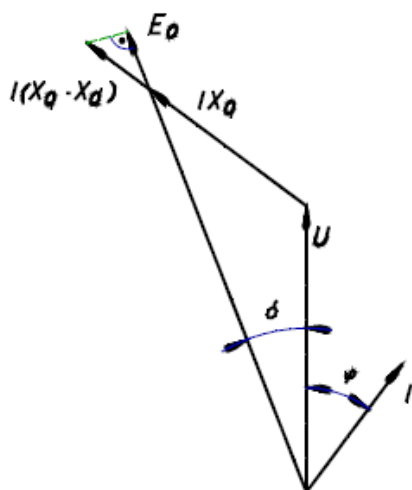
a) pretežno induktivno

b) djelatno

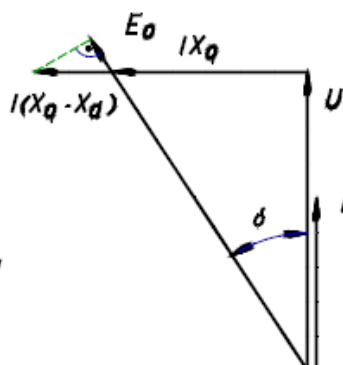
c) pretežno kapacitivno

NADUZBUĐEN HG

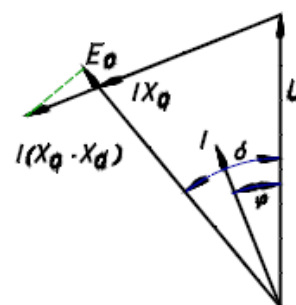
PODUZBUĐEN HG



a)



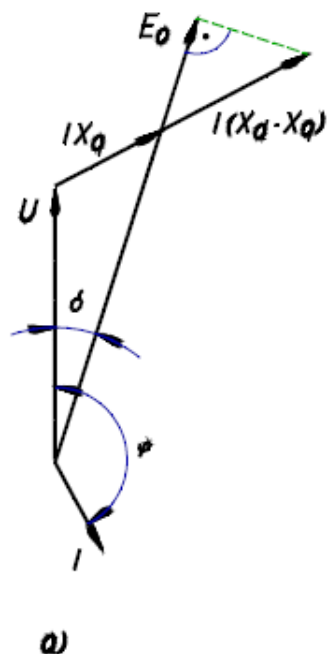
b)



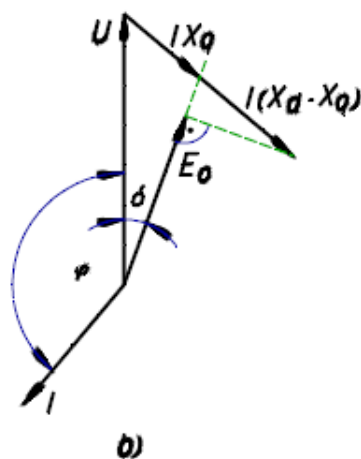
c)

