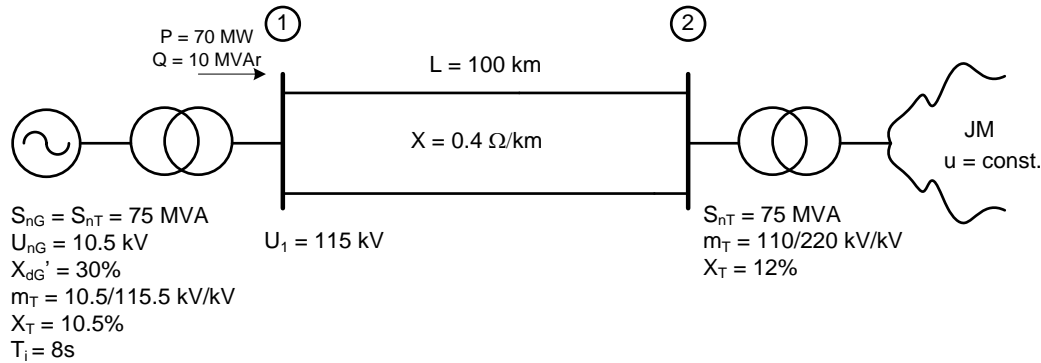


### Zadatak 14.

U sistemu koji je jednofazno prikazan na slici, jednovremeno se isključuju (bez prethodnog kvara) oba voda. Odrediti maksimalno vrijeme poslije koga treba ponovo uključiti oba voda kako bi se očuvala tranzijentna stabilnost sistema.



### Rješenje:

Parametri sistema, svedeni na 110 kV su:

$$X_{GT} = \frac{30 + 10.5}{100} \frac{115.5^2}{75} = 72 \text{ } \Omega$$

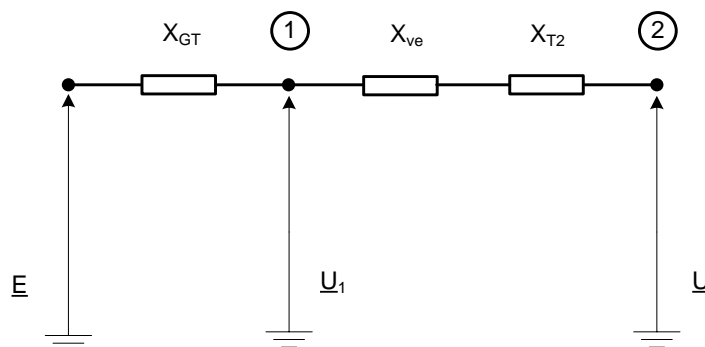
$$X_{Ve} = \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot 100 = 20 \text{ } \Omega$$

$$X_{T2} = \frac{12}{100} \frac{110^2}{75} = 19.36 \text{ } \Omega$$

Kako bi provjerili tranzijentnu stabilnost sistema potrebno je posmatrati sve režime u kojima se sistem nalazi.

### Normalni režim

Zamjenska šema sistema u normalnom režimu je:



Na početku, potrebno je izračunati elektromotornu silu generatora:

$$\underline{E} = U_1 + \frac{Q X_{GT}}{U_1} + j \frac{P X_{GT}}{U_1} = 128.94 [19.87^\circ] \text{ kV}$$

Napon jake mreže je:

$$\underline{U} = U_1 - \frac{Q(X_{Ve} + X_{T2})}{U_1} - j \frac{P(X_{Ve} + X_{T2})}{U_1} = 114.12[-12.11^\circ \text{ kV}]$$

Sada je fazni stav između elektromotorne sile generatora i napona jake mreže:

$$\delta_0 = 19.87 + 12.11 = 31.98^\circ = 0.558 \text{ rad}$$

Kriva snaga-ugao u normalnom režimu je:

$$P_g = \frac{128.94 \cdot 114.12}{111.36} \sin \delta = 132.13 \sin \delta$$

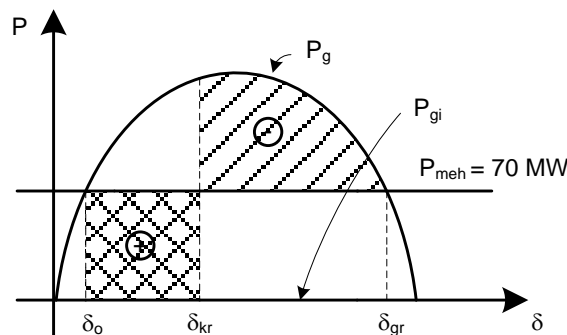
### **Havarijski režim**

Kako su oba voda isključena, nema prenosa snage od generatora do jake mreže, pa je  $P_{gk} = 0$ .

