



Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu
Katedra za energetske pretvarače i pogone

UPUTSTVO ZA LABORATORIJSKE VEŽBE

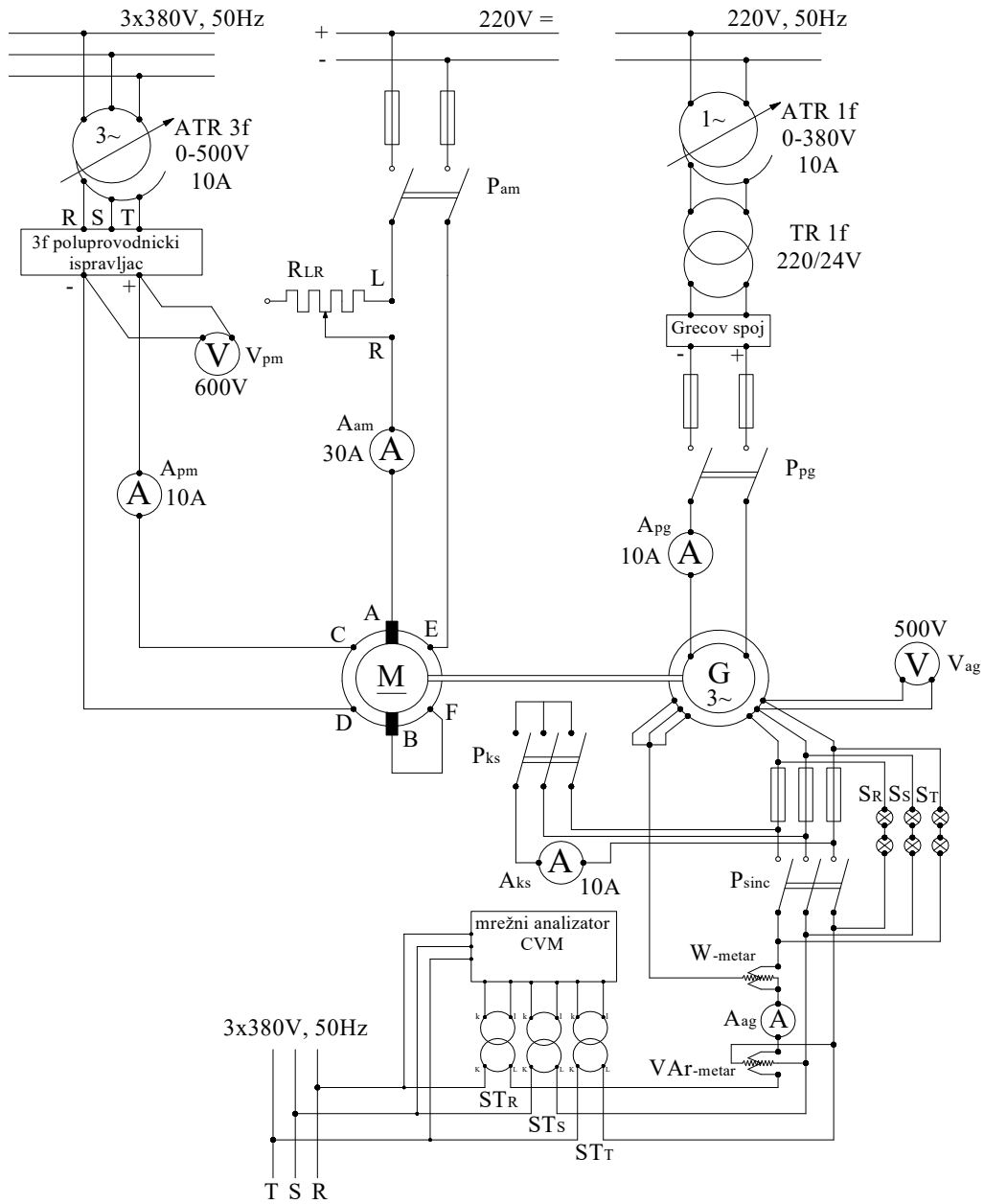
IZ ISPITIVANJA ELEKTRIČNIH MAŠINA

Ime i prezime:	
Broj indeksa:	

Vežba 1	Vežba 2	Vežba 3	Vežba 4	Vežba 5

Vežba 1. Ispitivanje sinhronog generatora direktnom metodom

Šema veza:



Podaci o mašinama :

Generator : 5,5 kVA, 400/231 V, 13.8/8 A, 1000 o/min, 50 Hz

Motor JS: 7.8 kW, 220V, 45 A, 450-1430 o/min

Ogledna oprema :

U kolu indukta motora jednosmerne struje :

- Zaštitni otpornik (R_{LR})
- Ampermetar za 30 A (A_{am})

U kolu pobude motora jednosmerne struje :

- Trofazni autotransformator 0 – 550 V, 10 A (ATR -3f)
- Trofazni diodni ispravljač
- Ampermetar za 10 A (A_{pm})

U kolu induktora generatora :

- Monofazni autotransformator 0 – 380 V, 10 A (ATR – 1f)
- Transformator 220/24 V (TR 1f)
- Jednofazni diodni ispravljač (Grecov spoj)
- Ampermetar za 10 A (A_{pg})

U kolu indukta generatora :

- Voltmetar za 600 V (V_{ag})
- Dva vatmetra za 400 V, 10 A, 50 Hz (W-metar, Var-metar)
- Tri strujna transformatora 10/5 A (ST_R, ST_S, ST_T)
- Trofazni digitalni mrežni analizator “ Circutor “ (CVM)
- Dva ampermetra za 10 A (A_{ag}, A_{ks})
- 6 sijalica, po dve u svakoj fazi (S_R, S_S, S_T)
- Tropolni prekidači za sinhronizaciju i kratak spoj (P_{sinc}, P_{ks})

Metoda, postupak i zadatak :

Za trofazni sinhroni generator treba snimiti karakteristike praznog hoda i kratkog spoja i pomoću njih odrediti zasićenu i nezasićenu vrednost sinhronne reaktanse. Zatim treba izvršiti sinhronizaciju generatora na gradsku mrežu i snimiti Mordejeve krive.

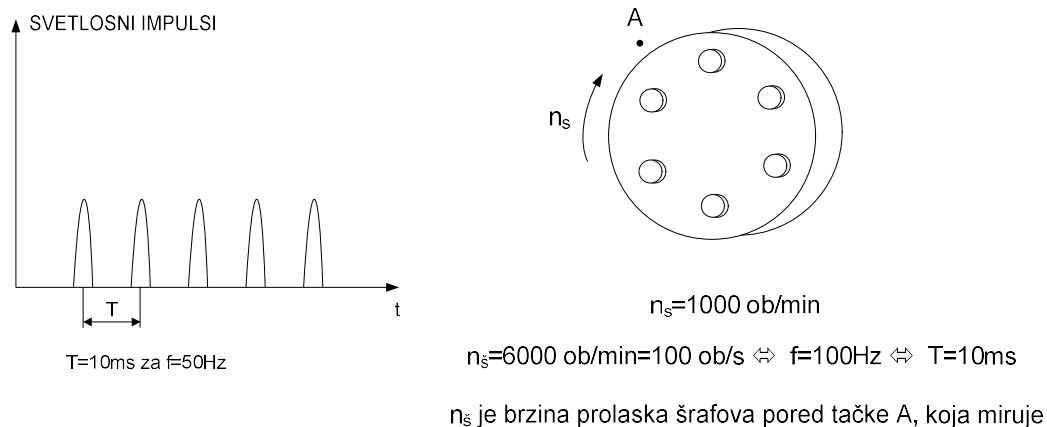
I Karakteristika praznog hoda

Karakteristika praznog hoda je kriva koja pokazuje kako se menja elektromotorna sila (E_p) generatora (u daljem tekstu e_{ms}) u zavisnosti od pobudne struje (J_p) pri stalnoj brzini

obrtnja koja odgovara nominalnoj učestanosti. Pre nego što se zatvori prekidač (Pam) treba proveriti da je zaštitni otpornik (RLR) u položaju maksimalnog otpora. **Takođe treba proveriti trofazni prekidač (Pks) koji za vreme oglada praznog hoda treba da ostane otvoren!**

Pomoću trofaznog regulacionog autotransformatora (ATR 3f) podesiti pobudnu struju motora na oko 2,5 A (A_{pm}), zatim zatvoriti prekidač (Pam) i izvršiti puštanje motora u rad pomoću zaštitnog otpornika (RLR) na sledeći način. Otpornik isključivati korak po korak (zakretanjem ručice na desno za po jedan kontakt) i pri svakom koraku posmatrati armaturnu struju motora, jer ona naglo poraste pri smanjenju otpora, pa se zatim sa povećanjem brzine obrtnja smanjuje. Na sledeći položaj treba preći tek kad vrednost struje opadne (na oko 3 A). Kada je zaštitni otpornik isključen treba pomoću autotransformatora (ATR 3f) promenom pobudne struje motora podesiti brzinu na nominalnu vrednost ($n_s = 1000$ o/min) pomoću stroboskopskog efekta. Brzinu tokom oglada održavati konstantnom. Princip određivanja brzine primenom stroboskopskog efekta prikazan je na sl. 1

STROBOSKOPSKI EFEKAT



Slika 1. – Princip merenja brzine stroboskopskim efektom

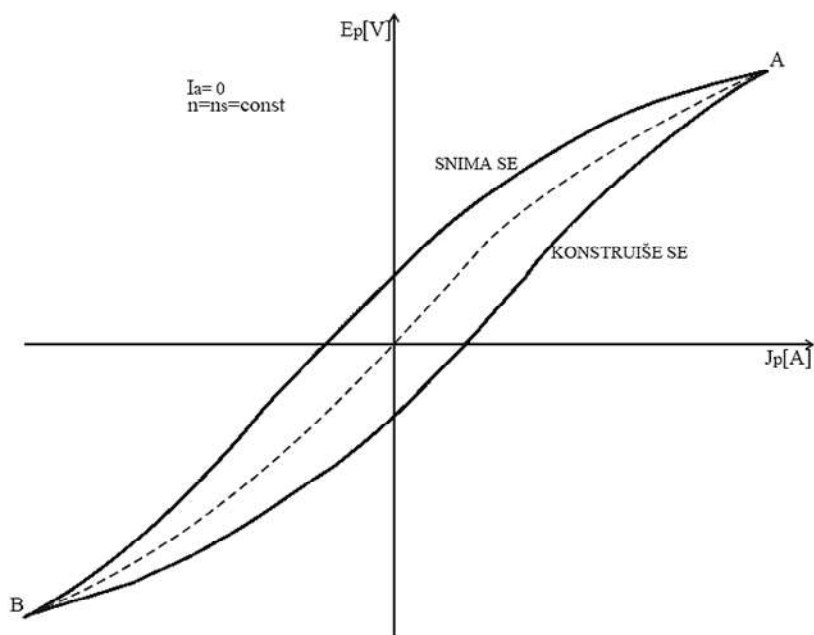
Sinhroni generator će pokazivati neku malu ems (V_{ag}) i bez pobude, što je posledica zaostalog magnetizma u magnetskom kolu indukta generatora (rotora). Sam ogleđ praznog hoda počinje uključanjem prekidača za pobudu generatora (P_{pg}), a zatim pomoću jednofaznog autotransformatora (ATR 1f) treba povećavati pobudnu struju (A_{pg}) dok vrednost ems generatora ne bude iznad 400 V. Tada treba zabeležiti vrednost pobudne struje i elektromotorne sile, čime je određena prva tačka. Dalje treba u koracima smanjivati pobudnu struju sve do nule, pa joj zatim promeniti smer i povećavati je (u negativnom smeru) takođe u koracima dok ems ne dostigne istu maksimalnu vrednost. Pri svakom koraku treba zabeležiti vrednost pobudne struje i ems u sledeće tablice :

$$n = n_s = 1000 \text{ o/min} = \text{const.}$$

$J_p > 0$	
J_p [A]	E_p [V]

$J_p < 0$	
J_p [A]	E_p [V]

Nakon izvršenog merenja treba zaštitni otpornik vratiti u položaj maksimalnog otpora i isključiti prekidač. Na osnovu dobijenih rezultata nacrtati karakteristiku praznog hoda čiji je opšti izgled dat na sl.2.



