

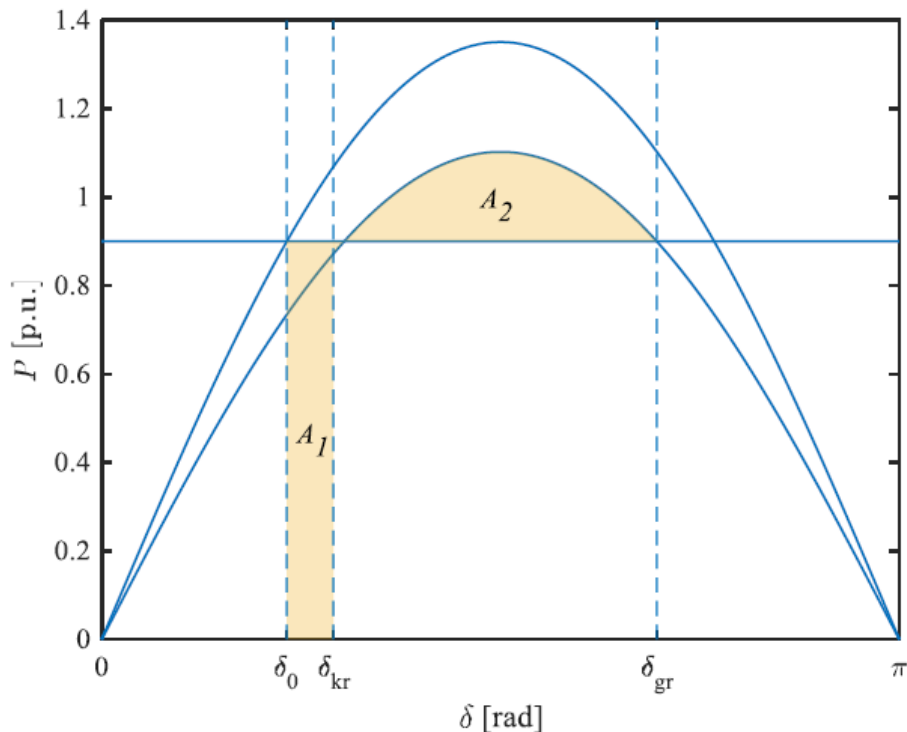
Metod jednakih površina i numeričko rješavanje jednačine njihanja

Posmatra se sistem u kojem je sinhroni generator, putem transformatora i dva paralelna dalekovoda, priključen na sabirnice jake mreže. Iz normalnog pogona, na početku jednog od dalekovoda dolazi do trolejnog kratkog spoja, koji rezultira isključenjem dalekovoda u kvaru. Krive snaga-ugao sinhronog generatora za normalni, havarijski i posthavarijski režim su:

$$\begin{aligned}P_{el}^n(\delta) &= 1,351 \sin\delta \\P_{el}^h(\delta) &= 0 \\P_{el}^{ph}(\delta) &= 1,1024 \sin\delta\end{aligned}$$

dok je mehanička snaga na osovini rotora $P_{meh} = 0,9$.

Primjena metoda jednakih površina za analizu tranzijentne stabilnosti podrazumijeva određivanje odgovarajućih površina ubrzanja i usporenja:



Početna ravnotežna tačka je opisana presjekom krive snaga-ugao iz normalnog pogona i prave mehaničke snage, tako da je:

$$\delta_0 = \arcsin \frac{0,9}{1,351} = 41,77^\circ = 0,73 \text{ rad}$$

Sa druge strane, granični ugao se određuje na osnovu presjeka krive snaga-ugao iz posthavarijskog režima i prave mehaničke snage, tako da je:

$$\delta_{gr} = \arcsin \frac{0,9}{1,1024} = 125,27^\circ = 2,19 \text{ rad}$$

Određivanje kritičnog ugla isključenja kvara sprovodi se na osnovu jednakosti površine ubrzanja A_1 i površine usporenja A_2 :

$$\int_{\delta_0}^{\delta_{kr}} P_{meh} d\delta = \int_{\delta_{kr}}^{\delta_{gr}} (P_M^{ph} \sin \delta - P_{meh}) d\delta$$

Rješavanjem prethodnih integrala dolazi se do jednačine oblika:

$$\cos \delta_{kr} = \frac{P_{meh}}{P_M^{ph}} (\delta_{gr} - \delta_0) + \cos \delta_{gr}$$

odakle je kritični ugao isključenja kvara $\delta_{kr} = 52,24^\circ = 0,91 \text{ rad}$. Kritično vrijeme isključenja kvara se tada određuje kao:

$$t_{kr} = \sqrt{\frac{2H(\delta_{kr} - \delta_0)}{\pi f P_{meh}}} = 0,086 \text{ s}$$

