

SINHRONI MOTORI

Klasična primena – pogoni gde nije potrebno regulisati brzinu i gde se ne zahteva veći broj upuštanja i zaustavljanja. To su:

- Motor-generatorske grupe,
- Elektromotorni pogoni
 - sa snažnim pumpama,
 - ventilatorima,
 - kompresorima,
 - mlinovima i drobilicama.
- Mali sinhroni motori raznih izvedbi.

Regulisani pogoni sa SMO. Napajanje preko pretvarača Ee, reguliše se frekvencija napajanja motora. Koriste se pretvrači Ee:

- jednosmernim međukolom
- ciklokonvertori.

Regulisani pogoni:

- SMO srednje i velike snage širokog raspona brzine obrtanja,
- Mlinovi u cementarama –rad sa velikim momentom i malom brzinom obrtanja.

SINHRONI MOTORI

SMo iz mreže uzima **aktivnu snagu** upravo toliku da pokrije svoje gubitke i preda na vratilu snagu koju zahteva radna mašina.

Zahteva li radna mašina veću snagu, automatski će SMo iz mreže povući veću aktivnu snagu povećanjem ugla opterećenja δ .

Reaktivnu snagu motora moguće je menjati nezavisno o aktivnoj snazi; to se postiže promenom pobudne struje.

Pokretanje. SMo treba iz stanja mirovanja dovesti do sinhronne brzine i tada sinhronizovati na mrežu. Osnovne vrste pokretanja SMo su:

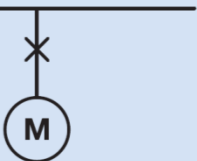
1. Asinhron zalet;

- Direktno ($I_{pol}=4\div 6I_n$, $M_{pol}=0,5\div 1M_n$),
- Y/ Δ ($I_{pol}=1,5\div 2I_n$, $M_{pol}=0,2\div 0,5M_n$),
- Sa transformatorom.

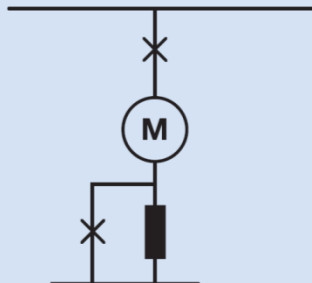
2. Zalet pomoćnim (pony) motorom;

