

EEL 7100 - Operação de Sistemas de EE

Lista de Exercícios sobre Estabilidade

1. Os dados abaixo são referentes a um turbogerador:

Potencia nominal de saída = 85.000 kw a $\cos \varphi = 0,85$;

Tensão nominal = 13.200 volts

Velocidade nominal = 1.800 rpm

Momento de inércia = 859.000 *libras – pés²*

Número de polos = 4

Frequência nominal = 60 Hz.

Calcule as seguintes quantidades:

- Energia cinética em MJ (mega-joules) à velocidade nominal;
 - Constante de inércia H;
 - Constante de inércia M em MJ-seg/rad.
 - M em p.u. de *MW – seg²/graus elétricos* (o valor de M assim expresso é algumas vezes referido como valor em p.u. de M).
2. Um gerador cuja a reatância transitória é igual a $0,37 p.u.$ está entregando uma corrente de $1,0 p.u.$ a $\cos \varphi = 0,91$ (atrasado) a uma barra infinita, através de um disjuntor. Se o disjuntor é subitamente aberto, quanto tempo ele pode ser mantido nesta situação antes do religamento sem que ocorra perda de sincronismo? Despreze o amortecimento, e considere $H = 2,5 s$ para a máquina sendo a tensão da barra infinita igual a $1,0 p.u.$
 3. Considere o sistema de energia elétrica da figura 0.1. Os parâmetros e valores nominais são: $S = 415 MVA$; $\cos \varphi = 0,90$; $x_L = 0,70 pu$; $x_t = 0,12 pu$; $x'_d = 0,30 pu$ e $H = 5,0 s$. Todas as retâncias estão em p.u. da potência nominal da máquina. Suponha que o sistema esteja operando em regime permanente com $V_t = 1,02 pu$, $V_\infty = 1,0 pu$ e fornecendo $343 MW$ à barra infinita. O que acontecerá com o comportamento dinâmico do sistema se a linha de transmissão **C** for subitamente desconectada nestas condições de operação?

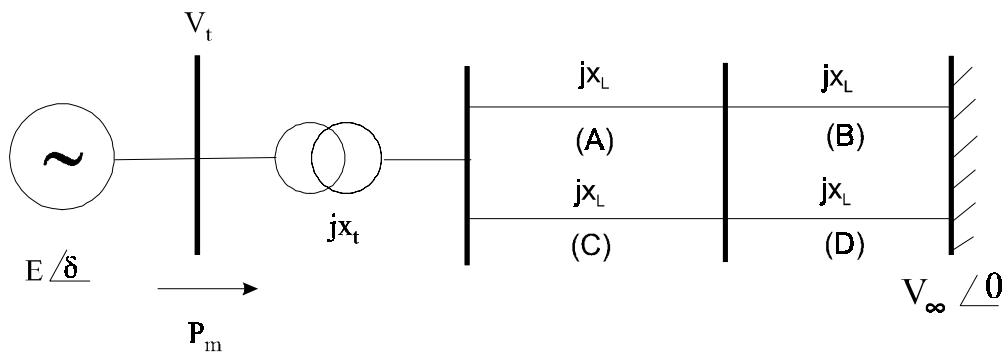


Figura 0.1: Sistema para Exercícios 3 e 4.

4. Considere novamente o sistema da figura 0.1. Suponha agora que a capacidade nominal do gerador é de 465 MVA , sendo os demais parâmetros do sistema iguais ao do problema anterior. Quanto à condição de operação, supõe-se que, em regime permanente, o sistema está fornecendo 290 MW à barra infinita, sendo os valores das tensões terminal da máquina e na barra infinita iguais aos do problema anterior. Um curto-circuito trifásico sólido ocorre na linha **A** próximo à barra 1, sendo eliminado pelo desligamento temporário da linha **A** após $0,05 \text{ s}$ de permanência do defeito. É possível que o sistema permaneça estável após o curto-circuito sem religamento da linha **A**? Caso isto não seja possível, qual o máximo ângulo de religamento da linha para que a estabilidade seja mantida?
5. Repita o problema anterior supondo agora tempos de permanência do defeito de:
 - a) $0,10 \text{ s}$;
 - b) $0,15 \text{ s}$.
6. Deseja-se fazer um estudo clássico de estabilidade para o sistema cujo diagrama unifilar, parâmetros e resultados de um caso base de fluxo de potência são mostrados nas figuras 0.2e 0.3. Os dados dos geradores estão na Tabela 0.1. Pede-se:
 1. Calcular as admitâncias "shunt" equivalentes para as cargas A, B e C ;
 2. Os módulos das tensões internas das máquinas do sistema e seus ângulos iniciais;

