



Електротехнички факултет Универзитета у Београду

Енергетски одсек

Катедра за енергетске претвараче и погоне

---

## УПУТСТВА ЗА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ ВЕЖБЕ ИЗ СИНХРОНИХ МАШИНА

Име и презиме:	
Број индекса:	

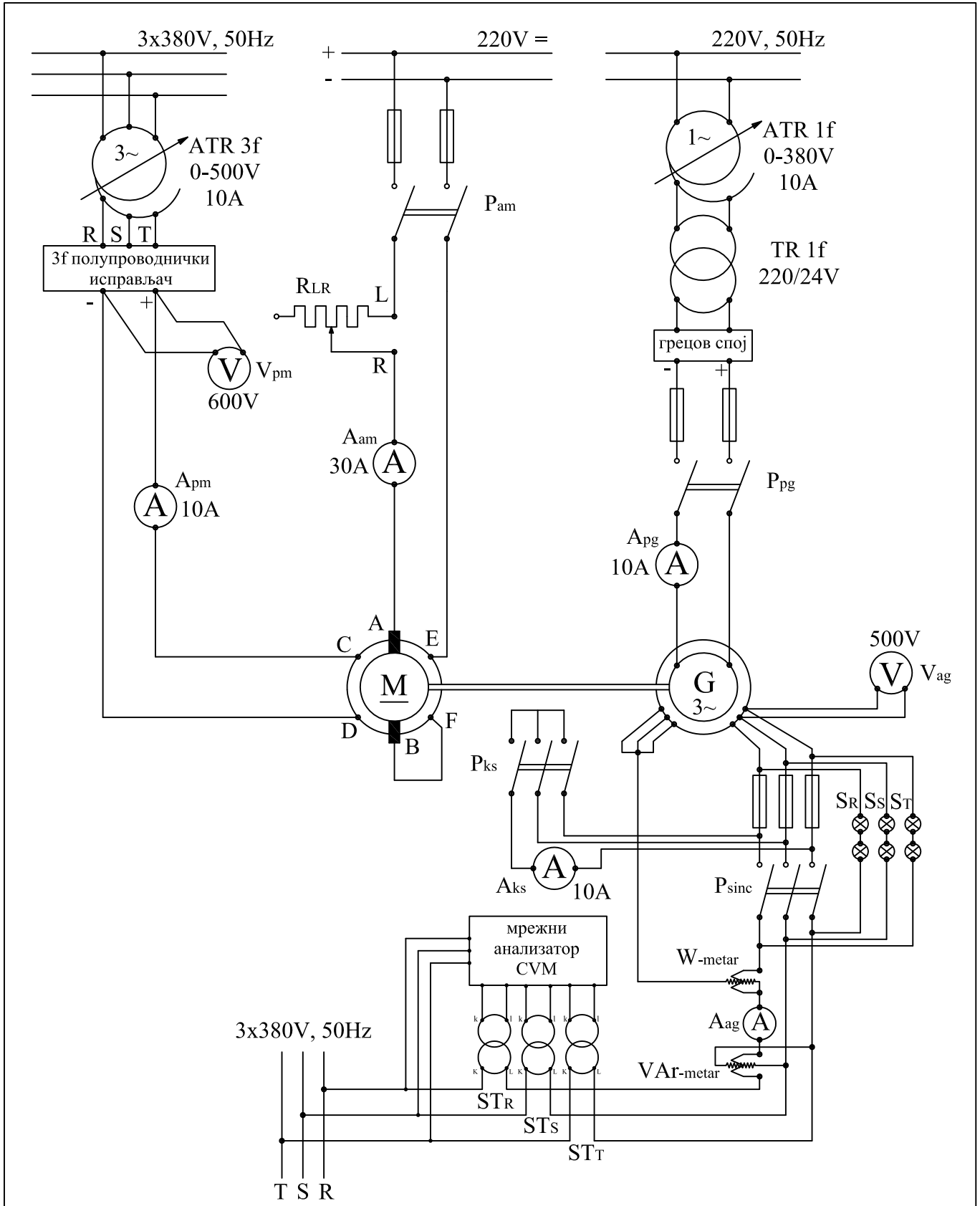
Вежба број 1	Вежба број 2

школска година 2013/2014

# ВЕЖБА БРОЈ 1

## ИСПИТИВАЊЕ СИНХРОНЕ МАШИНЕ У ПРАЗНОМ ХОДУ И КРАТКОМ СПОЈУ И СНИМАЊЕ МОРДЕЈЕВИХ КРИВА

ШЕМА ВЕЗА:



### Подаци о машинама:

генератор: 5,5 kVA; 400/231 V; 13,8/8 A; 1000 o/min; 50 Hz  
мотор JC: 7,8 kW; 220V; 45 A; 450-1430 o/min.

### Огледна опрема:

У колу индукта мотора JC:

- Заштитни отпорник ( $R_{LR}$ )
- Амперметар за 30 A ( $A_{am}$ )

У колу индуктора мотора JC:

- Трофазни аутотрансформатор 0-550 V, 10A (ATR-3f)
- Трофазни диодни исправљач
- Амперметар за 10 A ( $A_{pm}$ )

У колу индуктора генератора:

- Монофазни аутотрансформатор 0-380 V, 10 A (ATR-1f)
- Трансформатор 220/24 V (TR 1f)
- Једнофазни диодни исправљач (gresov spoj)
- Амперметар за 10 A ( $A_{pg}$ )

У колу индукта генератора:

- Волтметар за 600 V ( $V_{ag}$ )
- Два ватметра за 400 V, 10 A, 50 Hz (W-metar, VAr-metar)
- Три струјна трансформатора 10/5 A ( $ST_R, ST_S, ST_T$ )
- Трофазни дигитални мрежни анализатор "Circutor" (CVM)
- Два амперметара за 10 A ( $A_{ag}, A_{ks}$ )
- 6 сијалица, по две у свакој фази ( $S_R, S_S, S_T$ )
- Трополни прекидачи за синхронизацију и кратак спој ( $P_{sinc}, P_{ks}$ )

### Метода, поступак и задатак:

За трофазни синхрони генератор треба снимити карактеристике празног хода и кратког споја и помоћу њих одредити засићену и незасићену вредност синхроне реактансе. Затим треба извршити синхронизацију генератора на градску мрежу и снимити Мордејеве криве.