3. Zalet pomoću pretvarača učestanosti-sinhrono pokretanje.

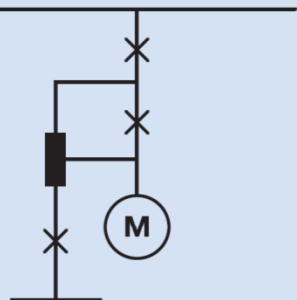
DOL



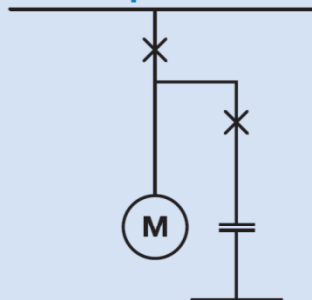
Reactor



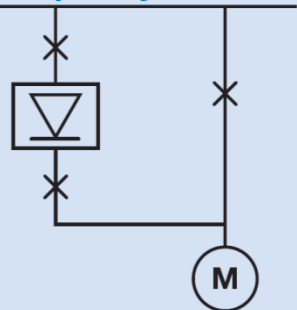
Autotrafo



Capacitor



Frequency converter



Starting methods for synchronous motors

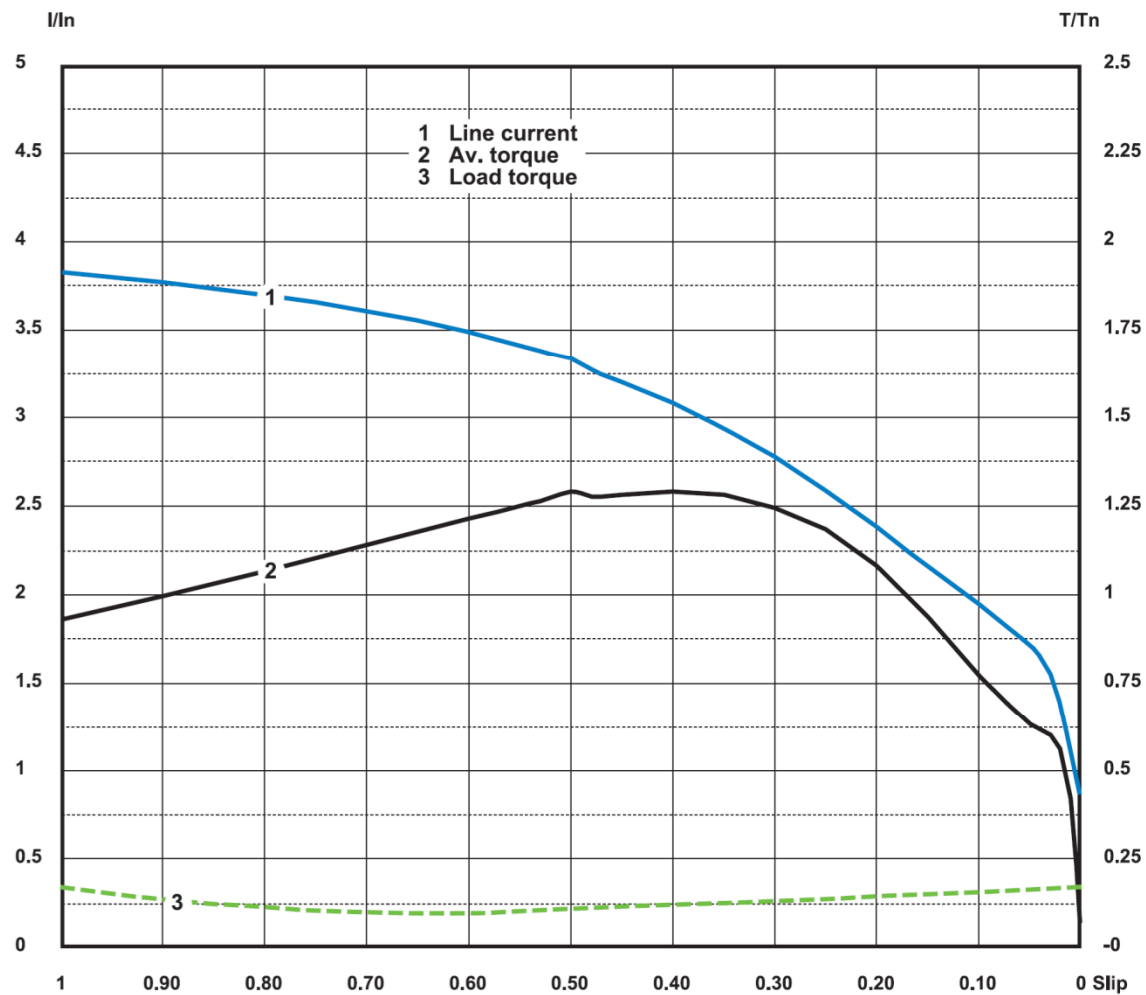
Type: AMZ 1250QP18 LTE

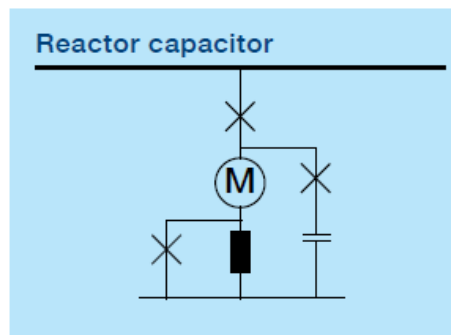
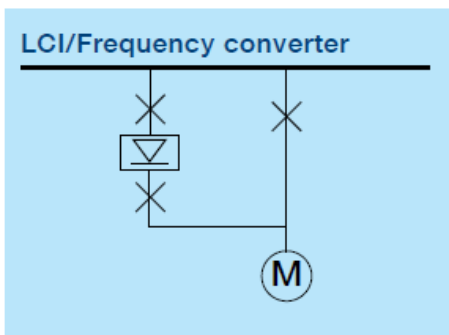
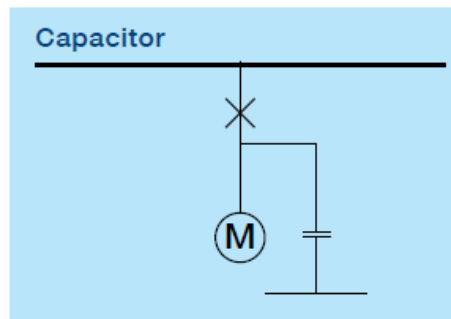
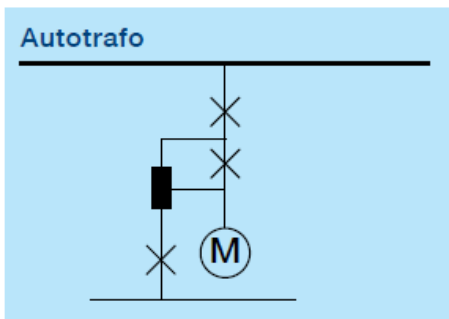
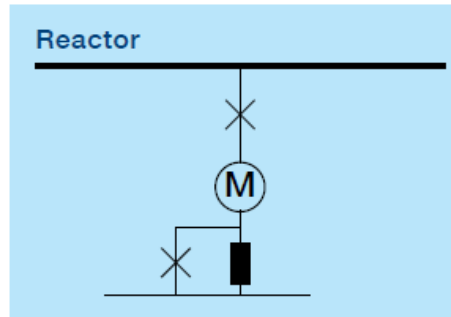
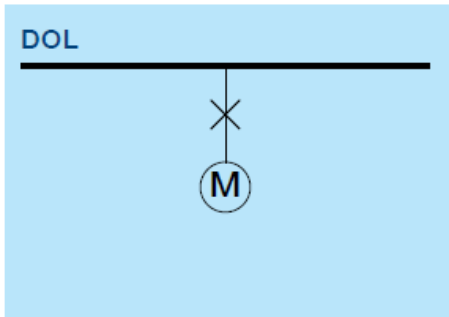
Pn: 6000 kW
Un: 11000 V
f: 50 Hz

cos: 0.95
n: 333 rpm

Tn: 171887 Nm
In: 341 A

Asynchronous starting at 100 % voltage





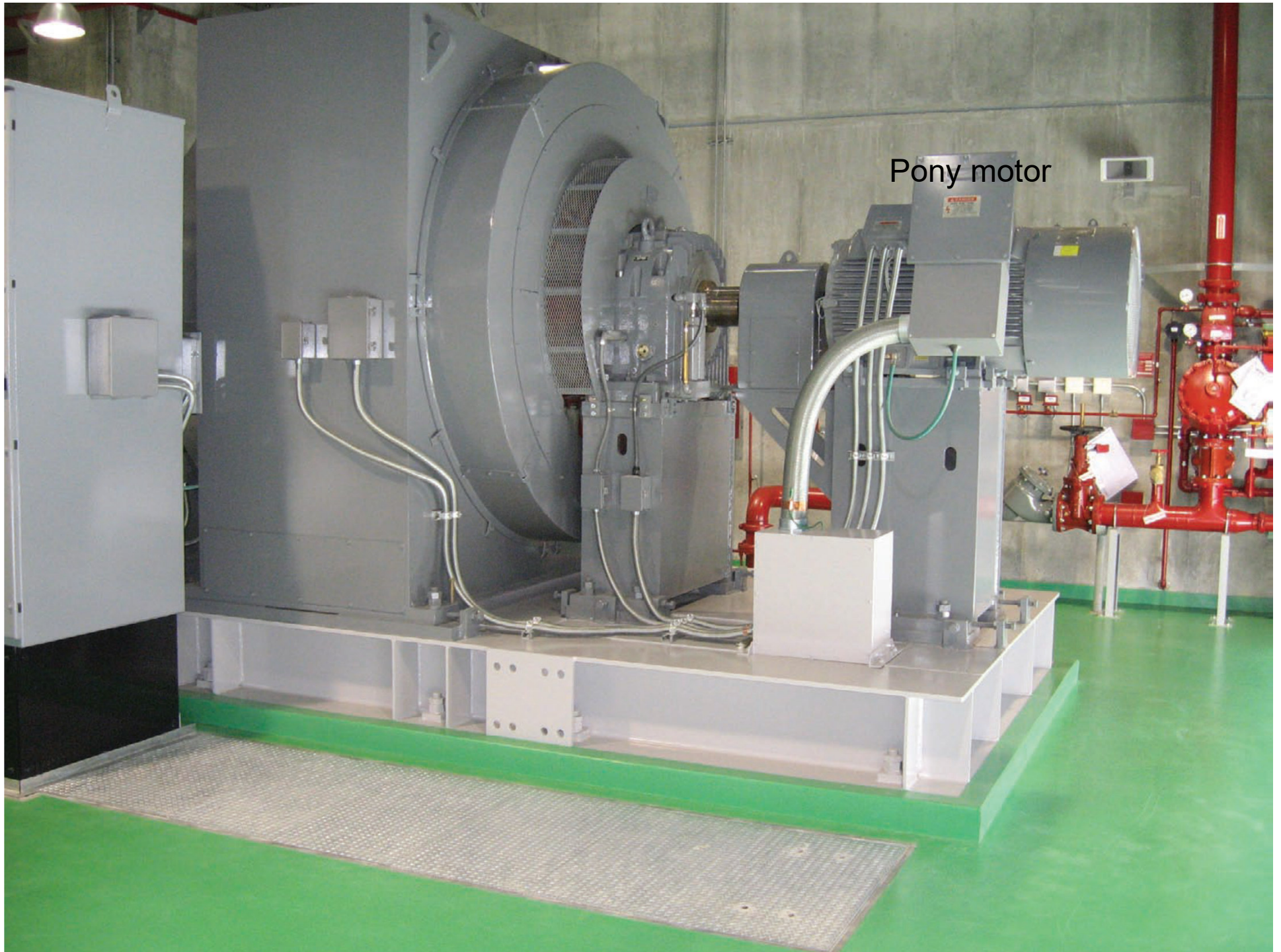
Typical starting methods for fixed speed synchronous motors.

SINHRONI MOTORI

SMo za **asinhrono pokretanje** imaju adekvatan prigušni namotaj na rotoru ili masivne polove. Da bi se ograničila struja u pobudnom namotaju tokom zaleta pobudni namotaj je kratko spojen preko dodatnog otpornik $R_{dod}=5\div 10R_f$.

Zalet SMo **pony motorom** je najstariji način pokretanja. Pony motor je mehanički spojen sa sinhronim motorom, to je najčešće asinhroni motor. Veličina pony motora određena je momentom opterećenja i snagom gubitaka u SMo tokom pokretanja.

Zalet pomoću **pretvarača učestanosti** omogućuje sinhroni zalet jer se sinhronizam ostvaruje pri sasvim niskim učestanostima te se polako diže napon i učestanost do nazivnih vrednosti. Ovo je skupo rešenje i primenjuje se u pogonima predviđenim za regulaciju brzine ili gde ima više SMo pa se postepeno jedan za drugim pokreću jednim pretvaračem.



Pony motor

SINHRONI MOTORI

Radne k-ke SMO, $I_f = \text{const}$, $U = \text{const}$, $f = \text{const}$

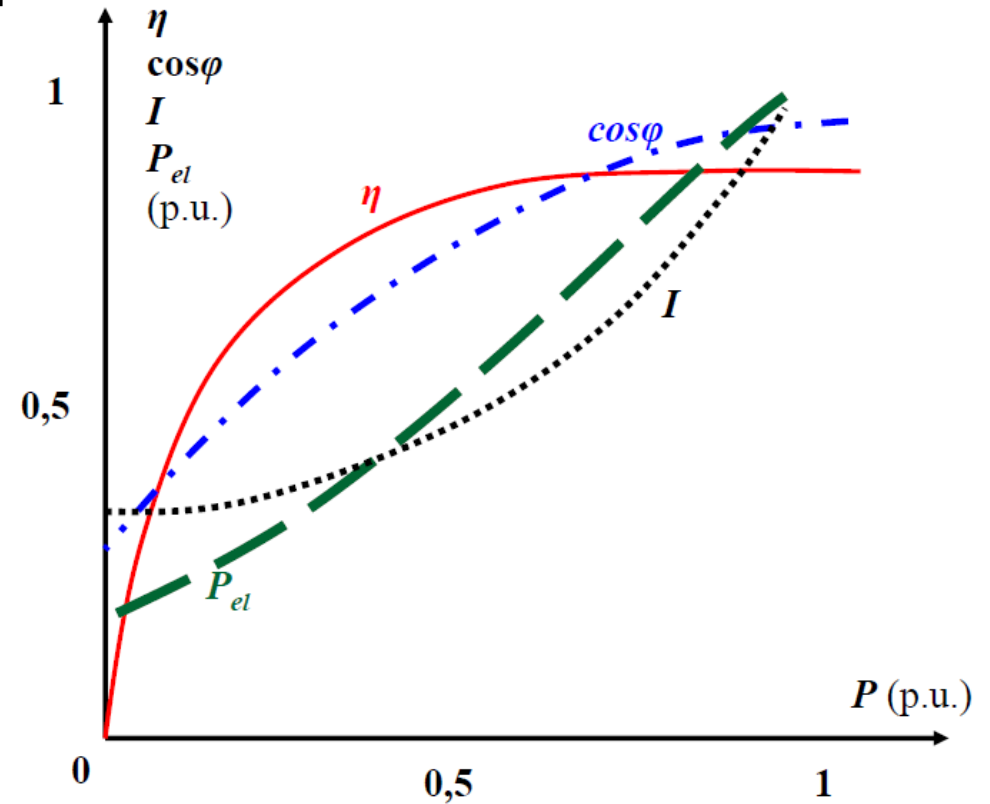
P - izlazna snaga - snaga na vratilu motora;