Slika 2. – Opšti izgled karakteristike praznog hoda SM

Karakteristika praznog hoda je dvoznačna kriva, a merenjem je dobijena samo jedna njena grana, pa drugu treba konstruisati, kao i srednju liniju, koja je potrebna za dobijanje sinhronih reaktansi. Ta srednja karakteristika predstavlja krivu magnecenja ove mašine.

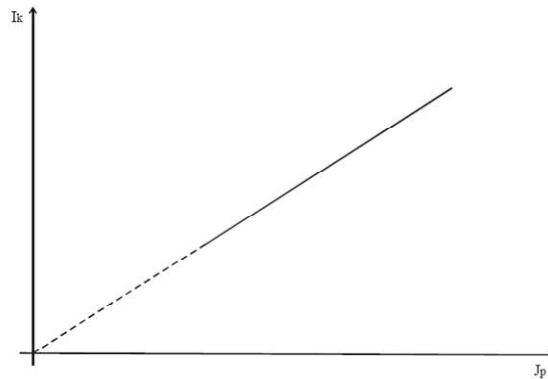
II Karakteristika kratkog spoja

Karakteristika kratkog spoja je prava linija koja pokazuje kako se menja struja statora u kratkom spoju pri promeni pobudne struje, odnosno:

$$I_k = f(J_p)$$

Postupak puštanja u rad je sličan kao u praznom hodu, odnosno prvo se pobuđuje motor, zatim pušta u rad pomoću zaštitnog otpornika, nakon toga se dovede brzina na nominalnu vrednost, pa se tada zatvori trolni prekidač (Pks). Zatim treba pre zatvaranja pobudnog prekidača generatora (Ppg) proveriti da je jednofazni autotransformator (ATR 1f) na nuli, pa zatvoriti prekidač. Pobudnu struju zatim treba u koracima povećavati od nule pa sve do 10 A. Za svaku pobudnu struju očitati struju kratkog spoja (I_k) i uneti u sledeću tablicu:

J_p [A]	I_k [A]



Slika 3. – Opšti izgled karakteristike kratkog spoja SM

Pri ogledu se brzina ne mora strogo održavati na nominalnoj vrednosti, dovoljno je da bude bliska toj vrednosti.

Na osnovu rezultata merenja treba nacrtati karakteristiku kratkog spoja, čiji je opšti izgled dat na sl. 3.

III Određivanje podataka iz karakteristika PH i KS

Pomoću obe karakteristike mogu se odrediti značajni podaci sinhrona mašine. Prvo je potrebno na zajedničkom dijagramu nacrtati karakteristike PH i KS i označiti karakteristične tačke kao što je prikazano na sl.4. Sa ovakvog dijagrama, uz usvojene oznake kao na sl.4, mogu se odrediti sledeći podaci:

1) Sinhrona reaktansa nezasićene mašine

$$Z_S = \frac{AD}{AB}; \quad X_S = \sqrt{Z_S^2 - R_a^2}; \quad R_a = 1\Omega \Rightarrow Z_S \approx X_S$$

proračun:

1) Sinhrona reaktansa zasićene mašine:

$$Z'_S = \frac{AC}{AB}; \quad X'_S = \sqrt{Z'^2_S - R_a^2}; \quad R_a = 1\Omega \Rightarrow Z'_S \approx X'_S$$

proračun:

2) Sačinilac zasićenja :

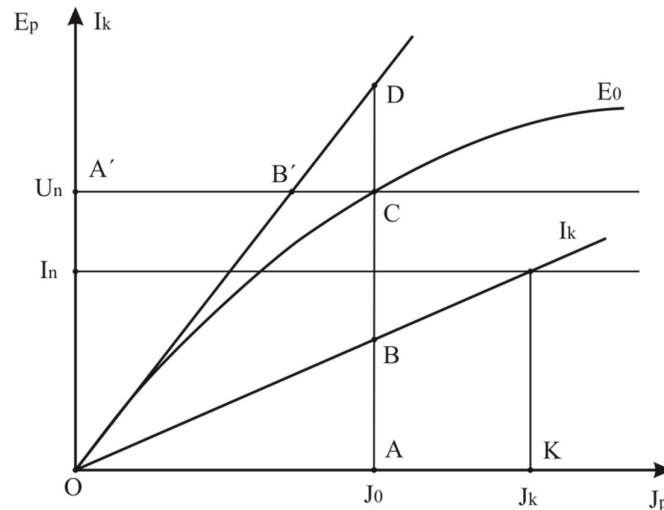
$$K_Z = \frac{A'C}{A'B'} = \frac{AD}{AC} = \frac{Z_S}{Z'_S} \approx 1,2$$

proračun:

3) Odnos kratkog spoja :

$$K_k = \frac{J_0}{J_k} = \frac{OA}{OK} \leq 1$$

proračun:



Slika 4. –Dijagram za određivanje podataka iz karakteristika PH i KS

IV Sinhronizovanje generatora na mrežu i Mordejeve krive

Stator sinhronne mašine se ne sme priključiti na mrežu bez prethodne sinhronizacije, odnosno mora se rotor dovesti na sinhronu brzinu i tada pomoću sinhronizacionih sijalica odrediti trenutak u kom se sme izvršiti priključenje.

Uslovi za sinhronizaciju su:

- Jednakost faznog redosleda napona generatora i mreže
- Brzina obrtanja bliska sinhronoj (ali ne i potpuno jednaka)
- Jednakost efektivnih vrednosti ems generatora i napona mreže

Kada su ovi uslovi ispunjeni (sijalice se lagano pale i gase) treba zatvoriti tropolni prekidač (Psin c) i to u trenutku kada su sijalice potpuno ugašene.

Mordejeve krive (V-krive) predstavljaju zavisnost:

$$I_a = f(J_p)$$

pri konstantnom naponu, brzini i momentu (odnosno aktivnoj snazi).

Kada mašina radi kao motor ili generator i priključena je na mrežu sa konstantnim opterećenjem na vratilu, i pri tome se menja pobudna struja ne mogu se menjati ni napon, ni brzina, ni aktivna snaga. Jedino se menja reaktivna snaga, odnosno reaktivna komponenta struje (tj. $I_a \sin \varphi$).

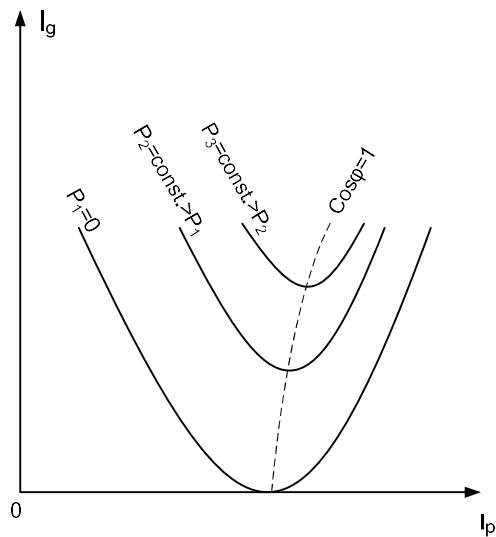
Podešavanjem pobudne struje J_p podešava se reaktivna snaga koju mašina proizvodi, odnosno troši, a to se može registrovati pomoću VAR-metra koji skreće na jednu ili drugu stranu. Kao VAR-metar se koristi vatmetar koji je strujno priključen u jednu fazu, a naponski na druge dve faze.

Za svako opterećenje (R) pobudna struja J_p ima svoju minimalnu vrednost koja prethodi ispadanju iz sinhronizma i svoju maksimalnu vrednost koja je ograničena zagrevanjem rotora (u trajnom radu).

Treba snimiti tri krive (za tri proizvoljne vrednosti aktivne snage) držeći se navedenih ograničenja za pobudnu struju. Na osnovu izmerenih vrednosti popuniti sledeće tablice:

$P = \underline{\quad} \text{ W}$	$P = \underline{\quad} \text{ W}$	$P = \underline{\quad} \text{ W}$																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">$J_p \text{ [A]}$</th> <th style="width: 50%;">$I_k \text{ [A]}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	$J_p \text{ [A]}$	$I_k \text{ [A]}$																					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																				
$J_p \text{ [A]}$	$I_k \text{ [A]}$																																																															

Na osnovu vrednosti iz tablica nacrtati Mordejeve krive čiji je opšti izgled na slici 5.



Slika 5.- Opšti izgled Mordejevih kriva

Pitanja za proveru znanja :

1. Kako izgleda karakteristika praznog hoda generatora ako se snima pri učestanosti napona koja je različita od nominalne?
2. Ako na osobini ima 4 bela šrafa i ako je postignuto da su oni relativno nepomični u odnosu na posmatrača odrediti broj pari polova sinhronog generatora ako se on priključuje na mrežu 50 Hz. Šrafovi su osvetljeni impulsnom svetlošću frekvencije 100 Hz.
3. Zbog čega je karakteristika kratkog spoja sinhronog generatora linearna?
4. Koji se podaci mogu dobiti iz karakteristika praznog hoda i kratkog spoja sinhronog generatora?
5. Koji su uslovi za sinhronizaciju generatora na mrežu?
6. Zbog čega pre sinhronizacije frekvencija napona generatora ne treba da bude potuno jednaka frekvenciji napona mreže?
7. Po čemu ćemo znati da je generator priključen na mrežu?
8. Kako se reguliše aktivna, a kako reaktivna snaga koji generator prima odnosno isporučuje mreži?
9. Šta znači da generator „lebdi“ na mreži?
10. Šta predstavljaju Mordejeve krive i čemu služe?
11. Kada je generator podpobuđen, a kada nadpobuđen?
12. Šta predstavlja isprekidana linija na sl. 5?