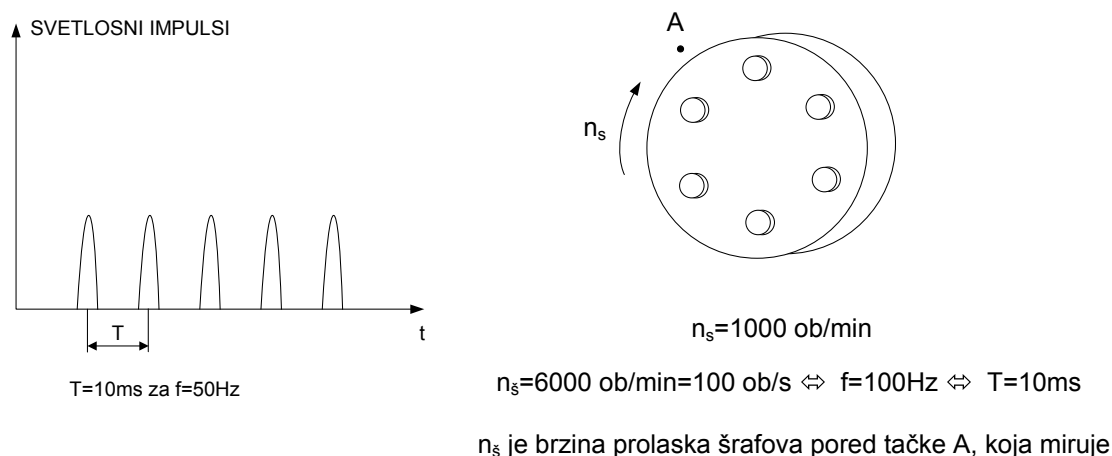
### I Карактеристика празног хода

Карактеристика празног хода је крива која показује како се мења електромоторна сила ( $E_p$ ) генератора (у даљем тексту *емс*) у зависности од побудне струје ( $J_p$ ) при сталној брзини обртања која одговара номиналној учестаности. Пре него што се затвори прекидач ( $P_{am}$ ) треба

проверити да је заштитни отпорник ( $R_{LR}$ ) у положају максималног отпора. **Такође треба проверити трополни прекидач ( $P_{ks}$ ) који за време огледа празног хода треба да остане отворен!**

Помоћу трофазног регулационог аутотрансформатора (ATR 3f) подесити побудну струју мотора на око 2,5 A ( $A_{pm}$ ), затим затворити прекидач ( $P_{am}$ ) и извршити пуштање мотора у рад помоћу заштитног отпорника ( $R_{LR}$ ) на следећи начин. Отпорник искључивати корак по корак (закретањем ручице на десно за по један контакт) и при сваком кораку посматрати аматурну струју мотора, јер она нагло порасте при смањењу отпора, па се затим са повећањем брзине обртања смањује. На следећи положај треба прећи тек кад вредност струје опадне (на око 3 A). Када је заштитни отпорник искључен треба помоћу аутотрансформатора (ATR 3f) променом побудне струје мотора подесити брзину на номиналну вредност ( $n_s = 1000$  o/min) помоћу стробоскопског ефекта. Брзину током огледа одржавати константном. Принцип одређивања брзине применом стробоскопског ефекта приказан је на сл. 1.

#### STROBOSKOPSKI EFEKAT



Сл.1 – Принцип мерења брзине стробоскопским ефектом

Синхрони генератор ће показивати неку малу  $\epsilon_{mc}$  ( $V_{ag}$ ) и без побуде, што је последица заосталог магнетизма у магнетском колу индукта генератора (ротора). Сам оглед празног хода почиње укључењем прекидача за побуду генератора ( $P_{pg}$ ), а затим помоћу једнофазног аутотрансформатора (ATR 1f) треба повећавати побудну струју ( $A_{pg}$ ) док вредност  $\epsilon_{mc}$  генератора не буде изнад 400 V. Тада треба забележити вредност побудне струје и електромоторне силе, чиме је одређена прва тачка. Даље треба у корацима смањивати побудну струју све до нуле, па јој затим променити смер и повећавати је (у негативном смеру) такође у корацима док  $\epsilon_{mc}$  не достигне исту максималну вредност. При сваком кораку треба забележити вредност побудне струје и  $\epsilon_{mc}$  у следеће таблице:

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

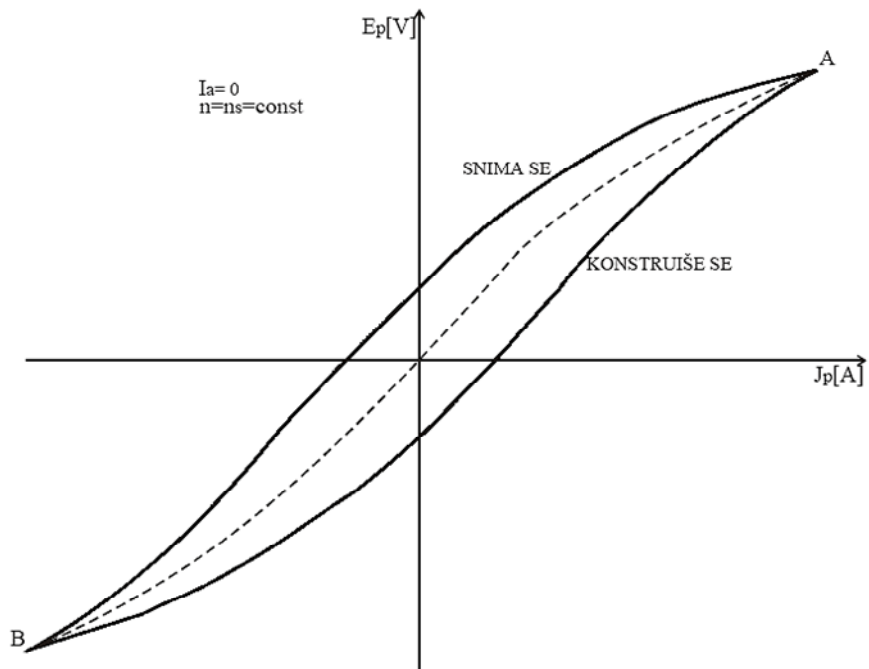
$J_p > 0$

$J_p$ [A]	$E_p$ [V]

$J_p < 0$

$J_p$ [A]	$E_p$ [V]

Након извршеног мерења треба заштитни отпорник вратити у положај максималног отпора и искључити прекидач. На основу добијених резултата нацртати карактеристику празног хода чији је општи изглед дат на сл.2.



Сл.2 – Општи изглед карактеристике празног хода СМ

Карактеристика празног хода је двозначна крива, а мерењем је добијена само једна њена грана, па другу треба конструисати, као и средњу линију, која је потребна за добијање синхроних реактанси. Та средња карактеристика представља *криву магнећења* ове машине.

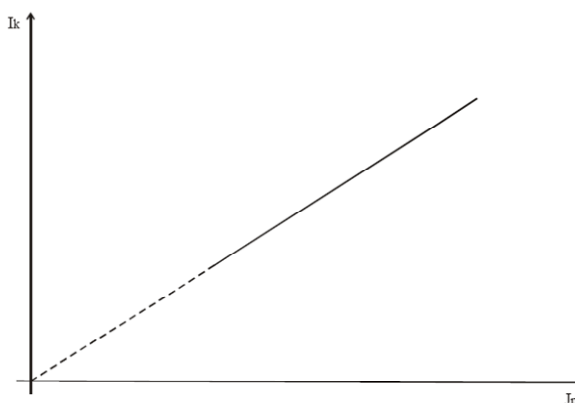
## II Карактеристика кратког споја

Карактеристика кратког споја је права линија која показује како се мења струја статора у кратком споју при промени побудне струје, односно:

$$I_k = f(J_p)$$

Поступак пуштања у рад је сличан као у празном ходу, односно прво се побуђује мотор, затим пушта у рад помоћу заштитног отпорника, након тога се доведе брзина на номиналну вредност, па се тада затвори трополни прекидач ( $P_{ks}$ ). Затим треба пре затварања побудног прекидача генератора ( $P_{pg}$ ) проверити да је једнофазни ауотрансформатор (ATR 1f) на нули, па затворити прекидач. Побудну струју затим треба у корацима повећавати од нуле па све до 10 А. За сваку побудну струју очитати струју кратког споја ( $A_{ks}$ ) и унети у следећу таблицу:

$J_p$ [A]	$I_k$ [A]



*Сл.3 – Општи изглед карактеристике кратког споја СМ*

При огледу се брзина не мора строго одржавати на номиналној вредности, довољно је да буде блиска тој вредности.

На основу резултата мерења треба нацртати карактеристику кратког споја, чији је општи изглед дат на сл. 3.

## III Одређивање података из карактеристика ПХ и КС

Помоћу обе карактеристике могу се одредити значајни подаци синхроне машине. Прво је потребно на заједничком дијаграму нацртати карактеристике ПХ и КС и означити

карактеристичне тачке као што је приказано на сл.4. Са оваквог дијаграма, уз усвојене ознаке као на сл.4, могу се одредити следећи подаци:

- 1) Синхрона реактанса незасићене машине

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

прорачун:

- 2) Синхрона реактанса засићене машине

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

прорачун:

- 3) Сачинилац засићења

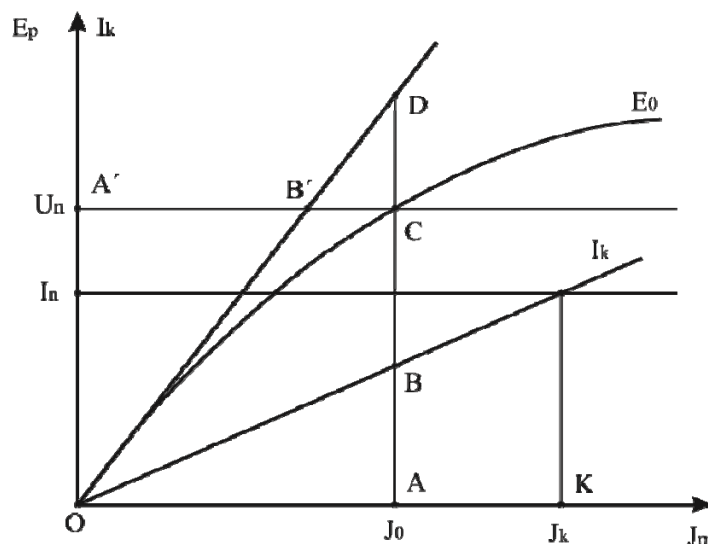
$$K_Z = \frac{A'C}{A'B'} = \frac{AD}{AC} = \frac{Z_S}{Z'_S} \approx 1,2$$

прорачун:

- 4) Однос кратког споја

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

прорачун:



Сл.4 – Дијаграм за одређивање података из  $k$ -ка ПХ и КС

### III Синхронизовање генератора на мрежу и Мордејеве криве

Статор синхроне машине се не сме прикључити на мрежу без претходне синхронизације, односно мора се ротор довести на синхрону брзину и тада помоћу синхронизационих сијалица одредити тренутак у ком се сме извршити прикључење.

