

KOMPENZACIJA NAPONA / JALOVE SNAGE

KAJ IMAMO ODREDEK KOMPENZACIJE U SUSTAVU NAPONA
NA NAPON TRŽIŠTU MOŽE BITI RAZLIČIT NAIZMAZ
SVAKI UREDAJ TREBA IMATI NEKI NAPON DA BI MOGAO
RADITI

IMAMO INDUKTIVNE I KAPACITIVNE POTROŠAČE

ČASTO ŽELIMO ŠTO STABILNIJI NAPON (UKLJUK GRANIČA)?
DA BISTO IZJEDNACILI: JALOVU SNAGU

U SLUČAJU DA TI OBRNUTA PADJE DIŽE SE JALOVINA,
TIME I PRETAK, U UKLJUKU I ČOGB TRŽIŠTU,
POVEĆANJE SE SUBITO

IMAMO SE RADA MO SE I POTRPA JALOV TORA DRŽATI
KONSTANTAN

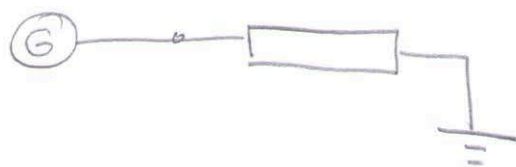
IMA KOMPENZACIJSKI SUSTAV, NAKON ČOGBOS POČNE SE
JALOVINA NAPLATITI, PA SE ULAŽE U KOMP. SUSTAV

IMO SE RADI KOMPENZACIJA:

① NA IZVORU - ~~SINKRONIZIRANI~~ GENERATOR (ELEKTRANA)

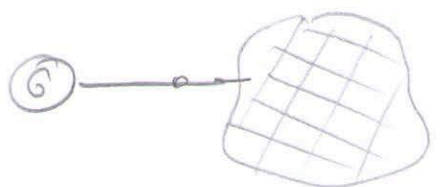
REGULACIJA UZBUDE

GENERATOR NA TRŽIŠTU - IZOLIRAN



→ DIZEL AGREGATI

GENERATOR NA SUSTAVU - G NE UTIČE NA FREKVENCiju
ON MOGA BITI SINKRONIZIRAN



TVRDA MREŽA

- DIESEL AGREGAT
- UO VESTANI MREŽI, UKLJUČI SE DIESEL AGREGAT
 - REGULIRANO NAPON DIREKTO NAPON
 - TROŠIO MORA IMATI UKUPNE LUTTA

ČVRSTA MREŽA - UPRAVLJAK UZBUĐEN,

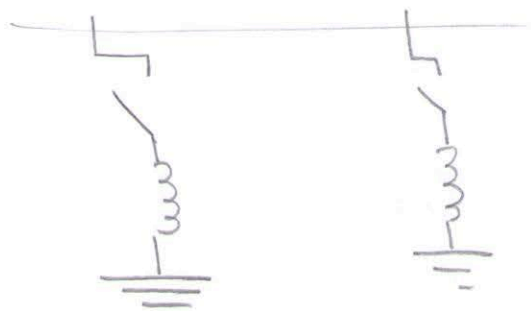
- SMALJIMO UZBUĐU - PODUZBUĐENI SVO, SMALJIMO NAPON
- UZIMAMO ENERGIJU IZ SUSITTA
- NAVEĆER - SVE SE UGASI I NAPON SE DIŽE, PA DA NEBI DOŠLO DO PRENAPONA UKLJUČUJE SE GENERATOR.
- PREU DANA IMAMO INDUKTIVNO, JER SE SVE UKLJUČUJE UO GEN-a
- MREŽA VIŠE INDUKTIVNO (TROŠILA)
- ZRAČNI VODU - AW DE JAOVIA > +10 ZRAČES VOTA - KONDEZAT
- AW DE JAOVIA < PRIVIDE SWAG 2.8 - INDUKTIV
- POZEMNI VODU - VELIKI KAPACITET I VELIKO PRIVIDNO SWAG, STALNO DADO SWAGU U SUSITU
- VELIKO KORISNOST
- TRANSFORMATOR - UVJEK VIŠE JAOVIA
- P.H. 0,127. NALU
- OSTALO - UVJEK INDUKTIVNO S KAPACITETOM
- ZAHITKA DADO IZ MREŽE

PODROB KOMPENZACIJSKI UREDAJI

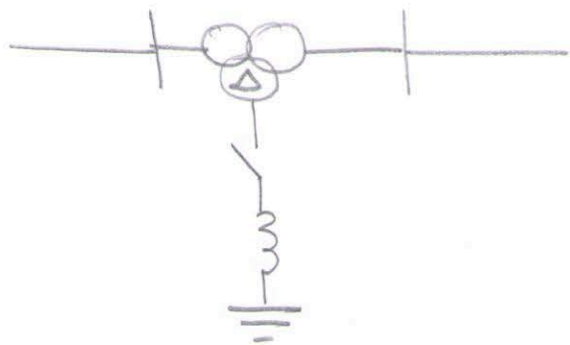
① PASIVNI K. U. -

- ① KONDENZATO RSKE BATERIJE - SVE SE INDUKTIOS PA PORTO IMATI KAPACITILLO
- ② PRIGUŠNICO - TRČI VIŠE JASNILO
- ③ SERIJSKA KOMPENZACIJA -
SVE PASIVNE IMAJU MW (BANG BANG EFEKT), UKLJUČI / ISKLUČI
POŠTO IMAJU TOLERANCIU PROMENE MOĆI, ALO PADE, UKLJUČIO KONDENZATORSE I ON KAGLO RASTE, I TO SE VIDI U ČJEFIT SUSKLOU

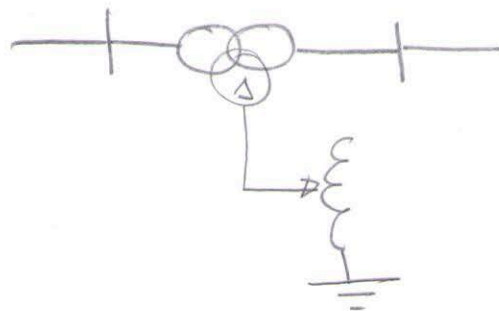
PRIGUŠNICA - UGRADJE SE PREKO PREVIJANJA



TRANSFORMER



• PROMJENA PRIGUŠNICA



KONDENZATORSKE BATERJE - NAJEDNOSTAVNEJŠE - PRILUČENJE

PROBLEM: NDE MO UPS

• 10 - 15 GOD - IZMENA IZVIRNI SERVIS

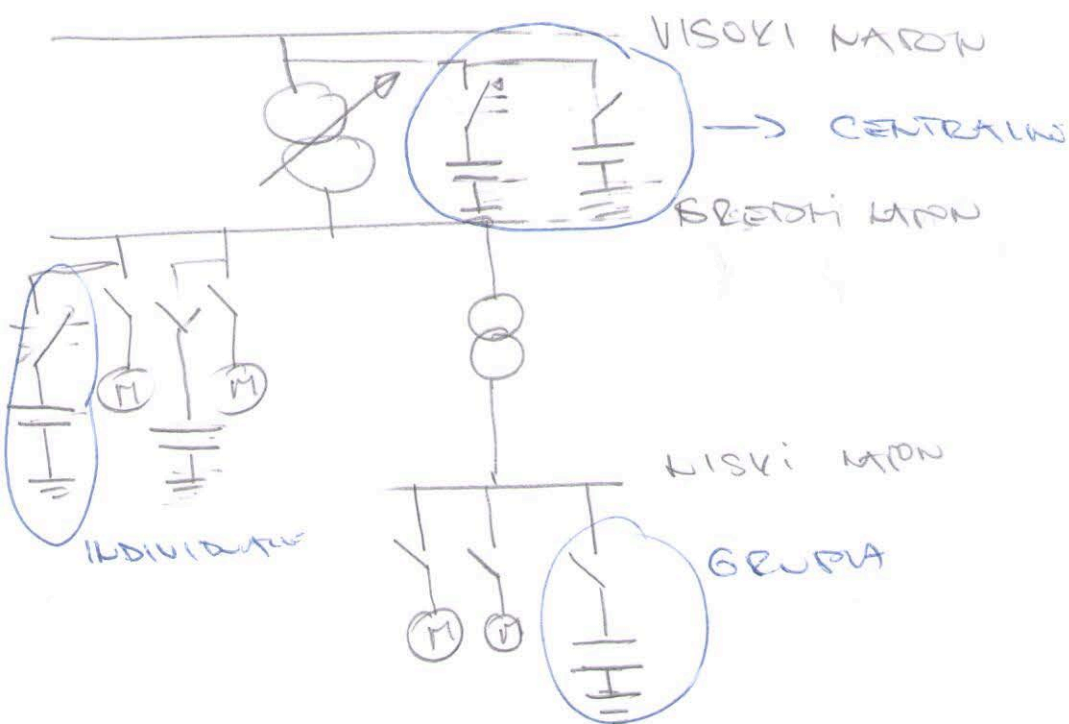
• NE SMO MO KOMPENZIRATI JAKOSTI, MEDO ISPRAVNO
 $\cos \varphi \rightarrow \cos \varphi \rightarrow 1$

• NE KOMPENZIRATI DA DOBRO M $\cos \varphi = 1$, DVO MIK
DOBRO ZBOG REZONANCE \rightarrow IZBEGAVA SE

• DRŽI SE NA 0.98

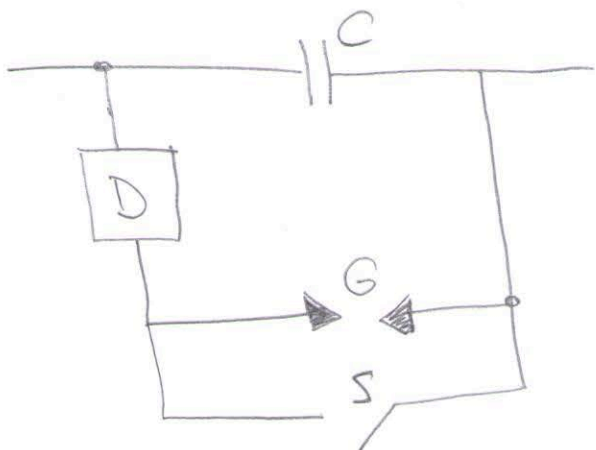
• OVISNO ŠTO ŽELIO KOMPENZIRATI TAD UREDAJ VACUJEMO
U SUSTAV

(M) \rightarrow POGON - NADVEĆI POTROŠAČI



SERIJSKA KOMPENZACIJA - EES (VISOKI NAPON)

KONDENZATOR SPOJEN U SERIJU



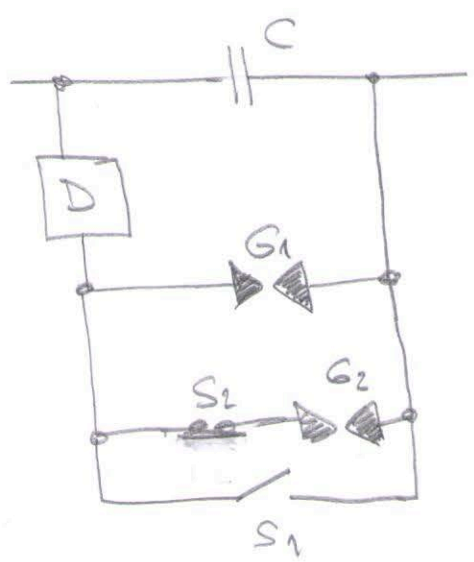
NOBETAKO STARI - U_C JE JAKO MALI

• ALTERNATIVA (V.S., PROSTO MNOGA)
 ↳ JEDNA OD STARIJA TOČKA C-a JE NA RAZLIČNI NAPON SUSTAVA

D - PRIGUŠNI SKLOPI

G - ISKRIČAR - MOŽE DOĆATI PROBOJ UKLJUČI SE S
 DA BI SE SAČUVAO C

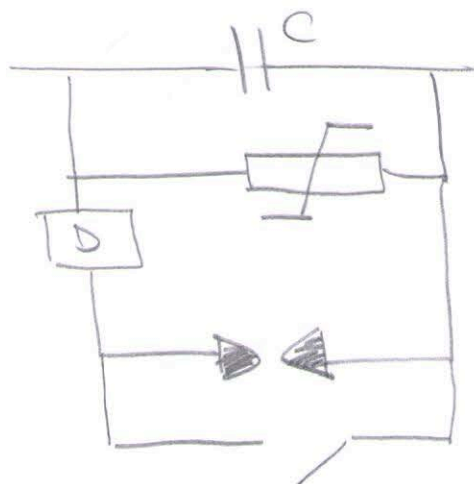
DRUGA IZVEDBA:



G_1 - PROBIVA SMO AKO SU
 BLISKI V.S.

IZVEDBA SA VARISTOROM (LIN. OTROENIK) PROTIVNI OTROENIK

↳ LIMIT NAPONA NA C-u



TRAČNI VODOVI -

PRIV. SMOT. \rightarrow JAKOST - PROIZVODITE JAKOST

- II - $<$ - II - \rightarrow POTROŠAČI ELEKTR.

VODOVI SMATRAJU KAO INDUKTIVNU (KAPACITIVNU) I BEMU U SVOM TROŠILU

AKTIVNE KOMPONENTE:

1. SINKRONI KOMPENZATOR - SINKRON STROJ STROJ U JEDNOM SUSTAVU KAO MOTOR
- OVISI O UZBUĐENJU MAJMO / PRIMO JAKOSTI U MREŽU

MAJMO - POSEBNA KAPACITIVNA, VELIKI STROJ, VEĆINSKI ODRŽAVANJE I POULJASNOST SU SVRHE

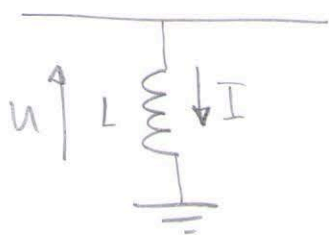
VIŠE SE NE KORISTI.

