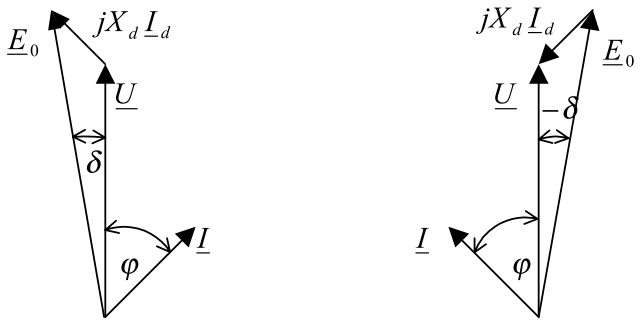
Jednačina naponske ravnoteže za sinhroni motor sa cilindričnim rotorom je:

$\underline{U} = \underline{E}_0 + R_s \underline{I} + j X_d \underline{I}$.

U nekim elektranama postoji mogućnost da se jedan turbogenerator, pomoću posebne spojnice rastavi od turbine i radi kao natpobuđeni motor (fazni kompenzator).

Ako zanemarimo radni pad napona, pojednostavljeni fazorski dijagrami za sinhroni generator i sinhroni kompenzator su:



Slika 1-23 a) fazorski dijagram za turbo SG b) fazorski dijagram za turbo SM

Važna napomena: Kada govorimo o aktivnoj snazi generatora, onda mislimo na aktivnu električnu snagu na priključcima generatora $P[\mathrm{W}] = S[\mathrm{VA}]\cos\varphi = \sqrt{3}\, U_n\, I_n \cos\varphi$, dok se kod motora misli na mehaničku snagu na vratilu motora.

1.17 Rad sinhronih generatora na sopstvenu i opštu i mrežu

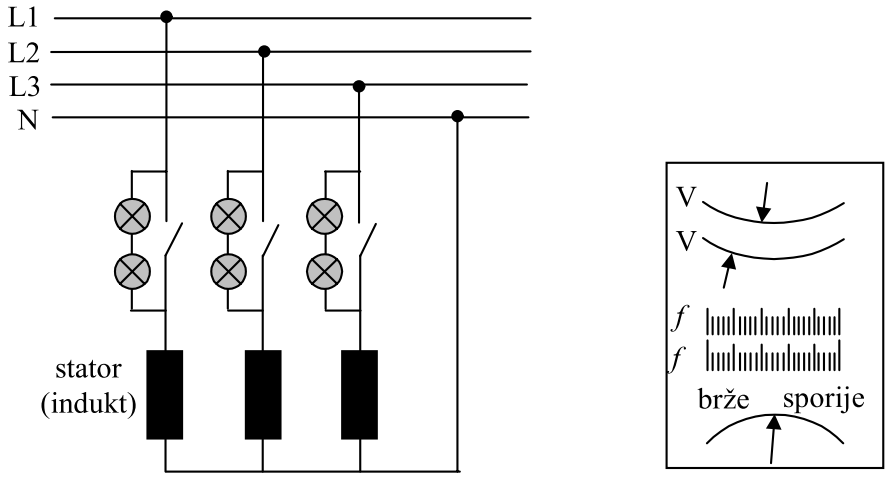
Sinhroni generator može da radi u različitim pogonskim prilikama, pri čemu su krajnja stanja rad na *sopstvenu* i *opštu mrežu*.

Pri radu na *sopstvenu mrežu* obično je reč o relativno malom sinhronom generatoru koji napaja malu mrežu koja nema mogućnost priključka na veću mrežu. Budući da sinhroni generator predstavlja jedini izvor, napon mreže zavisi od pobude tog generatora, a učestanost od brzine obrtanja njegove pogonske mašine. U mašini deluje samo jedna nezavisna magnetopobudna sila koja pripada pobudnom namotaju. Pobuda, magnetski fluks u međugvožđu i napon na priključcima mašine su međusobno zavisne veličine.

Mnogo češći slučaj pogonskog stanja je rad sinhronog generatora na *opštu (čvrstu) mrežu.* Paralelnim radom generatora u pojedinim elektranama i paralelnim povezivanjem pojedinih elektrana i elektroenergetskih sistema, dobijaju se mreže većih snaga, na koje manje mogu da utiču pojedini generatori ili elektrane. Što je snaga mreže veća, njen napon možemo smatrati stalnijim (čvršćim) u pogledu veličine, faznog pomeraja i učestanosti. Kod priključivanja generatora na opštu mrežu, mora se provesti poseban postupak, kojeg nazivamo *sinhronizacijom.* U osnovi ovog postupka radi se o svodjenju struje izjednačenja, koja se javlja prilikom priključenja generatora na mrežu, na najmanju moguću meru, što se postiže sledećim aktivnostima:

- kod prvog puštanja u pogon višefaznih generatora (gotovo uvek trofaznih) proverava se *redosled faza*;
- pogonskom mašinom generator treba približno dovesti do sinhrone brzine obrtanja koja je određena frekvencijom mreže i brojem pari polova generatora, dakle potrebno je *izjednačiti učestanost generatora i mreže*;
- generator treba pobuditi tako da *napon generatora bude približno jednak naponu mreže*;
- potrebno je postići *istofaznost istoimenih faza*, ili bolje rečeno, istofaznost napona na kontaktima sklopke;
- generator treba uključiti na mrežu u trenutku kada je *fazni pomeraj* između istoimenih napona mašine i mreže *sveden na najmanju moguću meru*.