Услови за синхронизацију су:

- 1) Једнакост фазног редоследа напона генератора и мреже
- 2) Брзина обртања блиска синхроној (али не и потпуно једнака)
- 3) Једнакост ефективних вредности  $\epsilon_{мс}$  генератора и напона мреже

Када су ови услови испуњени (сијалице се лагано пале и гасе) треба затворити трополни прекидач ( $P_{\text{sync}}$ ) и то у тренутку када су сијалице потпуно угашене.

Мордејеве криве (V-криве) представљају зависност:

$$I_a = f(J_p)$$

при константном напону, брзини и моменту (односно активној снази).

Када машина ради као мотор или генератор и прикључена је на мрежу са константним оптерећењем на вратилу, и при томе се мења побудна струја не могу се мењати ни напон, ни брзина, ни активна снага. Једино се мења реактивна снага, односно реактивна компонента струје (тј.  $I_a \sin \varphi$ ).

Подешавањем побудне струје  $J_p$  подешава се реактивна снага коју машина производи, односно троши, а то се може регистровати помоћу VAr-метра који скреће на једну или другу страну. Као VAr-метар се користи ватметар који је струјно прикључен у једну фазу, а напонски на друге две фазе.



За свако оптерећење ( $P$ ) побудна струја  $J_p$  има своју минималну вредност која претходи испадању из синхронизма и своју максималну вредност која је ограничена загревањем ротора (у трајном раду).

Треба снимити три криве (за три произвољне вредности активне снаге) држећи се наведених ограничења за побудну струју. На основу измерених вредности попунити следеће таблице:

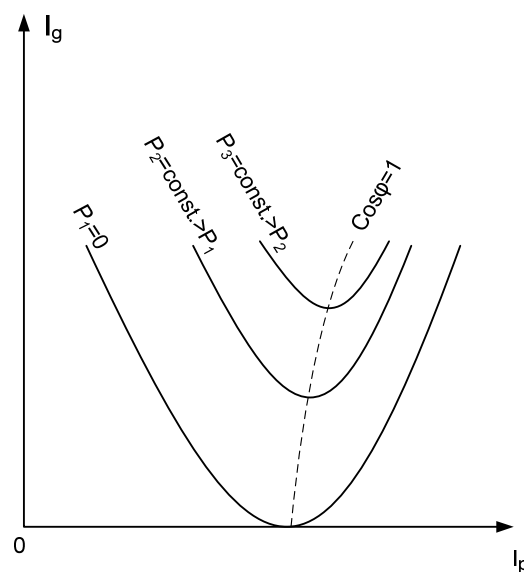
$P = \text{___ W}$

$J_p$ [A]	$I_k$ [A]

$P = \text{___ W}$


$P = \text{___ W}$


На основу вредности из таблица нацртати Мордејеве криве чији је општи изглед дат на сл.5.



Сл.5 – Општи изглед Мордејевих крива

### **Питања за проверу знања:**

1. Како изгледа карактеристика празног хода генератора ако се снима при учестаности напона која је различита од номиналне?
2. Ако на осовини има 4 бела шрафа и ако је постигнуто да су они релативно непомични у односу на посматрача одредити број пари полова синхроног генератора ако се он прикључује на мрежу 50Hz. Шрафови су осветљени импулсном светлошћу фреквенције 100Hz.
3. Због чега је карактеристика кратког споја синхроног генератора линеарна?
4. Који се подаци могу добити из карактеристика празног хода и кратког споја синхроног генератора?
5. Који су услови за синхронизацију генератора на мрежу?
6. Због чега пре синхронизације фреквенција напона генератора не треба да буде потуно једнака фреквенцији напона мреже?
7. По чему ћемо знати да је генератор прикључен на мрежу?
8. Како се регулише активна, а како реактивна снага који генератор прима односно испоручује мрежи?
9. Шта значи да генератор „лебди“ на мрежи?
10. Шта представљају Мордејеве криве и чему служе?
11. Када је генератор подпобуђен, а када надпобуђен?
12. Шта представља испрекидана линија на сл. 5?



### Подаци о машинама:

генератор: 9 kVA; 220 V; 22,6 A;  $\cos \varphi = 0.8$ ; 1500 o/min;  $R = 0.5 \Omega$ ; спрега Y

мотор JC: 11 kW; 1280-1800 o/min.; 220V; 60 A

### Огледна опрема:

У колу индукта мотора JC:

- Прекидач (Pm)
- Волтметар (Vam)
- Заштитни отпорник за пуштање у рад (RLR)
- Амперметар за 70A (Aam)

У колу индуктора мотора JC:

- Регулациони отпорник (Rpm1)
- Регулациони отпорник (Rpm2)

У колу индуктора генератора:

- Прекидач (Ppg)
- Регулациони отпорник (Rpg1)
- Регулациони отпорник (Rpg2)
- Амперметар за 15A (Apg)

У колу индукта генератора:

- Волтметар за 250V (Vg)
- Фреквенциометар (Fg)
- Прекидач (Pg)
- Амперметар за 20A (Apg)
- Струјни трансформатор 25/5A (ST)
- Ватметар за 120 V, 5 A, 50 Hz (Wg)
- Амперметар за 6A (Agsek)
- Прекидач за оглед кратког споја (Pksg)
- 2 сијалице (S1, S2)

### Метода, поступак и задатак:

За трофазну синхронну машину која ради у режиму генератора потребно је снимити:

- Карактеристику празног хода  $E_p = f(J_p)$
- Карактеристику кратког споја  $I_k = f(J_p)$
- Карактеристику регулације  $J_p = f(I)$  при реактивном оптерећењу ( $P = 0$ ,  $\cos \varphi = 0$  (кап)) као и при комбинованом оптерећењу за  $\cos \varphi = 0.8$  (кап).