Opšta pitanja :

1. Koji su osnovni delovi magnetnog i strujnog kola sinhronne mašine?
2. Princip rada sinhronog generatora.
3. Objasniti šemu veza i ulogu pomoćne mašine u ovoj vežbi.
4. Nacrtati ekvivalentnu šemu sinhronog generatora. Objasniti značenje pojedinih elemenata na njoj i navesti njihove relativne vrednosti, i na osnovu njih zaključiti koji parametar sinhronne mašine dominantno određuje njene karakteristike.
5. U kratkim crtama navesti osnovni metod primenjen u vežbi, cilj vežbe kao i postupak (najosnovnije korake u postupku merenja)
6. Kako se u okviru vežbe definiše karakteristika praznog hoda sinhronog generatora? Skicirati njen celokupni izgled. Da li je u toku vežbe predviđeno snimanje celokupne karakteristike?
7. Kako se definiše karakteristika kratkog spoja. Skicirati njen izgled.
8. Na istom dijagramu nacrtati: - karakteristiku praznog hoda
- karakteristiku kratkog spoja
- karakteristiku praznog hoda u nezasićenom stanju
(tangenta na početni deo stvarne karakteristike)

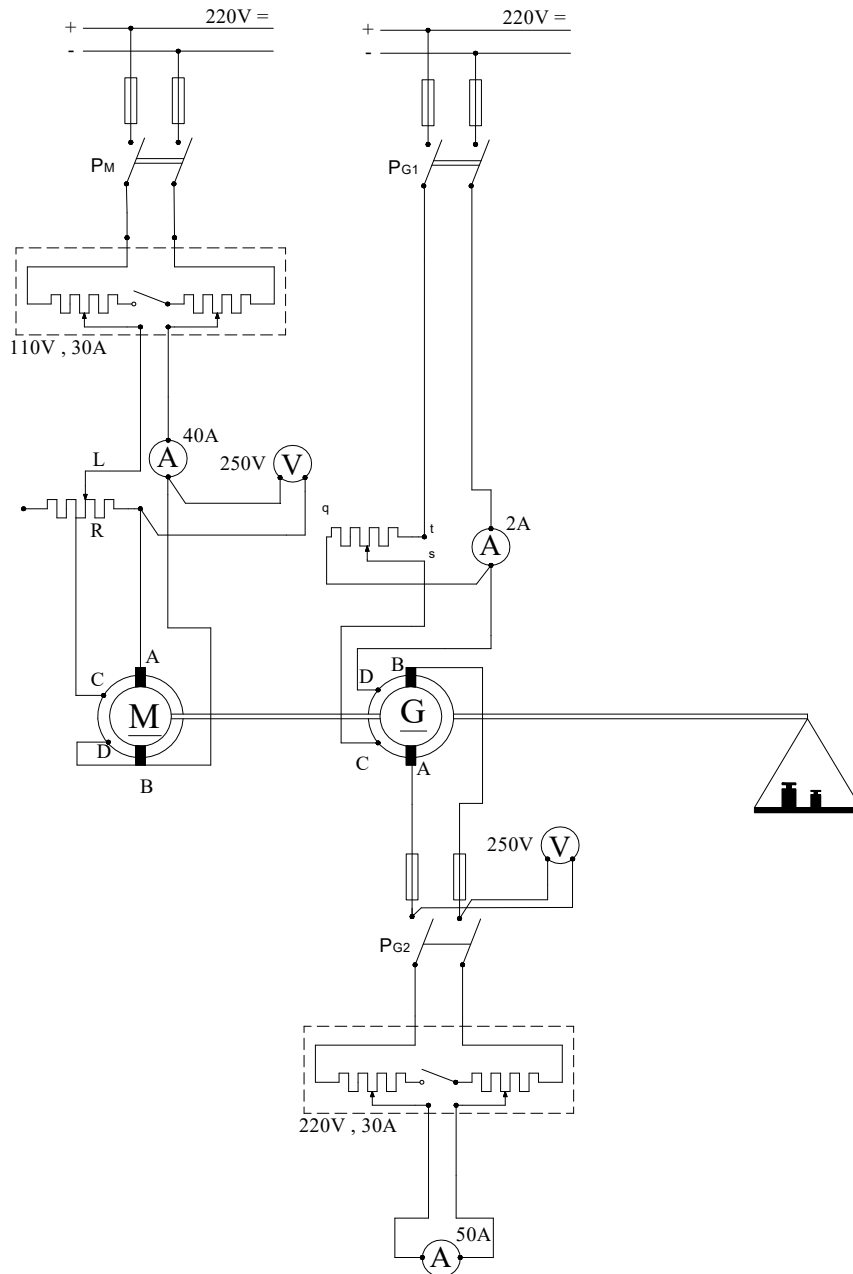
Na osnovu tih dijagrama objasniti način na koji se izračunavaju:

- a. Sinhrona reaktansa nezasićene mašine
- b. Sinhrona reaktansa zasićene mašine
- c. Sačinilac zasićenja

- d. Sačinilac kratkog spoja
- 9. Navesti uslove koji moraju da budu ispunjeni da bi se sinhroni generator sinhronizovao na mrežu. Kako se u toku procesa sinhronizacije u vežbi manifestuje ispunjenje ovih uslova?
- 10. Kakvu zavisnost iskazuju Mordejeve krive? Objasniti kako se promenom struje pobude J , menja aktivna snaga, a kako reaktivna snaga. Kako se postiže da mašina radi kao generator a kako kao motor posle izvršene sinhronizacije na mrežu?
- 11. Objasniti ograničenja koja postoje za pobudnu struju pri različitim opterećenjima sinhronog generatora sinhronizovanog na mrežu i objasniti uzroke tih ograničenja.
- 12. Objasniti rad sinhronne mašine kao sinhronog kompenzatora reaktivne snage.

Vežba 2. Ispitivanje motora za jednosmernu struju pomoću elektrodinamometra

Šema veza:



Podaci o mašinama :

Motor JS sa otočnom pobudom za 220 V, 26 A

Elektrodinamometar je otočna mašina koja u ovom slučaju radi kao generator :
2700 ob/min, 240 V, 55 A

Ogledna oprema :

U kolu motora :

- Ampermetar sa obrtnim kalemom za 40 A
- Voltmetar sa obrtnim kalemom za 250 V
- Topljivi osigurači za 30 A
- Dvopolni prekidač (P_M) za 60 A
- Otpornik za puštanje u rad (LRM)
- Otpornik 110 V, 30 A za regulaciju napona, spregnut na red. Pomoću njega treba održavati napon na 220 V pri svim opterećenjima motora.

U pobudnom kolu elektrodinamometra su :

- Topljivi osigurači za 2 A
- Dvopolni prekidač P_{G1}
- Pobudni otpornik za 1 – 1.5 A

U kolu indukta su :

- Topljivi osigurači za 50 A
- Dvopolni prekidač P_{G2} za 60 A
- Prijemni otpornik 220 V, 30 A
- Ampermetar sa obrtnim kalemom za 50 A
- Voltmetar sa obrtnim kalemom za 250 V

(oni ovde služe samo kao svedoci pravilnog rada generatora, poslednji ampermetar i voltmetar)

Brzina se meri pomoću tahometarskog generatora sinhronog tipa sa ispravljačem i voltmetrom za jednosmernu struju.

Metoda :

Utrošena električna snaga motora je :

$P_1 = UI$, gde su U i I napona i struja motora

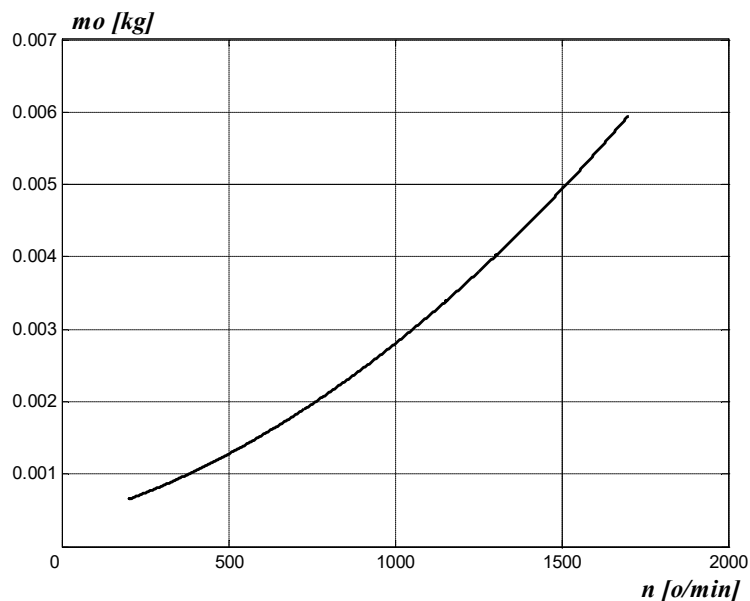
Korisna mehanična snaga motora dobija se iz jednačine :

$$P = (m + m_0) \cdot g \cdot l \cdot \frac{2\pi n}{60}$$

Gde je :

m – masa tegova koji su upotrebljeni da bi se elektrodinamometar uravnotežio za dato opterećenje

m_0 – korekcija mase kojom se vodi računa o gubicima usled trenja u nepokretnim ležištima i usled ventilacije. Ovu vrednost treba očitati sa grafika $m_0 = f(n)$ za odgovarajuću brzinu. Dijagram je dobijen iz ogleđa u kome je elektrodinamometar radio kao motor u praznom hodu.



Slika 1. Zavisnost mase m_0 od brzine obrtanja (eksperimentalno dobijen grafik)

U ovom ogledu je $L = 1m$, pa je :

$$P = 1.027 (m + m_0) n$$

Stepen iskorišćenja motora se dobija iz :

$$\eta = \frac{P}{P_1}$$

Momenat motora je :

$$M = \frac{60P}{2n\pi} = 9.56 \frac{P}{n}$$

Postupak :

Svrha oglada je određivanje radnih karakteristika motora napajanog pod stalnim naponom 220V.

Pre uključivanja prekidača P_M proveriti da je :

- zaštitni otpornik (LRM) u položaju maksimalnog otpora
- otpornik za regulaciju napona (110 V, 30 A) u položaju minimalnog otpora (krajnji desni položaj)
- da su prekidači P_{G1} i P_{G2} otvoreni

Nakon uključjenja prekidača P_M lagano se isključuje, gledajući u ampermetar, zaštitni otpornik (LRM), motor se ubrzava i dostiže svoju punu brzinu kada se otpornik potpuno isključi. Zatim se deluje na otpornik za podešavanje napona sve dok napon ne dostigne vrednost 220V.

Prvo merenje se radi pri nepobuđenom generatoru. Pošto se uravnoteži njegova poluga, zabeleži se odgovarajuća masa tegova, pokazivanja ampermetra i voltmetra u kolu motora i izmeri brzina.

Drugo merenje se radi sa pobuđenim, ali neopterećenim generatorom. Pošto se zatvori prekidač P_{G1} i pobudna struja poveća do pune vrednost, treba uravnotežiti i zabeležiti masu tegova, napon, struju i brzinu motora.

Ostala merenja izvode se pri raznim opterećenjima. Prvo treba proveriti da je prijemni otpornik (220V, 30 A) u kolu generatora na maksimumu otpora (krajnji levi položaj), a zatim uključiti prekidač P_{G2}. Nakon toga se pomoću otpornika povećava opterećenje, odnosno vrši regulacija struje motora. Merenja se vrše za npr 4, 6, 10, 14, 20, 25, 30 A. Pri svakoj od tih vrednosti treba treba proveriti napon na krajevima motora, uravnotežiti polugu elektrodinamometra i zabeležiti odgovarajuće vrednosti mase, struje, napona i brzine.

Po završetku merenja treba smanjiti opterećenje generatora (otpornik 220V, 30A u krajnji levi položaj), isključiti prekidač P_{G2} , smanjiti pobudnu struju generatora, otvoriti prekidač P_{G1} i zatim prekidač P_M .