Fazorski dijagram sinkronog motora s istaknutim polovima

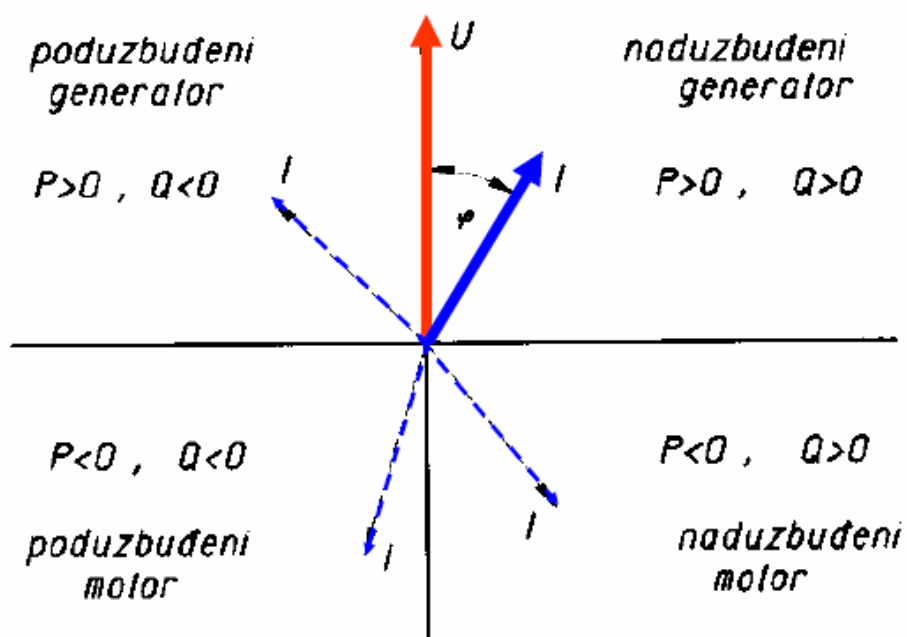
a) NADUZBUĐEN



b) PODUZBUĐEN



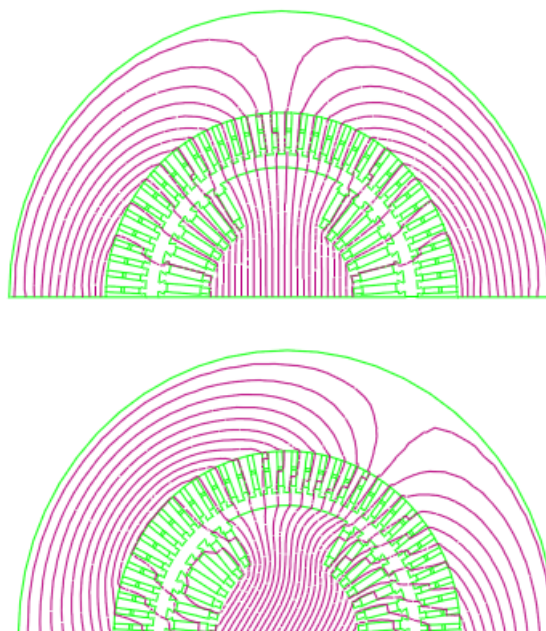
Fazori napona i struja sinkronog stroja u generatorskom sustavu prikazivanja



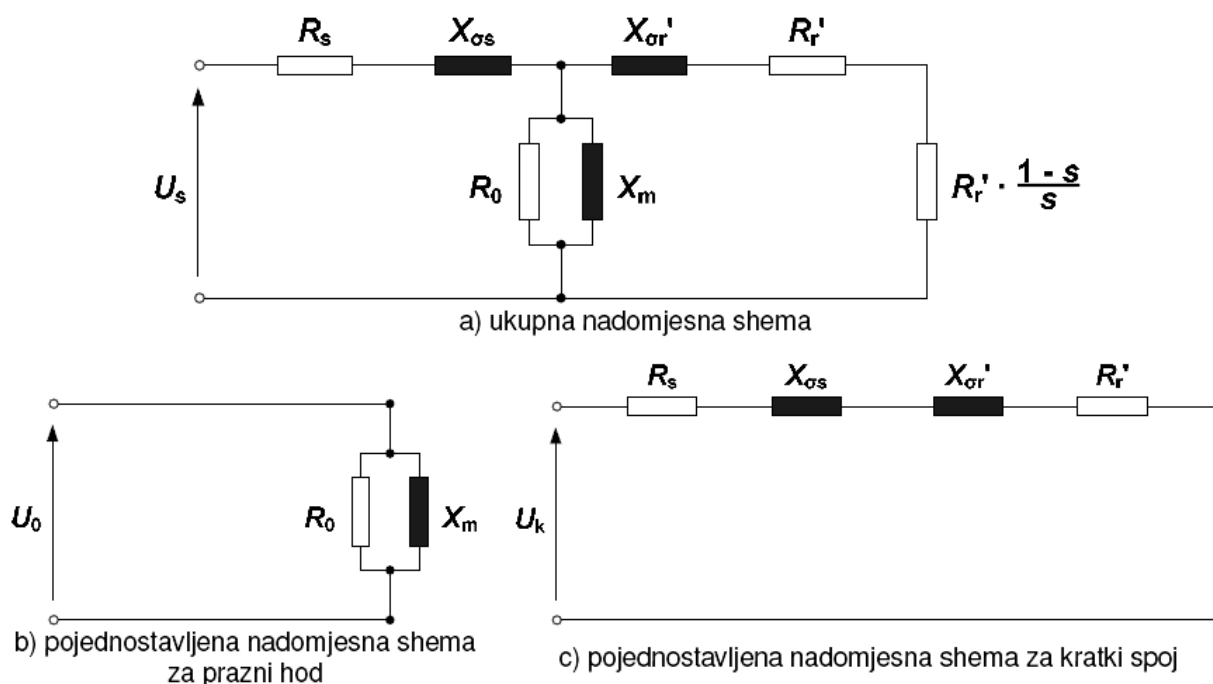
6. Nacrtaj poprečni presjek 2-polnog generatora i ucrtaj glavni i rasipni magnetski tok

Reakcija armature

- ▮ Magnetski tok u rasporu sinkronog stroja ovisi o protjecanju svih namota koji su tim tokom ulančeni.
- ▮ U praznom hodu sinkronog stroja ne teče struja armaturnim namotom ($I=0$), pa je tok stvoren samo protjecanjem uzbuđnog namota.
- ▮ Kada kroz armaturni namot poteče struja, ona svojim protjecanjem mijenja resultantno protjecanje koje stvara resultantni tok u stroju. Djelovanje armaturnog protjecanja nazivamo **reakcijom armature**.
- ▮ Polja u stroju mogu se zbrajati samo kad su odnosi između polja i protjecanja linearni (što ovdje nije slučaj jer postoji zasićenje).
- ▮ Prvo se mora izračunati resultantno protjecanje (pri čemu je odnos struja-protjecanje linearan), tek onda magnetska indukcija.