Након тога, нацртати карактеристику реактивног оптерећења, на основу које треба одредити вредност реактансе расипања синхроне машине ( $X_\gamma$ ). Са добијеним подацима

потребно је конструисати Потјеов дијаграм ради одређивања промене напона ( $\Delta U$ ) у зависности од побудне струје при индуктивном оптерећењу генератора.

### I Оглед празног хода

Карактеристика празног хода је крива која показује како се мења електромоторна сила ( $E_p$ ) генератора (у даљем тексту *емс*) у зависности од побудне струје ( $J_p$ ) при сталној брзини обртања која одговара номиналној учестаности, односно

$$E_p = f(J_p)$$

Пре него што се затвори прекидач ( $P_m$ ) треба проверити да је заштитни отпорник ( $R_{LR}$ ) у положају максималног отпора. **Такође треба проверити да су трополни прекидачи ( $P_{KSG}$ ,  $P_G$  и  $P_{MR}$ ) отворени за време огледа празног хода!**

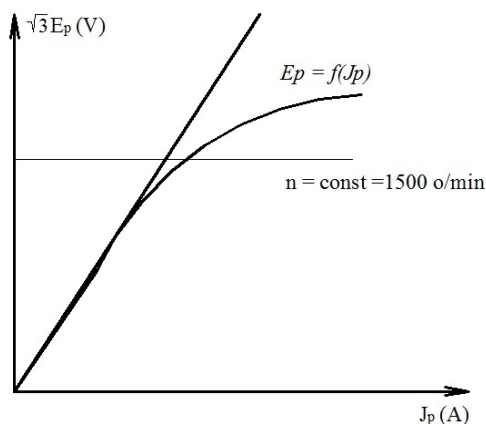
Након тих провера, затворити прекидач ( $P_m$ ) и извршити пуштање мотора у рад помоћу заштитног отпорника ( $R_{LR}$ ) на следећи начин. Помоћу два регулациона отпорника у побудном колу мотора ( $R_{pm1}$  и  $R_{pm2}$ ) подесити почетну вредност побудне струје. Након тога смањивањем вредности отпорности отпорника ( $R_{LR}$ ) постепено залетети мотор. При сваком смањењу вредности отпорности струја нагло порасте, па се затим са повећањем брзине обртања смањује. Следеће смањење отпора треба извршити када струја довољно падне. Када је заштитни отпорник потпуно искључен, потребно је помоћу регулационих отпорника у побудном колу подесити побудну струју мотора да би брзина била једнака номиналној брзини ( $n_s = 1500 \text{ o/min}$ ) и то помоћу стробоскопског ефекта. Брзину током огледа одржавати константном. Принцип мерења брзине стробоскопским ефектом је објашњен у вежби број 1!

Сам оглед празног хода почиње укључењем прекидача у побудном колу генератора ( $P_{pg}$ ). Затим је помоћу регулационих отпорника ( $R_{pg1}$  и  $R_{pg2}$ ) потребно повећавати побудну струју док вредност *емс* генератора не буде изнад 220 V. Тада треба забележити вредност побудне струје на амперметру ( $A_{pg}$ ), и вредност електромоторне силе на волтметру ( $V_g$ ), чиме је одређена прва тачка. Даље треба у корацима смањивати побудну струју све до нуле. При сваком кораку треба очитати вредности побудне струје и *емс* и унети их у следећу таблицу:

$$J_p, E_p > 0$$

$J_p$ [A]	$E_p$ [V]

КАРАКТЕРИСТИКА ПРАЗНОГ ХОДА  $E_p = f(J_p)$



Сл.1 – Општи изглед карактеристике празног хода СМ



При огледу се брзина не мора строго одржавати на номиналној вредности, довољно је да буде блиска тој вредности.

На основу резултата мерења треба нацртати карактеристику кратког споја, чији је општи изглед дат на сл. 2. На основу нацртаног дијаграма одредити вредност побудне струје  $J_{\text{ном}}$  за  $I_k = I_n$ .

Цртање карактеристика празног хода и кратког споја потребно је представити на јединственом дијаграму, чији је општи изглед дат на слици број 3.

### **III Одређивање података из карактеристика ПХ и КС**

Помоћу обе карактеристике могу се одредити неки значајни подаци синхроне машине. Прво је потребно на заједничком дијаграму нацртати карактеристике ПХ и КС и означити карактеристичне тачке као што је приказано на слици 3. Са оваквог дијаграма, уз усвојене ознаке као на слици 3, могу се одредити следећи подаци:

- 1) Синхрона реактанса незасићене машине

$$Z_S = \frac{AD}{AB}; \quad X_S = \sqrt{Z_S^2 - R_a^2}; \quad R_a = 0,5\Omega \Rightarrow Z_S \approx X_S$$

прорачун:

- 2) Синхрона реактанса засићене машине

$$Z'_S = \frac{AC}{AB}; \quad X'_S = \sqrt{Z'^2_S - R_a^2}; \quad R_a = 0,5\Omega \Rightarrow Z'_S \approx X'_S$$

прорачун:

- 3) Сачинилац засићења

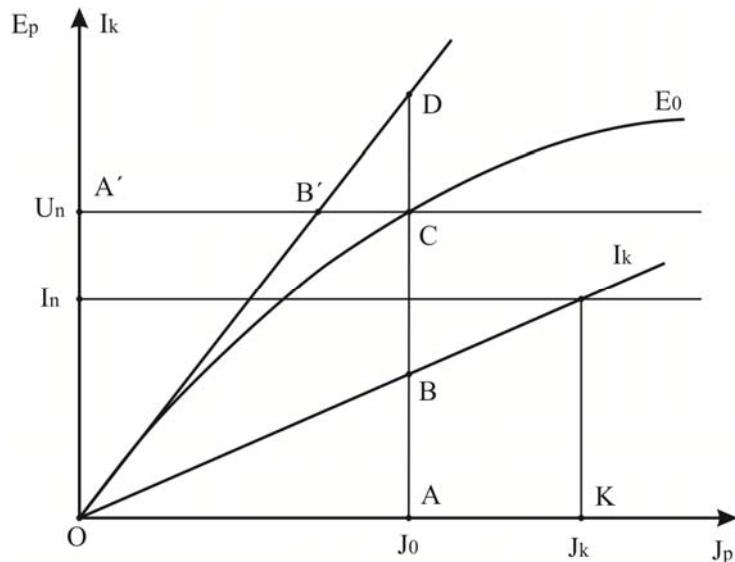
$$K_Z = \frac{A'C}{A'B'} = \frac{AD}{AC} = \frac{Z_S}{Z'_S} \approx 1,2$$

прорачун:

- 4) Однос кратког споја

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

прорачун:



Сл.3 – Дијаграм за одређивање података из к-ка ПХ и КС

#### IV Снимање карактеристика регулације

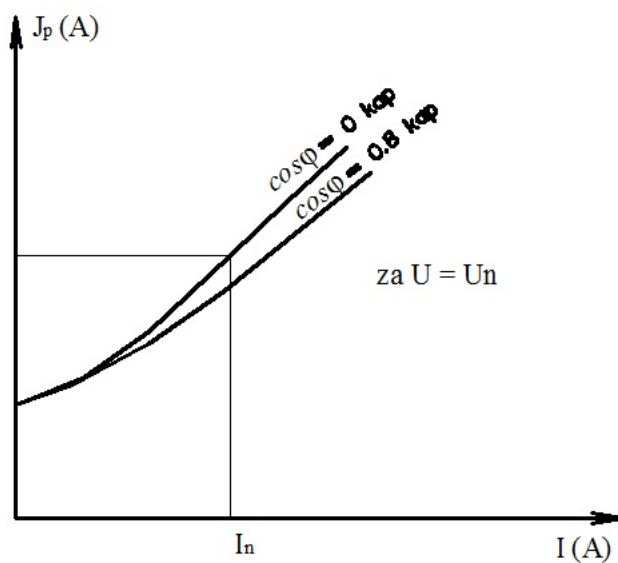
Како бисмо снимили карактеристике регулације испитиване синхроне машине, потребно је оптеретити машину. Карактеристика регулације (или карактеристика побудне струје) је крива која показује како се мења побудна струја генератора у функцији струје оптерећења, при сталном напону, при сталном сачиниоцу снаге и номиналној брзини обртања, тј.

$$J_p = f(I)$$

при  $U = \text{const}$ ,  $\cos \varphi = \text{const}$ , и  $n = n_n$ .

Општи изглед карактеристика регулације је представљен на слици број 4.

КАРАКТЕРИСТИКЕ РЕГУЛАЦИЈЕ  $J_p = f(I)$



Сл.4 – Општи изглед карактеристике регулације СМ



Активно оптерећење се регулише помоћу отпорника у побудном колу мотора једносмерне струје. Струја мотора је дата изразом

$$I_a = \frac{U_d - E_a}{R_a} = \frac{U_d - K_E \Phi n_s}{R_p}$$

Смањивањем побуде мотора ( $J_p$ ) односно флукса ( $\Phi$ ) повећава се (довод) струја мотора, односно момент мотора (еквивалентно повећању довода „погонског флуида“ код турбине), а тиме и активна снага  $P$  коју генератор испоручује у мрежу.

Реактивно оптерећење регулише се помоћу отпорника у побудном колу генератора. Повећањем побуде генератора ( $J_p$ ) повећава се реактивна снага коју генератор производи (даје мрежи), и обратно.

**а) Снимање карактеристике регулације  $J_p = f(I)$  синхроне машине при чисто реактивном оптерећењу ( $P = 0, \cos \varphi = 0$  (кап)).**

Да бисмо утицали само на реактивно оптерећење генератора, потребно је да ватметар стоји на нули ( $P = 0$ ) и тада је  $\cos \varphi = 0$ . Потребно је снимити зависност:

$$J_p = f(I) \text{ при } U = \text{const}, \cos \varphi \approx 0 \text{ (кап)}.$$

Пошто мрежа диктира напон, он је практично константан. Генератор испоручује мрежи само реактивну снагу, тако да је  $\cos \varphi \approx 0$  (кап).

Променом побудне струје мотора подесимо струју оптерећења, а затим прочитамо одговарајућу вредност побудне струје генератора и унесемо у таблицу.

I (A)	5	7.5	10	12.5	15	18
$J_p$ (A)						

**б) Снимање карактеристике регулације  $J_p = f(I)$  синхроне машине при комбинованом оптерећењу**

Генератор испоручује мрежи активну и реактивну снагу у таквом односу да је  $\cos \varphi \approx 0.8$  (капацитивно). При огледу се узимају исте струје оптерећења генератора као у претходном огледу. Оптерећење се подешава деловањем на побудне струје мотора и генератора. За утврђену вредност  $\cos \varphi$  и струје ( $I$ ) скретање ватметра се одређује из односа:

$$P = 3UI \cos \varphi = K_W \alpha \quad U = \frac{U_L}{\sqrt{3}} \quad \cos \varphi = \frac{P}{3UI}$$

$$\alpha = \frac{3UI \cos \varphi}{K_W} = \frac{3U \cdot 0,8}{25} \cdot I = \frac{\sqrt{3} U_L \cdot 0,8}{25} \cdot I$$

Вредности угла скретања  $\alpha$  (под) и вредности активне снаге  $P$  (W) потребно је пре мерења израчунати на основу дате вредности  $\cos \varphi$  и струје генератора  $I$  (A). Добијене резултате је потребно унети у следећу таблицу:

$I$ (A)	5	7.5	10	12.5	15	18
$J_p$ (A)						
$\alpha$ (под)						
$P$ (W)						
$\sqrt{3}U$ (V)						

На основу добијених вредности из претходних мерења, потребно је скицирати карактеристике регулације генератора:

1.  $J_p = f(I)$  за  $\cos \varphi = 0$  (капацитивно), и
2.  $J_p = f(I)$  за  $\cos \varphi = 0.8$  (капацитивно).