P_{el} - ulazna električna snaga;

P_g - ukupni gubici;

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$I = \frac{I_a}{\sqrt{I_a^2 + I_r^2}}$$



SINHRONI MOTORI - Prednosti

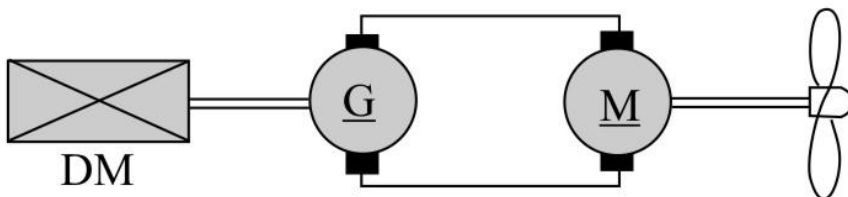
Prednosti sinhronih motora u poređenju sa drugim vrstama motora:

- **mogu biti građeni za velike snage i velike brzine (prednost nad DC)**
- **mogu raditi s pretvaračima s klasičnim paljenjem tiristora (prednost u odnosu na asinhronne motore). Ti pretvarači mogu biti građeni za područje velikih snaga i jeftiniji su od drugih vrsta.**

Sporohodni motori su najčešće građeni s istaknutim polovima na kojima su ugrađeni uz pobudne namotaje i prigušni namotaji.

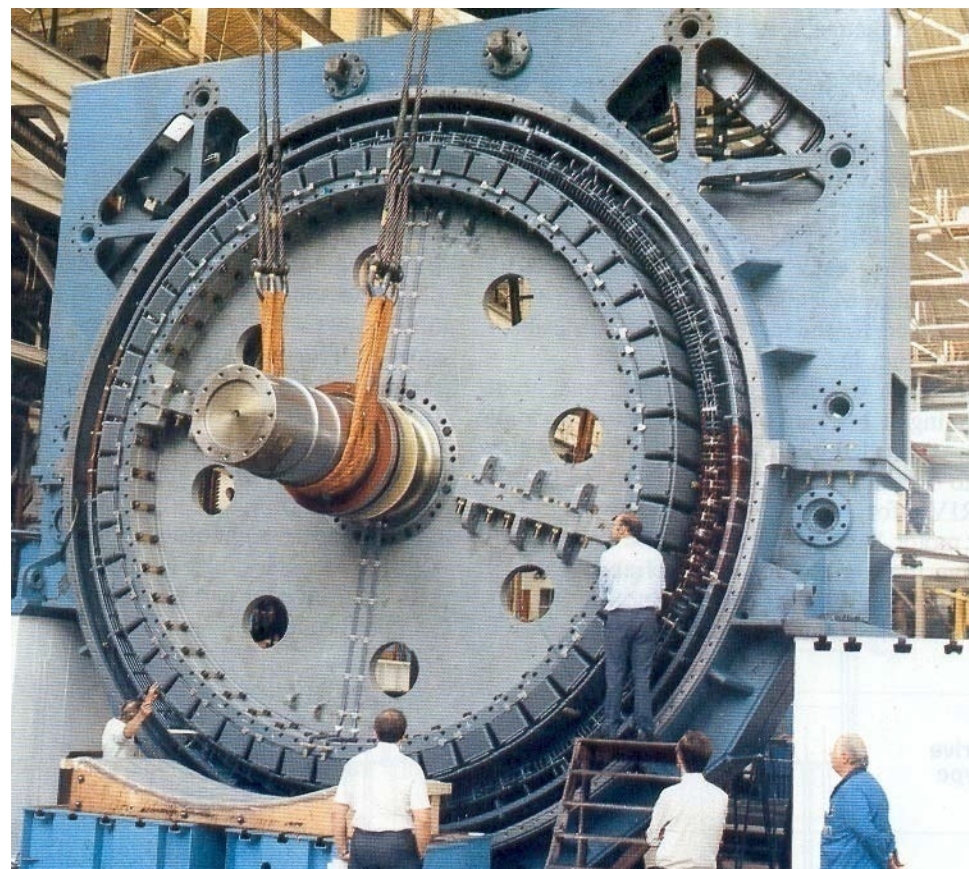
SINHRONI MOTORI- na brodu

SMo se koriste na brodovima za diesel električnu propulziju.



Na kruzeru Queen Elizabeth 2

- 9MAN dizel motora
- 3 SMo ALSTHOM 44MW
promenljive brzine obrtanja



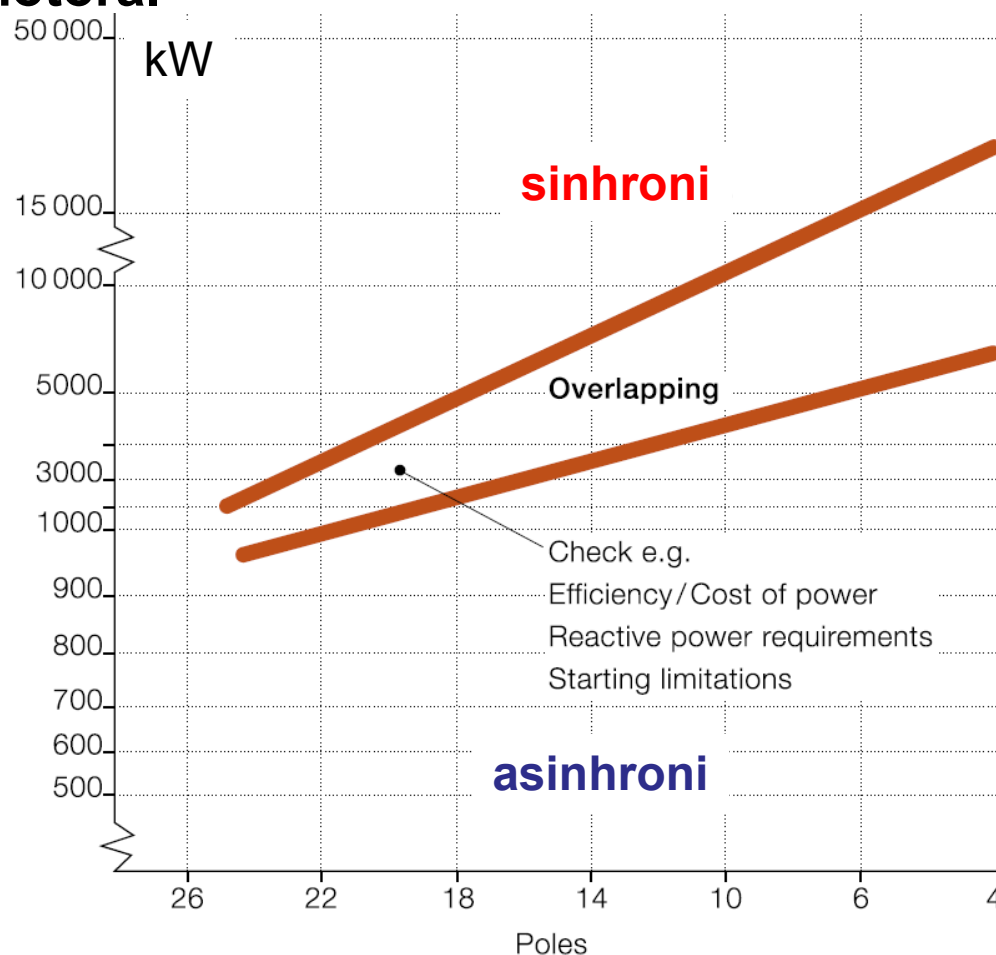
SINHRONI MOTORI

Odnos potrebne brzine obrtanja i snage opredeljuju izbor **sinhroni** ili **asinhroni** motor. SMO dobija prednost za aplikacije za velike snage i male brzine obrtanja. Ako odnos pada u oblast preklapanja moraju se uzeti druge odrednice za odabir motora.