VEĆINA KOMPENZIRANJE BATERIJAMA : 2

2. STATIČKI KOMPENZACIJSKI UREĐAJI - TIRISTORI, C, L

\rightarrow NEKAKO ROTIRANU KOMPONENTU

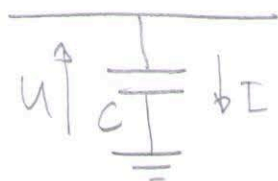
- KOMPENZIRANJE, POBOLJŠANJE THD ...



$$P_L + jQ_L = j \frac{U^2}{\omega L}$$

$$P_L = 0$$

$$Q_L = \frac{U^2}{\omega L}$$



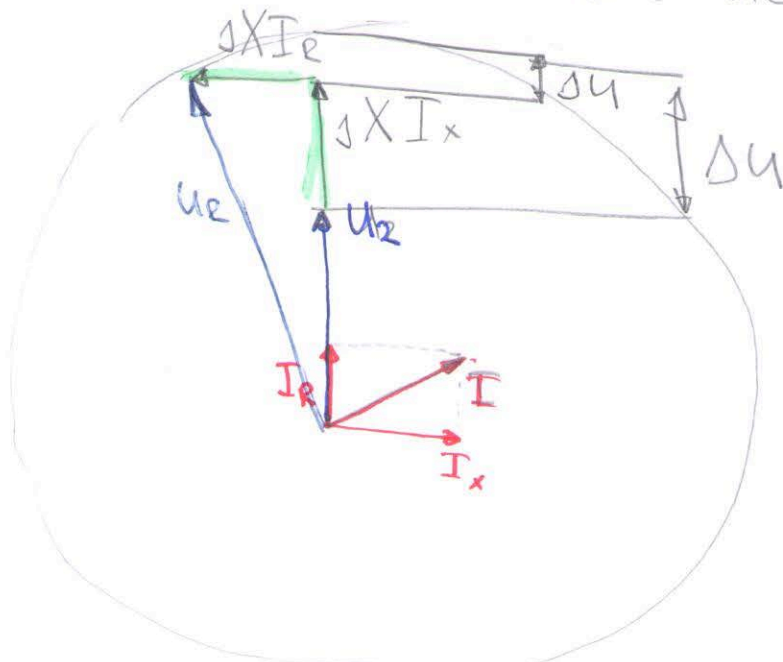
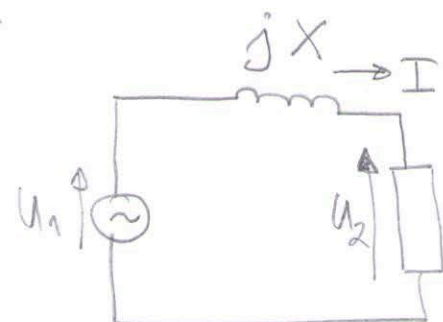
$$P_C + jQ_C = j \omega C U^2$$

$$P_C = 0$$

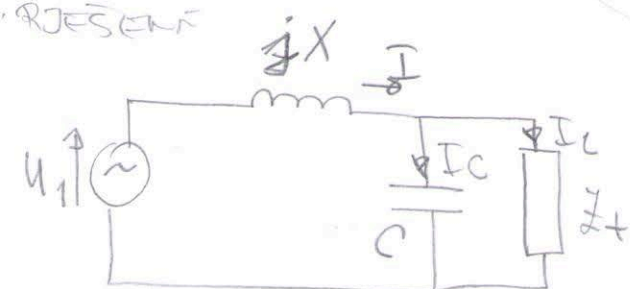
$$Q_C = \omega C U^2$$

- BAKLA SMAGLA NE POSIJOI
JEER SU IDEALNI

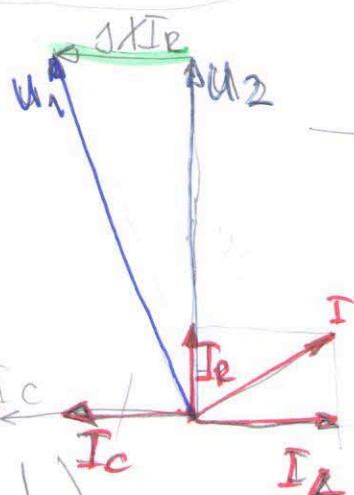
AKO JE $Q > 0$ ONDA DE TERET INDUKTIVNOG KARAKTERA,
 A ZA $Q < 0$ ONDA DE TERET KAPACITIVNOG KARAKTERA,
 TO VEDEŠI KAKO RAZLOŽITI TE KOMPONENTE KAO TRIKILNO



RIJEŠENJE



I_L PRETHODI I_C



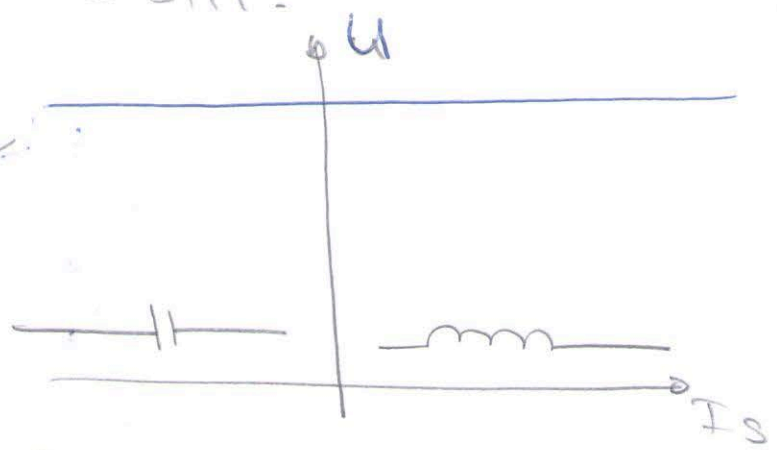
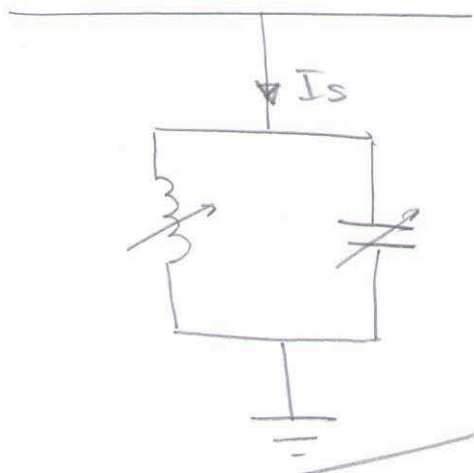
BITNO!!!

ONDA DE PREKOMPENZACIJA ($I_C > I_L$)
 KOMPENZIRANO VIŠE KO ŠTO TRAJAMO

~~TOPOLOGIJA STACIONARNA KONTAKTA~~

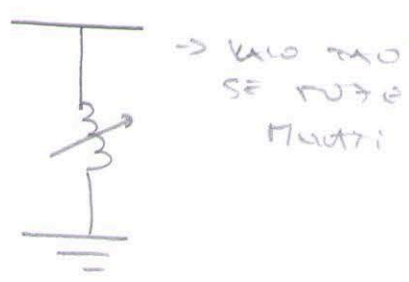
• ŽELIMO IMATI L I C DA IMAMO
MOŽEMO MODIFIKACIJU IZKORISTITI

• ZA IDEALNI SLUČAJ ŽELIMO
DOBITI:

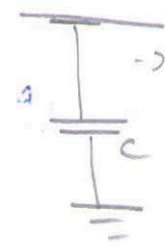


VOLEŠTINIM NAPONOM
ZA REZONANCIJU DOKO

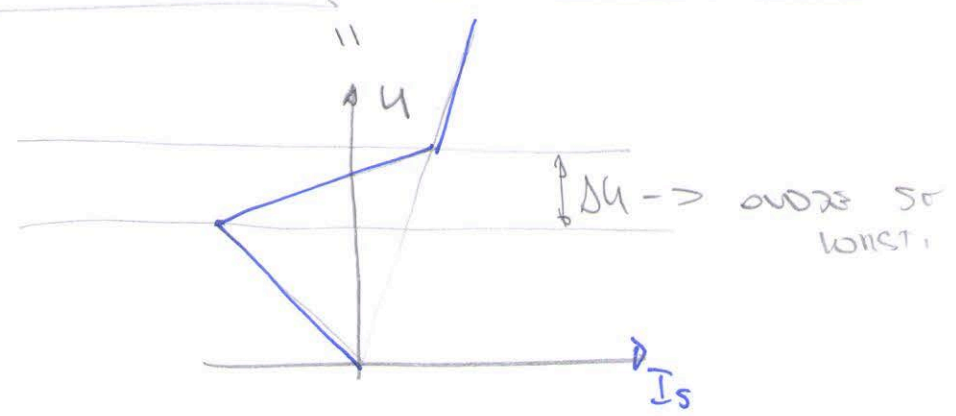
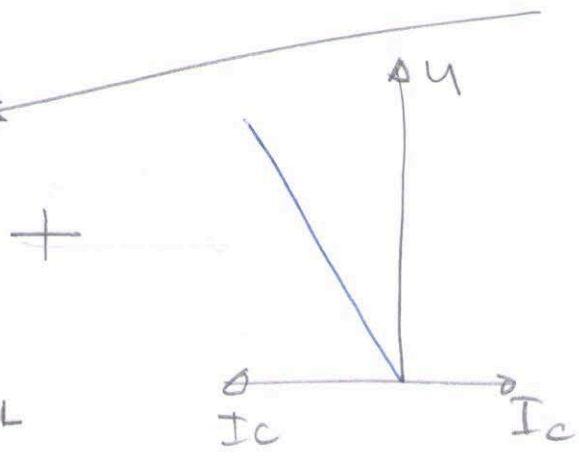
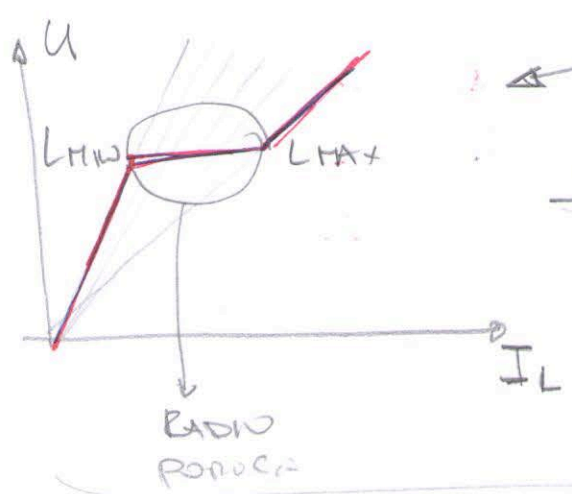
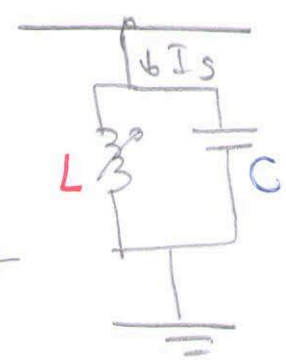
ALI U REALNOM SVIJETU TO NIJE TAKO:



→ KAO MO
SE PONAŠATI

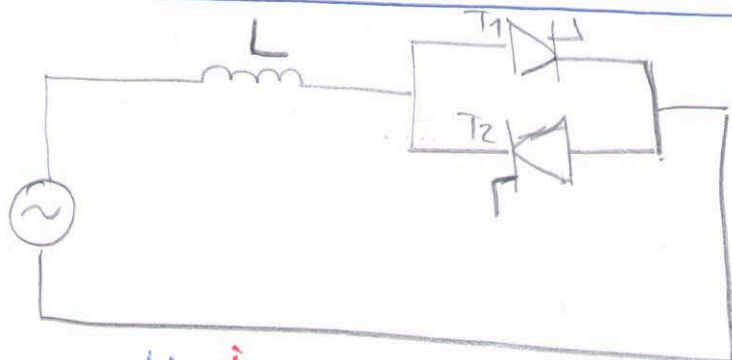


→ NE MOŽE
SE MODIFIKACIJU

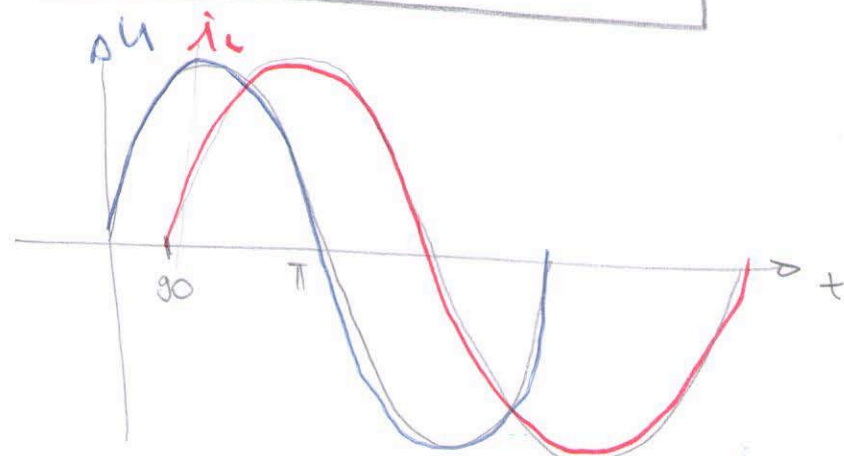


TIRISTORSKI UPRAVLJIVE PRIGUŠNICE I KONDENZATORI

TIRISTORSKI UPRAVLJIVA PRIGUŠNICA



- KAKO MORAJO BITI IZMEĐU NAPONA I STRUJE UPRAVLJIVO S TEMPERATURNIM SUSTAVOM



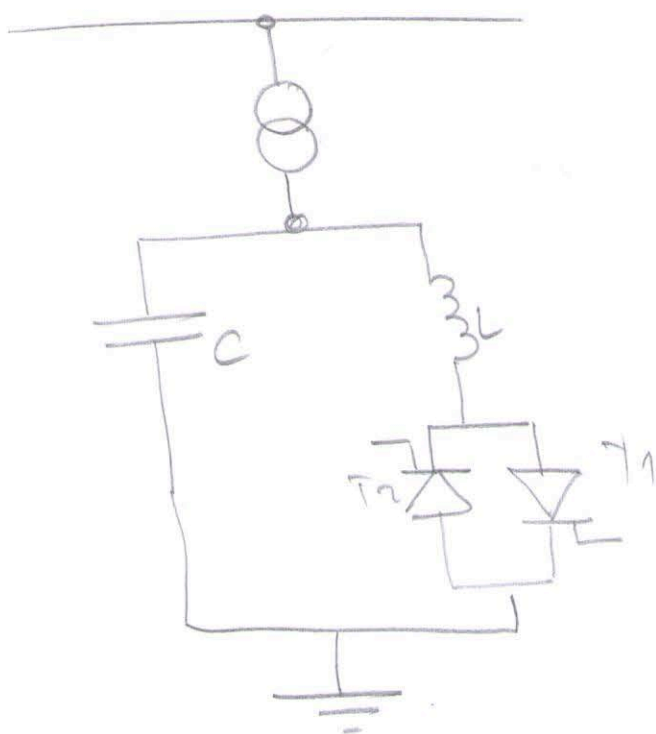
UPRAVLJIVO OD 90°
NA VIŠE

$$90^\circ \rightarrow 180^\circ$$

$90 \rightarrow \text{MAX}$

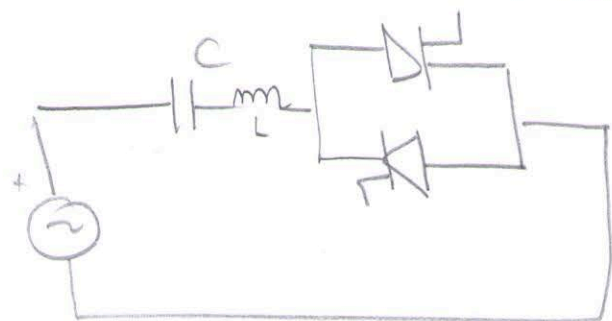
$180 - 0 \rightarrow \text{MIN}$

- KAKO SE UGRADUJE



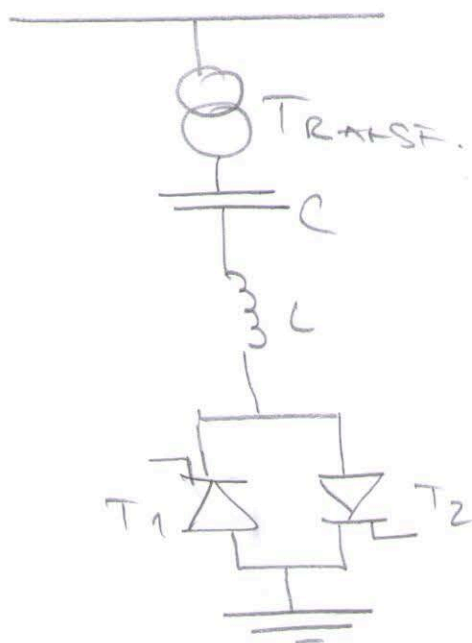
- LOGIKA UPRAVLJIVA SE KONTROLISATI I OVISI O C-u.