7. Nacrtat nadomjesnu shemu asinkronog motora



Slika 4.1 Nadomjesna shema asinkronog motora

Parametri nadomjesne sheme određuju se iz mjerenja otpora statora, pokusa praznog hoda i kratkog spoja. U praznom hodu zanemarujemo vrijednosti R_s i X_s zbog male struje praznog hoda i malog pada napona na tim parametrima. U kratkom spoju zanemarujemo X_m i R_0 zbog toga što stroj radi u linearnom (nezasićenom) dijelu krivulje magnetiziranja pa je struja u poprečnoj grani nadomjesne sheme zanemariva u odnosu na struju u uzdužnoj grani.

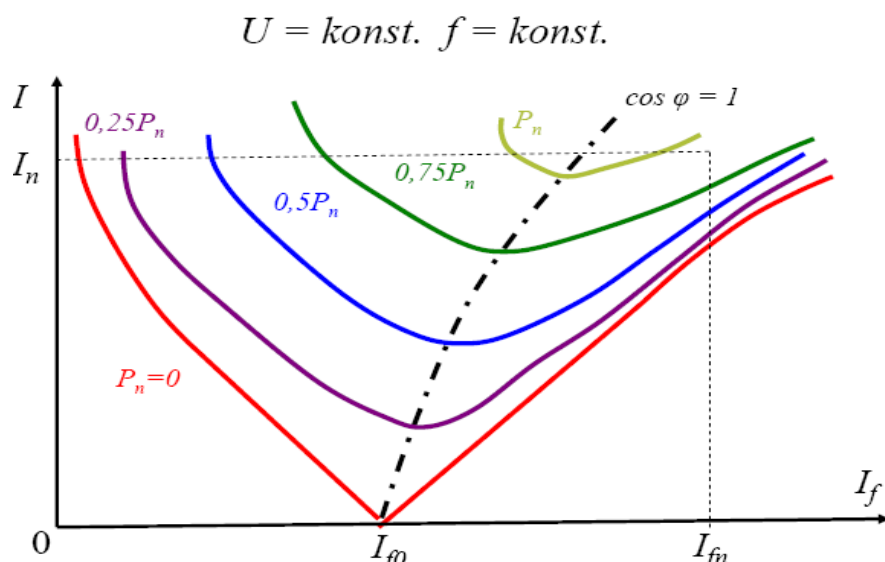
8. Uvjeti sinkronizacije sinkronog generatora

Redoslijed faza generatora i mreže mora biti jednak

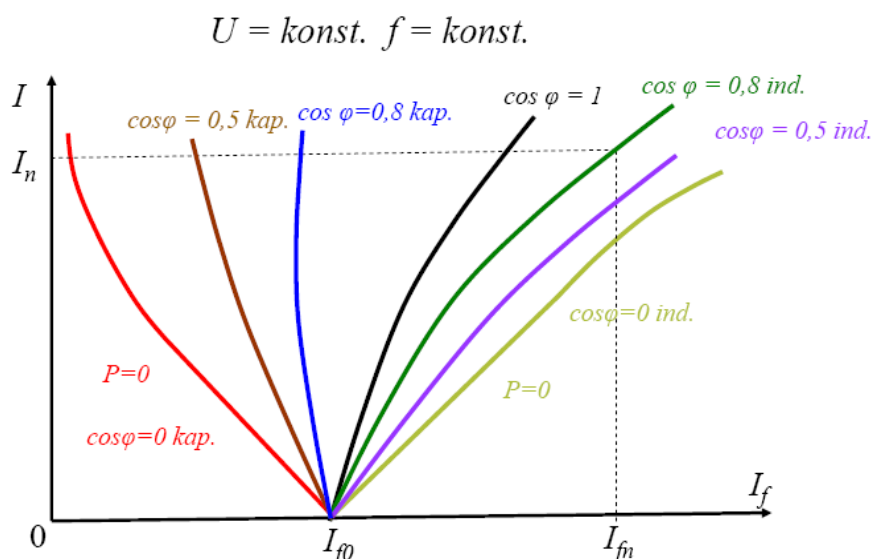
- Vrijednosti napona generatora i mreže moraju biti jednake: $E_g = U$
- Frekvencije napona generatora i mreže moraju biti jednake: $f_g = f$
- Fazni kutevi napona generatora i mreže moraju biti jednaki: $\varphi_g = \varphi$