Kontrola $\cos\varphi$ i kompenzacija reaktivne. Prednost SMO.

Efikasnost i ukupni troškovi.
Inicijalni troškovi su veći za SMO ali zbog boljeg η ukupni troškovi tokom životnog veka mogu biti manji nego kod AM.

Instalacija i zaštita. Prednost AM.



SISTEMI POBUĐIVANJA

Osnovni zadatak sistema pobude sinhronog generatora je da obezbedi DC struju za pobudni namotaj.

Pored osnovnog zadatka sistem pobude sinhronog generatora osigurava regulaciju napona na stezaljkama generatora i neke funkcije zaštite generatora.

Zahtevi prema sistemu pobude u **ostrvskom režimu** rada:

- Regulacija napona vlastite mreže
- Forsiranje pobude u režimima kvara

Zahtevi prema sistemu pobude **u radu na mrežu**:

- Regulacija reaktivne snage
- Poboljšanja vezana sa stabilnošću

Sistemi pobude prema izvoru napajanja dele se na:

- Jednosmerne rotacione sisteme pobuđivanja,
- Naizmenične rotacione sisteme pobuđivanja,
- Statičke sisteme.

SISTEMI POBUĐIVANJA

Prema načinu pobuđivanja pobudne sisteme delimo na:

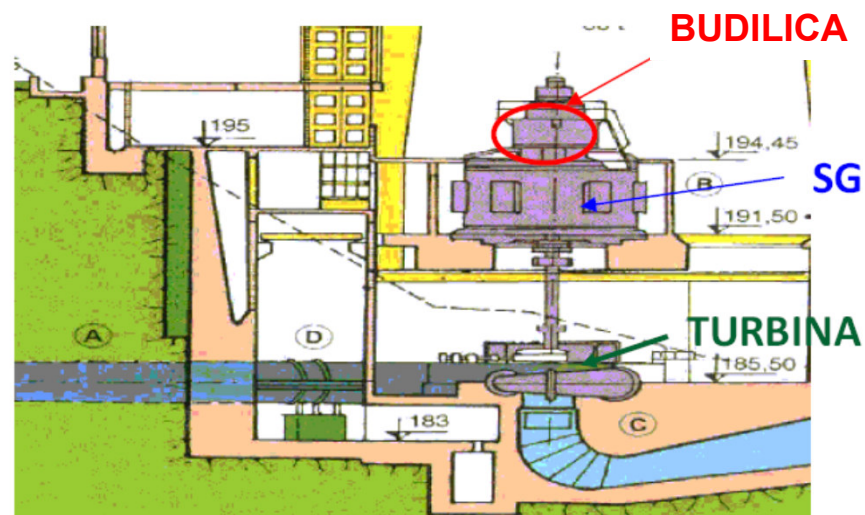
Nezavisne – napajanje iz budilice koja se vrti na istom vratilu generatora

Samopobuda – početna pobudna struja iz remanencije

Strana pobuda – napajanje iz vlastite potrošnje

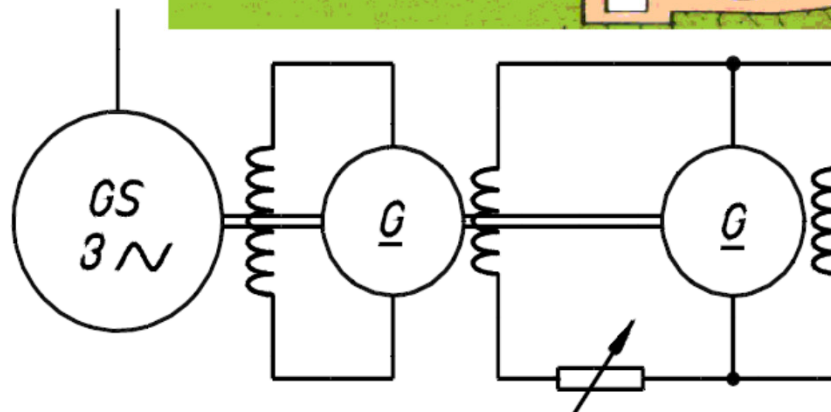
SISTEMI POBUĐIVANJA – DC budilica

Jednosmerni rotacioni sistem pobude. Na istom vratilu SG nalazi se DC budilica koja može imati svoju pomoćnu budilicu.



SINKRONI
STROJ

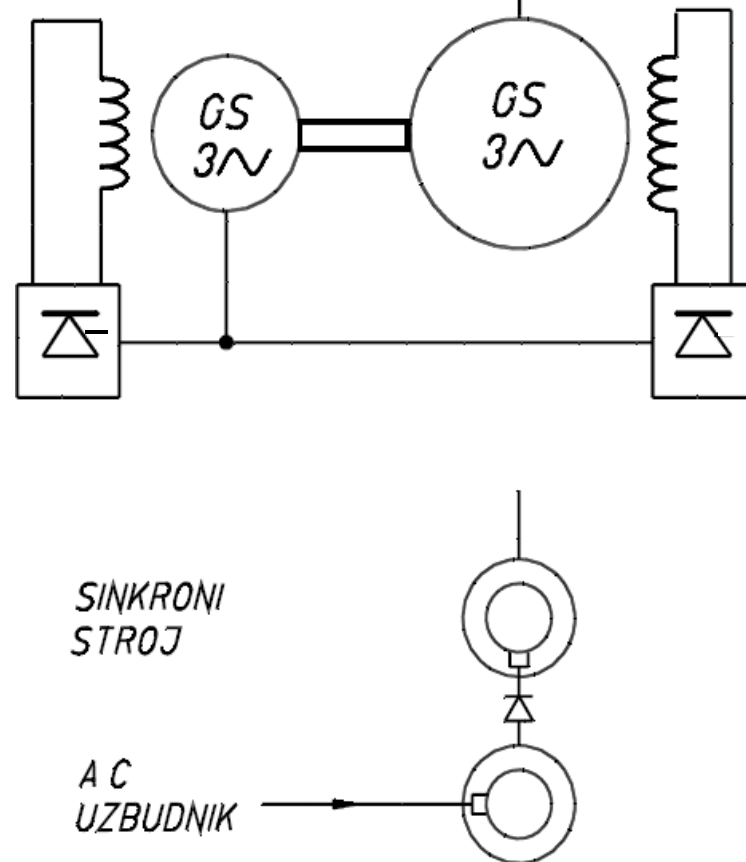
DC
UZBUDNIK



Zbog problema s DC budilicom (skupo održavanje, ugljena prašina od četkica koje kližu po kolektoru...) danas se ne koristi u novim agregatima.