TIRISTORSKI UPRAVLJIVI KONDAKTOR



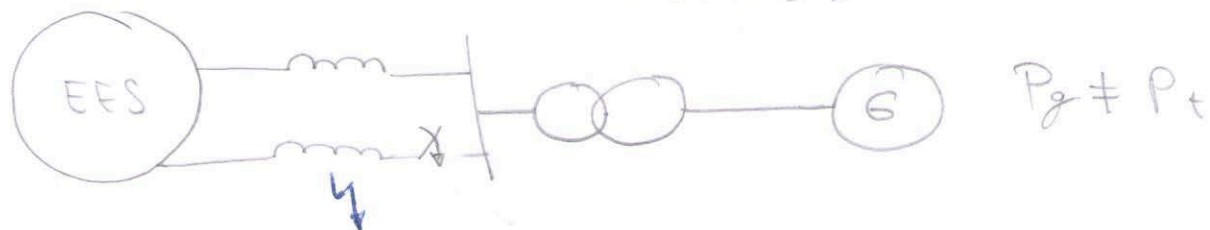
DOV SE C NE UABIJE
 POKAJE SE L DA
 LE DOBO DO VELLE SW
 ↑

UPRAVLJIVO TOPOLOGIJA ~~STRAH~~ KONDAKTORI



PROBLEMATIKA SG-a u RADU u EES

STABILAN GENERATOR - DOĐE DO PROMJENA ON NE IZADE IZ
SINKRONIZMA

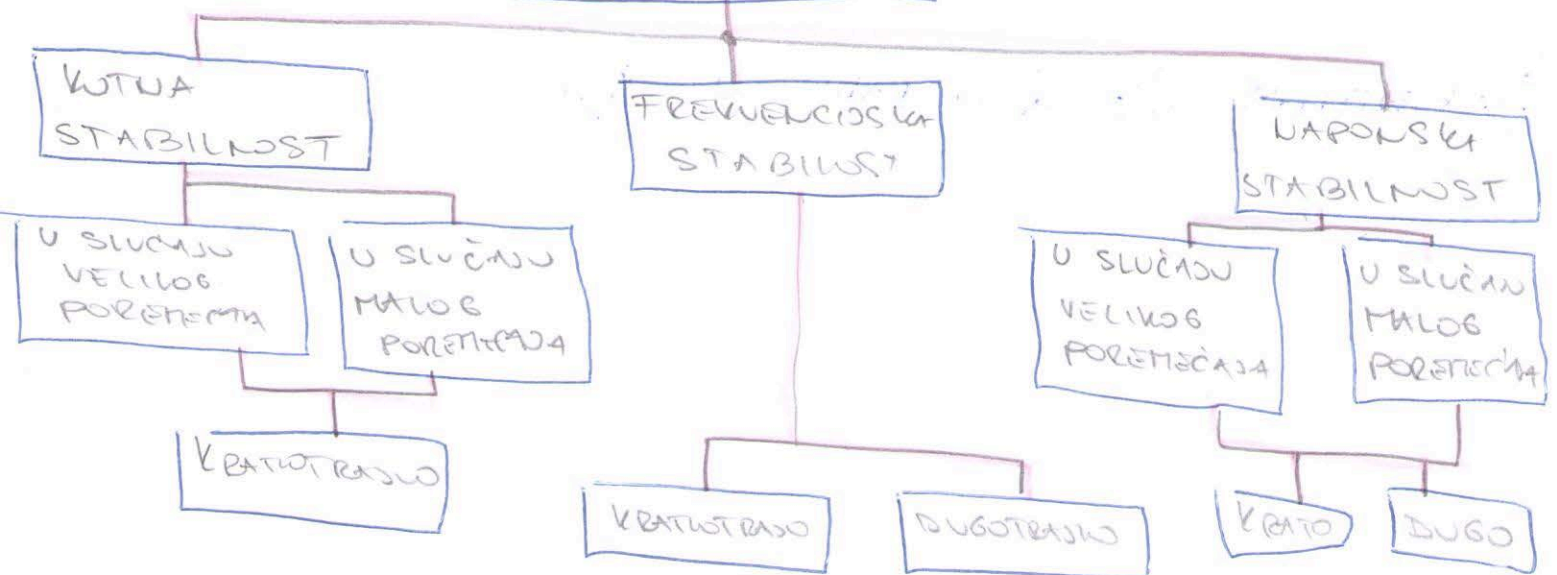


- SVE ŠTO JE OVAD GENERATOR NAPAJAO, DRUGI GEN. MORAO POKRITI TO (U EES)
- ONO ŠTO JE PROIZVEDENO MORA BITI I POTROŠENO
- SAMO 1 GENERATOR MOŽE UZROKOVAT ISPAD EES MREŽE

STABILNOST EES-a :

- NAPONSKA STABILNOST
- FREKVENCIJSKA - II -
- KOTNA - II -
- OVISNO O ONOME ŠTO PROSTIMO BLAGOVREMENO O TOM TILU STABILNOST!
- MI SE BAVIMO S KOTNOM STABILNOSTI

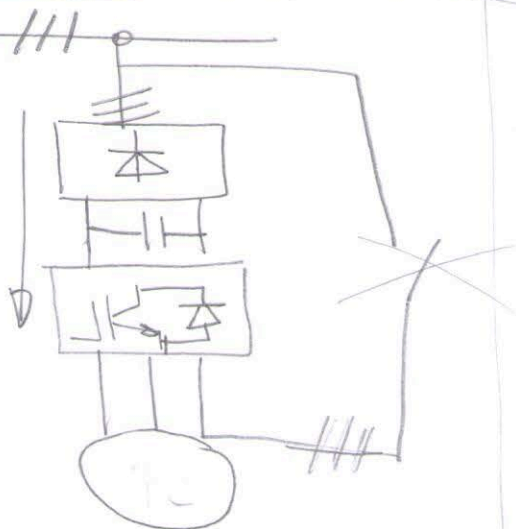
STABILNOST EES



NAPONSKA STABILNOST OVISI O JAČINI, ALO JE PAK JAČINA NAPONA POŠE PADATI, ON NEŠE PAST PA DIREKTO UZBUDU PA POVEĆANO NAPON, ALO SVIMTO PODRŽATI JAČINU SE DOLJE KAO I NAPON, ONDA SMANJIMO UZBUDU.

FREKVENCIJA U SUSTAVU MORA BITI KONTAKTNA I NE SMIJE BITI ODSTUPA, GRANICE SU $[49.8 \div 50.2] \pm 12$ KOD AGREGATA SE DOPUŠTA DO 49.2 DO 50.8

UPS -> ZA STABILAN NAPON I FREQ. KOD PC-a



DUGOTRAJNA ANALIZA - KOD DISPEČERA (MORAJU PREDVIJETI PROBLEME)

KOTNA STABILNOST

MOGUCOST SG DA OSTANE U SINVRONIZMU, DA ZADRZI
KROVNEU MEH. TORZHU NA OSOVU, I EL. TORZHU

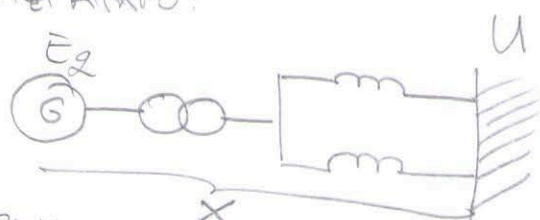
ANALIZA - RAZMATRANJE I STANJE NAPREDA SUSTAVU.
RAZMATRANJE SE EN. KJITAMA

2. $P_g \neq P_t$ - MOZHO PRED UZBUDE GENERATORA DOKAZATI
TU STABILNOST.

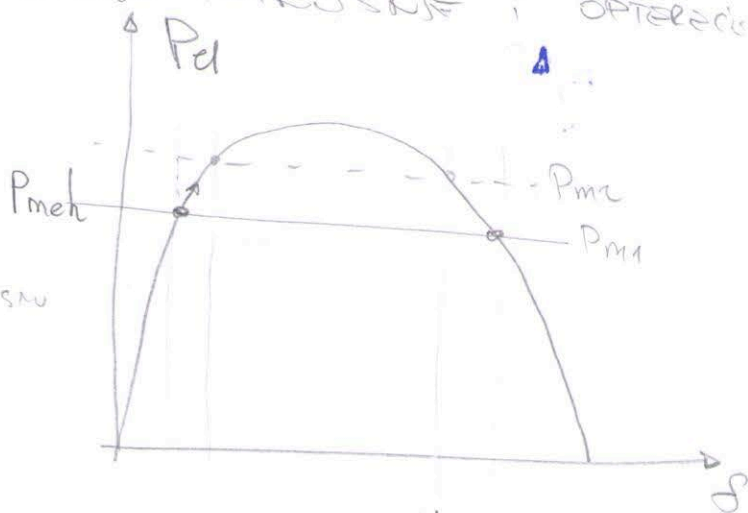
KOT STABILNOSTI ZA NEREGULIRANI SUSTAV

TREBAO BI RAZMATRATI KRIVULJU POTROŠNJE I OPTEREĆENJA

RAZMATRANJE:



RAZMATRANJE: P_g - KONTROLISANO



U_s - NAPON SUSTAVA

E_g - Z. KONTROLIRANA
UZBUDE

δ - KOT OPTEREĆENJA

P_{meh} - 2 TOČKE SPECIF. 1 STABILNOST

U SLUČAJU POVEĆANJA 2 NESTABILNOST

GENERATOR PODU UZBUDE I POD RAST KOT OPTEREĆENJA
S POVEĆANJEM SNAGE ISPADNE IZ SINVRONIZMA (NA DESNOJ STRANI)

DA OSTANE U SINVRONIZMU IMAMO STATIČKI KOEFICIENT

NEREGULIRANI POGON

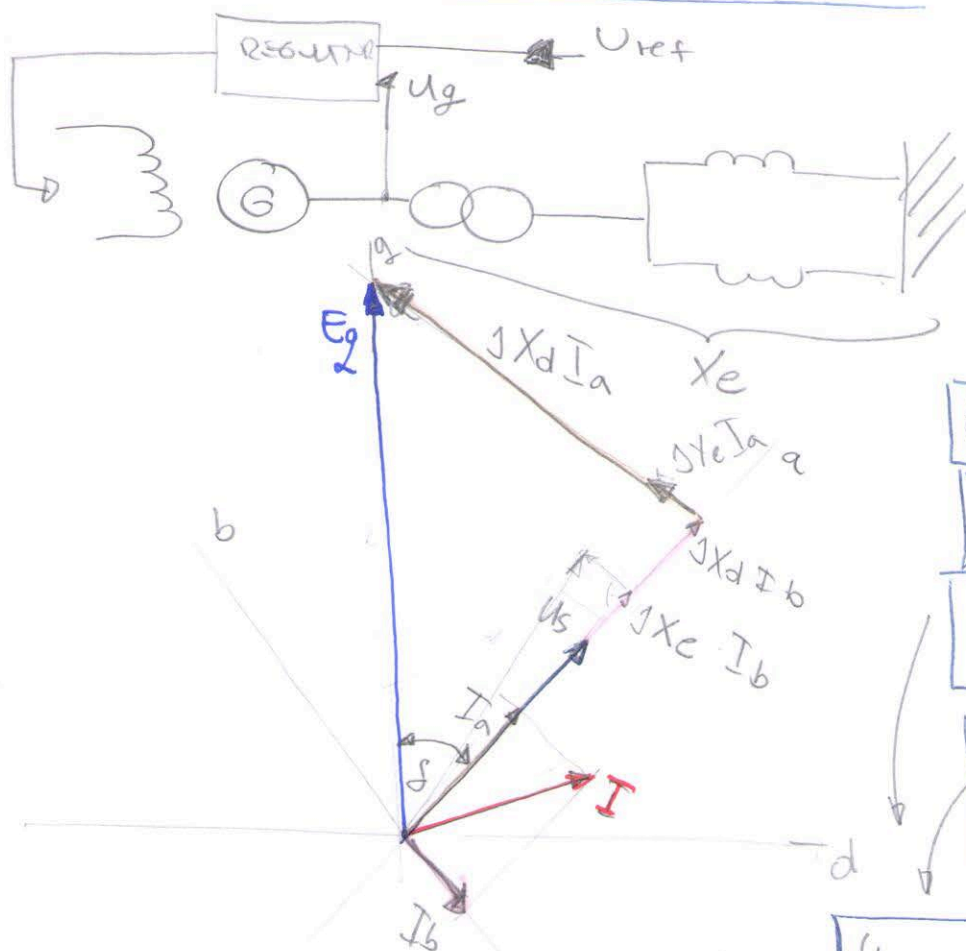
$$K_{Eg} = \frac{dP_E}{d\delta} \bigg|_{\delta = \delta_{stabil}} > 0$$

$$C_e = \frac{P_{kr} - P_m}{P_{kr}}$$

P_{kr} - MAX. RYD. SNAGA ZA
MEREG. SUPNU

U P.H. $C_e = 1$ I A U PUNKT OPTIMIZACIJE 1,

GENERATOR S REGULIRANOM UZBUJANOM



$$X_d = X_e$$

$$E_{ga} = E_g \cos \delta$$

$$E_{gb} = E_g \sin \delta$$

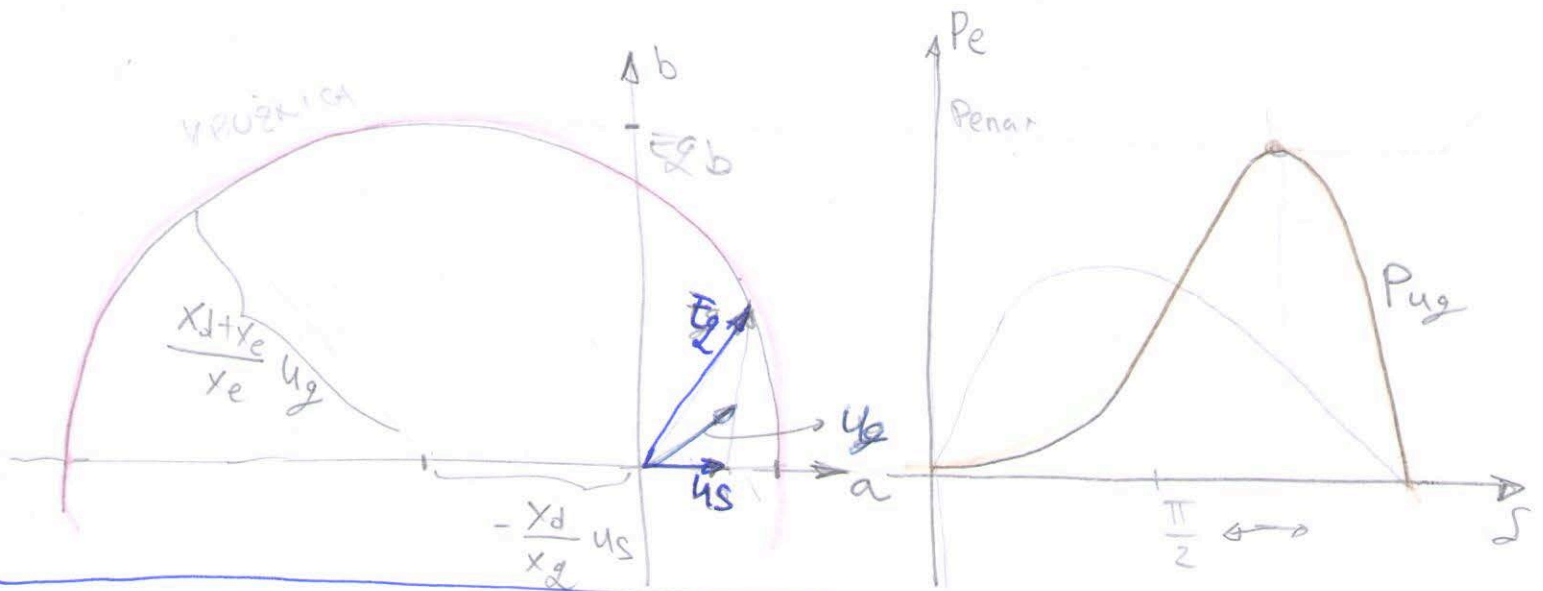
$$I_a = \frac{E_{gb}}{X_d + X_e}$$

$$I_b = \frac{E_{ga} - U_s}{X_d + X_e}$$

$$(U_s + I_b X_e)^2 + (I_a X_e)^2 = U^2$$

$$\left(E_{ga} + \frac{X_d}{X_e} U_s \right)^2 + E_{gb}^2 = \left(\frac{X_d + X_e}{X_e} U_g \right)^2$$