Prilikom priključka generatora na mrežu je nužno da naponi mreže i generatora budu po veličini jednaki, imaju istu frekvenciju, isti redoslijed faza i da su u fazi (istofazni). U protivnom se, zbog razlike napona između mreže i generatora, pojavi struja izjednačenja. Najnepovoljniji (zbog velikih struja) je slučaj kada su fazori napona istoimenih faza protufazni (180°). Tada je razlika potencijala na kontaktima prekidača jednaka dvostrukom faznom naponu generatora, pa će struja izjednačenja biti teoretski dva puta veća od udarne struje kratkog spoja. Takav strujni udarac može mehanički uništiti namot generatora (sila na vodič raste s kvadratom struje), ili prekidač itd. Razvijaju se i zakretni momenti u spojkama i osovinskom vodu višestruko veći od nazivnog momenta (najveći kod pomaka u fazi oko 130°). Da do toga ne bi došlo moraju biti ispunjeni svi uvjeti sinkronizacije prije priključka generatora na mrežu.

9. Nacrtati V-krivulje; zadani napon u ovisnosti o snazi ($U=0$, $U=0,5P_n$, $U=P_n$, valjda...ali mislim da je umjesto napona U , struja I).

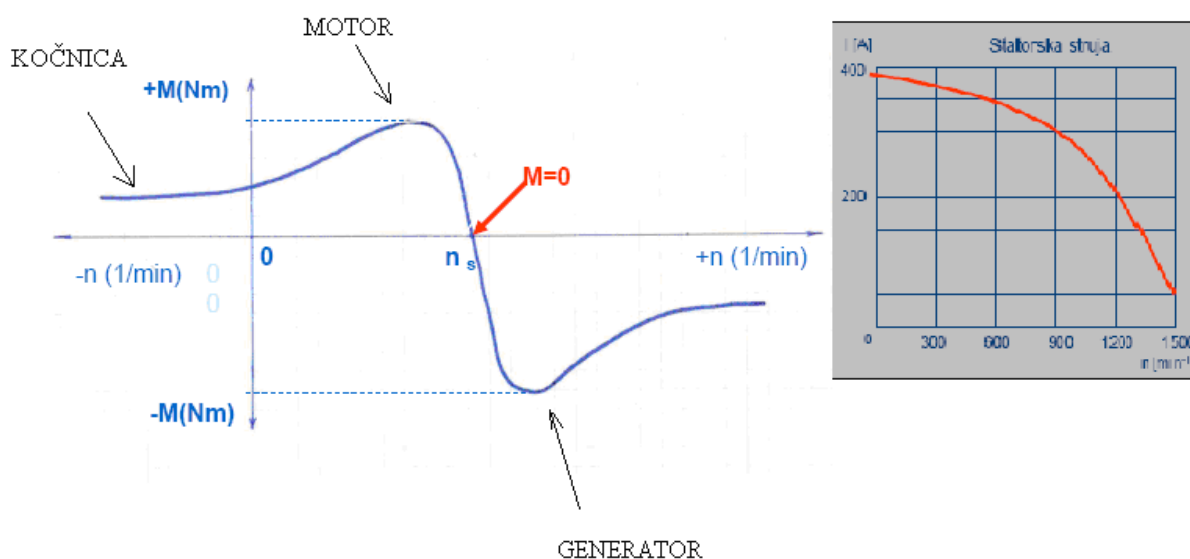


10. Krivulje regulacije, tj. regulacija opterećenja kod sinkronog generatora u ovisnosti o $\cos \varphi$



11. Momentna karakteristika asinkronog motora i nacrtati statorku struju

$$M = \frac{30}{n_s \pi} \frac{m_r E_{r0}^2 R_r}{\left[\left(\frac{R_r}{s} \right)^2 + X_{r\sigma 0}^2 \right]} \frac{1}{s} \quad Nm$$



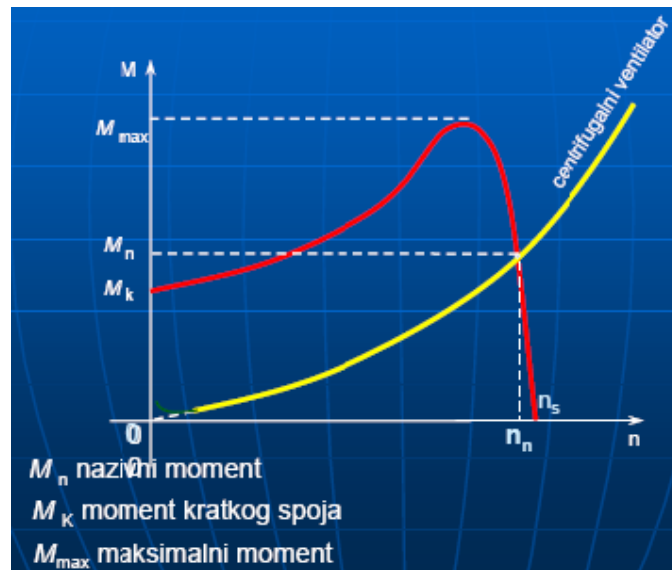
12. Zašto klizanje asinkronog motora mora biti malo i koliko otprilike iznosi za motor snage 1000 W?