SISTEMI POBUĐIVANJA – Budilica je SG

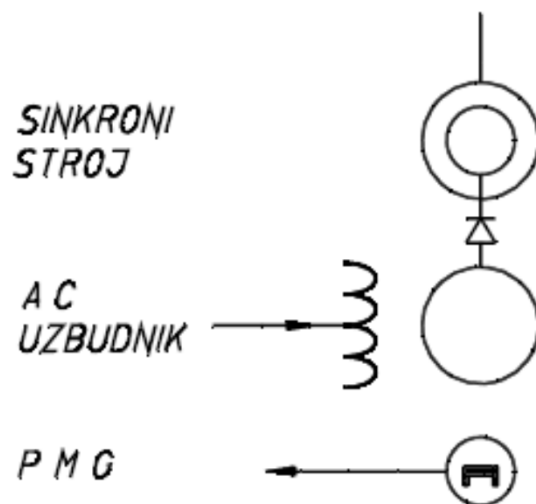
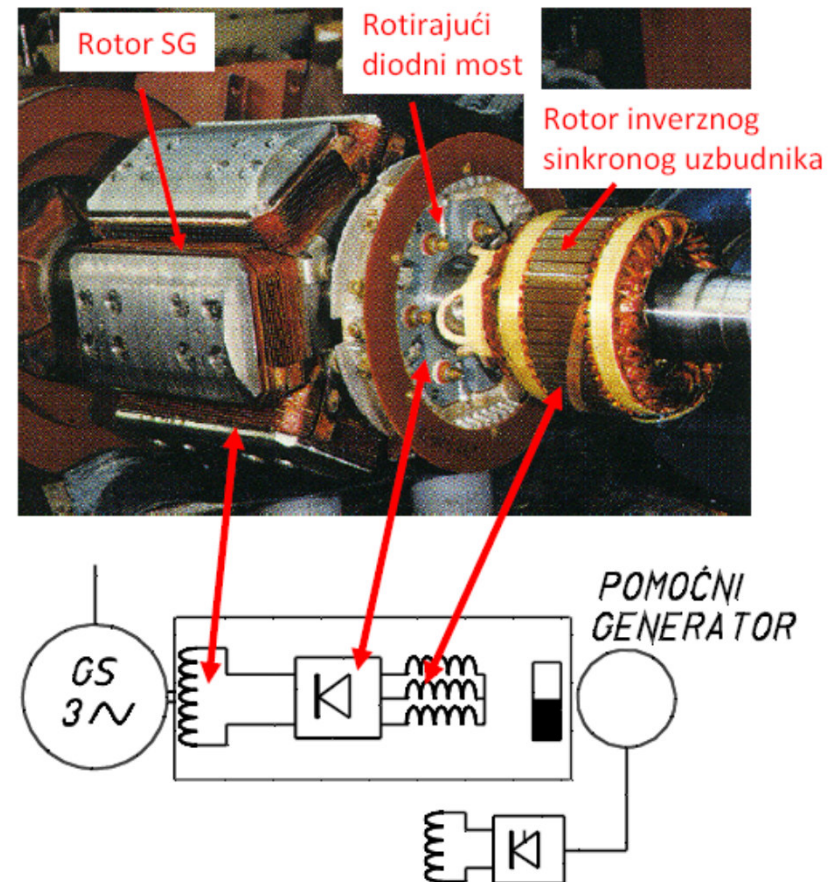
Naizmenični rotacioni sistem pobude. Budilica je SG, pogonjen turbinom na zajedničkom vratilu. Ispravljač u pobudi SG su diode dok se pobuda budilice napaja preko tiristora. Postoje klizni koluti i četkice na dva mesta.



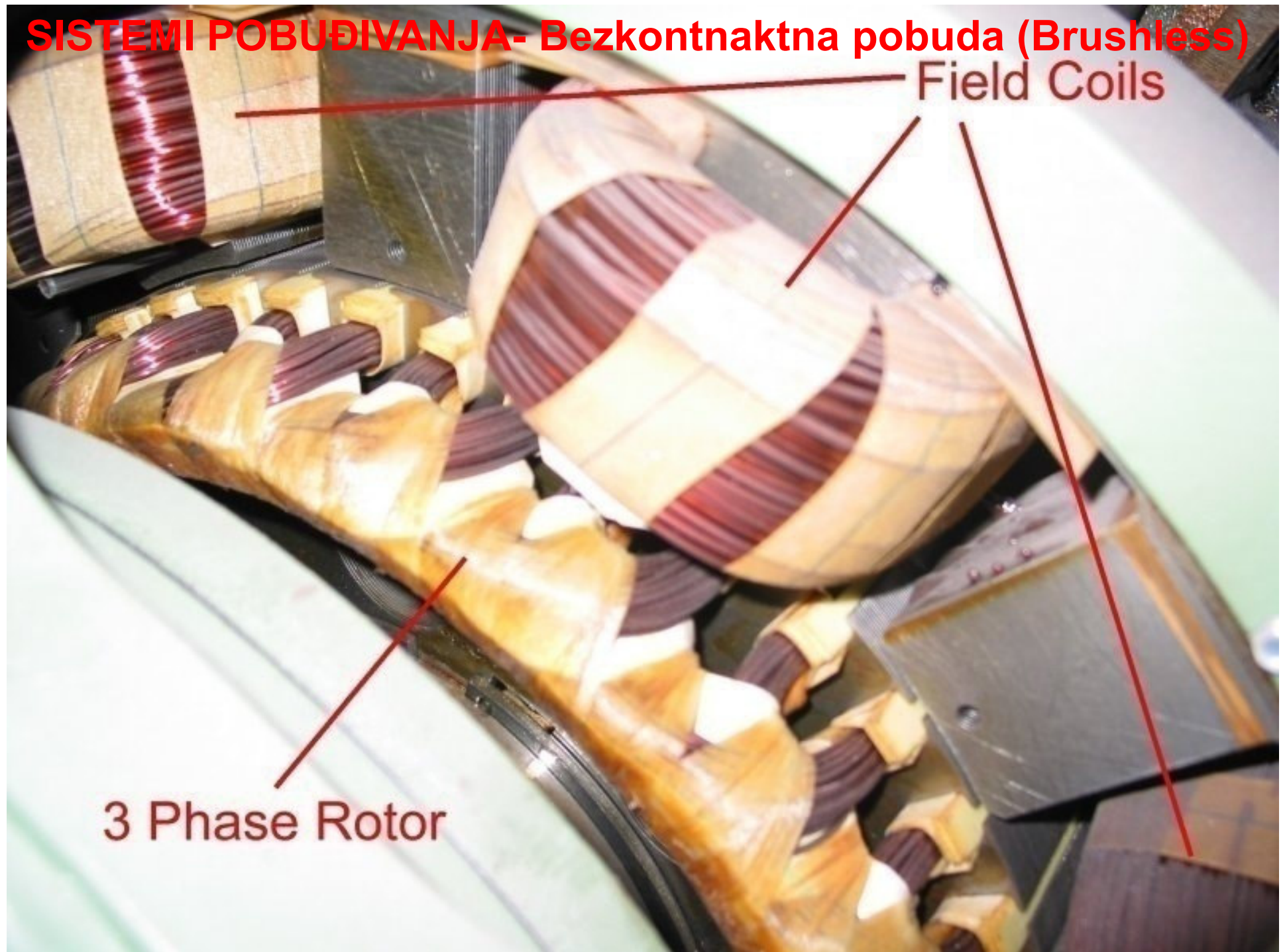
Rotor budilice u HE Djerdap.

SISTEMI POBUĐIVANJA- Bezkontaktna pobuda (Brushless)