Stalan (čvrst) napon mreže na koji je generator priključen određuje magnetski fluks u međugvožđu, koji se pod raznim opterećenjima menja samo u vrlo uskim granicama (samo zbog otpora i rasipanja namotaja indukta), nezavisno od promene pobudne struje. Drugim rečima, u mašini deluju dve međusobno nezavisne magnetopobudne sile (uz zanamarenje otpora i rasipanja namotaja indukta): ukupna (rezultirajuća) magnetopobudna sila u međugvožđu i magnetopobudna sila pobude. Ukupna magnetopobudna sila mora da stvori u međugvožđu takav magnetski fluks da se u namotajima indukta indukuje napon koji je u ravnoteži sa naponom na priključcima mašine. Magnetopobudna sila pobude može se nezavisno menjati po vrednosti i položaju u odnosu na ukupnu magnetopobudnu silu u međugvožđu.



Slika 1-24 a) Sinhonizacione sijalice, b) Sinhronoskop

Za generatore manjih snaga sinhronizacija se može vršiti ručno, pomoću npr. sinhronizacionih sijalica, dok se kod skupih generatora većih snaga vrši poluautomatski ili automatski pomoću odgovarajućih uređaja.

Kod sinhronizacije pomoću sinhronizacionih sijalica redosled faza se ispituje pre spajanja provodnika na prekidač. U toku postupka istovremeno se deluje na brzinu turbine i na struju pobude generatora. Kada su učestanosti mreže i generatora vrlo bliske, sijalice se vrlo sporo pale i gase. Prekidač se brzo uključuje kada su sijalice ugašene (tamni spoj).

Postoji i poseban uređaj za sinhronizaciju, sinhronoskop. On se sastoji od dvostrukog voltmetra i frekvencmetra (jedan za mrežu, a drugi za generator), te indikatorom, *Brže-*

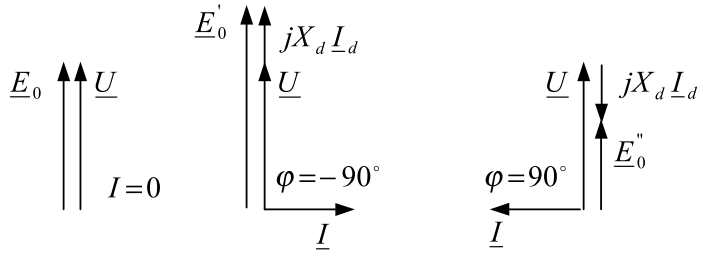
Sporije (koji radi na principu asinhronog motora) za regulisanje učestanosti generatora kojeg treba sinhronizovati.

1.18 Upravljanje proizvodnjom reaktivne snage Q

Analizu upravljanja proizvodnje reaktivne snage, radi jednostavnosti, sprovešćemo za slučaj turbogeneratora ($X_d \cong X_q$). Posmatraćemo čisto reaktivno opterećenje, koje je karakterisano sa: $\delta = 0$, $P[\mathrm{W}] = 0$, $Q[\mathrm{VAr}] = \sqrt{3}\, U_n\, I$, $\varphi = \pm 90^\circ$, gde se predznak "+" odnosi na potpuno kapacitivnu snagu, a "-" na potpuno induktivnu snagu.

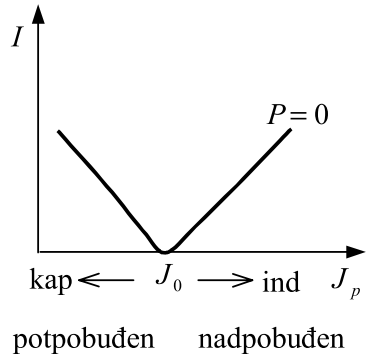
1.18.1 Mordejeva kriva

Neka za početno stanje imamo neopterećen, sinhronizovan generator. Ako povećamo pobudnu struju , fazor $\underline{E}_0$ će porasti na vrednost $\underline{E}_0^{'}$. Tada se usled razlike napona, $\underline{E}_0^{'}$ i $\underline{U}$, u kolu indukta javlja induktivna struja, odnosno pad napona $j X_d \underline{I}$. Ako smanjimo pobudnu struju, u odnosu na početno stanje, smanjiće se fazor $\underline{E}_0$ na vrednost $\underline{E}_0^{''}$. Usled ove razlike, u kolu indukta će se sada javiti kapacitivna struja. Ovaj režim (podpobuđenog sinhronog generatora) nije poželjan jer je magnećenje slabo i udarci opterećenja mogu da izbace generator iz sinhronizma.



Slika 1-25 Upravljanje reaktivnom snagom

Iz fazorskih dijagrama prikazanih slikom 1-25 zaključujemo da će kriva zavisnosti naizmenične struje indukta, I, od jednosmerne struje pobude, J_p, imati sledeći oblik:



Slika 1-26 *V* (Mordejeva) kriva generatora uz P = 0