Klizanje mora biti malo zbog toga što su onda i gubitci energije mali, a kod motora snage 1 kW inose 0.1 – 5 %.

Klizanje s:

$$s = (n_s - n) / n_s \quad , \quad n_s = 60 \cdot f / p$$

13. Momentna karakteristika centrifugalne pumpe



14. Napisati primjer reguliranja vrtnje izmjeničnog motora.

Iz formule: $n = n_s \cdot (1-s) = 60 \cdot f_s \cdot (1-s) / p$

zaključujemo da brzinu vrtnje možemo regulirati:

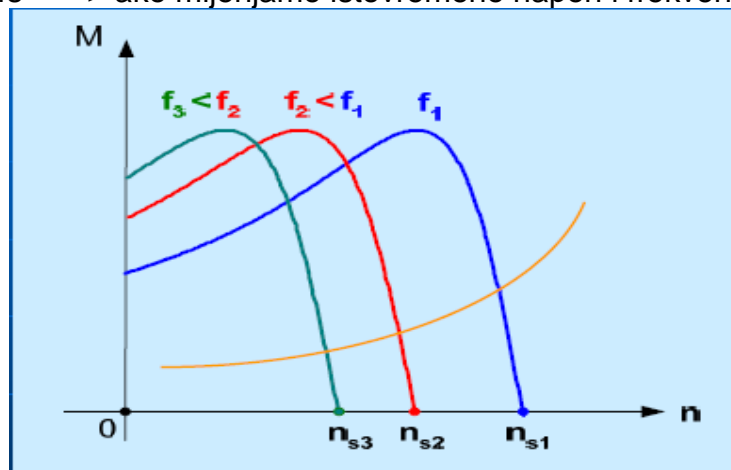
- Promjenom broja polova (veći broj polova, sporija vrtnja)
- Promjenom frekvencije (veća frekvencija, brža vrtnja)
- Promjenom napona (napon je proporcionalan s momentom $\rightarrow M=f(U^2)$, pa ako povećamo napon, raste i moment, a time mijenjamo i samu karakteristiku. To znači da će brzina vrtnje n ovisiti o samoj karakteristici.)
- Istovremeno mijenjanje napona i frekvencije

15. Moment as.motora, moment ako napon i frekvencija se smanji (omjer konst.), moment ako se samo frekv. poveća dva puta.

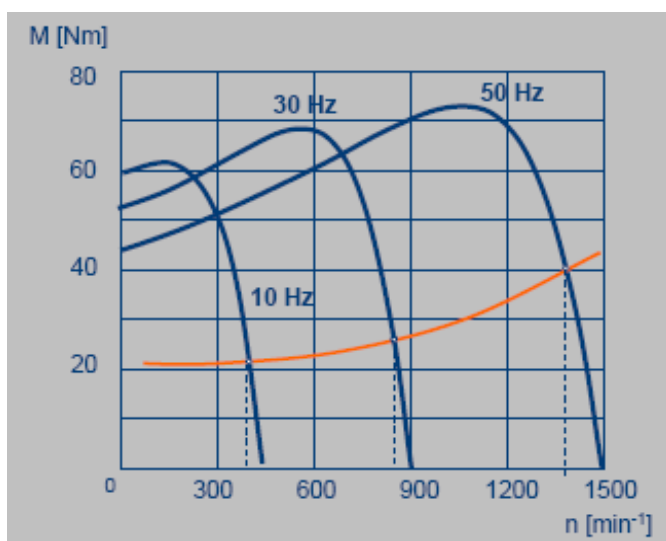
ILI

Momentna kark. asinkronog motora, kad se smanji U i f za 50% i kad $U=\text{konst.}$ a f poveća dva puta.

$U_s/f_s \approx E_s/f_s \rightarrow$ ako mijenjamo istovremeno napon i frekvenciju