### **Posthavarijski režim**

Nakon uključanja oba voda, konfiguracija sistema odgovara normalnom radnom režimu, tako da kriva snaga-ugao iz posthavarijskog odgovara krivoj snaga-ugao iz normalnog režima.

Sada su krive-snaga ugao sa odgovarajućim površinama ubrzanja i usporenja:



Za određivanje kritičnog vremena uključanja neophodno je odrediti granični ugao  $\delta_{gr}$  kao:

$$\delta_{gr} = 180^\circ - \delta_0 = 148.02^\circ = 2.58 \text{ rad}$$

Izjednačavanjem površina ubrzanja i usporenja dolazi se do vrijednosti kritičnog ugla  $\delta_{kr}$ :

$$\begin{aligned} P_+ &= P_- \\ \int_{\delta_0}^{\delta_{kr}} P_{meh} d\delta &= \int_{\delta_{kr}}^{\delta_{gr}} (P_g - P_{meh}) d\delta \\ \int_{\delta_0}^{\delta_{kr}} 70 d\delta &= \int_{\delta_{kr}}^{\delta_{gr}} (132.13 \sin \delta - 70) d\delta \\ 70\delta_{kr} - 70\delta_0 &= 132.13 \cos \delta_{kr} - 132.13 \cos \delta_{gr} - 70\delta_{gr} + 70\delta_{kr} \end{aligned}$$

$$132.13 \cos \delta_{kr} = 29.71$$

$$\delta_{kr} = 77^\circ$$

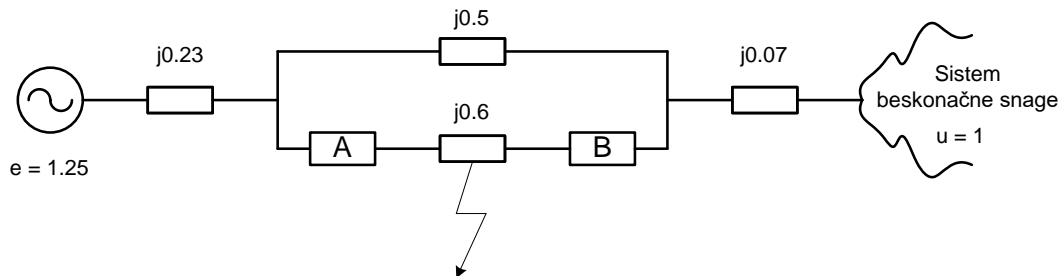
Tada je kritično vrijeme uključenja vodova:

$$t_{kr} = \sqrt{\frac{T_i S_{ng} (\delta_{kr} - \delta_0)}{9000 P_{meh}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 75 \cdot (77 - 31.98)}{9000 \cdot 70}} = 0.207 \text{ s}$$

Zaključuje se da ukoliko vrijeme koje protekne do ponovnog uključenja voda bude manje ili jednako od 0.207 s, sistem će biti tranzijentno stabilan.

### Zadatak 15.

Zamjenska šema sistema sa parametrima u relativnim jedinicama data je na slici. Na sredini voda, između prekidača A i B došlo je do dvopolnog kratkog spoja. Generator je prije kvara bio opterećen nominalnom jediničnom snagom. Ispitati tranzijentnu stabilnost generatora. Pretpostaviti da su sve reaktanse inverznog redosljeda jednake njihovim vrijednostima iz direktnog redosljeda.