Kako bi ispitali da li metod jednakih površina rezultira preciznom procjenom kritičnog vremena isključenja kvara, diferencijalne jednačine njihanja rotora će biti riješene numerički za različito vrijeme trajanja kvara. Podsjećanja radi, jednačina njihanja rotora sinhronog generatora je oblika:

$$\frac{H}{\pi f} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_{meh} - P_{el}(\delta)$$

Zamjenom brojnih vrijednosti u prethodnu relaciju, jednačina njihanja rotora sinhronog generatora u havarijskom režimu ima oblik:

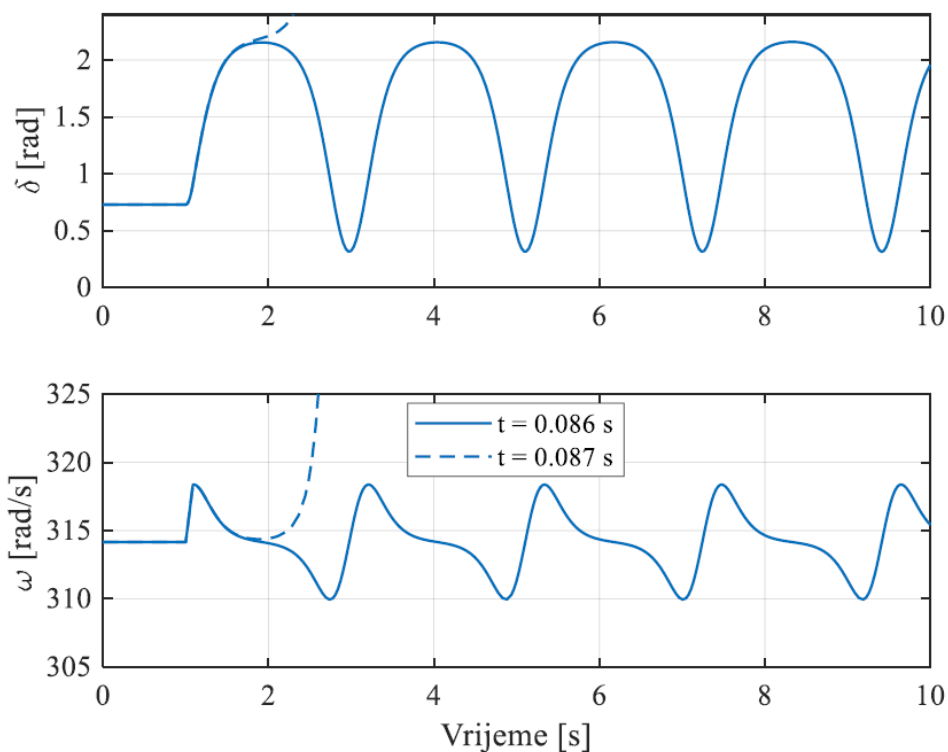
$$0,0186 \frac{d^2 \delta}{dt^2} = 0,9$$

dok je njen oblik u posthavarijskom režimu:

$$0,0186 \frac{d^2 \delta}{dt^2} = 0,9 - 1,1024 \sin \delta$$

Prilikom rješavanja prve jednačine njihanja, kao početna vrijednosti ugla δ u trenutku t_0 se koristi vrijednost δ_0 koja odgovara radnoj tački generatora u normalnom režimu. Sa druge strane, prilikom rješavanja jednačine njihanja iz posthavarijskog režima, za početnu vrijednost ugla δ se koristi njegova vrijednost u trenutku isključenja kvara.

Vremenske promjene ugla δ i brzine obrtanja rotora generatora za slučaj dva različita vremena isključenja kvara su:



Kao što se uočava, u slučaju graničnog vremena isključenja kvara, sistem je tranzijentno stabilan. U odsustvu prigušenja, oscilacije brzine i ugla rotora se nastavljaju i nakon otklanjanja kvara. Tokom oscilacija, ugao rotora dostiže maksimalnu vrijednost od 2,16 *rad*, što je približno vrijednosti graničnog ugla. Sa druge strane, neznatnim povećanjem vremena isključenja kvara, generator ispada iz sinhronizma i rotor počinje nekontrolisano da ubrzava.