### **V Одређивање промене напона применом Потјеовог дијаграма (поступка)**

Индиректна метода се заснива на Потјеовом поступку. Користе се подаци из огледа празног хода, кратког споја, као и подаци добијени из карактеристике реактивног оптерећења машине која се испитује. Сам поступак се састоји из више корака:

1. Конструкција карактеристике реактивног оптерећења и одређивање вредности реактансе расипања ( $X_\gamma$ ) за  $\cos \varphi \approx 0$

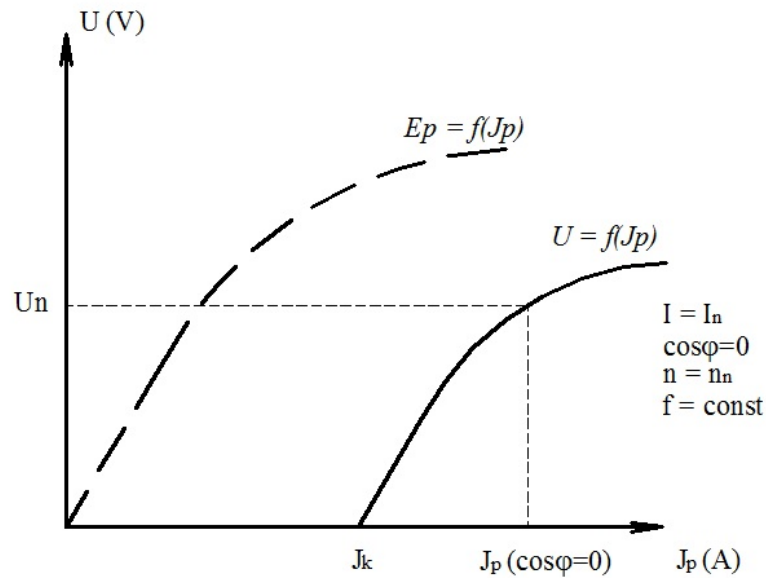
Карактеристика реактивног оптерећења синхроне машине представља зависност

$$U = f(J_p)$$

при  $I = I_{\text{ном}}$ ,  $f = \text{const}$ ,  $\cos \varphi = \text{const}$ , чији је изглед приказан на слици 5.

Карактеристика реактивног оптерећења се иначе добија мерењем, али се у оквиру ове вежбе одређује (конструираше) приближно на основу података из огледа кратког споја и карактеристике регулације.

КАРАКТЕРИСТИКА РЕАКТИВНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА  $U = f(J_p)$

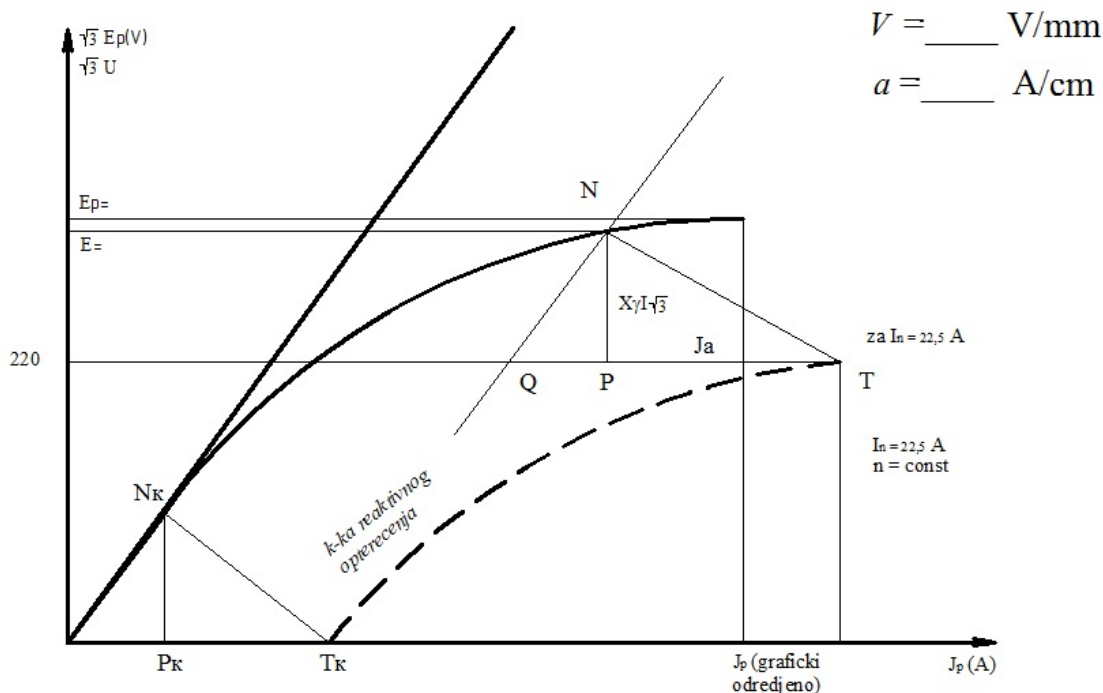


Сл.5 – Општи изглед карактеристике реактивног оптерећења СМ за  $\cos \varphi = 0$

Конструише се тако што се са карактеристике кратког споја нађе вредност струје  $J_k$  (вредност побудне струје при којој је  $I = I_{nom}$ ), што представља прву тачку. Друга тачка криве се добија са карактеристике регулације, за вредност  $\cos \varphi \approx 0$  и при  $I = I_{nom}$ , тако што се очита вредност побудне струје  $J_p$  (А) при којој је  $I = I_{nom}$ . Како имамо познате две тачке, а знамо да је карактеристика реактивног оптерећења за  $\cos \varphi \approx 0$  паралелна са карактеристиком празног хода, можемо конструисати карактеристику у целости.