ZA ODREĐENOG POKRETNOSTI r - VEZICU



$$E_g^2 + 2 \frac{X_d}{X_e} E_g U_s \cos \delta + \left(\frac{X_d}{X_e} U_s \right)^2 = \left(\frac{X_d + X_e}{X_e} U_g \right)^2$$

$$E_g = \sqrt{\left(\frac{X_d + X_e}{X_e} U_g \right)^2 - \left(\frac{X_d}{X_e} U_s \sin \delta \right)^2} - \frac{X_d}{X_e} U_s \cos \delta$$

$$P_e = \frac{E_g \cdot U_s}{X_d + X_e} \sin \delta = \frac{U_s}{X_d + X_e} \sin \delta \left[\left(\frac{X_d + X_e}{X_e} U_g \right)^2 + \left(\frac{X_d}{X_e} U_s \sin \delta \right)^2 \right] - \frac{1}{2}$$

$$P_{e \max} = \frac{U_s}{X_d + X_e} E_{gb} \rightarrow \text{MAX SIN}$$

$$E_{gb \max} = \frac{X_d + X_e}{X_e} \quad \text{--- RADIUS KREZNICE}$$

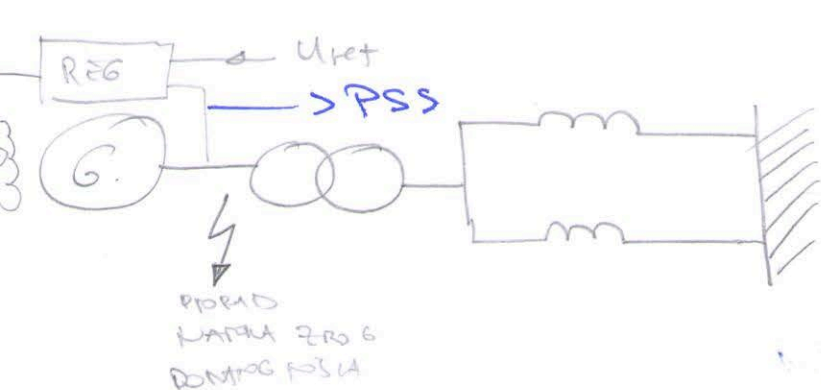
$$\delta_{\max} = \arctg \left(\frac{-X_d + X_e}{X_e} \frac{U_g}{U_s} \right)$$

$$P_{\max} = \frac{U_g U_s}{X_e}$$

VIŠE MOŽEMO IĆ S WIERI
ODPOROM S REGULIRANIM REGION

ŠTO VO REKAMENI
IZLOŽU STAVKA
GELANJE I TOČKA
U PRAZI

U_g JE KONSTANTNA



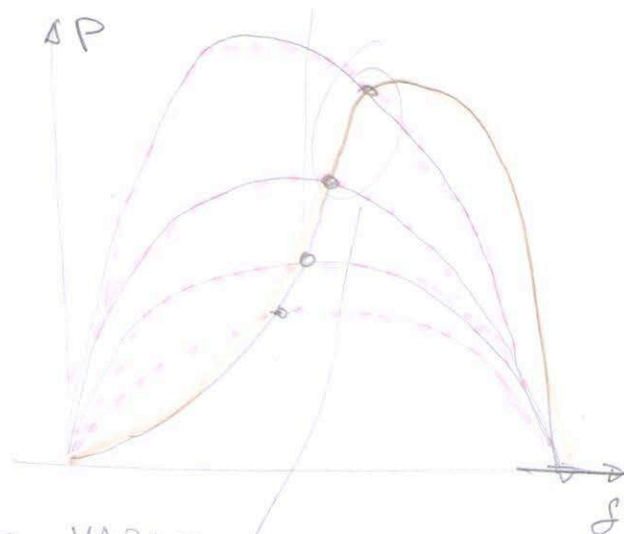
REGULATOR PODIŽE NAPON,

SUFOMO VEIJEI ZA DOKO
BEZ REGULATOR

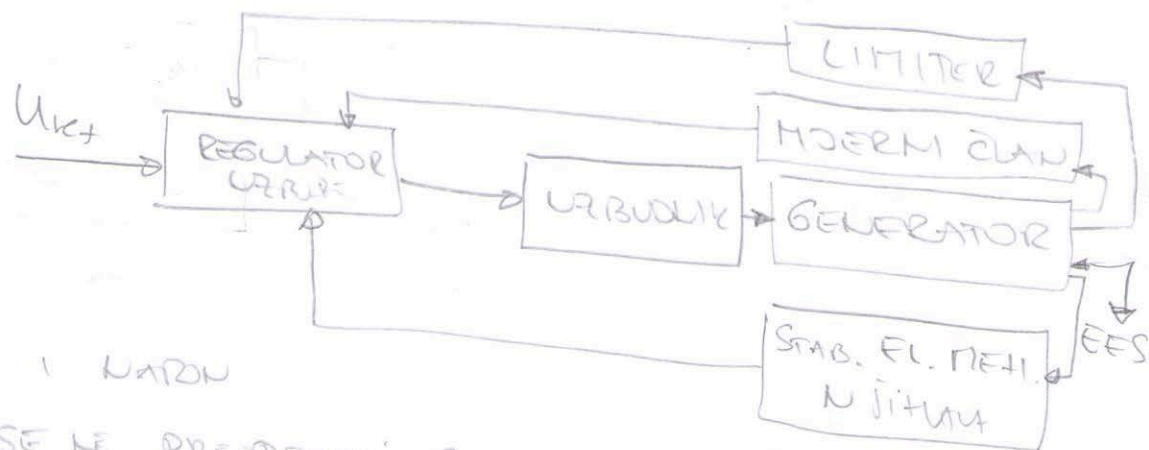
PRIGUŠI KATOT - OSCILACIJE U SUPRANADICION DAV
SE PRIGUŠU

REGULATORI SU SPORI DA PRIGUŠI NAPON
LEBI SE "SUBORDU", REGULATOR DE P TIRA I
SPOR.

PSS - STAVI SE PRIE REGULATORA ZA STATICE
EFIMA PRIGUŠNOG NAPONA



UZBUJNI SUSTAVI → IZDOSTAVLJENI NAPON



MORAMO STROJU I NAPON

LIMITER - DA SE NE PREOPTEREŽI GEN

STABILIZATOR ELEKTO MEHANIČKI NIZIHTA

UZBUJNIK

UZBUJNI NAPON PRI NOMINALNOM OPTEREĆENJU

- NAPON UZBUJE (TAKO DA SE DOBIJE NOMINALNA STRUJA,
- MORAMO GA PLOČI U NAZIVNOJ R.T.

UZB. NAP. PRAZNE HODA - NAPON UZBUJE DA SE DOBIJE NAZIVNI NAPON NA STEŽALICAMA GENERATORA

STROPHI NAPON - IZDOSTAVLJENI NAPON UZBUJE (ISATROG GENERATORA) MAX.

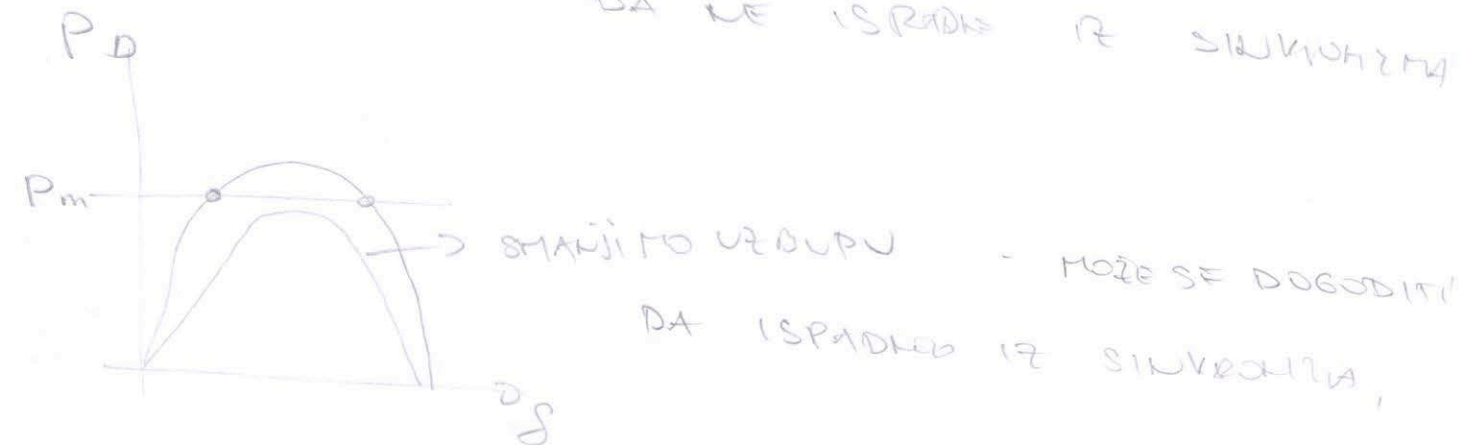
• U SLUČAJU VELIKI PORETEČNA IMAU FORSIRANJE UZBUJE PA NAPON DO OVOG NAPON BIRU

STROPHI NAPON - NOMINALNI - NOMINALNO OPTEREĆENJE
 - S. N. . . U P. H.
 - I PRI OPTEREĆENJU } MAX STRUJA

STROPHI UZ. STRUJA - MAX. VR. UZD. STRUJE POD OPTEREĆENJEM

MIN LIMIT STRES - GRANICE STABILNOSTI (POGLED)

- MAKA STIŽA I DELO U KARACINU
- DA NE ISPADNE IZ SINUSOIDALNA



FAKTOR NADUZBUJENJA (FAKTOR FORSIRANOSTI) (k_f)

$$k_f = \frac{U_{fmax}}{U_{fn}} \quad [1,6 \div 2] \text{ cca}$$

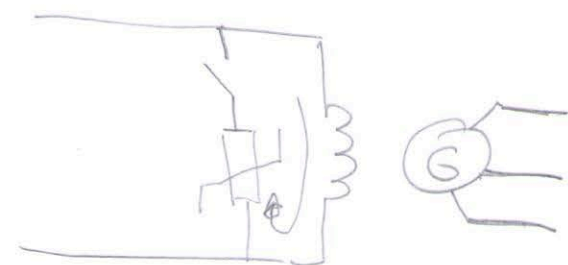


DOGOĐI SE PORAST
GDE JE U_f IZ OVAJ
STANJE IŠTO BEŽE
DOČI DO NEKE
VEŠTOČINE

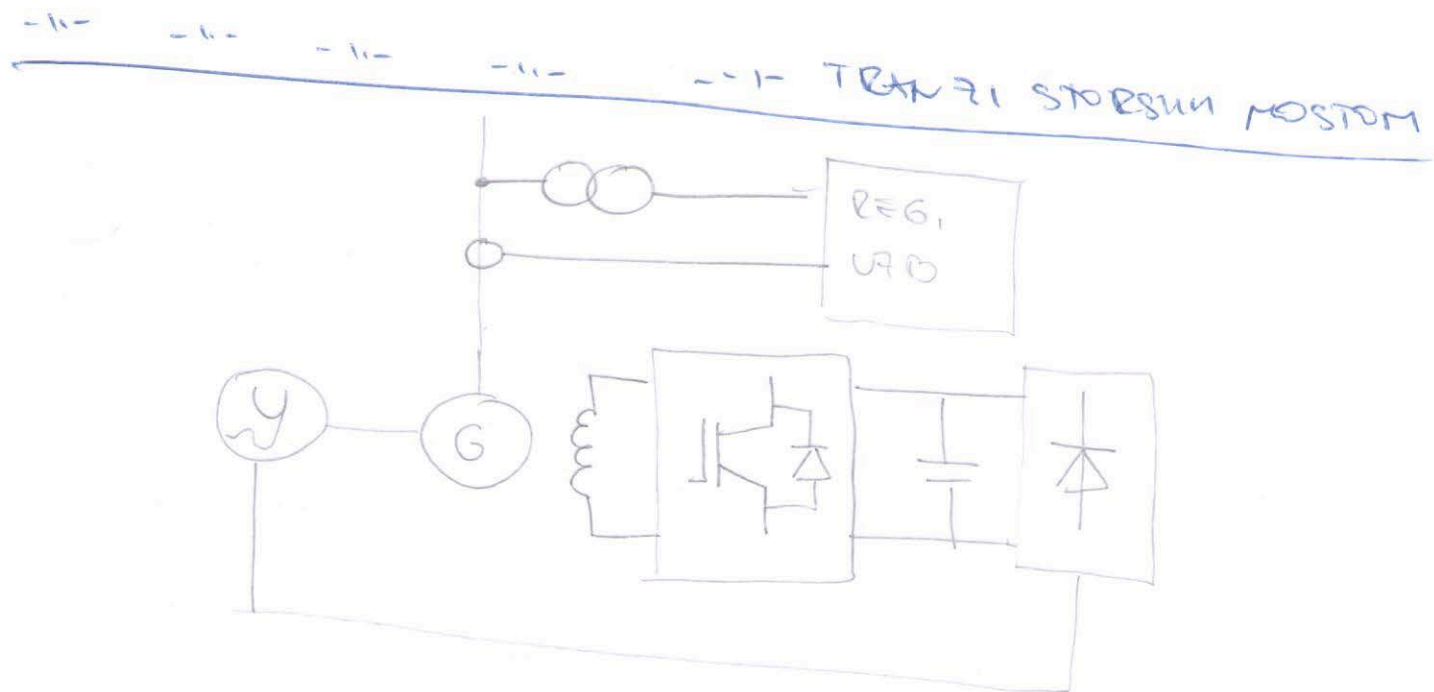
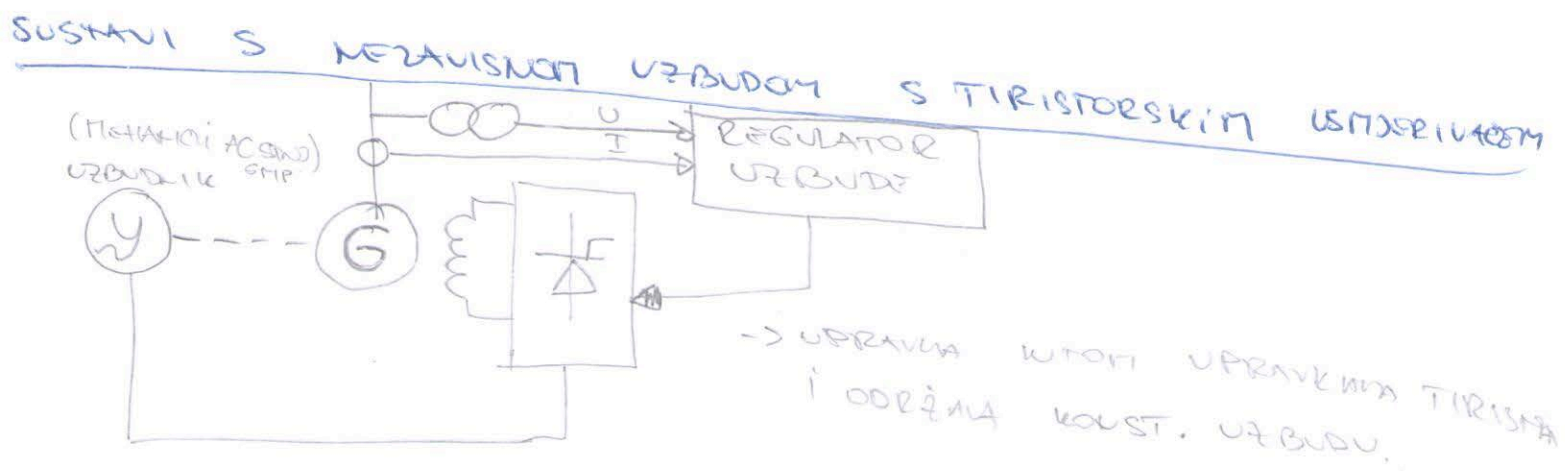
FORSIRANO BEŽE
UZBUJENJA GEN.