Rezultati :

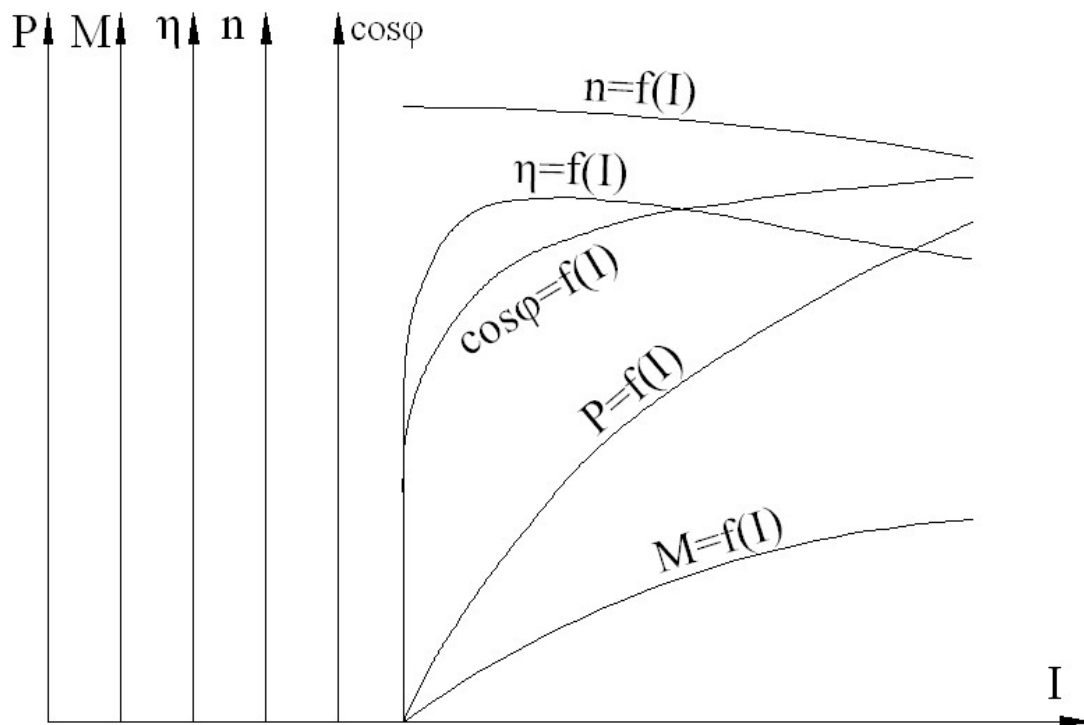
Sve rezultate upisati u sledeću tablicu :

n [o/min]	U [V]	I [A]	P_1 [W]	m [kg]	m_0 [kg]	$P =$ [W]	η	M [Nm]

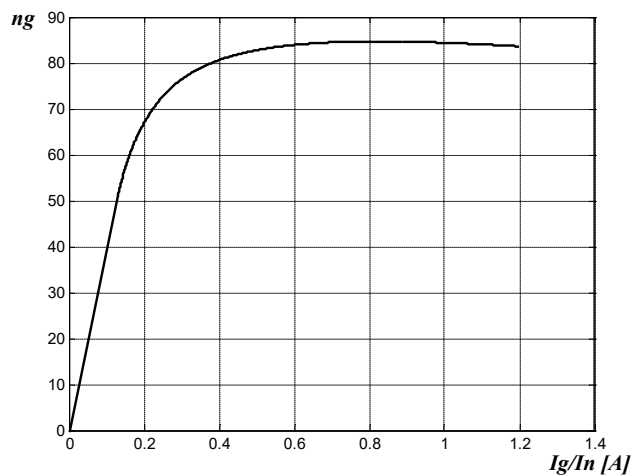
Napomena : Opterećenje mašina se ne vrši tegovima, već podešavanjem utrošene snage generatora. Tegovima se samo meri momenat koji odgovara datom opterećenju.

Zadatak :

1. Nacrtati sledeće karakteristike : $n = f(I)$, $\eta = f(I)$, $P = f(I)$, $M = f(I)$, $M = f(n)$

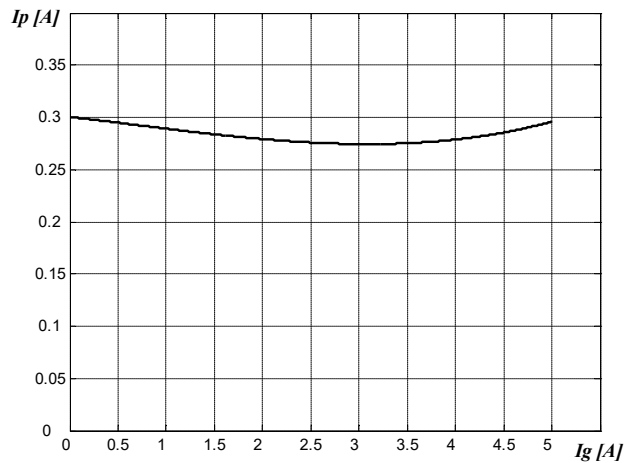


2. Odrediti snagu (P) i brzinu (n) motora pri $I = I_n = 26 \text{ A}$



Slika.2. Grafik zavisnosti stepena iskorišćenja generatora u odnosu na relativno opterećenje

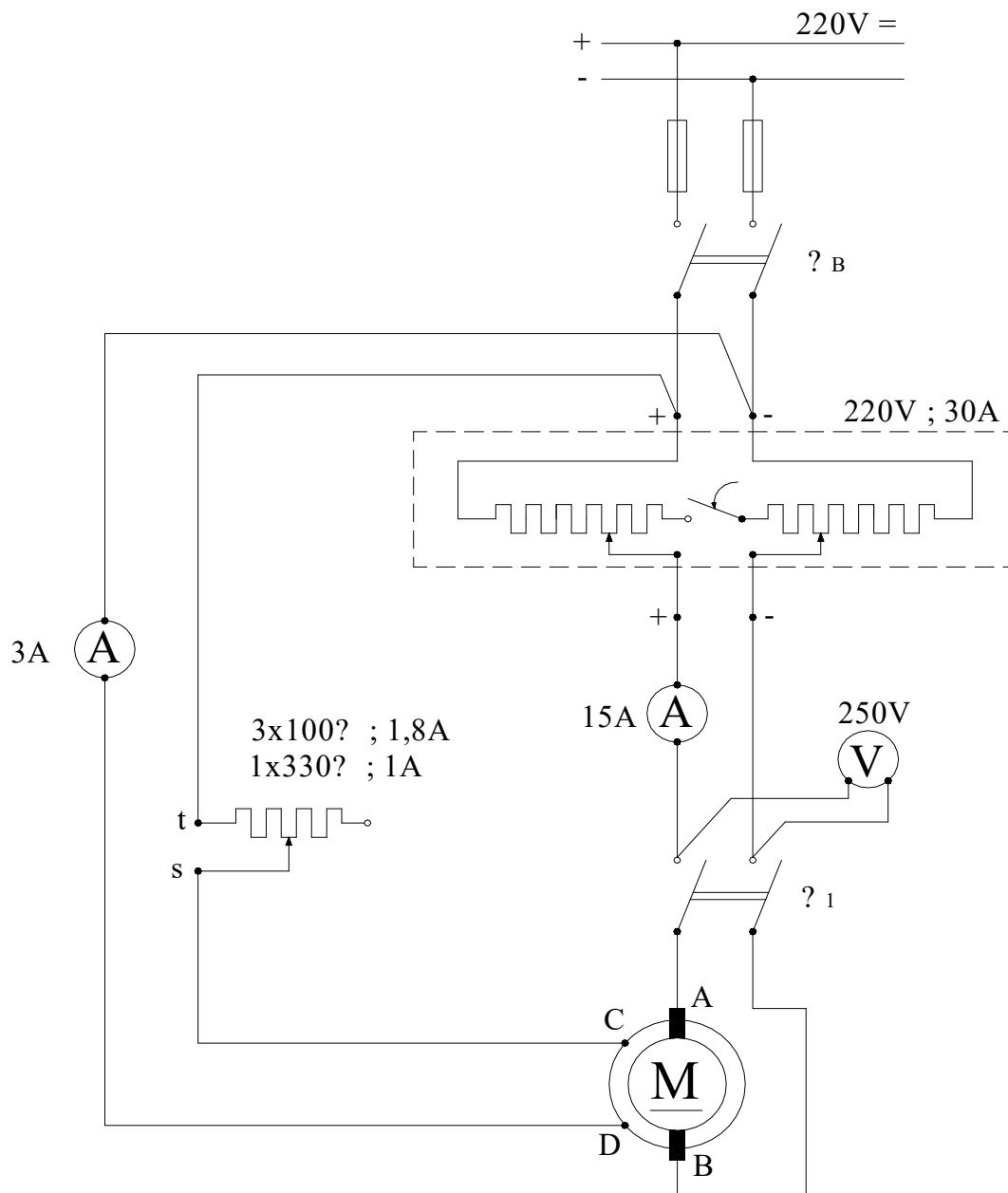
$$\beta = I_g/I_{ng} \text{ pri } n=1500 \text{ o/min i } U=U_n=220V$$



Slika.3. Grafik zavisnosti pobudne struje I_p od struje opterećenja generatora I_g

Vežba 3. Određivanje stepena iskorišćenja mašine za jednosmernu struju indirektnom metodom

Šema veza:



Podaci o mašini:

$$P = 13,5 \text{ kW}, n = 1150 - 1730 \text{ ob/min}, U = 220 \text{ V}, I = 74 \text{ A}$$

Ogledna oprema:

U pobudnom kolu:

- Pobudni otpornici (s t): $3 \times 100 \Omega$, 1,8 A; $1 \times 330 \Omega$, 1 A
- Ampermetar za 3 A

U kolu indukta:

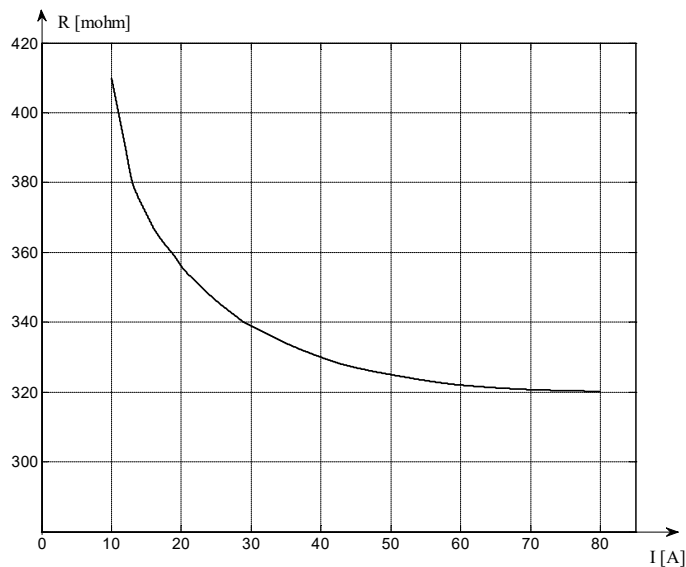
- Otpornik za 220 V, 30 A u potenciometarskom spoju za podešavanje napona na krajevima indukta
- Voltmetar sa obrtnim kalemom za 250 V
- Ampermetar sa obrtnim kalemom za 15 A

Metoda i postupak:

U ovom ogledu mašina radi kao motor u praznom hodu pri nominalnoj brzini (1500 o/min). Pri naponu U_0 kontraelektromotorna sila je:

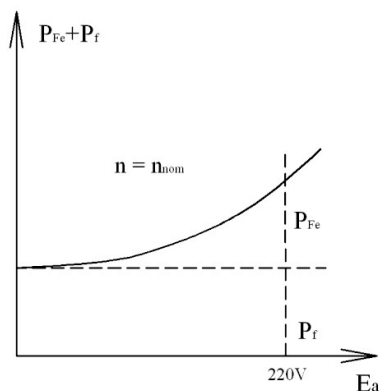
$$E_a = U_0 - RI_0$$

, gde R predstavlja zajedno otpor indukta, pomoćnih polova i prelazni otpor na četkicama, a njegova vrednost se očitava sa grafika $R = f(I)$, koji je dobijen u posebnom ogledu (slika 1).

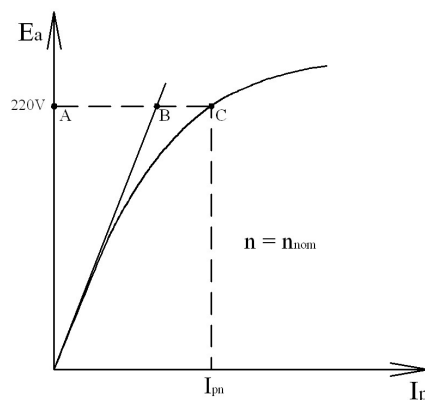


Сл.1 – График зависимости отпoрности [mΩ] oд струје I [A] за температуру oд 20°C

Pomoću dobijenih rezultata nacrtati karakteristike $(P_{Fe} + P_f) = f(E_a)$ i $E_a = f(I_p)$ čiji su primeri dati na sl 2. i sl 3.