->ako se samo frekvencija poveća x puta



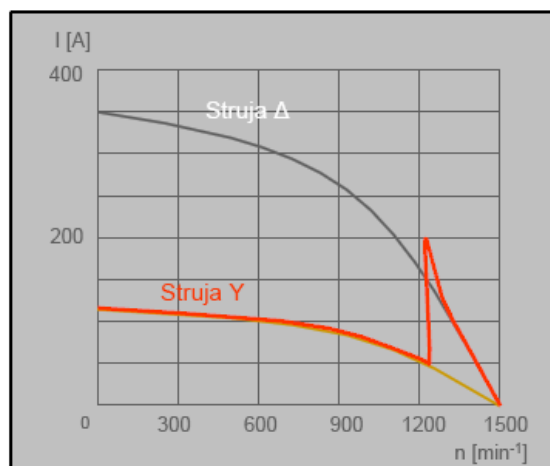
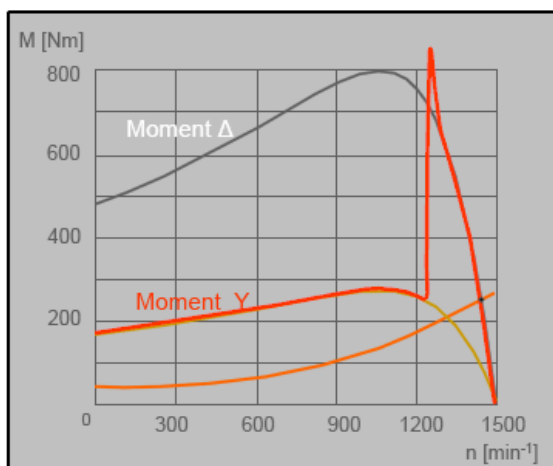
16. Odnosi struje kratkog spoja i poteznog momenta za dva napona.

Naponi u spojevima zvijezda (Y) i trokut (Δ)...

	U NAMOTU	PREMA MREŽI
$\frac{M_{SY}}{M_{S\Delta}} = \left(\frac{U_{SY}}{U_{S\Delta}} \right)^2 = \frac{1}{3}$	$\frac{I_{SY}}{I_{S\Delta}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{I_{SY}}{I_{I\Delta}} = \frac{1}{3}$

17. Karakteristika struje kod pokretanja AM-a u trokutu i zvijezdi...

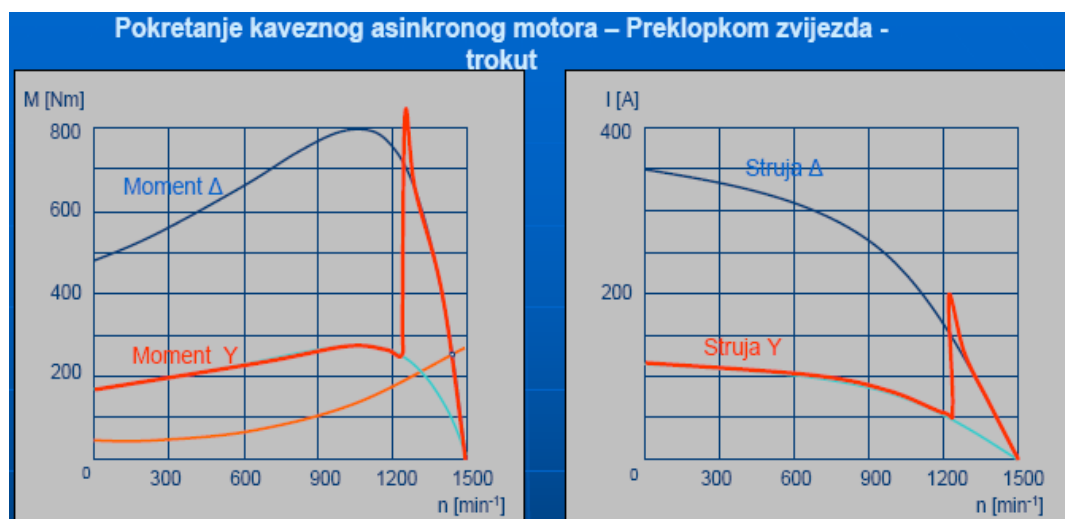
Pokretanje kaveznog asinkronog motora preklopom zvijezda - trokut



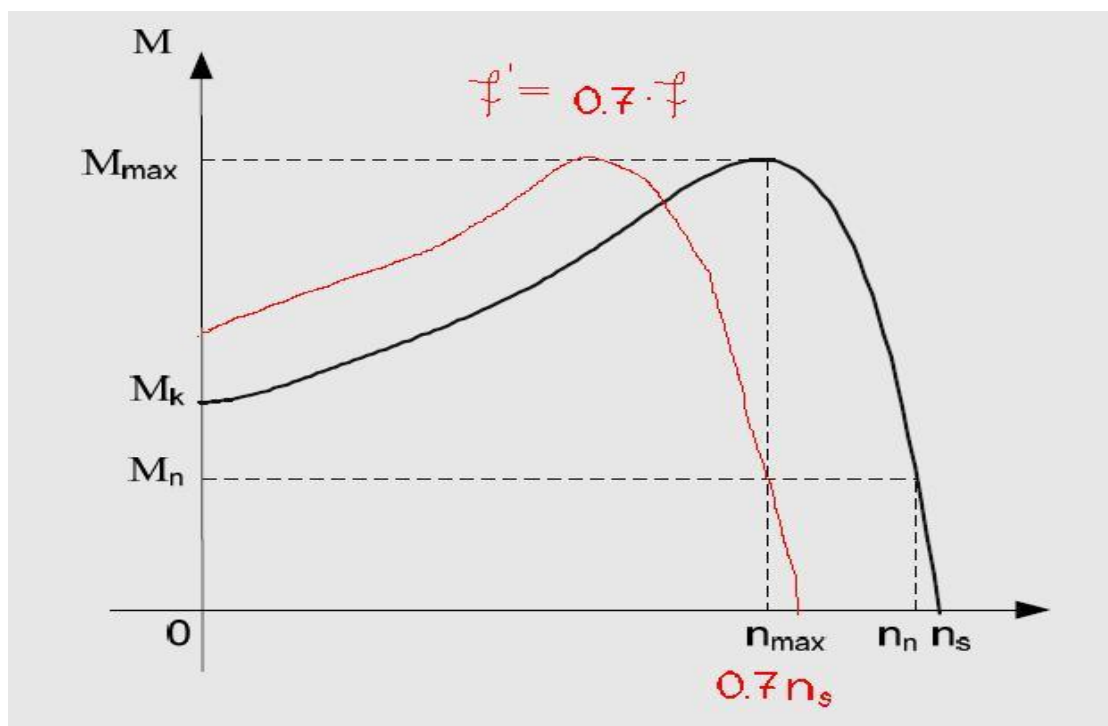
$$\frac{M_{SY}}{M_{S\Delta}} = \left(\frac{U_{SY}}{U_{S\Delta}} \right)^2 = \frac{1}{3}$$