### Rješenje:

Posmatra se jednačina za unutrašnju snagu generatora:

$$P_g = \frac{E_g^2}{Z_{gg}} \sin \psi_{gg} + \frac{E_g U_{mr}}{Z_{gmr}} \sin(\delta_{gmr} - \psi_{gmr})$$

Kako je impedansa mreže čisto reaktivna, zaključuje se da važi  $\psi_{gg} = 0^\circ$  i  $\psi_{gmr} = 0^\circ$  pa se prethodna jednačina svodi na:

$$P_g = \frac{E_g U_{mr}}{Z_{gmr}} \sin \delta_{gmr}$$

Kako bi se ispitala tranzijentna stabilnost generatora, neophodno je posmatrati sva tri radna režima u kojima se sistem nalazi.

#### Normalni režim

Transfer impedansa između generatora i jake mreže u normalnom režimu je:

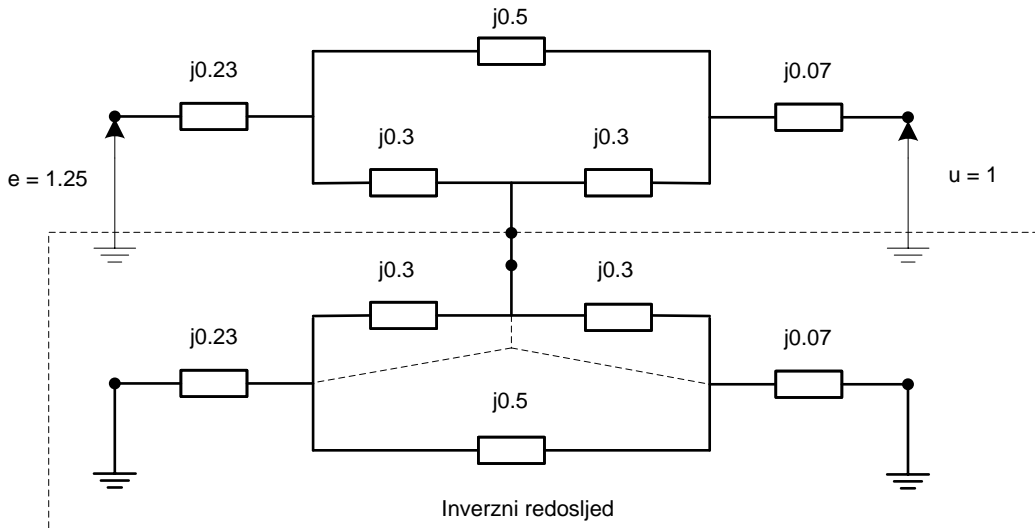
$$\underline{Z}_{gmr} = j0.23 + j0.07 + \frac{j0.5 \cdot j0.6}{j0.5 + j0.6} = j0.573$$

pa je kriva snaga-ugao u normalnom režimu:

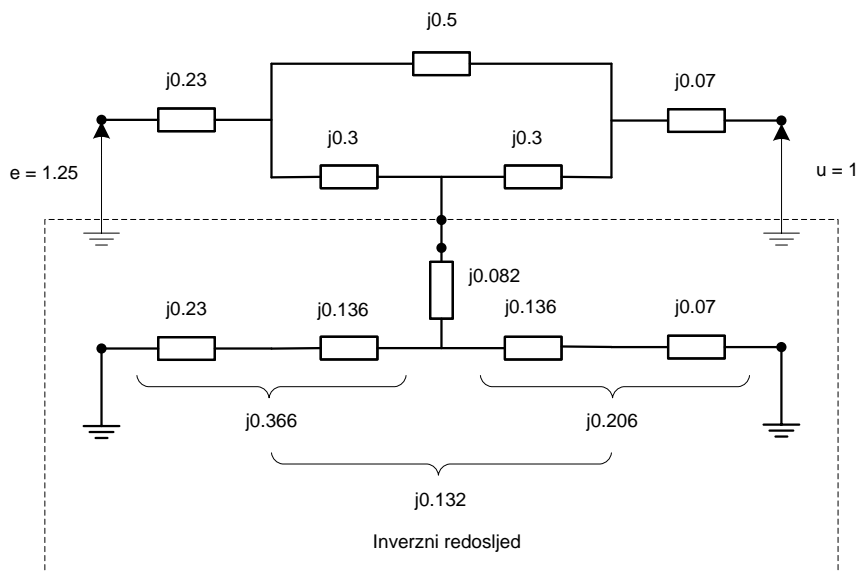
$$P_g = \frac{1.25 \cdot 1}{0.573} \sin \delta_{gmr} = 2.18 \sin \delta_{gmr}$$

