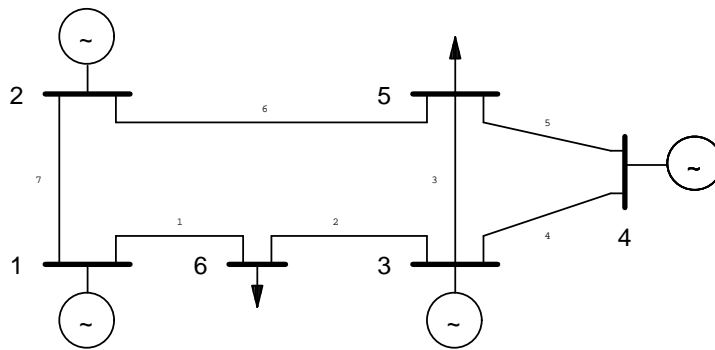


EEL 7101- Dinâmica e Controle de Sistemas de Potência

Efeitos de Sinais Estabilizadores em Sistema Multimáquinas

Considere o sistema de potência cujo diagrama unifilar é apresentado abaixo. Os dados da condição de operação e de linhas e transformadores estão no arquivo 4MBL.DAD disponibilizado abaixo. Os dados de máquina e controladores são fornecidos a seguir. A saturação e os efeitos de reguladores de velocidade são desprezados para todas as máquinas.



- Máquina 1:

- Modelo de 3a. ordem, com os seguintes parâmetros (resistências e reatâncias em pu, em base comum com o resto do sistema; constantes de tempo em segundos):

$$\begin{aligned} R_a &= 0,0 & x'_d &= 0,093 & x_q &= 0,90 & x_d &= 0,95 \\ H &= 8,2 & D &= 0,0 & T'_{do} &= 6,2 \end{aligned}$$

- Sistema de excitação do tipo 4 (ver diagrama de blocos da documentação do programa MULTSTAB), com os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} K_A &= 50,0 & T_A &= 0,12 & V_{Max} &= -10,0 & V_{Min} &= -10,0 \\ \mu_S &= 0,03 & T_{Se} &= 1,0 & XV_{Max} &= 10,0 & XV_{Min} &= -10,0 \\ T_1 &= T_2 = T_4 = T_{sen} = T_{M1} = T_{M2} = T_{M3} = T_{M4} = 0,0 \end{aligned}$$

- Máquina 2:

- Modelo de 3a. ordem, com os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} R_a &= 0,0 & x'_d &= 0,179 & x_q &= 1,68 & x_d &= 1,75 \\ H &= 4,3 & D &= 0,0 & T'_{do} &= 5,2 \end{aligned}$$

- Sistema de excitação do tipo 4, com os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} K_A &= 50,0 & T_A &= 0,12 & V_{Max} &= -10,0 & V_{Min} &= -10,0 \\ \mu_S &= 0,03 & T_{Se} &= 1,0 & XV_{Max} &= 10,0 & XV_{Min} &= -10,0 \\ T_1 &= T_2 = T_4 = T_{sen} = T_{M1} = T_{M2} = T_{M3} = T_{M4} = 0,0 \end{aligned}$$

- Máquina 3:

- Modelo de 3a. ordem, com os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} R_a = 0,0 \quad x'_d = 0,114 \quad x_q = 0,80 \quad x_d = 0,825 \\ H = 6,3 \quad D = 0,0 \quad T'_{do} = 4,8 \end{aligned}$$

- Sistema de excitação do tipo 4, com os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} K_A = 50,0 \quad T_A = 0,12 \quad V_{Max} = -10,0 \quad V_{Min} = -10,0 \\ \mu_S = 0,03 \quad T_{Se} = 1,0 \quad XV_{Max} = 10,0 \quad XV_{Min} = -10,0 \\ T_1 = T_2 = T_4 = T_{sen} = T_{M1} = T_{M2} = T_{M3} = T_{M4} = 0,0 \end{aligned}$$

- Máquina 4 (Máquina de inércia infinita):

- Modelo de 2a. ordem, com inércia tendendo a infinito (por exemplo, $H = 9999$), resistências e reatâncias nulas¹, $T'_{do} = 0,0$, $D = 0,0$.

a) Usando o programa MULTSTAB, investigue o efeito de um curto-circuito na linha 1, próximo à barra 6, aplicado em $t = 0,0$ s e eliminado em $t = 0,25$ s, sem a abertura da linha. Perturbações iniciais em ângulo ou velocidade também podem ser investigadas.

Analise o comportamento da resposta do sistema às perturbações, particularmente no que se refere ao amortecimento das oscilações. Tire suas conclusões a partir das curvas de ângulo das máquinas e de suas velocidades. Observe também o comportamento da tensão de excitação durante o transitório.

b) A linearização do modelo do sistema multimáquinas em torno do ponto de operação considerado fornece as seguintes matrizes K_1, \dots, K_6 do modelo de Heffron-Phillips generalizado:

$$\begin{aligned} K_1 = \begin{bmatrix} 4,894 & -0,789 & -0,572 \\ -0,659 & 3,396 & -0,107 \\ -0,869 & -0,234 & 4,274 \end{bmatrix} & \quad K_2 = \begin{bmatrix} 4,770 & -0,816 & -0,445 \\ -0,716 & 3,362 & -0,032 \\ -0,998 & -0,240 & 4,518 \end{bmatrix} \\ K_3 = \begin{bmatrix} 0,198 & -1,203 & -0,976 \\ -0,687 & 0,164 & -2,874 \\ -0,845 & -4,739 & 0,197 \end{bmatrix} & \quad K_4 = \begin{bmatrix} 4,049 & -0,677 & -0,781 \\ -1,153 & 5,271 & -0,273 \\ -0,868 & -0,142 & 2,851 \end{bmatrix} \\ K_5 = \begin{bmatrix} 0,275 & -0,035 & 0,093 \\ 0,024 & 0,143 & 0,037 \\ 0,055 & -0,018 & 0,240 \end{bmatrix} & \quad K_6 = \begin{bmatrix} 0,404 & 0,017 & 0,241 \\ 0,105 & 0,239 & 0,116 \\ 0,130 & 0,005 & 0,376 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Projete sinais estabilizadores derivados da velocidade para as três máquinas “finitas” do sistema usando os elementos diagonais das matrizes K_1, \dots, K_6 de modo que cada sinal estabilizador produza um amortecimento dado por $\zeta_{equiv} = 0,3$. Considere que a função de transferência de cada estabilizador é da forma:

$$ESP_i(s) = K_{ESP_i} \left(\frac{1 + s T_{1i}}{1 + s T_{2i}} \right)^2$$

com $T_{2i} = 0,01$ s, $i = 1, 2, 3$. Desconsidere o bloco tipo “washout” para todos os estabilizadores.

Simule novamente o sistema usando MULTSTAB, levando agora em conta os estabilizadores. Verifique se os efeitos esperados sobre os estabilizadores são obtidos. Discuta os resultados obtidos.

¹Com exceção de x'_d , cujo valor deve ser considerado muito pequeno, p. ex, 0.001 pu.