U NAMOTU	PREMA MREŽI
$\frac{I_{SY}}{I_{S\Delta}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{I_{SY}}{I_{I\Delta}} = \frac{1}{3}$

18. Rad asinkronog motora koji je spojen u trokut, nacrtati momentnu karakteristiku. i u istom grafu nacrtati momentnu karakteristiku kada ga prespojis u zvijezdu.

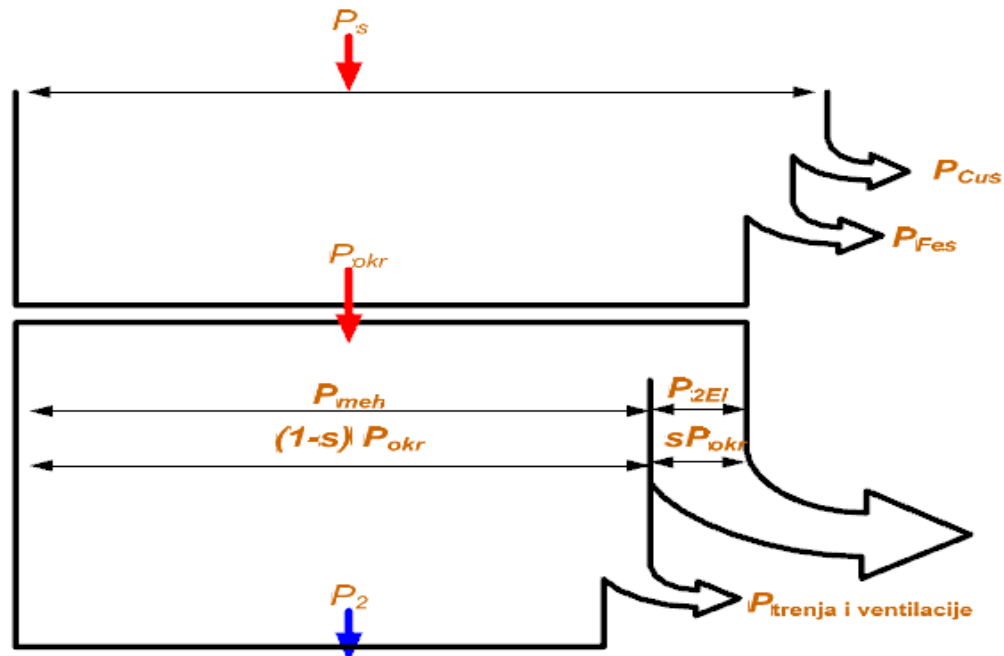


19. Nacrtati momentnu karakteristiku asinkronog stroja u motornom području rada, označiti nazivni, prekretni (maksimalni) i potezni moment. Nacrtati istu krivulju ako se frekvencija i napon smanje na 70% početne vrijednosti.