Значајна су нам два податка са карактеристике реактивног оптерећења, а то су вредност побудне струје  $J_p$  (А), за  $\cos \varphi \approx 0$ , која одговара номиналном напону; а други битан податак нам је вредност побудне струје  $J_k$  (А).

Циљ је да се уз помоћ конструисане карактеристике реактивног оптерећења добије вредност реактансе расипања ( $X\gamma$ ) и део побудне струје ( $J_s$ ) односно део *мнс* ротора  $F_{fs}$ , која је еквивалентна реакцији индукта  $F_a$ .



Сл.6 – Конструкција карактеристике реактивног оптерећења

На истом дијаграму потребно је нацртати карактеристике празног хода  $E = f(J_p)$  и реактивног оптерећења  $U = f(J_p)$ . Од тачке  $U_n$  треба повући праву паралелну са апсцисом и чиме се добије тачка  $T$ , као на слици 6.

Од тачке  $T$  треба нанети дуж која представља вредност  $J_k$  чиме се добија тачка  $Q$ . Кроз тачку  $Q$  повучемо праву паралелну са тангентом на почетак карактеристике празног хода. Ова права сече карактеристику празног хода у тачки  $N$ . Из ове тачке треба спустити нормалу и на тај начин одредити тачку  $P$ . Тиме се добија троугао  $TNP$ , где дуж  $NP$  представља пад напона на реактанси расипања  $E_\gamma = X_\gamma I$ . Дуж  $TP$  представља  $mcs$  реакције индукта  $F_a$ , односно побудну струју еквивалентну тој реакцији ( $J_s$ ).

На слици 6 су заједно нацртане карактеристике празног хода ( $E_p = f(J_p)$ ) и реактивног оптерећења ( $J_p = f(I)$ ) при  $I = I_n$ ,  $\cos \varphi = 0$  и  $n = n_n$ . На тај начин се добијају, поред познатог омског отпора  $R$ , још два податка, а то су  $mcs$  услед расипања  $E_\gamma$  и побудна струја  $J_s$  еквивалентна  $mcs$  реакције индукта  $F_a$ . Из количника вредности  $E_\gamma$  и вредности струје индукта  $I$  (за коју је добијена карактеристика реактивног оптерећења) израчунава се реактанса расипања  $X_\gamma$ .

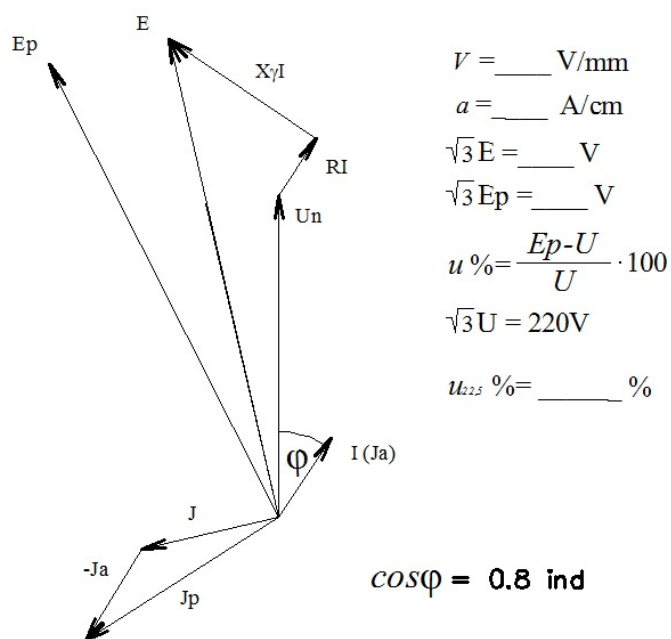
## 2. Конструкција Потјеовог дијаграма за дато индуктивно оптерећење од $\cos \varphi = 0,8$ .

Потјеов дијаграм се конструише на следећи начин. Номинални напон  $U_n$  нацртати на ординати, а вектор струје  $I$  померен у односу на  $U_n$  за угао  $\varphi$ . На њега се нанесу падови напона  $RI$  и  $X_\gamma I$ , пошто је  $X_\gamma$  претходно одређено. Тако се добија заједничка  $mcs$   $E_p$ , која потиче од заједничког флукса  $\Phi$ .

На основу вредности заједничке  $e_{ms}$  и напона, одредити процентуалну промену напона у зависности од струје генератора, према следећој једначини:

$$u = \frac{E_p - U}{U} \cdot 100 [\%]$$

Пример Потјеовог дијаграма приказан је на слици 7.



Сл.7 –Потјеов дијаграм

### Питања за проверу знања:

1. Шта представљају карактеристике регулације и чему служе?
2. На који начин се обезбеђује  $\cos \varphi \approx \text{const}$  при снимању карактеристика регулације?
3. Зашто се повећава активна снага синхроног генератора при смањењу побуде једносмерне струје?
4. Употреба карактеристике реактивног оптерећења и како изгледа та карактеристика за  $\cos \varphi \neq 0$ ?
5. На који начин се компензује реакција индукта СГ?
6. Како се дефинише пад напона СГ?
7. Чему служи Потјеов дијаграм и да ли се може применити и код СГ са истуреним половима?