Sl.2 – Zavisnost gubitaka $(P_{Fe} + P_f)$ od napona



Sl.3. – K-ka magnećenja MZJS

Odrediti mehaničke gubitke mašine ekstrapolacijom do ordinate. Odrediti koeficijent zasićenja mašine $K_Z = \frac{AC}{AB}$ sa karakteristike magnećenja.

Cilj same indirektno metode je određivanje stepena iskorišćenja pri $n = 1500 \text{ ob/min}$ kada mašina radi kao motor i kao generator i to za otočnu i nezavisnu pobudu. Postupak je sledeći :

Pretpostavim da mašina radi pod stalnim naponom $U_n = 220V$ i da za razna opterećenja struja u induktu ima razne vrednosti: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 A. Za svaku od tih vrednosti najpre treba odrediti otpor R_a sa dijagrama $R = f(I)$ za $\theta = 75^\circ C$ (ako nije dato na dijagramu za tu temperaturu treba izračunati), a zatim sračunati E_a . Prema toj vrednosti sa krivih dobijenih pomoću samog ogleada odrediti gubitke $(P_{Fe} + P_f)$ i pobudnu struju I_p . Tada se može odrediti struja motora, odnosno generatora. Nakon toga sračunava se utrošena snaga motora, odnosno korisna snaga generatora. Iz dobijenih podataka treba odrediti sumu gubitaka, pa zatim i stepen iskorišćenja η . Na kraju treba nacrtati karakteristiku $\eta = f(P)$.

Potrebne formule za izračunavanja:

Otočna pobuda:

Motor

$$E_a = U_n - R_a I_a$$

$$I = I_a + I_p$$

$$P_1 = UI$$

Generator

$$E_a = U_n + R_a I_a$$

$$I = I_a - I_p$$

$$P = UI$$

$$P_\gamma = (P_{Fe} + P_f) + R_a I_a^2 + UI_p + P_d, \text{ gde je}$$

$$P_d = \frac{U_n I_n}{100} \cdot \left(\frac{I_a}{I_n} \right)^2 = \frac{I_a^2}{34} [W]$$

$$\eta_m = \frac{P}{P_1} = \frac{P_1 - P_\gamma}{P_1}$$

$$\eta_g = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + P_\gamma}$$

Nezavisna pobuda:

Motor

$$I = I_a$$

$$P_1 = UI + U_p I_p = U(I_a + I_p)$$

Generator

$$I = I_a$$

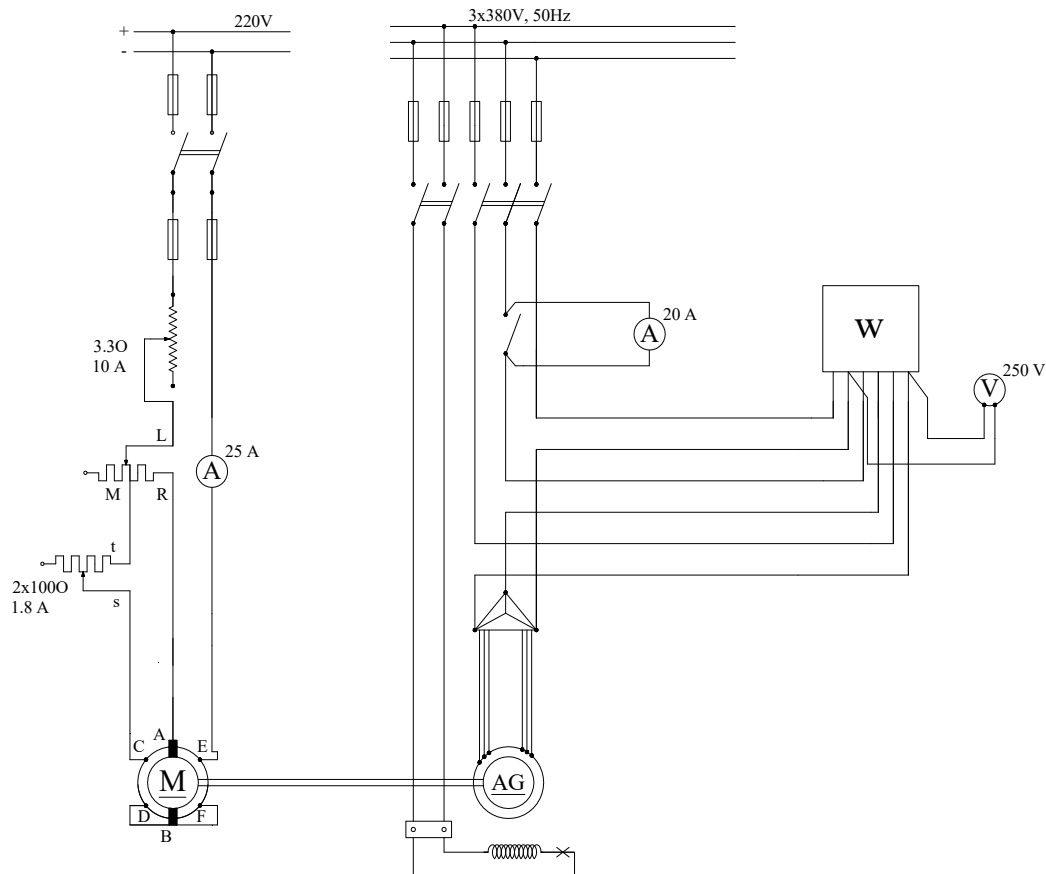
$$P = UI = UI_a$$

za motor nema razlike u snazi

za generator su manji gubici

Vežba 4. Ispitivanje asinhronog generatora direktnom metodom

Šema veza:



Podaci o mašinama:

Kao asinhroni generator radiće motor sa kaveznim rotorom:

$P_n = 5.5 \text{ kW}$; $n = 1440 \text{ ob/min}$; $f = 50 \text{ Hz}$; $U_n = 220\text{V}$; $I_n = 19.2 \text{ A}$; $\cos\varphi = 0.87$

Asinhrona mašina je spregnuta pomoću centrifugalne sprežnice sa motorom za jednosmernu struju: $P_n = 4 \text{ kW}$; $n = 1430 \text{ ob/min}$; $U_n = 220 \text{ V}$; $I_n = 22 \text{ A}$

Ogledna oprema:

U kolu jednosmerne mašine su:

-ampermetar sa obrtnim kalemom za 25 A

- otpornik za puštanje u rad motora (LRM)

-otpornik 3.3Ω , 10 A za podešavanje brzine pri malim opterećenjima. Ovaj otpornik je stavljen na red sa motorom. Normalno stoji u krajnjem položaju ($R = 0$). Služi za smanjenje brzine obrtanja.

-otpornik u pobudnom kolu $2 \times 100 \Omega$, 1.8A. Služi za regulisanje (povećavanje) brzine obrtanja. Normalno stoji u krajnjem položaju ($R_p=0$).

U kolu asinhronne mašine su:

-voltmetar sa mekim gvožđem za 250 V

-trofazni indukcionni vatmetar, koji se spreže na isti način kao i brojilo, $3 \times 220V$, 10A, $K_w=1$.

Za merenje klizanja utvrđen je na kretnom točku asinhronne mašine krug od kartona, na kome su iscrtana 2 crna i 2 bela isečka. Taj krug je osvetljen lampom

stroboskopa, koja treba da bude priključena na isti vod sa koga se napaja asinhronna mašina (položaj 50 Hz).

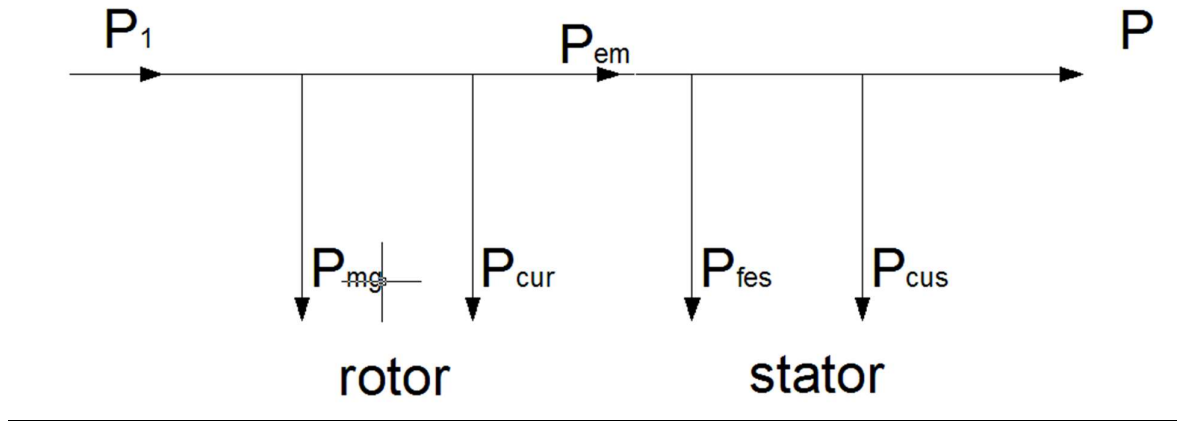
Metoda:

Svrha oglada je određivanje radnih karakteristika asinhronog generatora. Da bi asinhronna mašina radila kao generator potrebno je da brzina obrtanja rotora bude veća od brzine obrtanja obrtnog polja, odnosno iznad sinhronne brzine. To je moguće ako se rotoru ta brzina da pomoću drugog motora, u ovom slučaju pomoću motora za jednosmernu struju, sa kojom je rotor spregnut.

Vatmetar pokazuje snagu koju asinhronni generator daje mreži i to je njegova aktivna korisna snaga P . Reaktivna snaga koju mašina prima iz mreže se ne meri.

$$P = P_w$$

Bilans snaga ove mašine je:



Dakle, utrošena snaga generatora je:

$$P_1 = P + P_Y$$

Suma gubitaka je data kao:

$$P_Y = P_{mg} + P_{cur} + P_{cus} + P_{fes} + P_d \quad \text{od kojih su:}$$

P_f - mehanički gubici i iznose $P_f = 70\text{W}$

P_{fes} - gubici u gvožđu statora, koji pri $U_n = 220\text{V}$ iznose $P_{fes} = 200\text{W}$

P_{cus} - gubici u bakru statora $P_{cus} = 3 R_{75} I^2$; $R_{75} = 0.3 \Omega$

P_{cur} - gubici u bakru rotora $P_{cur} = sP_{em} = s (P + P_{fe} + P_{cus})$

Gde se klizanje (s) određuje iz prividne brzine obrtanja stroboskopskog kruga: ako je na tom krugu m belih i m crnih isečaka i ako se za vreme t (sec) pred jednom nepomičnom tačkom prođe N crnih isečaka, tada je:

$$s = \frac{pN}{f m t}$$

U ovom slučaju je $m = 2$, $p = 2$, $f = 50 \text{ Hz}$, pa je :

$$s = \frac{2 \cdot N}{50 \cdot 2 \cdot t} = \frac{N}{50 \cdot t} \quad \text{ili} \quad s = 2 \cdot \frac{N}{t} (\%)$$

P_d - dodatni gubici koji se određuju po formuli:

$$P_{dn} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{200} = \frac{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 19.2 \cdot 0.87}{200} = 32 \text{ W} \quad \text{za } I_n$$

$$P_d = 32 \cdot \left(\frac{I}{I_n} \right)^2 = 32 \cdot \left(\frac{I}{19.2} \right)^2 = \frac{I^2}{11.5} \text{ W}$$

Brzina obrtanja je:

$$n = (1 + s) * n_s$$

Stepen iskorišćenja generatora se određuje iz:

$$\eta = P/P_1 = \frac{P}{P+P_\gamma} \quad \text{ili} \quad \eta = \frac{P}{P+P_\gamma} * 100 (\%)$$

Sačinilac snage se računa po obrascu:

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3} * U * I}$$

Momenat se dobija iz:

$$M = \frac{P_{em}}{\Omega_s} = \frac{P_{em} * 60}{2 * \pi * 1500}$$

Napomena: Pri računanju sve veličine smatrati pozitivnim.