MOŽE SE I KOI RAZUZBUJENJE

RAZUZBUJENJE

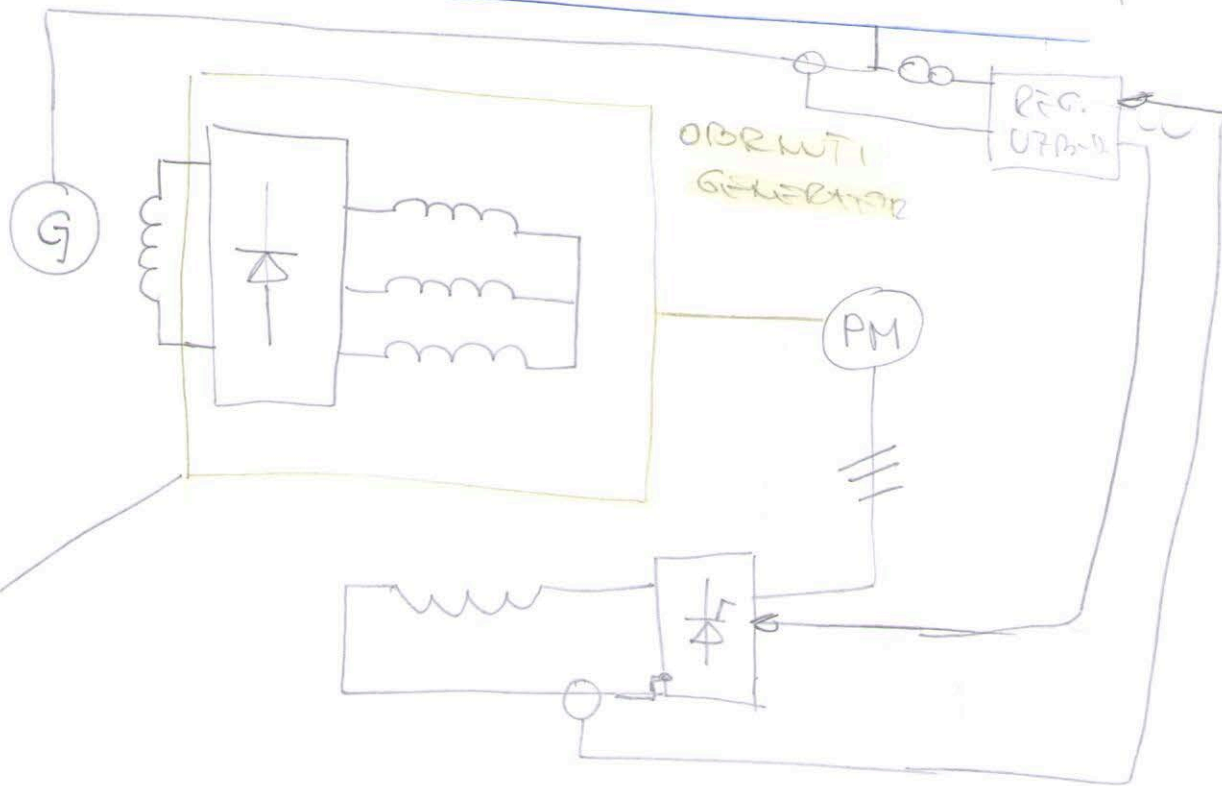


- Podjela uzbuđenja prema izvedbi:
- Rotirajuće
 - Statičke
- S obzirom na izvor uzbuđenog namota
- Sustavi s nezavisnom uzbuđenom
 - -"- statičko uzbuđenje
 - -"- s stranom uzbuđenom



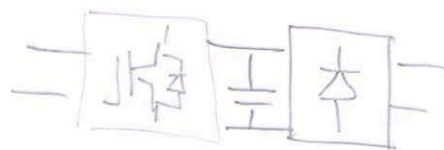
Ovo su bili statički

SUSTAV KOLAJSKE BESKONTAKTNE UZBUDE S ROTIRajućIM DIODAM S TRANZISTORSKIM / TIRISTORSKIM USMERNIČEM

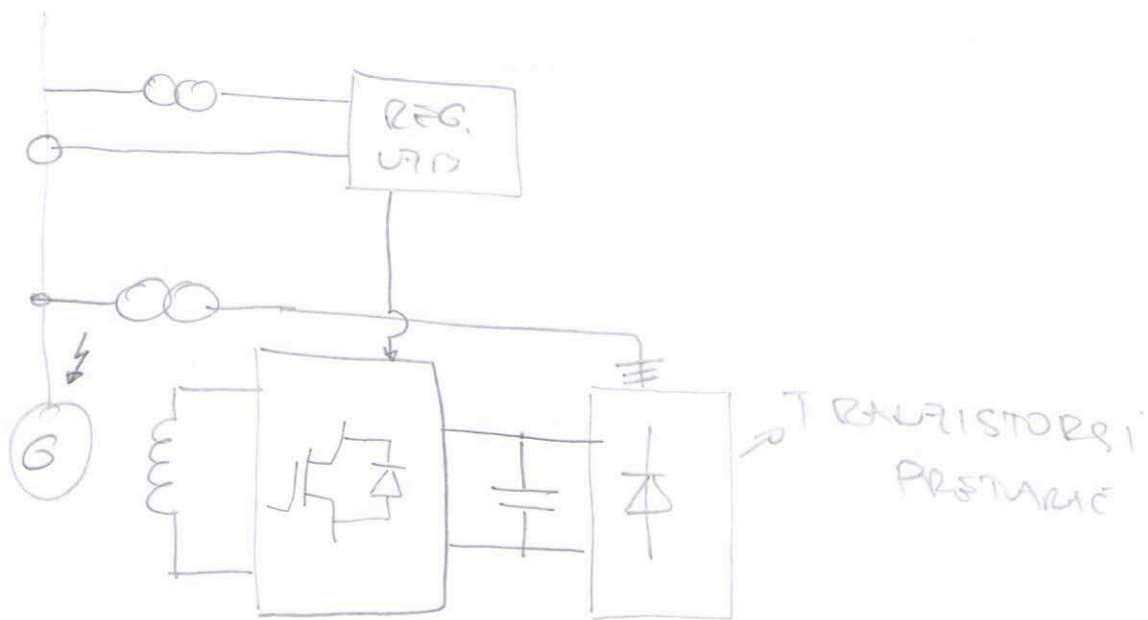
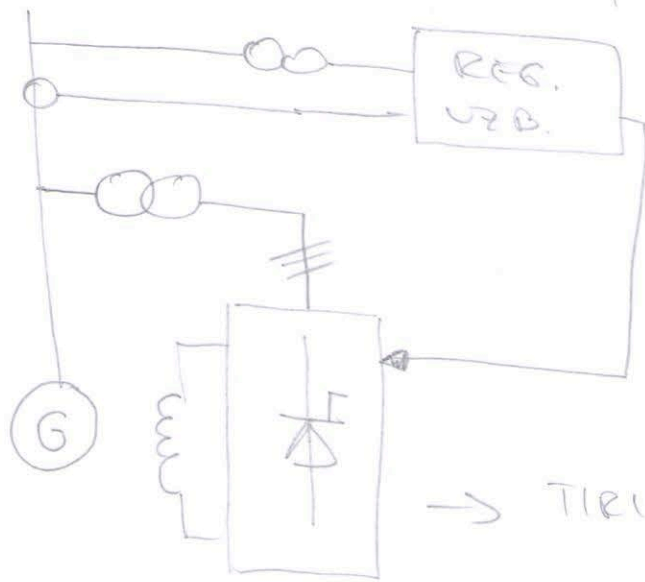


NA STATORU SE ULAZI UZBUDA A ARIJANNA NA ROMU
BEZ KONTAKTOVA (KONTAKTNA)

- TEŠKO OSMATRA BRZA RAZUDBA
- NE MOŽE SE SVIJA UZMPE
- MOŽE BITI I TRANZISTORSKI



SUSTAV SPOUZBUDE - S TIRISTORSKIM PREMAČEM ILI
 TRANZISTORSKIM USTAVNOM
 - ROZDAVAČI SUSTAV (VEČINOM U FIZIKALNOJ)



VELIKA MAMA I KRATKI SPOJ, NAPOL O, KAMA
 NAPAJANJE, OSTALO MOŽE UZBUDE TOKOM RADA

KRITERIJ JEDNAKIH POVRŠINA

METODA KOJA JE GRATIČNA, DALI ĆE GEN. OSIAT U STABILNOM RADU UGONU POBUDNOSTA, BEZ DIF. JED.

NE UGITA SE PUNI RED GENERATORA (MANA)

MOŽE SE KORISTITI KAO IZMEĐU 2 GENERATORA (KUPITANJE)

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_m - M_e \rightarrow \text{TORZNI}$$

→ VEŠTAČE

$$H = \frac{1}{2} \frac{J \omega_{0\text{mek}}^2}{S_n}$$

$$J = 2H \frac{S_n}{\omega_{0\text{mek}}^2}$$

$$2H \frac{S_n}{\omega_{0\text{mek}}^2} \frac{d\omega_{\text{mek}}}{dt} = M_m - M_e$$

$$T_m = 2H$$

$$(2H) \frac{d\omega}{dt} = M_m - M_e \text{ [p.u.]}$$

→ VELIKI M PREDSTAVLJA U P.U.

$$\frac{1}{\frac{S_n}{\omega_{0\text{mek}}}} \rightarrow \text{BAZNI TORZNI}$$

$$M_{\text{BAZ}} = \frac{S_n}{\omega_{0\text{mek}}}$$

$$\omega_s \frac{\omega_{\text{mek}}}{\omega_{\text{mek}}} = \frac{\omega}{\omega_0} \text{ [p.u.]}$$

PRETPOSTAVKA: BRZINA SE NE MORA PUNO UGO SE USPOREDI S SINUSNOM BRZINOM PRILIKOM OPTIMIZACIJE

$$\omega \approx \omega_s = 1 \text{ [p.u.]} \Rightarrow$$

$$T_m = \frac{d\omega}{dt} = P_m - P_e$$

PRETPOSTAVKA VRIJEDI ISKLJUČIVO ZA SNAGU

DIF. JEDNAČBA ZA WT OPTEREĆENJA

$$\boxed{\frac{d\delta}{dt} = \omega_s(\omega - 1)}$$

$$\Downarrow$$

$$\omega = \frac{1}{\omega_s} \frac{d\delta}{dt} + 1 \Rightarrow \underbrace{\frac{T_m}{\omega_s}}_M \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = \underbrace{P_m - P_e}_{P_a}$$

$$\boxed{\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{P_a}{M}}$$

$$2 \frac{d^2\delta}{dt^2} \cdot \frac{d\delta}{dt} = \frac{2P_a}{M} \frac{d\delta}{dt}$$

$$\frac{d}{dt} \left[\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right] = \frac{2P_a}{M} \frac{d\delta}{dt}$$

$$d \left[\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right] = \frac{2P_a}{M} d\delta \quad \int$$

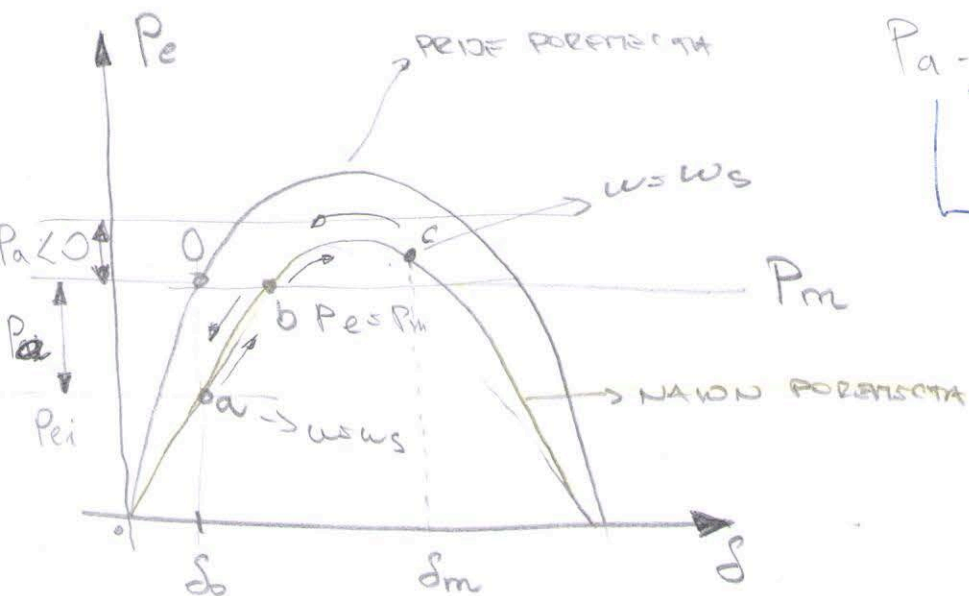
$$\left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 = \int_{\delta_0}^{\delta} \frac{2P_a}{M} d\delta \Rightarrow \boxed{\frac{d\delta}{dt} = \sqrt{\frac{2}{M} \int_{\delta_0}^{\delta} P_a d\delta}}$$

Može reći:

$$\boxed{\frac{d\delta}{dt} = 0}$$

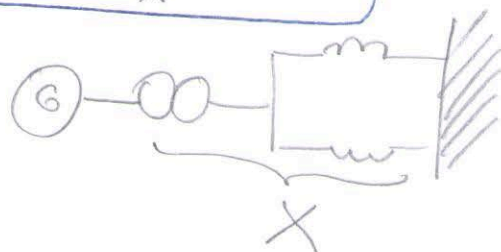
\Rightarrow u protivnom g. ispod iz sinkronizma

$$[p.u.] = \left[\frac{\text{trajanje}}{\text{rad}} \right]$$



P_a - SLAGA AKTIVNE MOĆI

$$P_e = \frac{U_g U_s}{X} \sin \delta$$



GEN. RADIO S TOČKI O. DOBIO SE PORAST (PAK NARU NA GEN. ILI POVELAN SE IMPEDANCA (ISTAO ω))

PREMI OD O U TOČKU a

GENERATOR POČE UBRZATI I GIBAT SE PO KRIVU. TUNO? U TOČKI b IMAO DA ZBOG UBRZANJA GEN. N. LE VRTI S SINKRONOM BRZINOM

U GORNJI DELO KRIVU IMAO USPOKOJE DO TOČKE C ($\omega = \omega_s$)

ALI I DAE IMAO USPOKOJE POČEWO SE GIBATI PUNO b

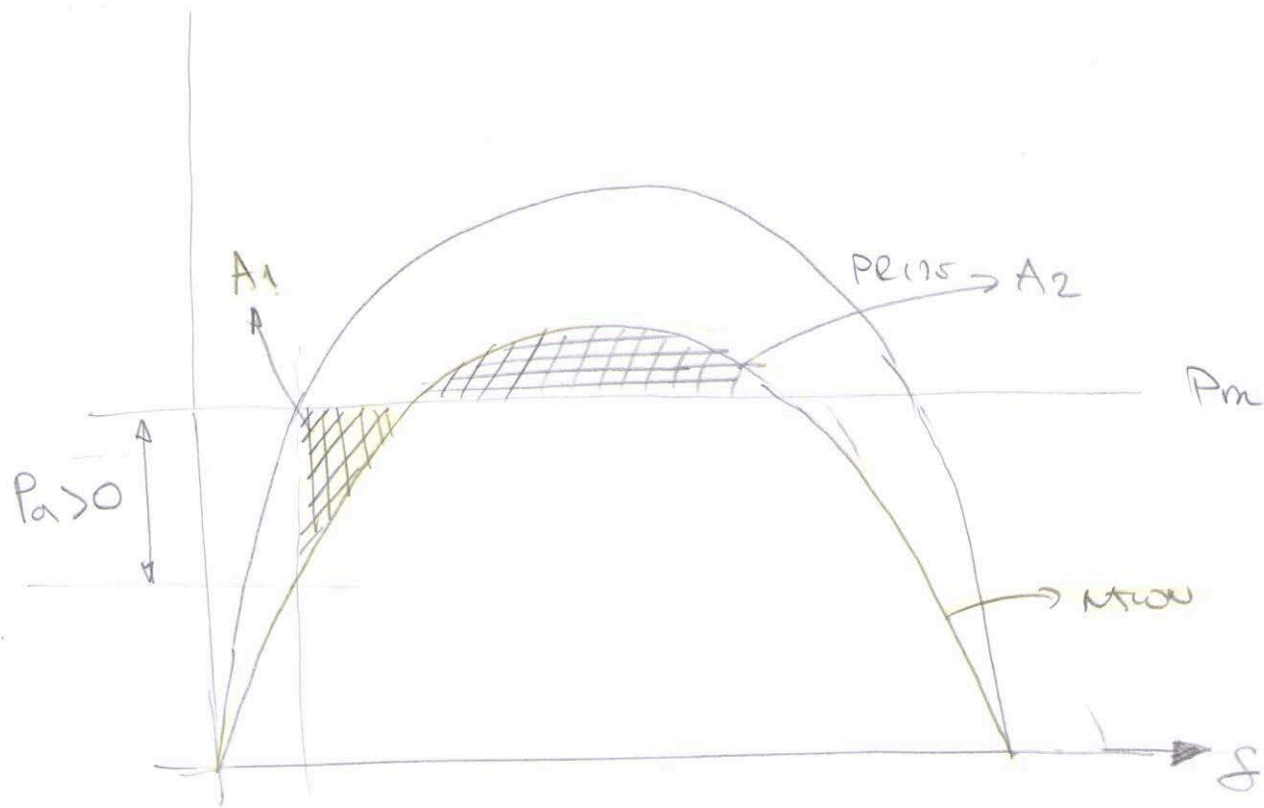
STO IMA SINKRON BRZIN I IDE PUNO a.