#### Havarijski režim

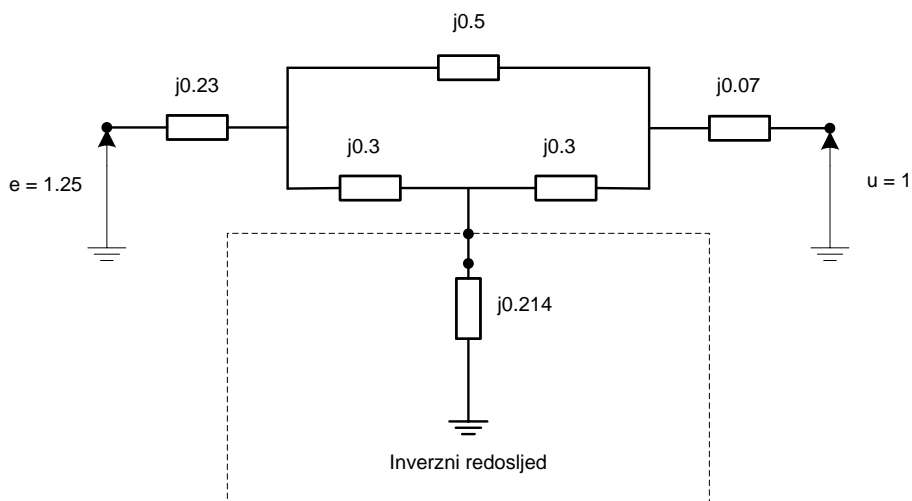
Kako se radi o dvopolnom kratkom spoju, potrebno je posmatrati ekvivalentnu zamjensku šemu koja predstavlja paralelnu vezu šema direktnog i inverznog redosljeda:



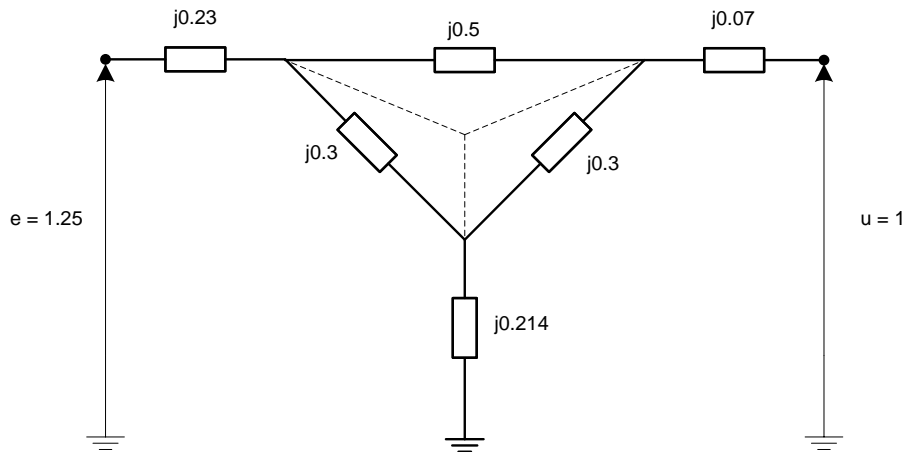
Transfiguracijom trougla u zvijezdu u zamjenskoj šemi inverznog redosljeda dolazi se do šeme:



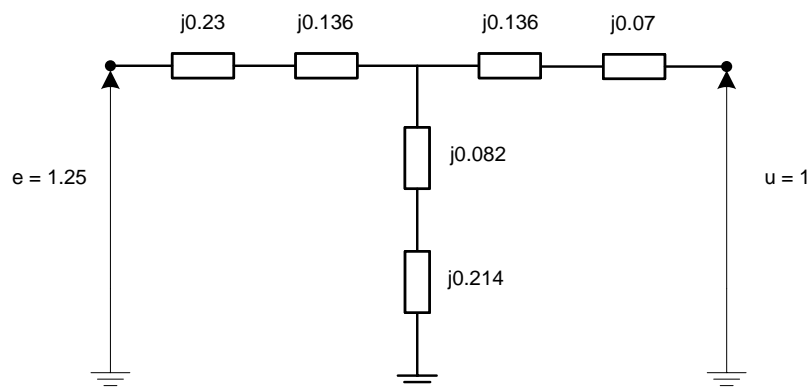
Nakon daljeg ekvivalentiranja dijela mreže koji odgovara inverznom redosljedu dobija se šema:



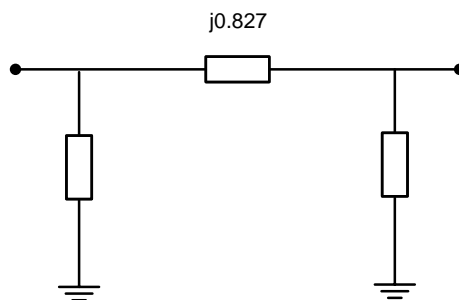
Kao što se uočava, inverzni redosljed je predstavljen impedansom inverznog redosljeda koja se vidi sa mjesta kvara. Dalja transformacija mreže analogna je simetričnim kratkim spojevima.



Uočava se trougao impedansi koji je potrebno transfigurirati u zvijezdu kako bi se odredila transfer impedansa između generatora i jake mreže u havarijskom režimu.



Daljom transformacijom zvijezde u trougao dolazi se do zamjenske šeme:



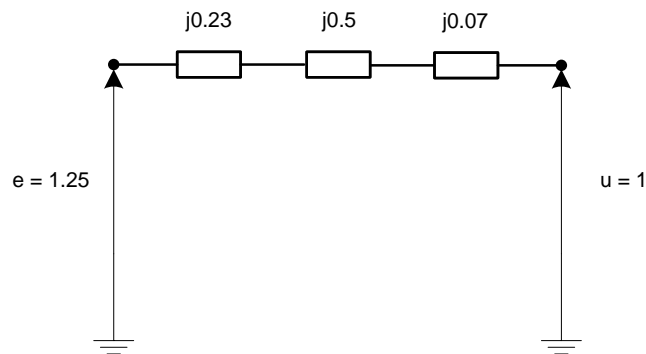
odakle je transfer impedansa  $\underline{Z}_{gmr} = j0.827$ .

Tada je kriva snaga-ugao u havarijskom režimu:

$$P_g = \frac{1.25 \cdot 1}{0.827} \sin \delta_{gmr} = 1.51 \sin \delta_{gmr}$$

### Posthvarijski režim

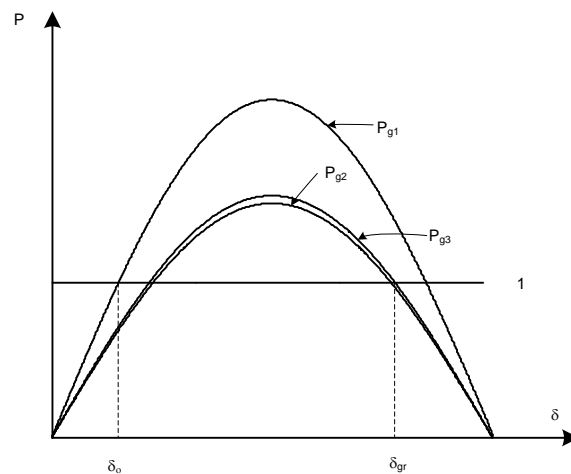
Nakon djelovanja zaštite, vod pogođen kvarom se isključuje iz sistema, pa je zamjenska šema:



Lako je uočiti da je transfer impedansa  $\underline{Z}_{gmr} = j0.8$ , pa je kriva snaga-ugao:

$$P_g = \frac{1.25 \cdot 1}{0.8} \sin \delta_{gmr} = 1.56 \sin \delta_{gmr}$$

Sada, karakteristike snaga-ugao u sva tri radna režima su:



Sa grafika je lako uočiti da u havarijskom režimu ne dolazi do prekida prenosa snage. Štaviše, ne postoji velika razlika između posthvarijskog i havarijskog režima. Takođe, posmatrajući grafik, zaključuje se da će sistem i u havarijskom režimu ostati u stabilnom radu (uočljivo je da je površina ubrzanja mnogo manja u odnosu na površinu usporenja, ali je zbog prisutne nesimetrije potrebno vod pogođen kvarom isključiti iz mreže u najkraćem roku).