Postupak:

Pre svega mora se proveriti da li se grupa obrće u istom smeru kad se pušta u rad sa naizmenične I sa jednosmerne strane.

Pri puštanju sa jednosmerne strane treba proveriti da je trolni prekidač pred asinhronom mašinom otvoren, da je ručica zaštitnog otpornika (LRM) u položaju najvećeg otpora i da je ručica pobudnog otpornika Rp u položaju najmanjeg otpora (pri puštanju motora potrebna je što veća pobudna struja). Zatim se uključi dvopolni prekidač, pa se lagano isključuje zaštitni otpornik (LRM). Pošto se označi kredom u kom se smeru obrće, motor se zaustavi otvaranjem prekidača i odmah se – to nikad ne treba zaboraviti – zaštitni otpornik vrati u položaj najvećeg otpora.

Pri puštanju sa strane naizmenične struje pre uključivanja trolnog prekidača treba proveriti da je dvopolni prekidač na strani jednosmerne struje otvoren, da je prebacač zvezda-trougao otvoren (ručica u položaju označenom sa 0). Kada se zatvori trolni prekidač treba ručicu prebacača zvezda-trougao dovesti najpre u položaj označen sa Y, u tom položaju se pričekava dok motor ne dostigne svoju punu brzinu, posle čega treba ručicu brzo prebaciti u položaj označen sa trouglom.

Ako bi smer obrtanja sa strane naizmenične struje bio suprotan onom koji se imao pri puštanju sa jednosmerne struje, mašinu treba zaustaviti otvaranjem trolnog prekidača i vraćanjem prebacača zvezda-trougao u položaj 0, pa zatim izmeniti veze provodnika na priključnoj ploči. Mašinu treba ponovo pustiti u rad i utvrditi da li se obrće u pravom smeru. Nakon toga treba isključiti mašinu otvaranjem prekidača i vratiti prebacač u položaj 0.

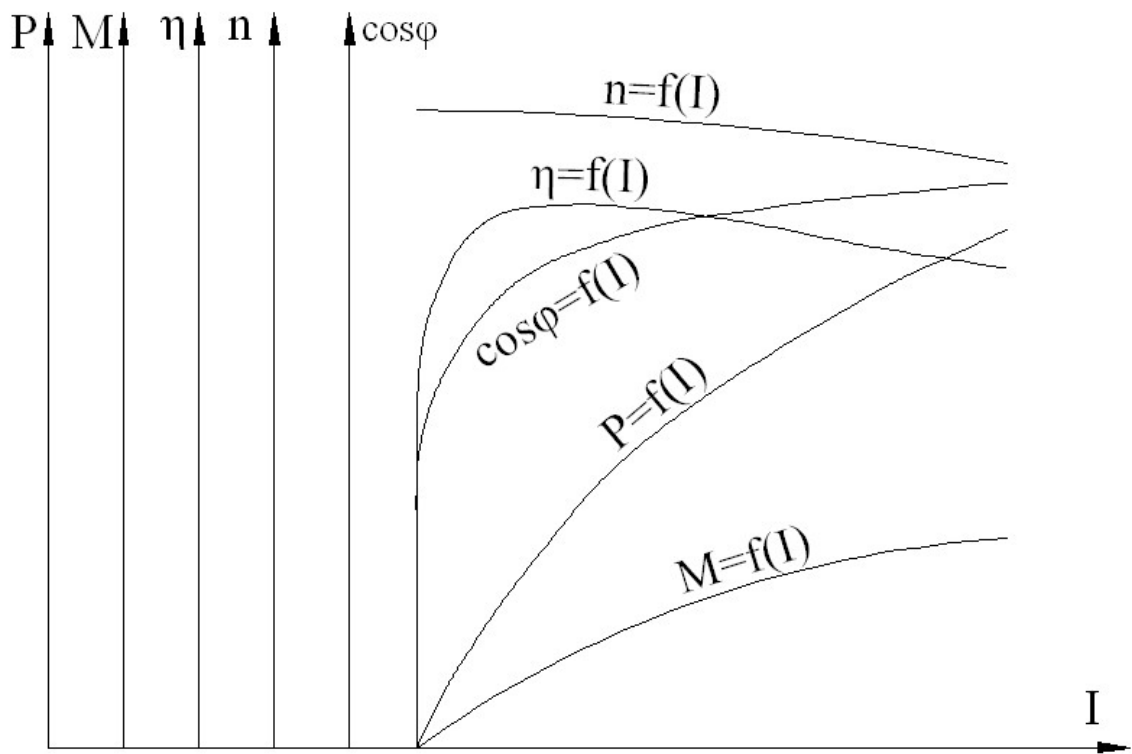
Pošto je utvrđeno da se grupa obrće u istom smeru bilo da se pušta sa strane jednosmerne ili sa strane naizmenične struje, može se vršiti sam ogled ispitivanja asinhronog generatora.

Zadatak:

Nacrtati karakteristike u funkciji izlazne (koristne) snage :

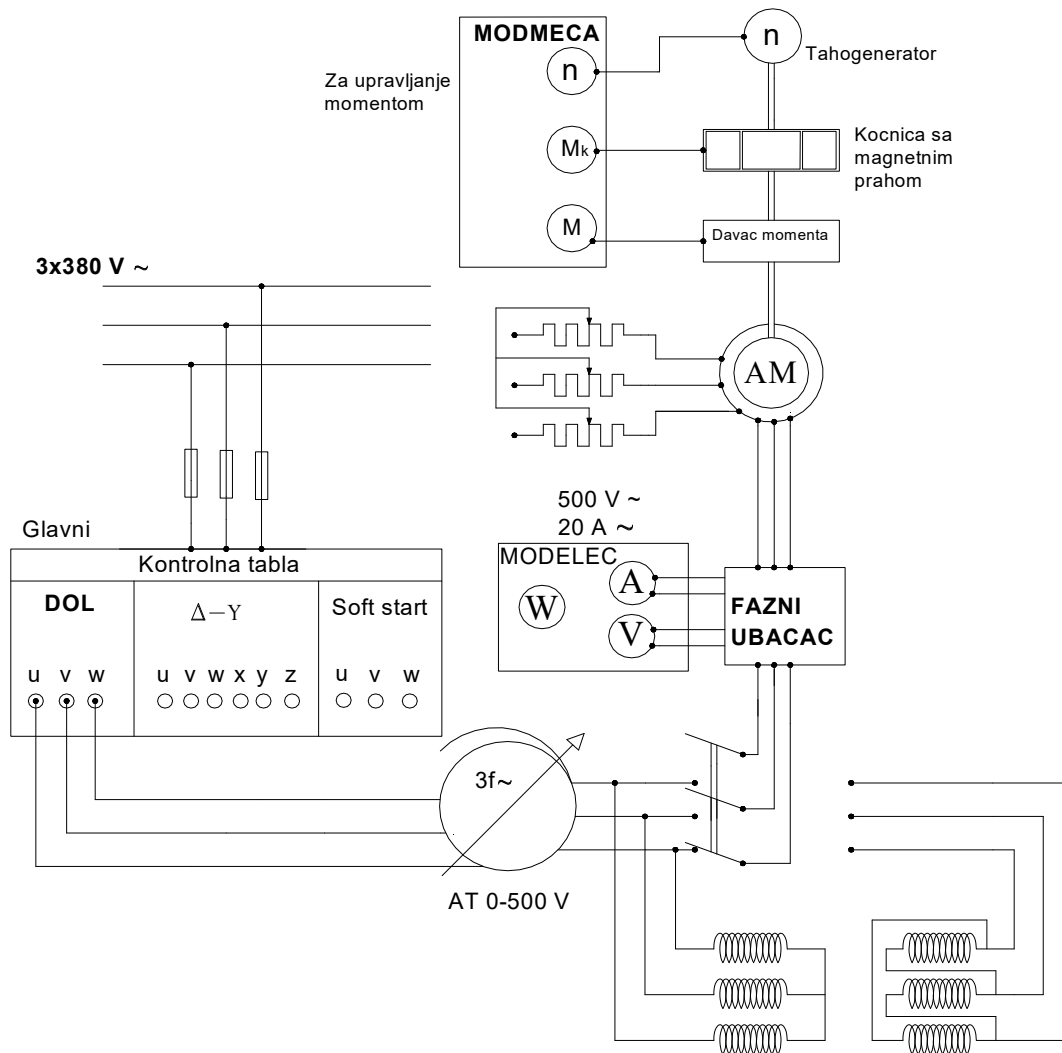
- Stepena iskorišćenja
- $\cos\varphi$
- Momenat
- Struje
- Broj obrtaja
- Klizanje
- Ulazna snaga

Primer: Karakteristike asinhronne mašine u funkciji od struje:



Vežba 5. Ispitivanje trofaznog asinhronog motora po indirektnoj metodi i regulacija brzine pomoću dodatog otpornika u kolu rotora

Šema veza:



Podaci o motoru :

-Trofazni asinhroni motor Leroy Somer 380 V, 50 Hz, 1500 obr/min, 1.5 kW, $I_n = 4.4A$

Ogledna oprema :

- Kočnica Leroy Somer FP.10/15, 1.5 kW, 230 V, $M_{max} = 25$ Nm, maksimalno dozvoljeno vreme rada 45 minuta.
- Tahometar Leroy Somer DT444L, 20 V/1000 obr/min
- Davač momenta Leroy Somer CAPCOL, $M_n = 50$ Nm
- Promenljivi trofazni otpornik 48 A, 1.7Ω
- Modul za merenje električnih veličina Leroy Somer MODELEC
- Modul za merenje mehaničkih veličina Leroy Somer MODMECA
- Fazni ubacač 16A Iskra
- Kontrolna tabla za puštanje motora u rad, $I_{max} = 6.3$ A
- Trofazni autotransformator 0 – 550 V
- Trofazni transformator 513/220 V

I. Ispitivanje asinhronne mašine po indirektnoj metodi

1. Ogled praznog hoda :

Ogledna oprema :

- Modul za merenje električnih veličina Leroy Somer MODELEC
- Fazni ubacač 16 A Iskra
- Kontrolna tabla za puštanje motora u rad, $I_{max} = 6.3$ A
- Trofazni autotransformator 0 – 550 V

Metoda :

Kada se motor priključi na mrežu koja odgovara njegovom nominalnom naponu i pusti da radi bez opterećenja, ukupna snaga koju motor uzima iz mreže se troši na pokrivanje svih gubitaka koji postoje u motoru pri praznom hodu. Uglavnom se javljaju sledeći gubici:

- Gubici praznog hoda u namotaju statora $P_{Cu1} = 3R_1 I_{10}^2$
- Gubici u gvožđu (statora) P_{Fe}
- Mehanički gubici (trenje i ventilacija) P_f

Utoršena snaga AM-a pri praznom hodu jednaka je zbiru gubitaka u namotaju statora P_{Cu1} , gubitaka u gvožđu P_{Fe} i mehaničkih gubitaka P_f .

$$P_0 = 3R_1 I_{10}^2 + P_{Fe} + P_f \quad (1)$$

Postupak :

Pre zatvaranja prekidača treba proveriti da li je rotorski otpornik u položaju koji odgovara maksimalnom otporu i regulacioni transformator u položaju najmanjeg napona.