ALI STO NIS UBRZATI I STAO U TOČKI - a DIJE ($\omega > \omega_s$)

I OPOD NARU PUNO C

IMAO KIHUO SLAGA TE IMAO SE ISTIITA

ZASTUJI SE U TOČKI b DIJE $P_e = P_m$
 $\omega = \omega_s$



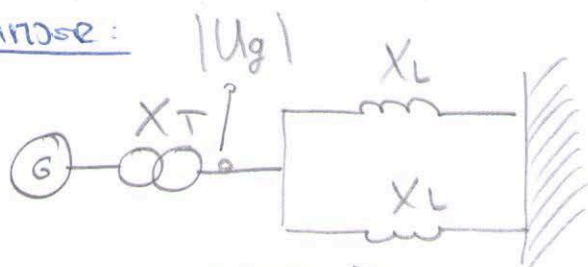
$P_a > 0$ - POCO VBRATA PRIDAT MO SE KINETICKA ENERGIJA, POUKITA A_1 - POUKITA VBRATA

A_2 - $P_a < 0$ - POUKITA VSPOROTA

$A_2 \geq A_1$ \rightarrow GENERATOR MOU POROKOTA JSTU U STANOU MOW

$A_1 > A_2$ - PREUSE AKMULIRANE ENERGIJE I GEN ISPATU IZ VBRATA

Primer:



$$X_d' = 0.2 \rightarrow \text{STANOVITELNA}$$

$$U = 1.0 \text{ p.u.}$$

$$|U_g| = 1.0 \text{ p.u.}$$

$$\Rightarrow P_e = 1.0 \text{ p.u.}$$

SUPTRAN ŽELJEZNE PROJEKCIJE I STACIONARNA STANJA SE NE ANALIZIRU, SA MO POK H.M.

ZAKLJUČAK SE ODRABE U SUSHTU

TRONA ODRABITI $P/S : 0$

a) PRIJE POROVKA

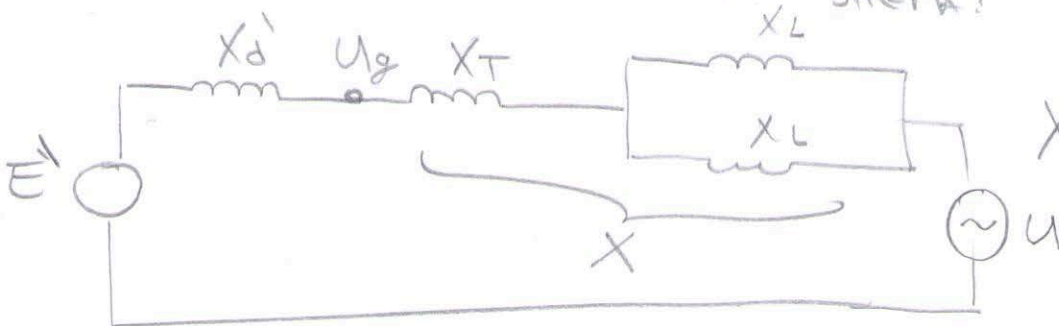
b) POSLE POROVKA

PORETEK - TRONALN KRALI SPOL NA DANO OD PROJEKCIJE

POLOVICI !!!

Rješene:

PRIJE POROVKA NADOPUNJA SHETA:



$$X = X_T + \frac{X_L}{2} = 0.3$$

NEŽNAO UT IZREDO U_g I U , TO DOBIVAMO IZ JEDNAKOSTI SNAGE.

$$P_e = \frac{|U_g| |U|}{X} \sin \alpha \Rightarrow \alpha = 17.45^\circ$$

$$U_g = 1 \angle 17.45^\circ \text{ p.u.} \rightarrow \text{DA MOŽE DOBIVATI SNAU}$$

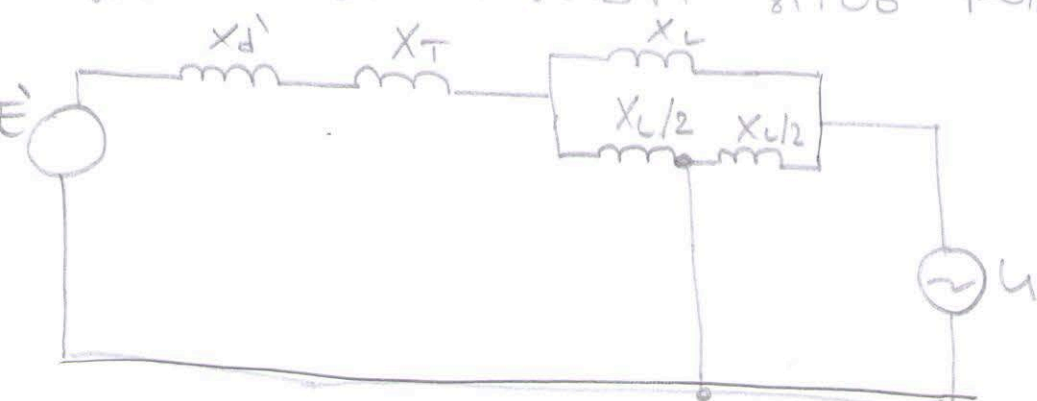
STROM IAN TRERA U E'

$$I = \frac{U_g - U}{X} = 1.012 \angle 8.7^\circ$$

$$E' = U_g + j I X_{d'} = 1.05 \angle 28.4^\circ$$

$$P_{e1} = \frac{E' \cdot U}{X_{d'} + X} \sin \delta = 2.1 \sin \delta$$

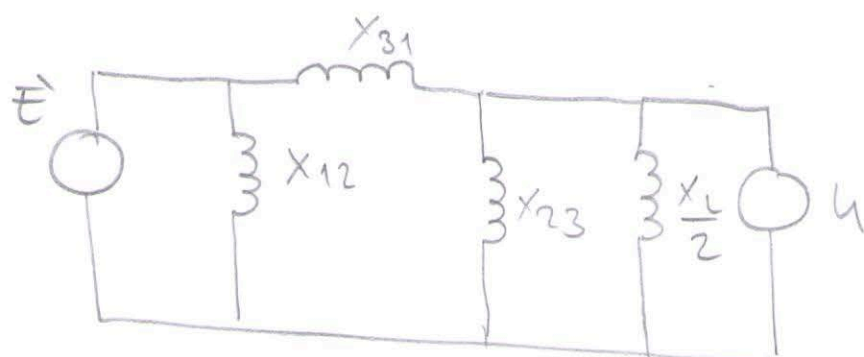
SLUČENJE DE TIDELOM SMOG POSTUPAKA



DRUGI NAČIN



OVO ZNIDEŽU TRERA PREBACITI U TRKWT



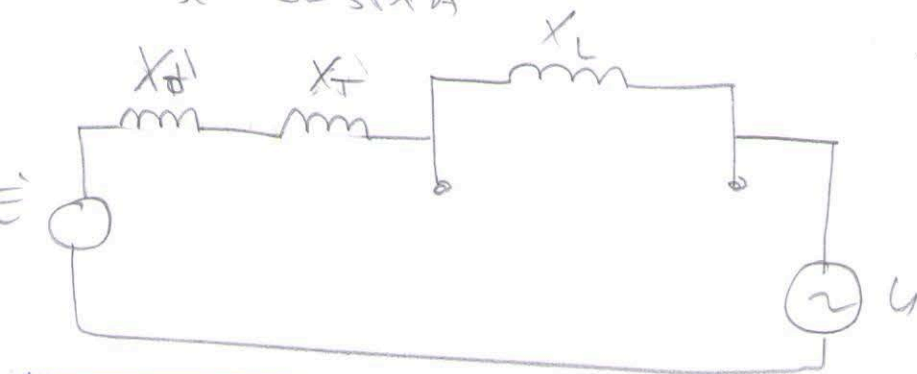
$$X_{21} = 1.3 \text{ p.u.}$$

$$X_{12} = 0.65 \text{ p.u.}$$

$$X_{23} = 0.87 \text{ p.u.}$$

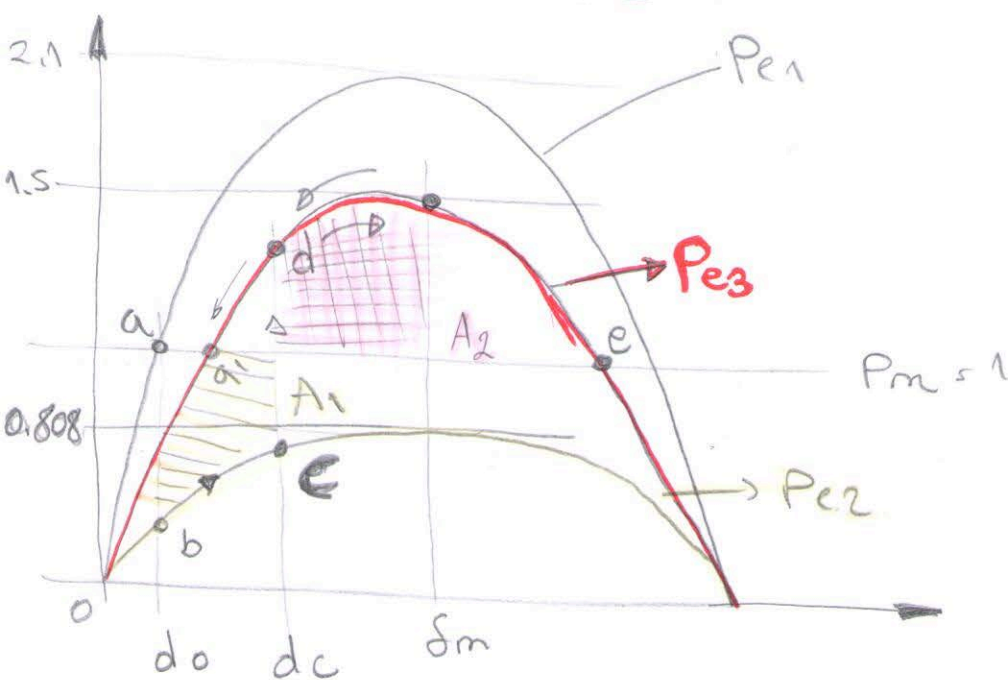
$$P_{e2} = \frac{E' u}{X_{B1}} \sin \delta = 0.808 \sin \delta$$

TRŽA KARAKTERISTIKA - KAD OTKUPNJA POREZIVOST
 VOD SE ODSPADA



VOD SE ODSPADA JER
 SE NA NJEMU DOGOĐIO
 TROPENI KRATKI SPOJ

$$P_{e3} = \frac{E' u}{X_{d'} + X_T + X_L} \sin \delta = 1.5 \sin \delta$$



U B UBRZAVA PROT $P_{meh} = P_{el}$, KAD DETEKTIRANA KVAR,
 IZBAČUJE SE VOD I TROCIČ I PUNJE SE U D
 GOTO USPOVA DO MAX I OPOD USPOVA DO D I ZAKUPI
 U d

KRITIČNI KUT OTKLANJANJA POSREDOVA - δ_{cc} (CRITICAL CLONING)
 ISOVISI O POČ. KUTU δ_0 , P_c i δ_{cc} .

AKO JE KUT OPTERETIENJA MANJI U TREKUTU OTKLANJANJA
 POSREDOVA OD KRITIČNOG KUT, SMOJ OSMIR U STABILNOM
 RAZU, U SUPROTN IMU U NESTABILNOM