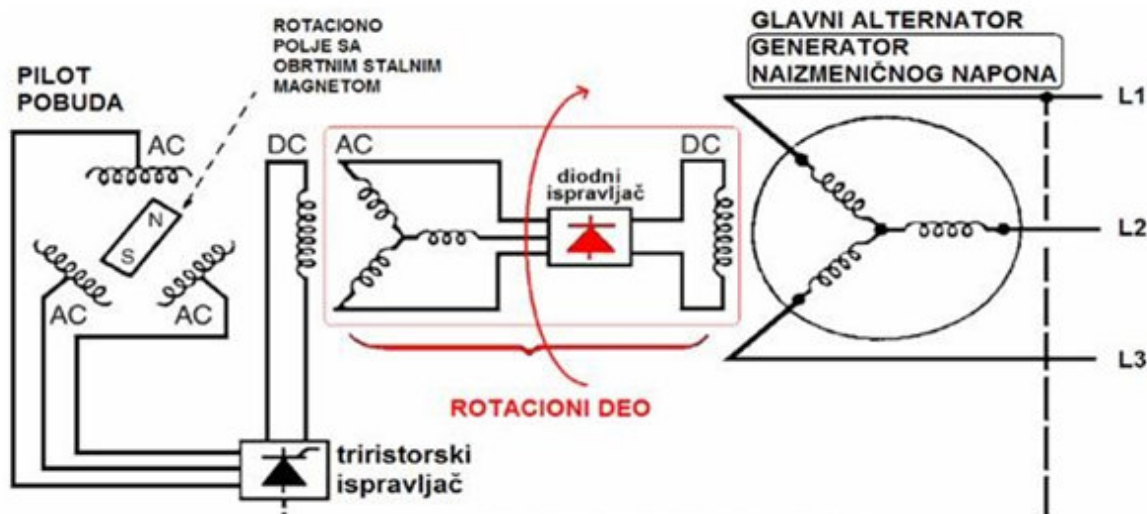
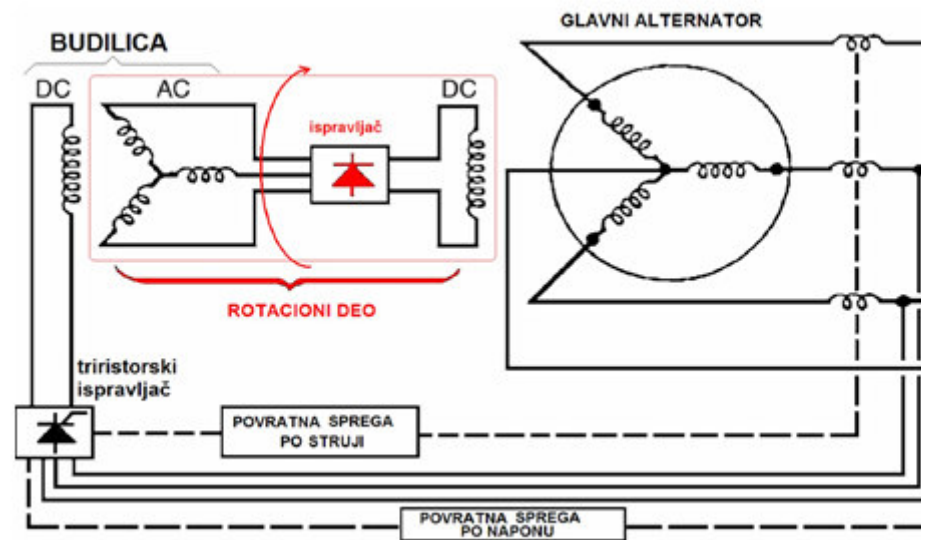
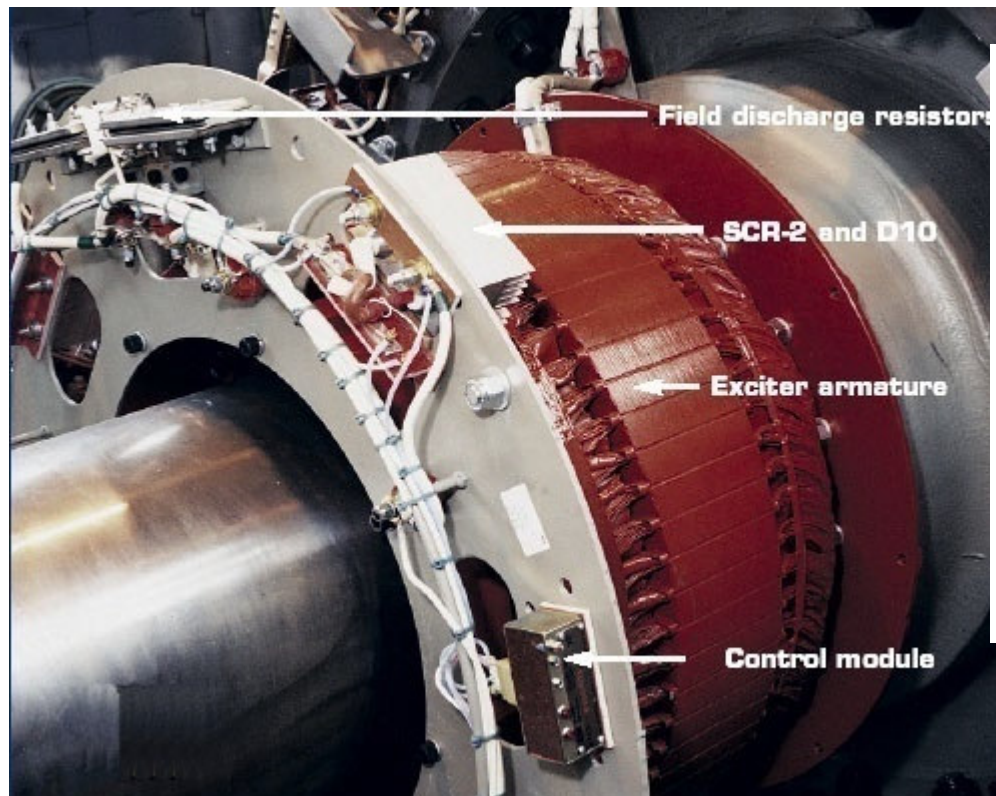
Naizmenični rotacioni sistem pobude s rotirajućim diodama. Nema kliznih prstenova (brushless). Budilica je SG inverzne konstrukcije (pobuda je na statoru, armatura na rotoru). Rotirajući diodni most je na rotoru i on ispravlja napon armature budilice. Pobuda budilice je na statoru, napaja se iz SG sa stalnim magnetima. Nema kliznih kontakata ni četkica. Mana je što nema direktnog merenja I_f .



SISTEMI POBUĐIVANJA- Bezkontaktna pobuda (Brushless)



SISTEMI POBUĐIVANJA- Bezkontaktna pobuda (Brushless)



SISTEMI POBUĐIVANJA – Staička pobuda

Statički sistem pobude. Napajanje pobude SG je sa stezaljki genratora ili iz nezavisnog izvora. Koristi se pobudni transformator. Pobudna struja je upravljana tiristorskim ispravljačima. Napajanje pobude zavisi od napona generatora odnosno stanja mreže. Postoje problemi u forsiranju pobude tokom prelaznih režima.

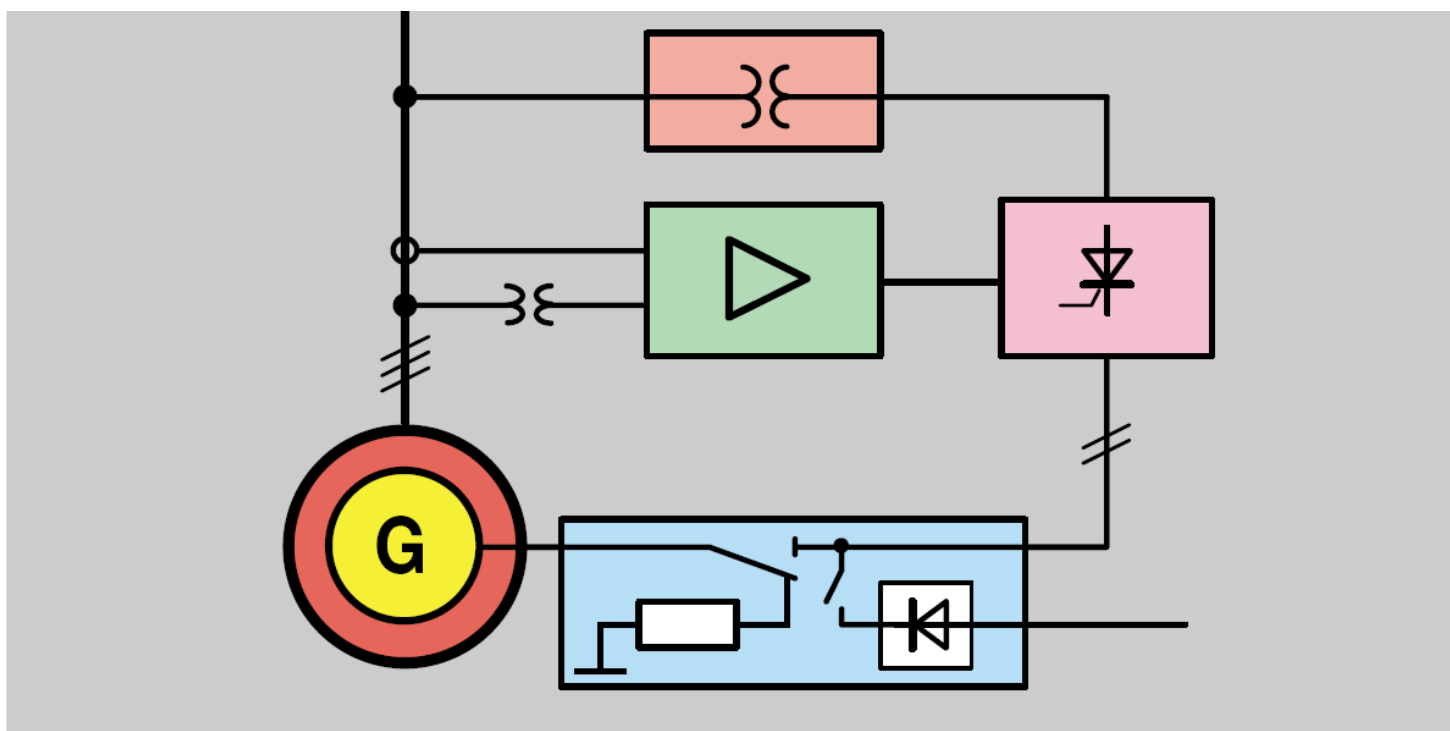


Рис. 1 Структурная схема статической системы возбуждения

SINHRONIZACIJA SG

Da bi se SG priključio na mrežu- sinhronizovao moraju se ispuniti sledeći uslovi:

- napon generatora i napon mreže moraju biti jednaki $E_G = U_m$;
- frekvencija generatora i frekvencija mreže moraju biti jednake $f_G = f$;
- redosled faza generatora i mreže moraju biti isti;
- u trenutku uključenja generatora na mrežu napon generatora i napon mreže moraju biti u fazi.