Kada se zatvori prekidač i podesi napon na izvesnu vrednost, motor počinje da se zaleće. Zatim se lagano isključuje rotorski otpornik. Pomoću regulacionog autotransformatora podešava se napon od pune vrednosti na niže (npr. 400V, 370V, 340V...)

Instrumenti se pomoću faznog ubacača uključuju u jednu ili u drugu fazu (Aronova sprega). Za svaku od vrednosti napona čitaju se i beleže pokazivanja svih instrumenata (za dva položaja faznog ubacača).

Za napon i struju uzimaju se srednje vrednosti:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot (U_{13} + U_{23}), \quad U = \frac{U_1}{\sqrt{3}}, \quad I_0 = \frac{1}{2} \cdot (I_1 + I_2) \quad (2, 3)$$

Iz dva uzastopna pokazivanja vatmetra (od kojih je jedno negativno ako je $\varphi_0 > 60^\circ$) sračunavamo snagu praznog hoda :

$$P_0 = |P_1 + P_2|. \quad (4)$$

Na osnovu izmerenih vrednosti računaju se gubici usled obrtanja :

$$P_{Fe} + P_f = P_0 - 3R_1 I_0^2 \quad (5)$$

i sačinilac snage praznog hoda :

$$\cos \varphi = \frac{P_0}{3UI_0}. \quad (6)$$

$$R_{10} = 7.35\Omega \text{ na } 20^\circ\text{C, a na } 75^\circ\text{C je } R_1 = \frac{235 + 75}{235 + 20} \cdot R_{10} = 8.94 \Omega \quad (7)$$

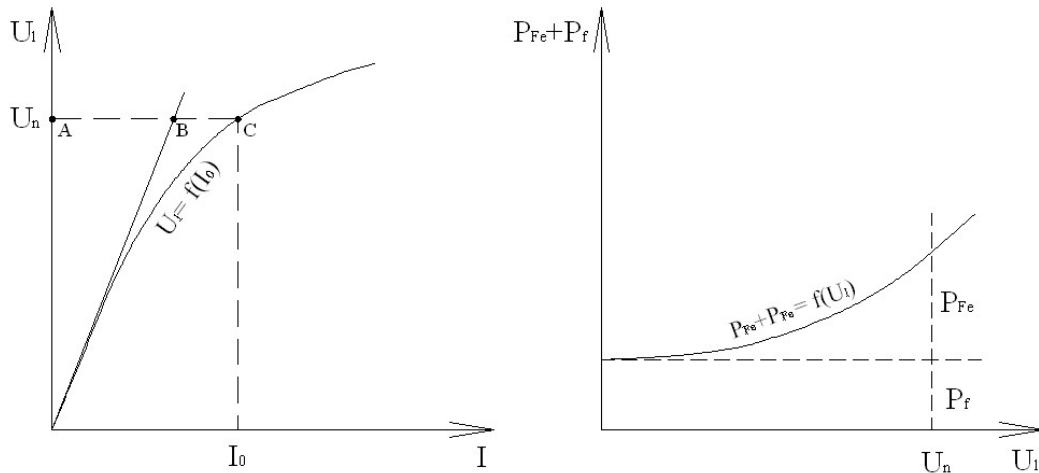
Sve izmerene i izračunate vrednosti treba uneti u sledeću tablicu :

Br. mer.	U_{13} [V]	U_{23} [V]	U_1 [V]	U [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	I_0 [A]	$P_0 = P_1+P_2 $ [W]	$3R_1I_0^2$ [W]	$P_{Fe}+P_f$ [W]	$\cos\varphi_0$	φ_0
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												

Na osnovu dobijenih rezultata treba nacrtati krive $U_1 = f(I_0)$, $P_{Fe} + P_f = f(U_1)$. Ovo su karakterisike praznog hoda. Primer karakteristika praznog hoda dat je na slici 4.1.

Sa karakteristike magnećenja može se odrediti koeficijent zasićenja prema sledećoj relaciji:

$$k_z = \frac{AC}{AB} =$$



Slika 5.1 – Karakteristika praznog hoda asinhronog motora $U_1 = f(I_0)$ (levo) i $P_{Fe} + P_f = f(U_1)$ (desno)

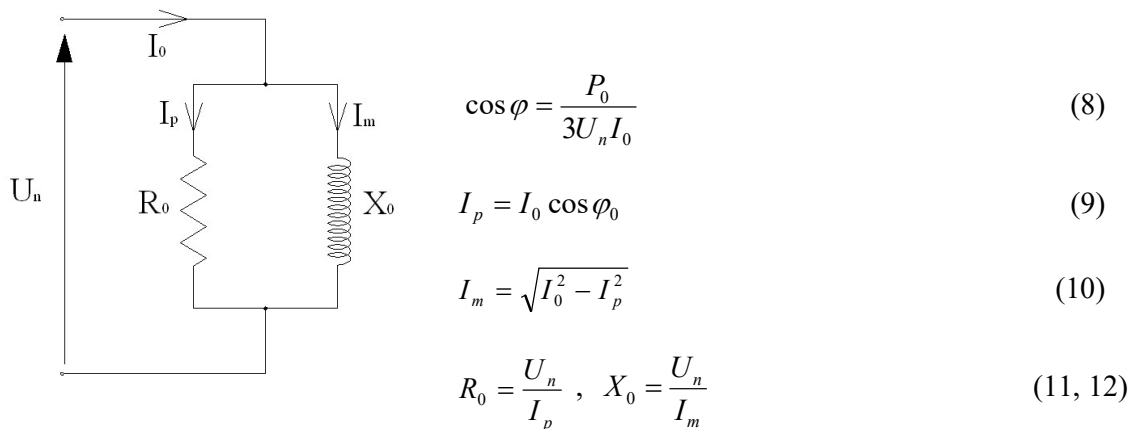
Napomena :

Pri sniženom naponu zbog smanjenja fluksa struja u rotoru počinje da raste (klizanje sa povećava), pa raste i I_0 i P_0 . Te tačke se ne računaju, a ekstrapolacija se vrši produženjem opadajuće krive gubitaka do ordinate i struje praznog hoda do nule.

Produženjem krive $P_{Fe} + P_f = f(U_1)$ do preseka sa ordinatom može se odrediti P_f , jer je za $U_1 = 0$ i $P_{Fe} = 0$. Mehanički gubici P_f su konstantni (zavise samo od brzine), pa se tako mogu odrediti gubici u gvožđu P_{Fe} .

Za nominalni napon iz karakteristike praznog hoda treba odrediti : koeficijent zasićenja, struju praznog hoda, njenu relativnu vrednost, gubitke u gvožđu, sačinilac snage praznog hoda i elemente ekvivalentne šeme.

Ekvivalentna šema za praznog hod prikazana je na slici 4.2.



Slika 5.2 – Ekvivalentna šema za prazan hod

Cilj ispitivanja asinhronog motora u praznom hodu je, dakle, da se odrede gubici P_f i P_{Fe} (pri U_n), struja praznog hoda I_0 (pri U_n) i njena relativna vrednost i_0 i komponente struje praznog hoda (I_p i I_m). Pri dužem radu asinhronog motora u praznom hodu proverava se i ispravnost ležišta motora (konstatovanjem da ne dolazi do njihovog pregrevanja).

Prostor za rad i skicu ekvivalentne šeme praznog hoda :

2. Ogled kratkog spoja :

Ogledna oprema :

- Modul za merenje električnih veličina Leroy Somer MODELEC
- Fazni ubacač 16 A Iskra
- Kočnica Leroy Somer FR.10/15, 1.5 kW, 230 V, $M_{\max} = 25$ Nm, maksimalno dozvoljeno vreme rada 45 minuta
- Kontrolna tabla za puštanje motora u rad, $I_{\max} = 6.3$ A
- Trofazni autotransformator 0 – 550 V
- Trofazni transformator 513/220 V, sprega Yd

Metoda :

Ogled se vrši pri sniženom naponu i sa ukočenim rotorom, čiji se krajevi preko otpornika dovedu u kratak spoj. Cilj ogleda je dobijanje karakteristika kratkog spoja $I_k = f(U_1)$ i $P_k = f(I_k)$, radi određivanja parametara ekvivalentne šeme (R_2 i X_k), odnosno podataka za crtanje kružnog dijagrama.

Postupak :

Pre zatvaranja prekidača treba proveriti :

- Da je rotorski otpornik u položaju koji odgovara kratkom spoju.
- Da je rotor ukočen (obratiti pažnju na smer obrtanja).
- Da je autotransformator u položaju koji odgovara najmanjem naponu.

Najpre se pomoću regulacionog transformatora podesi struja na vrednost oko nominalne (npr. 4.5A), zapišu sva pokazivanja, a zatim se smanjuje tako da se dobije još nekoliko vrednosti struja (npr. 3.5 A, 2.5 A, 1.5 A).

Za svaku vrednost napona čitaju se pokazivanja svih instrumenata za oba položaja faznog ubacača. Za napon i struju uzimaju se srednje vrednosti :

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot (U_{13} + U_{23}), \quad U_k = \frac{U_1}{\sqrt{3}}, \quad I_k = \frac{1}{2} \cdot (I_1 + I_2) \quad (13, 14)$$

Iz dva uzastopna pokazivanja vatmetra sračunavamo snagu kratkog spoja :

$$P_k = |P_1 + P_2| \quad (15)$$

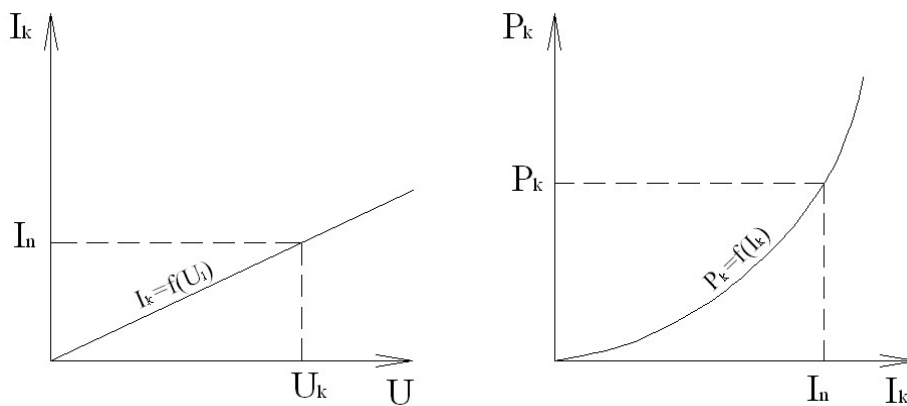
Ova snaga jednaka je praktično gubicima u bakru statora i rotora u kratkom spoju. Iz izmerenih vrednosti računa se sačinilac snage kratkog spoja:

$$\cos \varphi_k = \frac{P_k}{3UI_k} \text{ и угао } \varphi_k. \quad (16)$$

Sve izmerene i izračunate vrednosti treba uneti u tablicu :

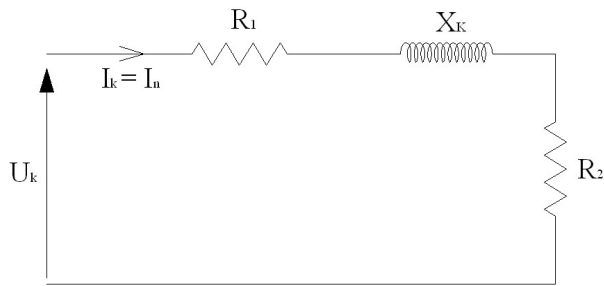
Br. mer.	U_{13} [V]	U_{23} [V]	U_1 [V]	U_k [V]	I_1 [A]	I_2 [A]	I_k [A]	$P_k = P_1+P_2 $ [W]	$\cos\varphi_k$	φ_k
1										
2										
3										
4										
5										
6										

Na osnovu dobijenih rezultata treba nacrtati karakteristike $I_k = f(U_1)$ i $P_k = f(I_k)$. Primer ovih karakteristika dat je na slici 4.3.