$$\delta_{ce} < \delta_{cc}$$

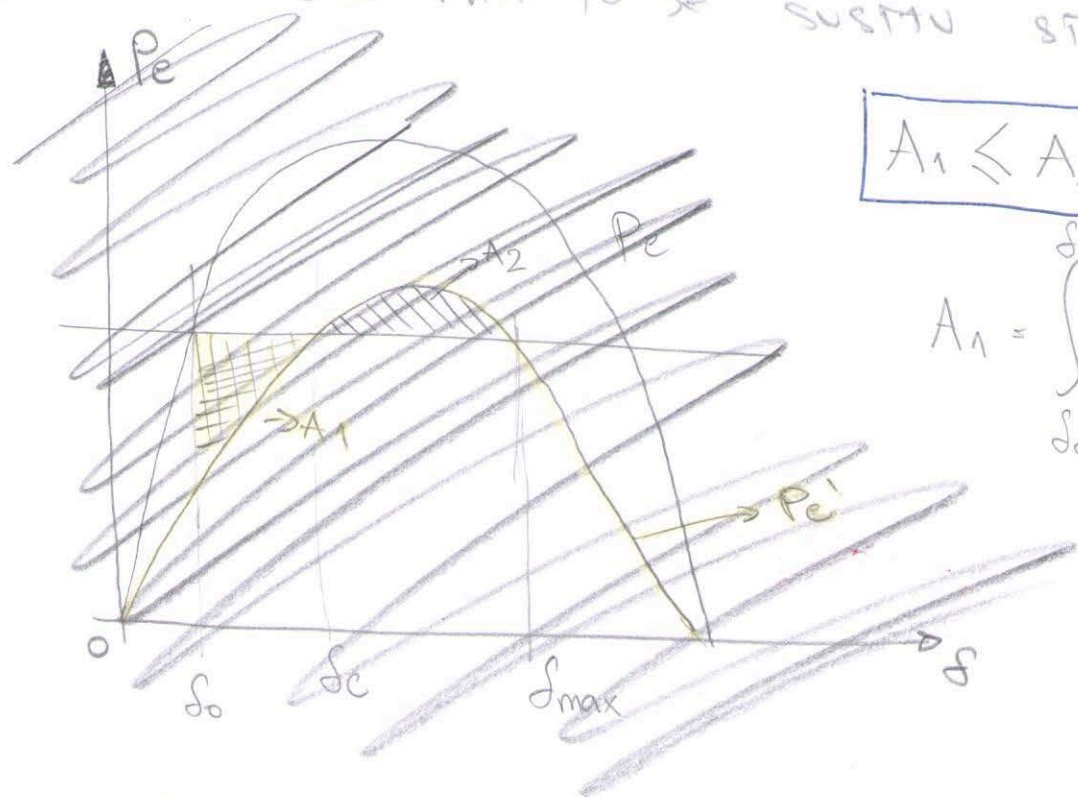
KRITIČNO VREMJE - II - - II - - t_{cc}

$$t_{ce} < t_{cc} \text{ - STABILNO}$$

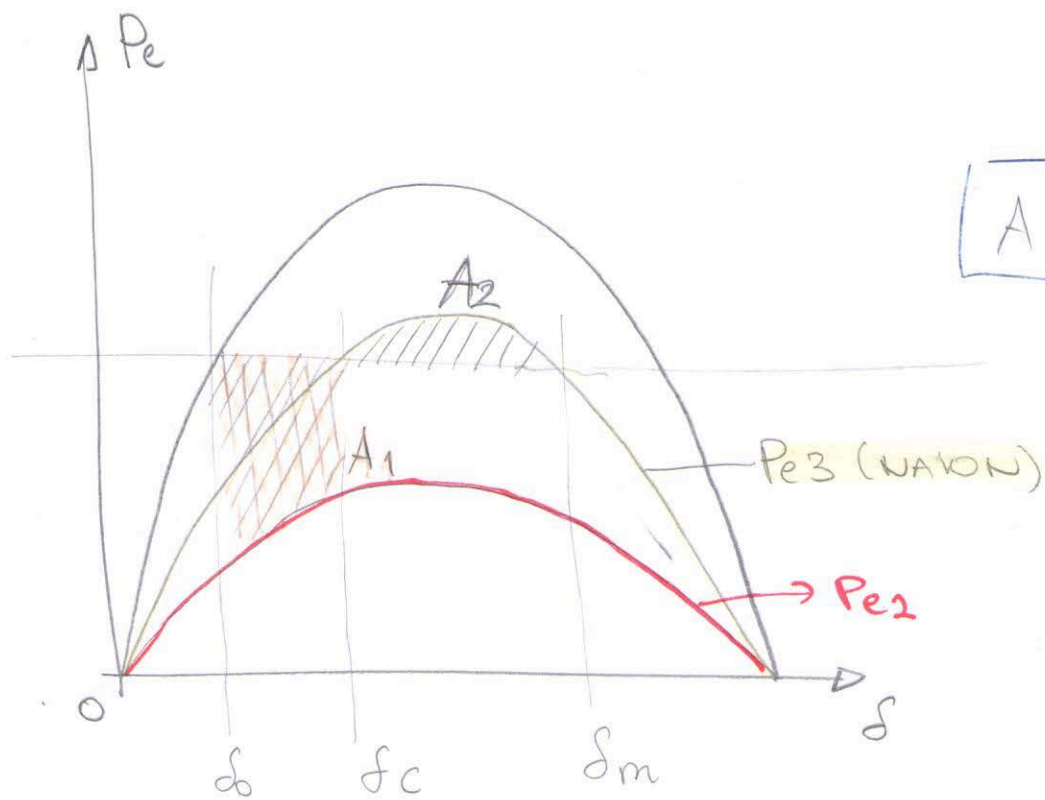
ŠTO JE KUT δ_{ce} MANJI TO JE SUSTAV STABILNIJI

$$A_1 \leq A_2$$

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_{ce}} (P_m - P_c)$$



NOVA SLIKA ! b b ->



$$A_1 \leq A_2$$

$A_1 = A_2$ - DA BI OSTHO U STABILNOSTI RAZIVU MM

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_c} (P_m - P_{e2}) d\delta$$

$$P_{e2} = r_1 P_{max} \sin \delta$$

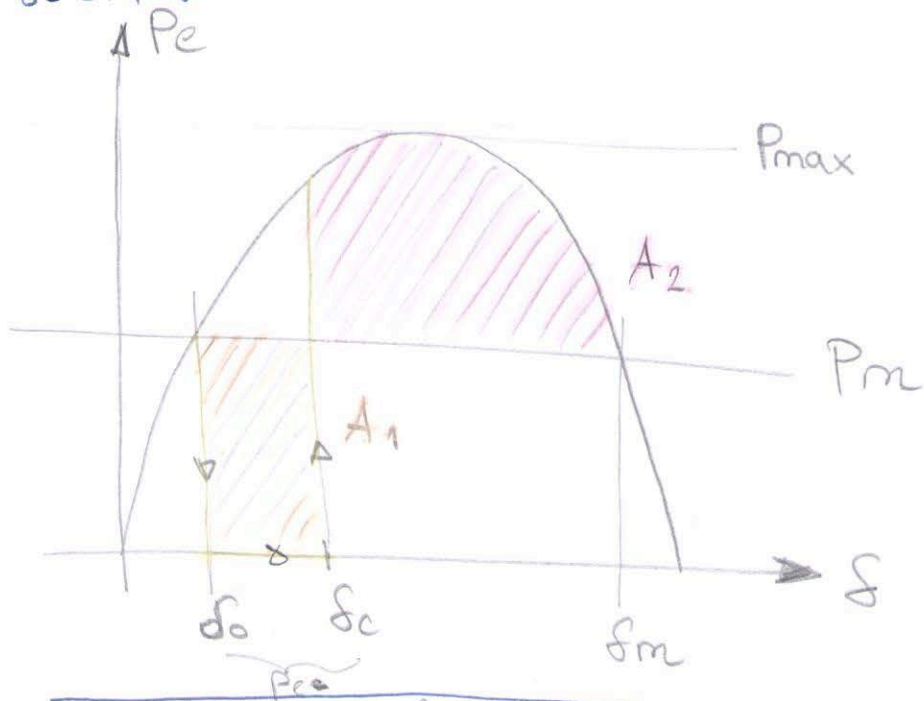
$$A_2 = \int_{\delta_c}^{\delta_m} (P_{e3} - P_m) d\delta$$

$$\int_{\delta_0}^{\delta_c} (P_m - r_1 P_{max} \sin \delta) d\delta = \int_{\delta_c}^{\delta_m} (r_2 P_{max} \sin \delta - P_m) d\delta$$

$$\cos \delta_c = \frac{P_{\max} (r_1 \cos \delta_0 - r_2 \cos \delta_m) + P_m (\delta_0 - \delta_m)}{(r_1 - r_2) P_{\max}}$$

$$\delta_m = \pi - \arcsin \left(\frac{P_m}{r_2 P_{\max}} \right)$$

SPECIJALNI SLUČAJ, AKO SE DOGOĐI NA VIBRACIJAMA
SUSTAVA



$$\delta_c = \arccos \left\{ \frac{P_m}{P_{\max}} [\pi - 2\delta_0] - \cos \delta_0 \right\}$$

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{P_a}{M} = \frac{1}{M} (P_m - P_e^0) = \frac{P_m}{M}$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{P_m \cdot t}{M} \quad / \int$$

$$\delta = \frac{P_m}{2M} t^2 + k = \delta_0 \rightarrow \text{konstanta}$$

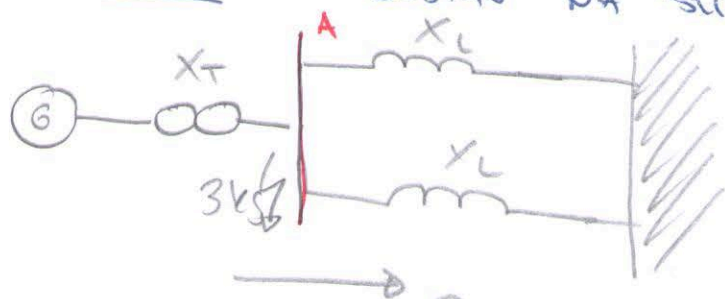
k - konstanta
 $\delta_0 = k$
 početni
 položaj

$$\delta_c = \frac{P_m}{2M} t^2 + \delta_0$$

\Rightarrow

$$t = \sqrt{\frac{2M}{P_m} (\delta_c - \delta_0)}$$

Primer: Za sustav na slici:



$$X_d' = 0.25$$

$$|U_g| = 1.05$$

$$X_T = 0.1$$

$$P_e = 0.8 \text{ pu} \quad X_L = 0.4$$

$$U = 1 \text{ p.u.}$$

Odrediti da li će generator biti u sinkronizmu sa mrežom u trenutku k.s.

OSTAT U SINKRONIZMU. KO
 NA SADRŽANCI A OTKONI

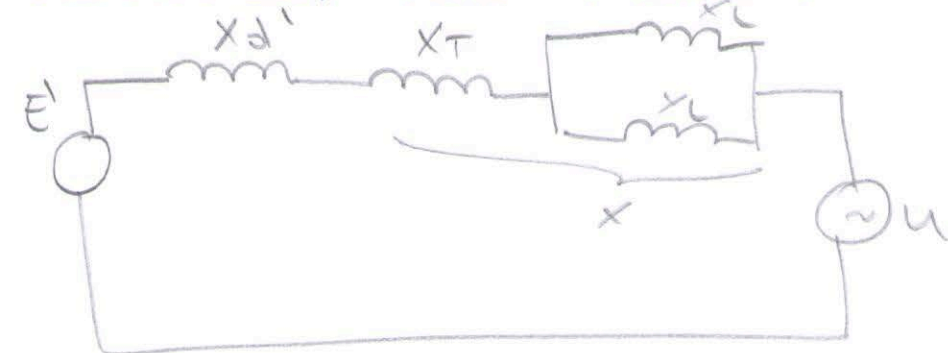
$$a) = 0.08 \text{ s}$$

ili

$$b) 0.1 \text{ s}$$

Rješenje:

VAKTORISTIKA PRIZ POKRETNOSTI



$$T_m = 1 \text{ s}$$

~ ZAPAD

$$\underline{\underline{f = 50 \text{ Hz}}}$$

$$P_e = \frac{|U_g| |U|}{X} \sin \alpha \quad \alpha = 13.2^\circ$$

$$U_g = 1.05 \angle 13.2^\circ$$

$$I = \frac{U_g - U}{jX} = 0.8 \angle -5.29^\circ$$

$$E' = X_d' I + U_g = 1.129 \angle 22.92^\circ$$

$$P_e(f) = 2.05 \sin \delta$$

$$A_1 = A_2 \Rightarrow \cos \delta_{cc} = -0.0092$$

$$\delta_{cc} = 90.5^\circ$$

$$\underline{\underline{t_{cc} = 0.096 \text{ s}}}$$

ZA a) CE OSTATI U SINHRONIZACIJI I POD

b) LERCI

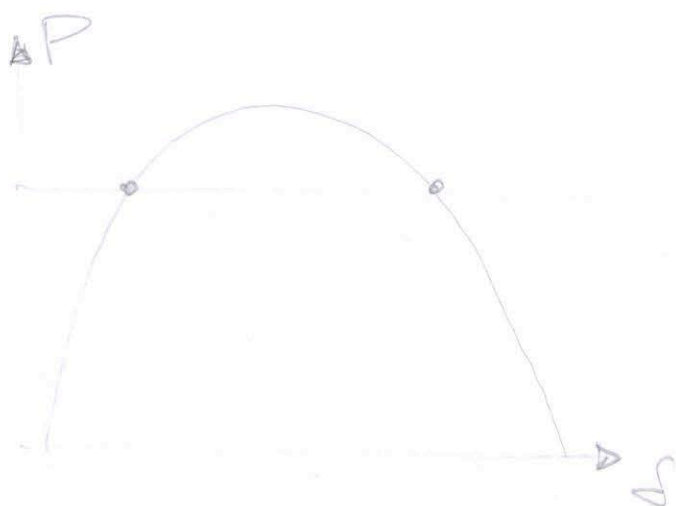
OVO CE BITI NA ISPITU (DETALJNO POKRETNOSTI)

(ENERGETSKE FUNKCIJE)

- MORAMO REŠAVATI DIFERENCIJALNE JEDNAČBE
- KOMPLEKSNI OSTI O VELIČINI SUSTAVA
- ZA NELINEARNE SUSTAVE NEMA ISTA RECAPITULACIJA

$$\dot{\underline{x}} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}) \quad \underline{x} = \{x_1, \dots, x_n\}^T \rightarrow \text{VARIJABELE SUSTAVA}$$

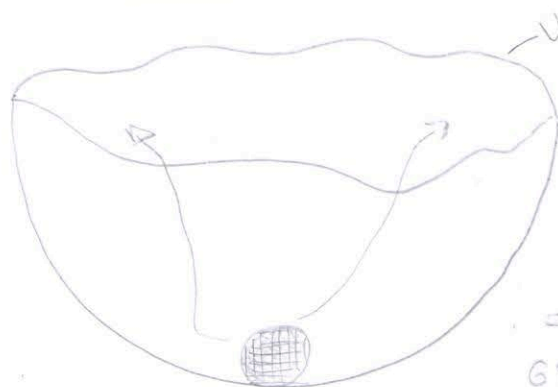
$$\underline{u} = \{u_1, \dots, u_n\}^T \rightarrow \text{ULAZI}$$



LYAPUNOV TEOREM

- BITNO JE DA JE SUSTAV KONZERVATIVAN (NEMA DISIPACIJE ENERGIJE)

IZJELA :



VOZ - NEPRAVILNO RASPOREĐENI PLOVI

NA KUGLU DJELOU SILA DANA
... KUGLA SE VRAĆE KAJO TI DOLJE

OVISNO KTO JE SILA DANA
GDJE I KOLIKO TO JE O
TOJE KUGLA MOŽE IMA
STABILNOST

DOV JE KUGLA UPUTA ONA SE VRAĆE U STABILNO
SMER

SVAKI SUSTAV IMA OGRANIČENA KOLIČINA ENERGIJE
 SVAKI SUSTAV IMA OGRANIČENA KOLIČINA ENERGIJE

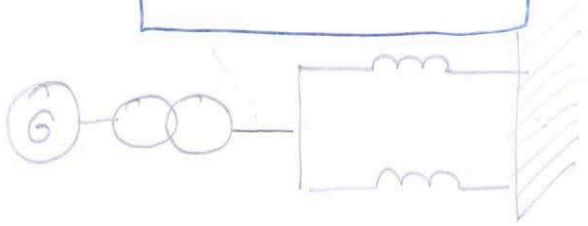
$$\left. \begin{aligned} f(x) &= \dots & -\infty < t < 0 \\ f'(x) &= \dots & 0 < t < t_{cl} \\ f''(x) &= \dots & t_{cl} < t < +\infty \end{aligned} \right\} \text{NEINTERPOLACIJA}$$

SVAKI SUSTAV IMA OGRANIČENA KOLIČINA ENERGIJE
 SVAKI SUSTAV IMA OGRANIČENA KOLIČINA ENERGIJE

$V(x)$ - ENERGETSKA (LIMBOVNA) FUNKCIJA

$V(x)$ - ENERGETSKA (LIMBOVNA) FUNKCIJA

$$V(x_{cl}) < V_{cr}$$

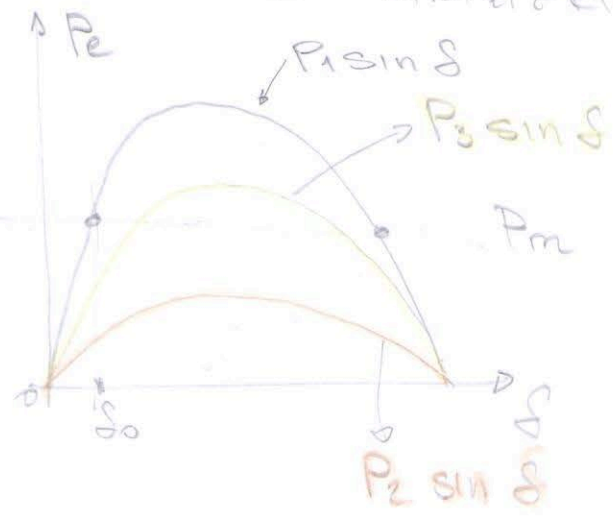


$$M \frac{d\Delta\omega}{dt} = P_m - P_e$$

$$\frac{T_m}{\omega_{k0}}$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \Delta\omega$$

SVAKI SUSTAV IMA OGRANIČENA KOLIČINA ENERGIJE
 SVAKI SUSTAV IMA OGRANIČENA KOLIČINA ENERGIJE



$$P_e = P_{max} \sin \delta$$

$$dt = \frac{M d\Delta\omega}{P_m - P_e} = \frac{M d\Delta\omega}{f(\delta)}$$

$$\frac{d\delta}{d\omega} \triangleleft$$

$$M \Delta \omega \, d\Delta \omega = f(\delta) \, d\delta \quad / \int$$

$$\frac{1}{2} M (\Delta \omega)^2 = \int f(\delta) \, d\delta$$

$$V(\Delta \omega, \delta) = \frac{1}{2} M (\Delta \omega)^2 - \int f(\delta) \, d\delta$$

$$V(\Delta \omega, \delta) = \underbrace{V_{KE}}_{\text{KINETIKA}} + \underbrace{V_{PE}}_{\text{POTENCIJA}}$$

$$V_{PE}(\delta) = - \int f(\delta) \, d\delta = - \int (P_m - P_{max} \sin \delta) \, d\delta =$$

$$= - P_m \delta - P_{max} \cos \delta$$

ZA STABILIZACIJU DA SE TRAJ - $V_{PE} = 0$, OVO VPISUJE
 SMO ZA PRAKTIČNO PLOŠU δ , TAJE JE CRVENI LOKUS BI
 TO BLO.