Mogu se javiti velike struje izjednačenja i ogromni torzioni momenti sa neželjenim posledicama. Ako prethodni uslovi nisu zadovoljeni.

Napon mreže i napon na generatoru pre priključenja SG:

$$u_a = U_m \sin \omega t$$

$$u_b = U_m \sin(\omega t - 2\pi / 3)$$

$$u_c = U_m \sin(\omega t - 4\pi / 3)$$

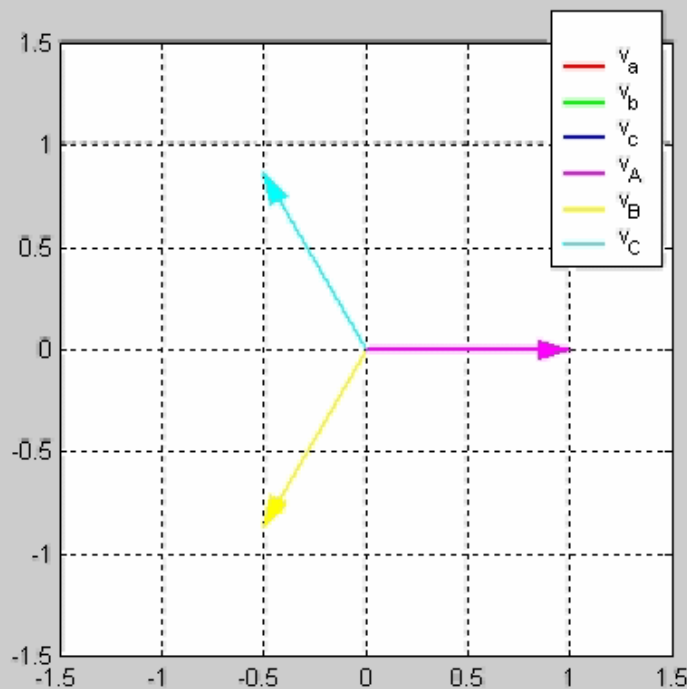
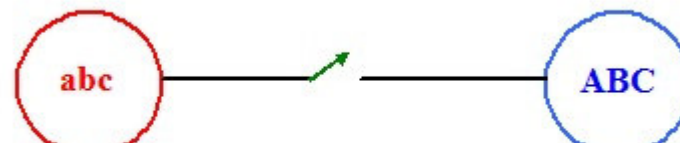
$$e_{aG} = E_{mG} \sin \omega_G t$$

$$e_{bG} = E_{mG} \sin(\omega_G t - 2\pi / 3)$$

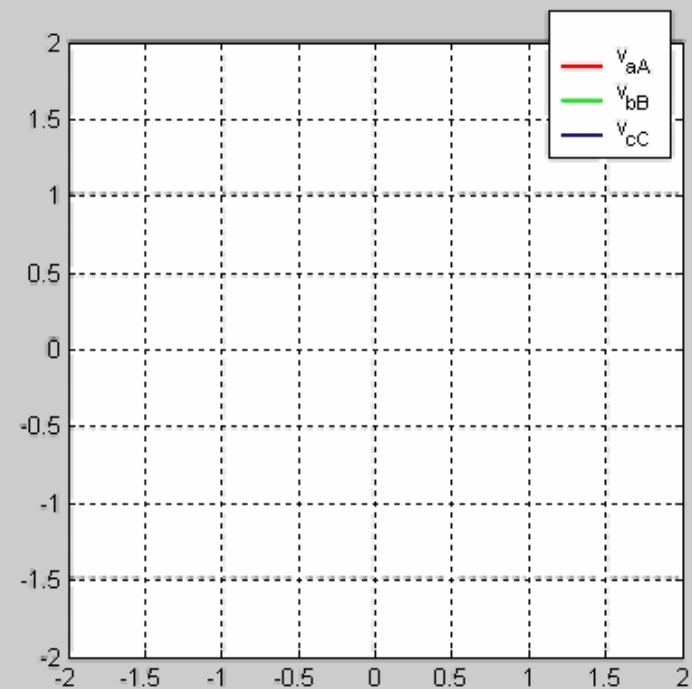
$$e_{cG} = E_{mG} \sin(\omega_G t - 4\pi / 3)$$

SYNCHRONIZATION

Two 3-phase power systems of differing frequencies are to be connected by closing the breakers at the moment the voltages across them are minimum. The phase voltages v_a , v_b , v_c of the **abc** system and the voltages v_A , v_B , v_C of the **ABC** system are represented in the left figure by phasors of constant amplitude rotating at the speed associated with the corresponding system frequencies. The voltages v_{aA} , v_{bB} , v_{cC} across the breakers are seen in the right figure as amplitude modulated phasors rotating at the difference frequency (slip). This arrangement forms the basis of the operation of the synchroscope.



Phasors of 3-phase systems



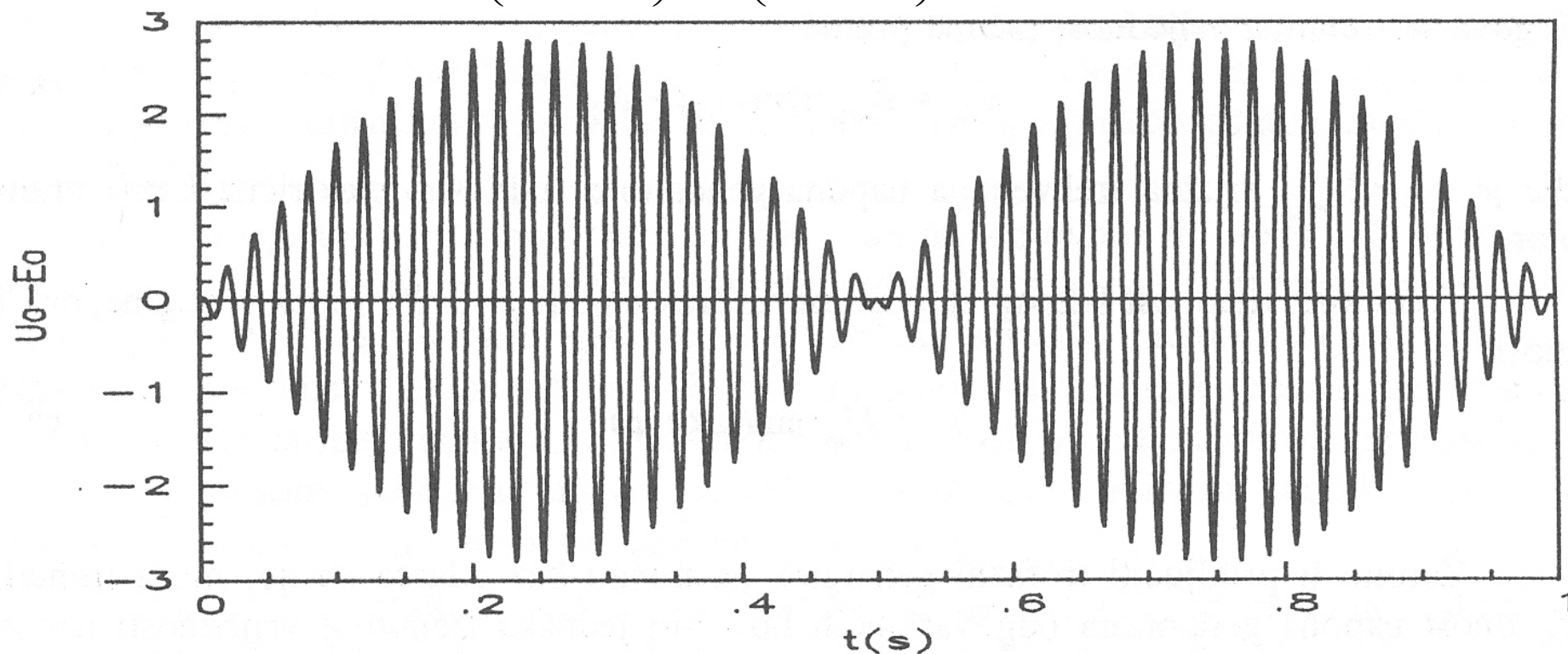
Phasors of voltages across breaker

Opposite sequences

SINHRONIZACIJA SG

Ako su naponi jednaki ($E_G = U_m$) a učestanosti ($f_G \neq f$) se razlikuju tada je razlika napona mreže i generatora:

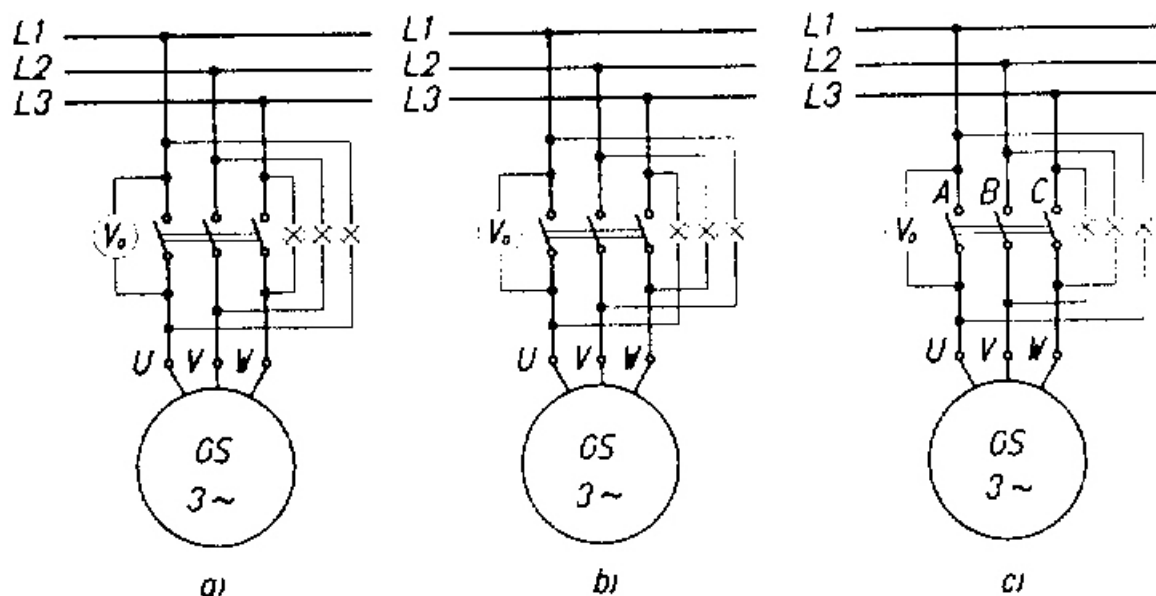
$$\Delta u_a = u_a - e_{aG} = 2U_m \cdot \sin\left(\frac{\omega - \omega_G}{2}t\right) \cdot \cos\left(\frac{\omega + \omega_G}{2}t\right)$$



Dopušta se razlika učestanosti do 0,3Hz. **Kolika je razlika učestanosti?**↑

SINHRONIZACIJA SG

Ispravan trenutak uključenja se može odrediti pomoću sijalica i nultog voltmetra.



Sl. 8.3. Spojevi žarulja kod sinkronizacije trofaznog generatora: a) tamni, b) svijetli i c) mješoviti

Sinhronoskop umesto↑.

SINHRONIZACIJA SG

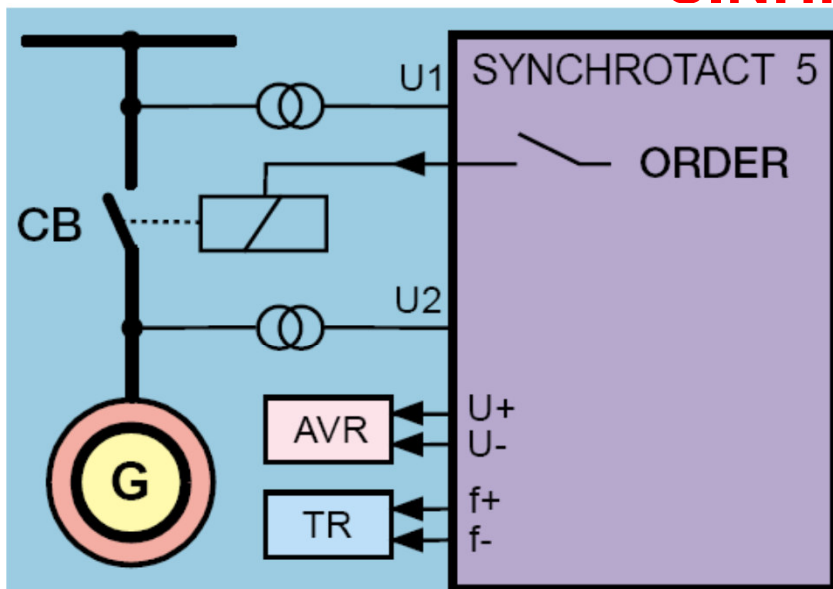
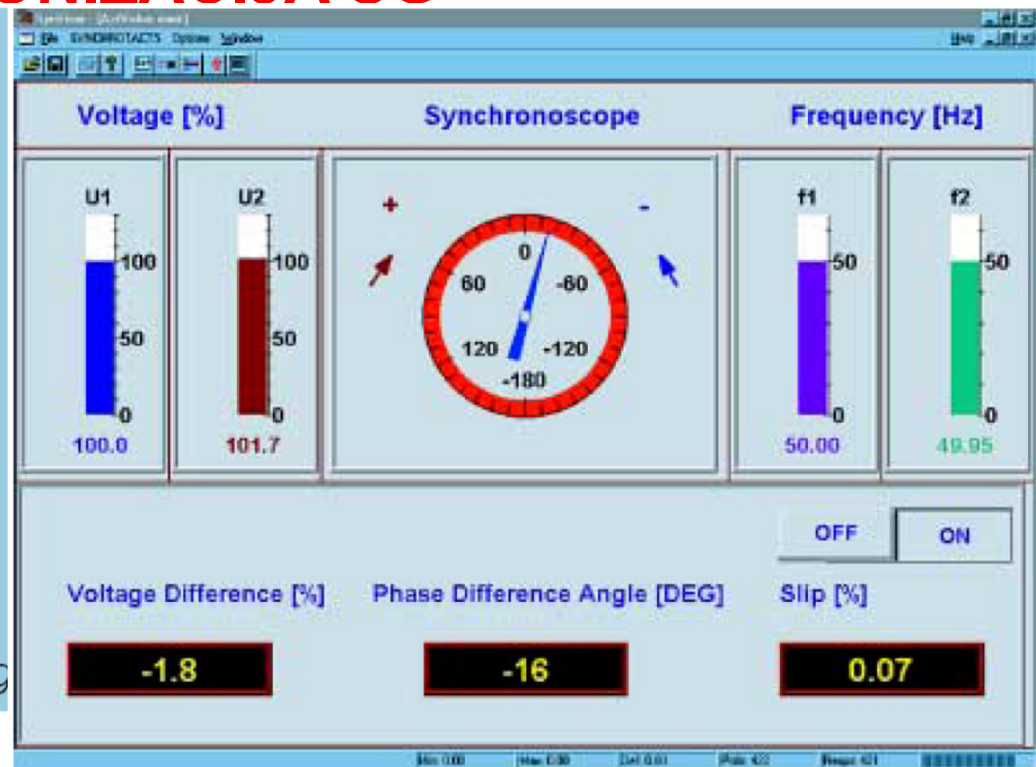


Fig. 1: Automatic synchronizing and paralleling



Legend:

U1	Network / busbar voltage
U2	Generator voltage
CB	Circuit breaker
G	Generator
AVR	Automatic voltage regulator
TR	Turbine regulator (governor)
ORDER	Paralleling command
U+, U-	Voltage adjusting commands
f+, f-	Frequency adjusting commands
CHK RELEASE	Paralleling command release

U današnjim elektranama složeni uređaji za automatsku sinhronizaciju.