3. Supondo que a falta a ser estudada é um curto-circuito trifásico sólido no extremo da linha 5 – 7, próximo à barra 7, obtenha a matriz de admitância das barras para as condições antes da falta, durante e pós-falta (esta última considerando que a falta é eliminada pela abertura dos disjuntores da linha 5 – 7);
4. Supondo que, para as condições antes da falta, durante a falta e pós-falta, as matrizes de admitância das barras *após a redução às barras internas* são dadas conforme abaixo, calcular as potências mecânicas para as três máquinas do sistema, que serão utilizadas na integração das equações de oscilação;

$$Y_{antes\ da\ falta}^{red} = \begin{bmatrix} 0,846 - j2,988 & 0,287 + j1,513 & 0,210 + j1,226 \\ 0,287 + j1,513 & 0,420 - j2,724 & 0,213 + j1,088 \\ 0,210 + j1,226 & 0,213 + j1,088 & 0,277 - j2,368 \end{bmatrix}$$

$$Y_{durante\ a\ falta}^{red} = \begin{bmatrix} 0,657 - j3,816 & 0 + j0 & 0,07 + j0,631 \\ 0 + j0 & 0 - j5,486 & 0 + j0 \\ 0,07 + j0,631 & 0 + j0 & 0,174 - j2,796 \end{bmatrix}$$

$$Y_{pós-falta}^{red} = \begin{bmatrix} 1,181 - j2,229 & 0,138 + j0,726 & 0,191 + j1,079 \\ 0,138 + j0,726 & 0,389 - j1,953 & 0,199 + j1,229 \\ 0,191 + j1,079 & 0,199 + j1,229 & 0,273 - j2,342 \end{bmatrix}$$

5. Desprezando-se os amortecimentos, escrever as equações de oscilação das três máquinas, a serem integradas para se obter as curvas(ângulos de torque) x tempo, para cada uma das condições:
 1. Antes da falta;
 2. Durante a falta;
 3. Pós-falta.

Especificar os valores numéricos de cada um dos parâmetros e quantidades mantidas constantes (isto é, as potências mecânicas e tensões internas), deixando indicadas apenas as variáveis a serem integradas (δ_i e ω_i). Lembrar de também especificar as condições iniciais.

OBS: Para todos os itens, considerar uma base de 100 MVA. Todas as impedâncias de linhas e transformadores são especificadas nesta base.

Tabela 0.1: Dados dos Geradores

Dados	Ger. 1	Ger. 2	Ger. 3
MVA	247,5	192	128
KV	16,5	18	13,8
$\cos \varphi$	1,0	0,85	0,85
Tipo	Hidro	Vapor	Vapor
Veloc. (rpm)	180	3600	3600
x'_d (*)	0,0608	0,1198	0,1813
H (s) (**)	9,55	3,33	2,35

(*) Base de 100 MVA e KV da máquina
(**) Deve ser convertido para base comum

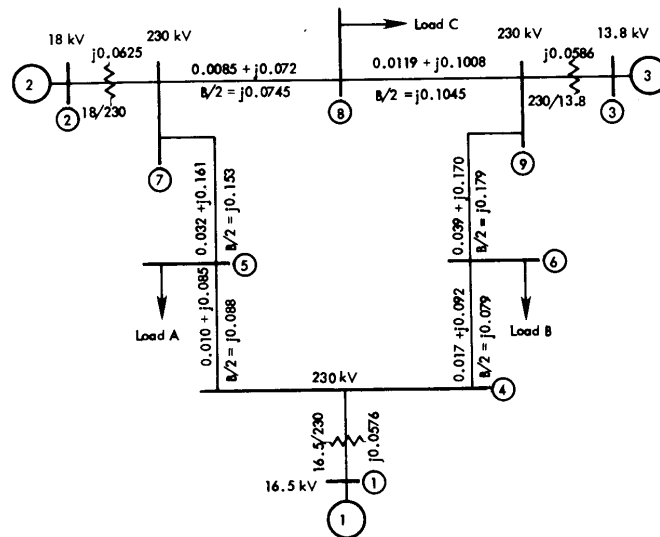


Figura 0.2: Diagrama unifilar para sistema do Problema 6.

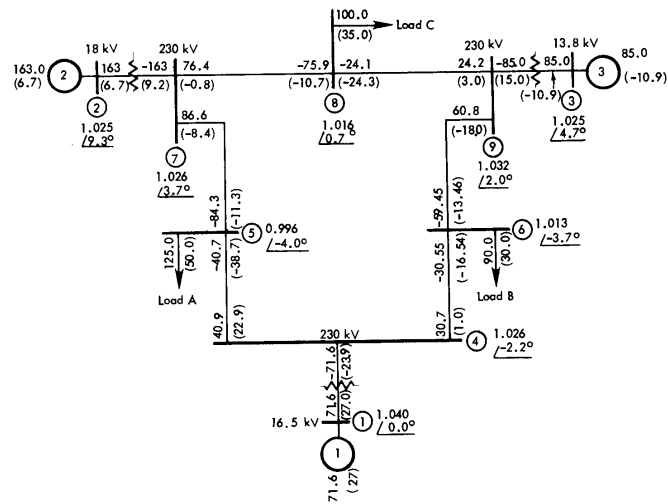


Figura 0.3: Resultados do estudo de fluxo de potência para sistema do Problema 6.