20. Energetska bilanca kod asinkronog motora nacrtat. Kako utjece klizanje na gubitke?

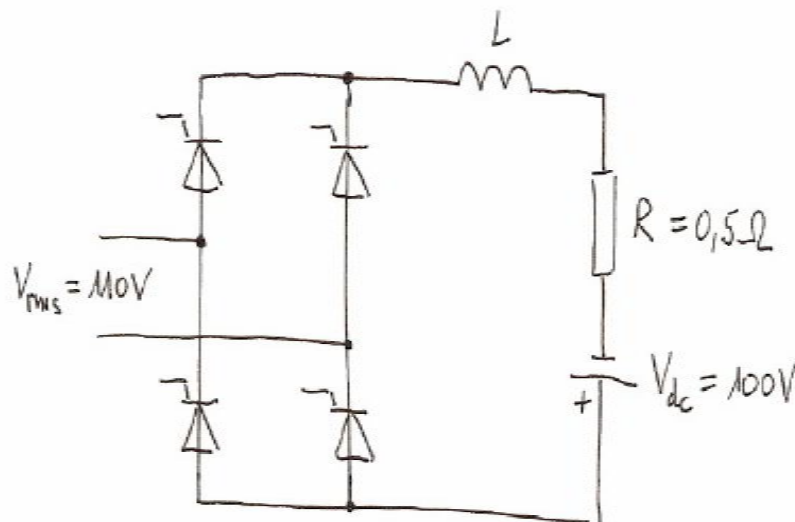
Tok snage i gubici asinkronog motora (bilanca snage)



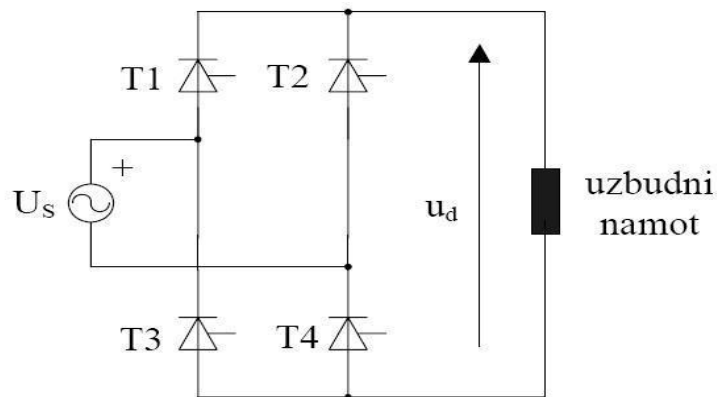
P_2 je mehanička snaga na osovini motora , korisnost motora $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

- Veće klizanje – veći gubici.

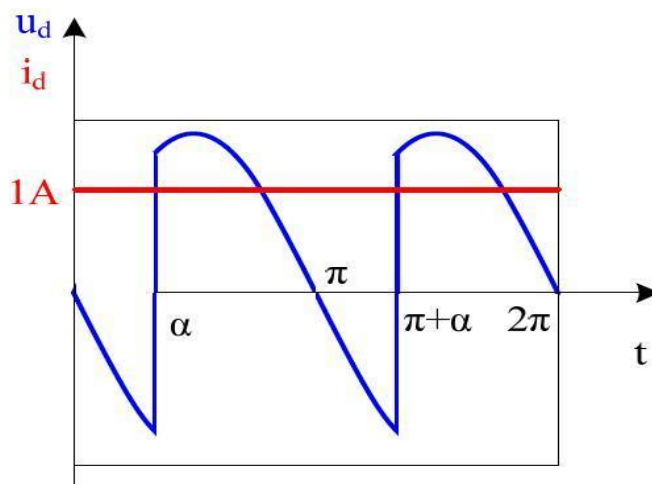
1. Nacrtat tiristor sa kutem upravljanja 45 stupnjeva (nije 45,jbg drugacije neznam)☺



2. Nacrtati shemu punoupravljivoga usmjerivača u jednofaznom mosnom spoju.
Odrediti izlazni oblik napona ukoliko je kut upravljanja 60 stupnjeva.



3



$$\alpha = 60^\circ$$

Sinusoidi na ulazu je odrežemo trećinu poluvla jer je poluvla zapravo π , a nama treba 60° što je $\frac{\pi}{3}$.

Odrežani dio zrcalimo oko x-osi.

Da je $\alpha = 45^\circ$ odrezali bi četvrtinu poluvla i odrezani dio zrcalili oko x-osi.

NAPOMENA:

---UČINSKA---

- Nekakav silazni usmjerivač
- silazni pretvarac i zvod formula
- nesta sa tiristorskim ispravljačima.
- reguliranje brzine izmjeničnog motora sa pretvaračem
- nacrtat tiristorsko čudo sa kutem upravljanja 45 stupnjeva
- yd5 spoj ka to izglda (namoti i faze)
- jednofazni ispravljač
- Nekakav silazni usmjerivač ili tako nešto, nemam pojma učinsku

Eto jos sam ja dodao nekih par pitanja koja su se pojavila a nisu ovdje odgovorena, pronasao sam ih u proslogodisnjoj temi o usmenom ispitu:

Koje su obične vrijednosti reaktancija za turbogenerator i hidrogenerator (ono X_d)

Kako možemo regulirati izlazni napon i frekvenciju sinkronog generatora?

Kako možemo regulirati brzinu vretnje asinkronog motora:

- a) kaveznog
- b) kolutnog

Regulacija opterećenja kod sinkronog generatora u ovisnosti o $\cos \phi$