POŠTO JE TO DA U STABILIZACIJU V_{PE} BUDE 0 OMA
 VPISUJE PROJEKTOVAJ MOŽDAMU

δ_s - STABILNA BILNA TOČKA
 KADU PORUŠENJA

$$V_{PE}(\delta, \delta_s) = - P_m (\delta - \delta_s) - P_{max} (\cos \delta - \cos \delta_s)$$

OVAKO SU ODEJNUTI δ I δ_s OMA SU U S.S.
 IZ ODEJNUTOG NJIHOVA.

$$M \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e = - \frac{dV_{PE}}{d\delta} \quad / \cdot \frac{d\delta}{dt}$$

$$M \frac{d^2 \delta}{dt^2} \frac{d\delta}{dt} + \frac{dV_{PE}}{d\delta} \frac{d\delta}{dt} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \left[\underbrace{M \frac{1}{2} \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2 + V_{PE}}_{\text{OVO DE KINETIČKO I POTENCIJALNO ENERGIJA}} \right] = 0$$

KINETIČKA
ENERGIJA

OVO DE KINETIČKO I POTENCIJALNO

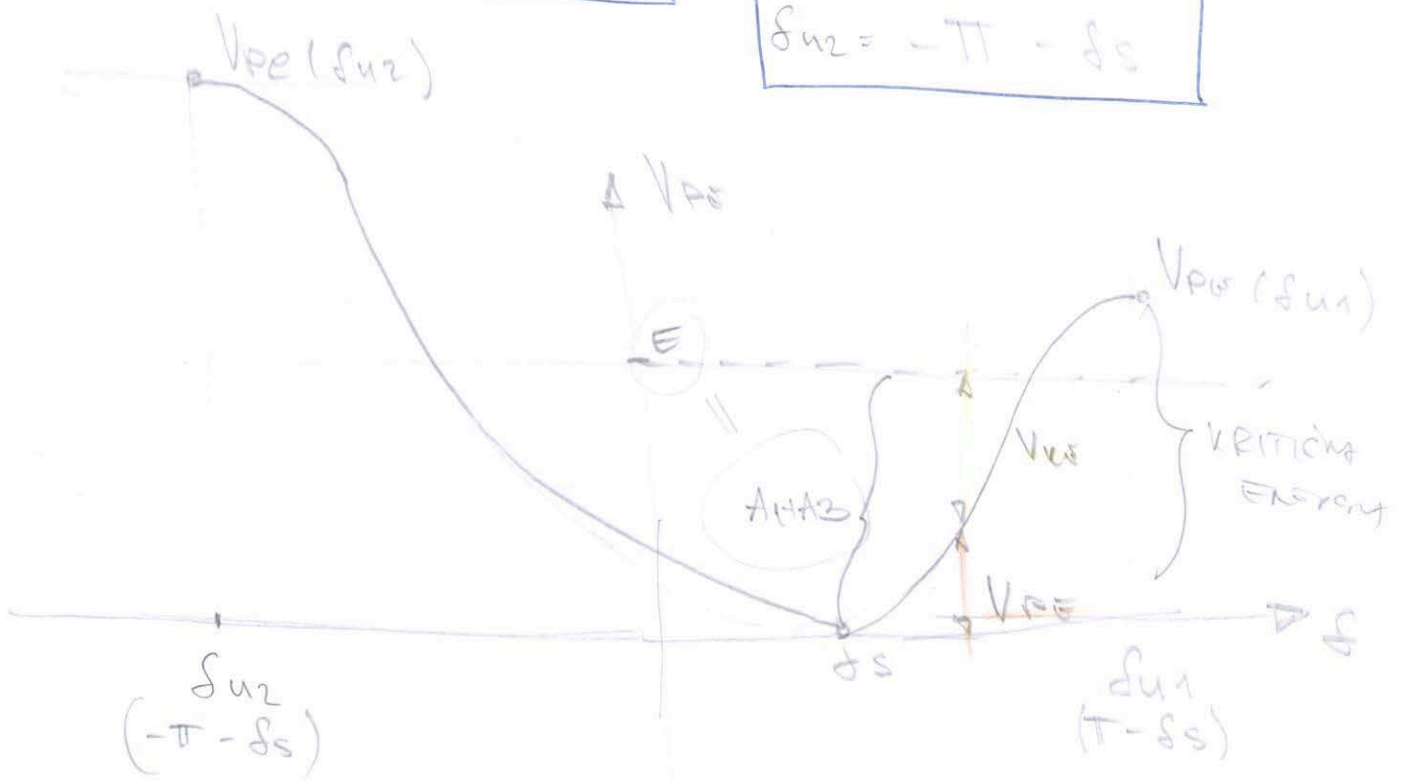
ZBROJ KINETIČKE I POTENCIJALNE ENERGIJE JE KONSTANTAN ZA SVAKU
MOMENTU ODREĐENI δ_0

$$P_m = P_{max3} \sin \delta_0$$

$$\delta_{s2} = \delta_0 \sin \left(\frac{P_m}{P_{max3}} \right)$$

$$\delta_{u1} = \pi - \delta_s$$

$$\delta_{u2} = -\pi - \delta_s$$



$$E = V_{KE} + V_{PE} = \text{konst.}$$

$$V_{KE} = V_{PE}(\delta_{u1})$$

↳ konstant

APROPO

$$A_2 + A_3 - A_1 - A_4 = \Delta E = \Delta H$$

X_{ref} -> 0 rotir sust E

ANALOGIJA S GRAFIČNOM PISTOM ZEDATI POKUP

e. $a \frac{d^2 \delta}{dt^2} + 1 - \sin \delta \Rightarrow \delta_s = \arcsin \left(1 - a \frac{d^2 \delta}{dt^2} \right)$

PODRUČJE CRTE STABILNOSTI

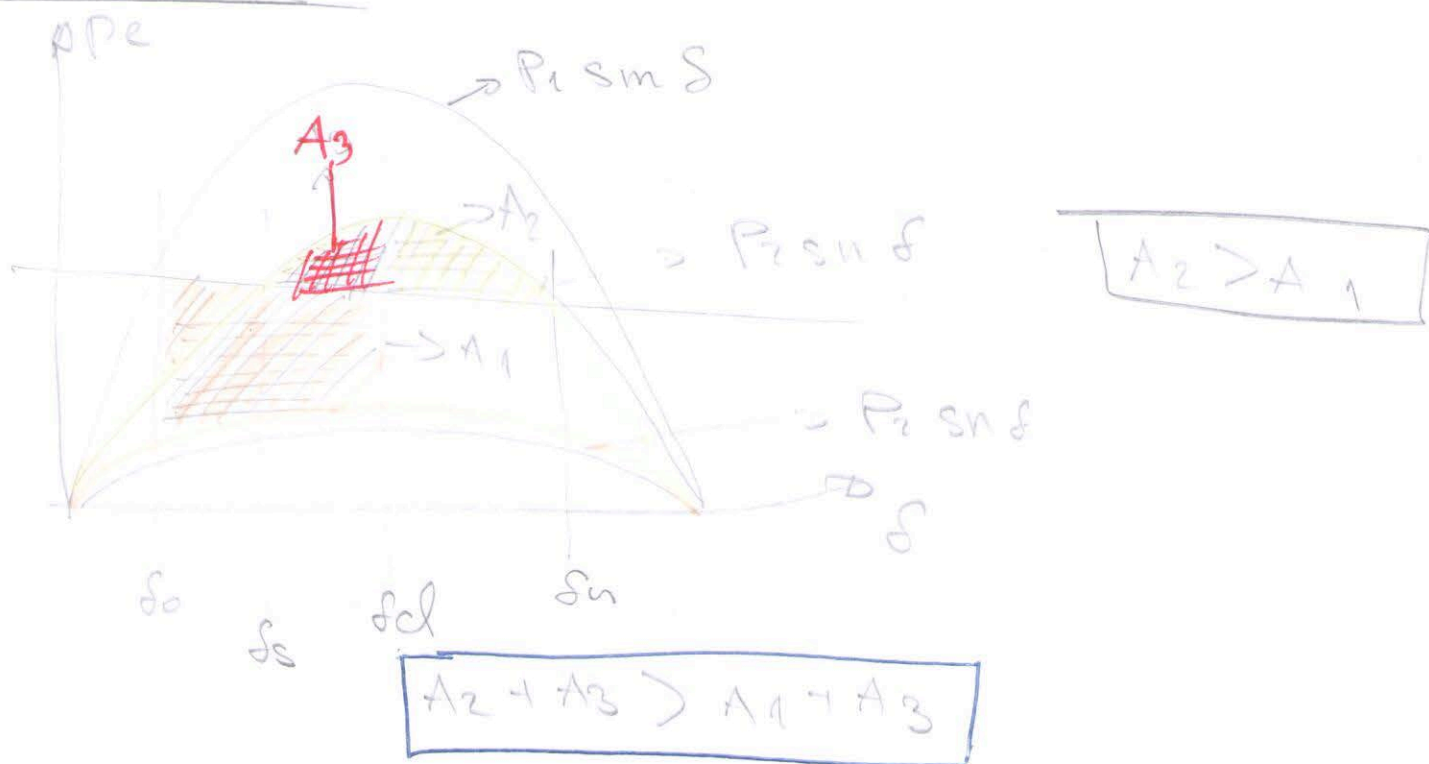
$V_{ref} = f(\delta_{u1}) \rightarrow$ IZNOS POTENCIJE ENERGE U TO TOČCI

$V_{cl} = f(\delta_s) \rightarrow$ SUSTAV

$V_{cl} < V_{ref}$ -> OZNACUJE DA SE SUSTAV STABILIZUJE

POKUPČI DI E PROSDUJE V_{ref} TO SE V_{u1} O
A OT TAK SUSTAV JE KONZERVATIVAN !!!

ANALOGIJA



$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_{cl}} (P_m - P_{max2} \sin \delta) d\delta = \frac{1}{2} M (\Delta \omega_{cl})^2$$

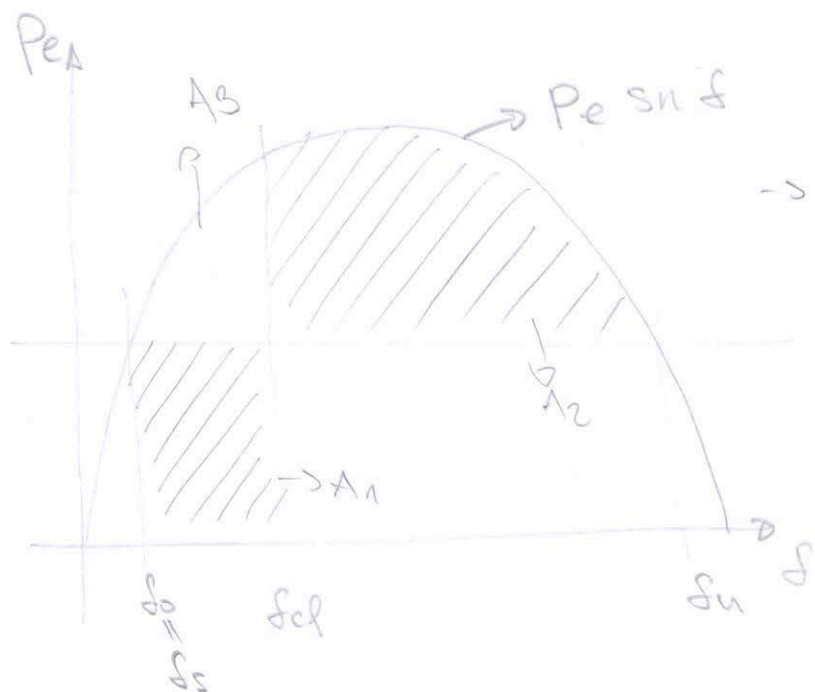
$$A_2 = \int_{\delta_{cl}}^{\delta_u} (P_{max3} \sin \delta - P_m) d\delta = -P_{max3} (\cos \delta_u - \cos \delta_{cl}) - \underline{\underline{P_m (\delta_u - \delta_{cl})}}$$

$$A_3 = \int_{\delta_s}^{\delta_u} (P_{max3} \sin \delta - P_m) d\delta = -P_{max3} (\cos \delta_u - \cos \delta_s) - P_m (\delta_u - \delta_s)$$

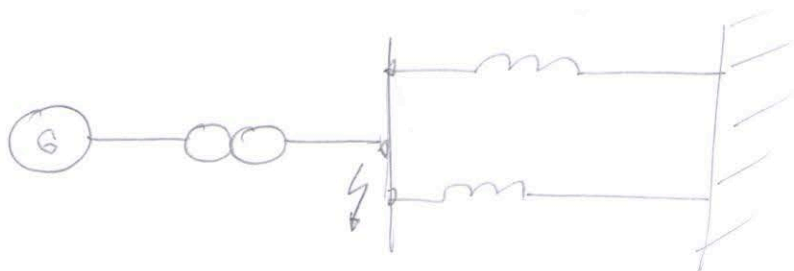
$$A_2 + A_3 = -P_{max3} (\cos \delta_u - \cos \delta_s) - P_m (\delta_u - \delta_s) \Rightarrow \text{Kerangka Energi}$$

ZADANJE

ODREDITI IZRAZE ZA KRITIČNU ODPOSO POTENCIJNU ENERGIJU ZA SUCIČU.



-> KRITIČNI SPOJ NA SPOLUČU



$$V_{pe}(\delta_{cl}) = V_{cr} \quad \delta_{cl}$$

$$A_3 = \int_{\delta_0}^{\delta_{cl}} (P_{e \sin \delta} - P_m) d\delta$$

$$E =$$

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_{cl}} P_m d\delta = P_m (\delta_{cl} - \delta_0)$$

$$A_2 = \int_{\delta_{cl}}^{\delta_u} (P_{e \sin \delta} - P_m) d\delta = -P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_u) - P_m (\delta_{cl} - \delta_0)$$

$$A_1 = P_m (\delta_{cl} - \delta_o)$$

$$A_2 = -P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_u) - P_m (\delta_{cl} - \delta_o)$$

$$A_3 = -P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_s) - P_m (\delta_{cl} - \delta_s)$$

$$E = A_1 + A_3 = -P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_s) - P_m (\delta_s - \delta_{cl}) + P_m (\delta_{cl} - \delta_o)$$

$$E = -P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_s)$$

$$V_{cr} = A_2 + A_3 = -P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_u) - P_m (\delta_{cl} - \delta_u) + P_e (\cos \delta_{cl} - \cos \delta_s) - P_m (\delta_{cl} - \delta_s)$$

$$= -P_e (2 \cos \delta_{cl} - \cos \delta_u - \cos \delta_s) - P_m (2 \delta_{cl} - \delta_u - \delta_s)$$

$$V_{pe}(\delta_{cl}) = A_1$$

$$V_{cr} = -P_e (\cos \delta_u - \cos \delta_o) - P_m (\delta_u - \delta_o) \Rightarrow ?$$

~~$\delta_{cl} = \text{arcsin}$~~

$$V_{cr} = E \Rightarrow \text{MORTUARI ANTI}$$