Slika 5.3 – Primeri karakteristika $I_k = f(U_1)$ i $P_k = f(I_k)$

Struji kratkog spoja koja je jednaka nominalnoj ($I_k = I_n = 4.4$ A), odgovara napon U_k i snaga P_k (kao što je prikazano na slici). Iz ovih podataka mogu se izračunati parametri ekvivalentnog kola za kratak spoj (slika 4.4).



(19)

$$R_k = \frac{P_k}{3I_k^2} \quad (17)$$

$$R_2 = R_k - R_1 \quad (18)$$

$$Z_k = \frac{U_k}{\sqrt{3}I_k}$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \quad (20)$$

Slika 5.4 – Zamenska šema za kratak spoj

Za nominalni fazni napon ($U_n = 220V$) biće:

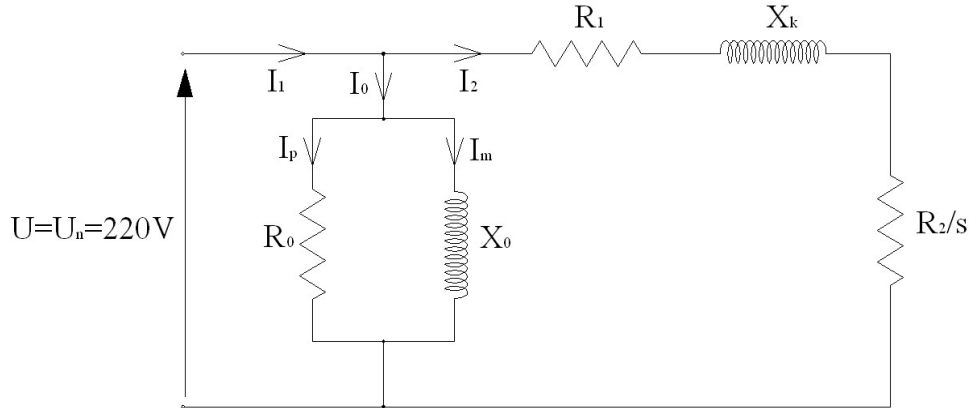
$$I_{kn} = \frac{U_n}{Z_k}, \quad I_{ki} = \frac{U_n}{X_k}. \quad (21,22)$$

Iz dobijenih podataka se za zadato klizanje (s) ili zadatu snagu (P) mogu odrediti, pomoću ekvivalentne šeme, podaci asinhronog motora pri odgovarajućem opterećenju.

Prostor za rad i skicu ekvivalentne šeme kratkog spoja :

3. Određivanje podatak pomoću ekvivalentne šeme :

Ekvivalentna šema asinhronog motora prikazana je na slici 4.5.



Slika 5.5 – Ekvivalentna šema asinhronog motora

$$I_a = I_2 \cos \varphi_2 = \frac{U \cdot \left[R_1 + \frac{R_2}{s} \right]}{\left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + X_k^2 \right]}, \quad I_r = I_2 \sin \varphi_2 = \frac{U \cdot X_k}{\left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + X_k^2 \right]} \quad (23,24)$$

$$I_2 = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}, \quad I_1 = \sqrt{(I_p + I_a)^2 + (I_m + I_r)^2} \quad (25,26)$$

$$\cos \varphi = \frac{I_p + I_a}{I_1} \quad (27)$$

$$P_\gamma = P_{Fe} + P_f + 3R_1 I_1^2 + 3R_2 I_2^2, \quad P_1 = 3U I_1 \cos \varphi, \quad P = P_1 - P_\gamma \quad (28, 29,30)$$

$$\eta = \frac{P}{P_1} \cdot 100 [\%], \quad P_{em} = P_1 - P_{Fe} - 3R_1 I_1^2 \quad (31,32)$$

$$\Omega_s = \frac{2\pi n_s}{60}; \quad n_s = 1500 \text{ob/min} \quad (33)$$

$$M_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega_s}, \quad n = (1-s) \cdot n_s, \quad \Omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad M = \frac{P}{\Omega} \quad (34, 35, 36,37)$$

Prostor za rad i skicu ekvivalentne šeme :

Zadaci :

1. Tablično srediti rezultate merenja.
2. Za zadato klizanje (s) pomoću "G" ekvivalentne šeme odrediti sve podatke pri opterećenju motora
3. Odrediti potrebne podatke u praznom hodu pri nominalnom naponu i u kratkom spoju pri nominalnoj struji.

4. Nacrtati karakteristike praznog hoda i kratkog spoja na milimetarskom papiru ili u adekvatnom softverskom paketu (Matlab, Orgin, Excel) :

$$U_1 = f(I_0), P_{Fe} + P_f = f(U_1), I_k = f(U_1), P_k = f(I_k)$$

II. Regulacija brzine motora dodavanjem otpornosti u kolo rotora

Ogledna oprema :

- Kočnica Leroy Somer FP. 10/15, 1.5 kW, 230 V, $M_{\max} = 25$ Nm, maksimalno dozvoljeno vreme rada 45 minuta.
- Tahometar Leroy Somer DT444L, 20 V/ 1000 ob/min
- Davač momenta Lorey Somer CAPCOL $M_n = 50$ Nm
- Promenljivi trofazni otpornik 48 A, 1.7 Ω
- Modul za merenje električnih veličina Leroy Somer MODELEC
- Modul za merenje mehaničkih veličina Leroy Somer MODMECA
- Trofazni autotransformator 0 – 550 V
- Kontrolna tabla za puštanje motora u rad, $I_{\max} = 6.3$ A.

Metoda :

Na klizne prstenove vezan je trofazni otpornik promenljive otpornosti. Cilj oglada je snimanje familije mehaničkih karakterisika motora $M(n)$ pri različitim vrednostima dodatne otpornosti. Sa dobijenih karakteristika treba očitati vrednosti prevalnog momenta i prevalnog klizanja.

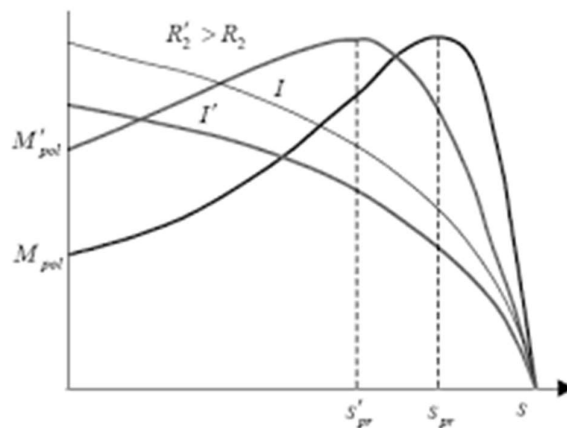
Postupak :

Motor se uključuje postepenim povećanjem napona pomoću autotransformatora, sa rotorskim otpornikom u položaju maksimalne otpornosti. Kada se motor zaleti, treba postepeno smanjivati rotorsku otpornost od maksimalne vrednosti do nule. Za svaku od vrednosti treba snimiti mehaničku karakteristiku motora na sledeći način :

- Pomoću autotransformatora smanjiti međufazni napon motora na 150 V.
- Na instrumentu MODMECA izabrati ručno podešavanje brzine
- Smanjivati vrednost brzine za po ≈ 200 ob/min do nule. Uočiti pri kojoj vrednosti brzine dolazi do smanjenja momenta na vratilu motora. Ta vrednost brzine odgovara prevalnoj brzini.
- Ponoviti ovaj postupak za različite vrednosti otpornosti.

Izmerene vrednosti momenta za različite vrednosti dodatne otpornosti i pri različitim brzinama uneti u datu tabelu.

n [ob/min]	1400	1200	1000	800	600	400	200	0
R_d								
$R_{d1} = R_{dmax}$								
R_{d2}								
R_{d3}								
0								



Slika 5.6 - Mehanička karakteristika asinhronog motora za različite vrednosti dodatnog otpora u kolu rotora i odgovarajuće strujne karakteristike

Pitanja :

1. Zbog čega je ovaj ogled vršen sa sniženim naponom?
2. Kako je moguć rad motora pri brzinama manjim od prevalne u ovom eksperimentu?
3. Na koji način je moguće na osnovu dobijenih rezultata konstruisati odgovarajuće mehaničke karakteristike pri nominalnom naponu?

Zadaci:

1. Tablično srediti rezultate merenja.
2. Na osnovu podataka iz tabele, konstruisati familije karakteristika poput onih prikazanih na slici.
3. Sa dobijenih karakteristika proceniti vrednosti prevalnog momenta i prevalnog klizanja. Na osnovu vrednosti prevalnog klizanja i poznate vrednosti otpornosti rotora, proceniti vrednosti dodatnih otpornosti $R_{d1}..R_{d3}$.

Prostor za rad :

Vežba 6. Ogljed praznog hoda i kratkog spoja na trofaznom transformatoru

Nominalni podaci ispitivanog transformatora :

$S_n = 10 \text{ kVA}$, $U_1 / U_{02} = 513 / 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$

Merna i ispitna oprema :

- Trofazni autotransformator 3x380 V
- Ampermetar 5 A
- Voltmetri 600 V
- Vatmetar 5 A, 300 V
- Prebacač
- Strujni transformator

Postupak :

1. Ogljed praznog hoda transformatora

Odabrati stranu (VN ili NN) na kojoj će se vršiti ogled odnosno na koju će se priključiti izvor i merna oprema. Samostalno odabrati potrebnu mernu opremu i povezati vežbu.

Ogljed izvršiti za nekoliko vrednosti napona počevši od vrednosti koja je 10 % veća od nominalnog napona strane sa koje se vrši ogled.

Pri merenju beležiti vrednosti napona, struje i snage i uneti u odgovarajuću tabelu.

Zatim nacrtati karakteristike praznog hoda i proračunati odgovarajuće parametre zamenske šeme.

2. Ogljed kratkog spoja

Odabrati stranu (VN ili NN) na kojoj će se vršiti ogled odnosno na koju će se priključiti izvor i merna oprema. Samostalno odabrati potrebnu mernu opremu i povezati vežbu.

Ogljed izvršiti za nekoliko vrednosti struja počevši od struje koja je za oko 10 % veća od nominalne struje na strani na kojoj se vrši ogled. Prethodno proveriti snagu izvora koji se koristi u ogledu (trofazni ATP).

Pri merenju beležiti vrednosti napona, struje i snage i uneti u odgovarajuću tabelu.

Nacrtati karakteristike kratkog spoja i proračunati odgovarajuće parametre zamenske šeme transformatora.

Zadaci nakon uradena oba ogleda :

1. Nacrtati kompletnu zamensku šemu TR sa unetim svim parametrima i odgovarajućim električnim veličinama.
2. Proračunati maksimalni i minimalni mogući napon na krajevima transformatora pri nominalnom opterećenju. Koje opterećenje ne stvara pad napona na krajevima TR ?
3. Izračunati maksimalni mogući pad napona TR i relativno opterećenje pri kom ono nastupa.