Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

LISTA DE EXERCÍCIOS PARA PROVA 2
2º Semestre 2019

Disciplina: TE984 – TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Professor(es): Dr. Alexandre Rasi Aoki

Questão 1: Uma linha de 230 kV possui as constantes generalizadas abaixo relacionadas. Ela alimenta uma carga passiva de 35 + j5 MVA com tensão de 220 kV no receptor. Pede-se:

a) (1 PONTO) Qual o valor da corrente na carga?
b) (1 PONTO) Qual o valor da tensão que deve ser mantida no transmissor?

Sabendo, que $\dot{A} = \dot{D} = 0{,}6068\measuredangle 6{,}79°$, $\dot{B} = 325{,}5115\measuredangle 79{,}98°$ e $\dot{C} = 1{,}991 \times 10^{-3}\measuredangle 92{,}98°$.

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

Solução:

a) Se $V_{2_{3\phi}} = 220kV$ então $\dot{V}_{2_{1\phi}} = \frac{220.10^3}{\sqrt{3}}\measuredangle 0° = 127{,}02.10^3\measuredangle 0°\ V$

Se $\dot{S}_{2_{3\phi}} = 35 + j5MVA$ então $\dot{S}_{2_{1\phi}} = 11{,}8\measuredangle 8{,}13° = 11{,}67 + j1{,}67MVA$

Como $\dot{S}_2 = \dot{V}_2.\dot{I}_2^{\,*}$ então $\dot{I}_2 = \left(\frac{\dot{S}_2}{\dot{V}_2}\right)^* = \left(\frac{11{,}8\measuredangle 8{,}13°}{127{,}02.10^3\measuredangle 0°}\right)^* = 92{,}8\measuredangle -8{,}13° A$

b) Seja

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}6068\measuredangle 6{,}79° & 325{,}5115\measuredangle 79{,}98° \\ 1{,}991 \times 10^{-3}\measuredangle 92{,}98° & 0{,}6068\measuredangle 6{,}79° \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} 127{,}02.10^3\measuredangle 0° \\ 92{,}8\measuredangle -8{,}13° \end{bmatrix}$$

Tem-se

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 93{,}9.10^3\measuredangle 23{,}75° \\ 254{,}92\measuredangle 80{,}25° \end{bmatrix}$$

Questão 2: Uma linha de transmissão da classe 230 kV tem um comprimento de 362 km e entrega no receptor uma potência de 150 MVA sob fator de potência de 0,9 indutivo com tensão de 200 kV entre fases e frequência de 60 Hz. Sabendo que os parâmetros elétricos da linha são $r = 0{,}107\ [\frac{\Omega}{km}]$, $L = 1{,}355\ [\frac{\text{mH}}{km}]$ e $C = 0{,}0085\ [\frac{\mu F}{km}]$. Calcule:

a) (1 PONTO) As constantes generalizadas do circuito pi nominal.
b) (2 PONTOS) A tensão no barramento do transmissor e a potência entregue à linha para o circuito pi.
c) (2 PONTOS) A regulação da tensão e o rendimento para o circuito pi.

Onde: Circuito Pi nominal: $\dot{A} = 1 + \frac{\dot{Z}.\dot{Y}}{2}$; $\dot{B} = \dot{Z}$; $\dot{C} = \dot{Y}.\left(1 + \frac{\dot{Z}.\dot{Y}}{4}\right)$; e $\dot{D} = \dot{A}$

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$Reg = \frac{100.(U_1 - U_2)}{U_2}$ e $\eta = 100.\frac{P_2}{P_1}$

Solução:

a) Seja $\dot{Z} = R + jX_L = (0{,}107 + j2\pi.60.1{,}355.10^{-3}).362 = 38{,}73 + j184{,}92 = 188{,}93\measuredangle 78{,}17°\ \Omega$

e $\dot{Y} = jB = j\omega C = j2\pi.60.0{,}0085.10^{-6}.362 = j1{,}16.10^{-3} = 1{,}16\measuredangle 90° mS$

Então $\dot{A}_1 = 1 + \frac{\dot{Z}.\dot{Y}}{2} = 0{,}89\measuredangle 1{,}44°$

$\dot{B}_1 = \dot{Z} = 188{,}93\measuredangle 78{,}17°$

$$\dot{C}_1 = \dot{Y}.\left(1 + \frac{\dot{Z}.\dot{Y}}{4}\right) = 1{,}1.10^{-3}\measuredangle 90{,}68°$$

$\dot{D}_1 = \dot{A}_1$

b) Se $V_{2_{3\phi}} = 200kV$ então $\dot{V}_{2_{1\phi}} = \frac{200.10^3}{\sqrt{3}}\measuredangle 0° = 115{,}47.10^3\measuredangle 0°\ V$

Se $\dot{S}_{2_{3\phi}} = 150\measuredangle\,\text{acos}(0{,}9)\ MVA$ então $\dot{S}_{2_{1\phi}} = 50\measuredangle 25{,}84° = 45 + j21{,}8MVA$

Como $\dot{S}_2 = \dot{V}_2.\dot{I}_2^{\ *}$ então $\dot{I}_2 = \left(\frac{\dot{S}_2}{\dot{V}_2}\right)^* = \left(\frac{50\measuredangle 25{,}84°}{115{,}47.10^3\measuredangle 0°}\right)^* = 433{,}01\measuredangle -25{,}84°A$

Seja

$$\begin{bmatrix}\dot{U}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0{,}89\measuredangle 1{,}44° & 188{,}93\measuredangle 78{,}17°\\ 1{,}1.10^{-3}\measuredangle 90{,}68° & 0{,}89\measuredangle 1{,}44°\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}115{,}47.10^3\measuredangle 0°\\ 433{,}01\measuredangle -25{,}84°\end{bmatrix}$$

Tem-se

$$\begin{bmatrix}\dot{U}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}166{,}92.10^3\measuredangle 23{,}8°\\ 350{,}93\measuredangle -5{,}26°\end{bmatrix}$$

Logo, $\dot{S}_1 = \dot{V}_1.\dot{I}_1^{\ *} = 166{,}92.10^3\measuredangle 23{,}8°.350{,}93\measuredangle -5{,}26°^* =$

$\dot{S}_1 = 58{,}6\measuredangle 29{,}06° = 51{,}2 + j28{,}48MVA$

c) $Reg = \frac{100.(U_1-U_2)}{U_2} = \frac{100.(166{,}92-115{,}47)}{115{,}47} = 44{,}56\%$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.100 = \frac{45}{51{,}2}.100 = 87{,}9\%$$

<u>Questão 3:</u> (3 PONTOS) Determinar para uma linha da classe de 138 kV, cujas constantes generalizadas seguem abaixo, a capacidade de compensação necessária para que a tensão no receptor, com a linha operando em vazio, não seja maior que 135 kV, quando no transmissor mantemos 138 kV.

$\dot{A}_1 = \dot{D}_1 = 0{,}816\measuredangle 4{,}35°$

$\dot{B}_1 = 227{,}2\measuredangle 72{,}3°$

$\dot{C}_1 = 15{,}7.10^{-4}\measuredangle 91{,}4°$

Sabendo que: $y'' = \frac{k-a'}{B}.sen\beta_B + \frac{a''}{B}.cos\beta_B$; $k = \frac{U_{10}}{U_{20}}$; $\dot{B}_1 = B\measuredangle\beta_B$; $\dot{A}_1 = a' + ja''$ e $Q_C = U^2.y''$. Por fim, calcular as constantes da linha compensada considerando que o modelo do compensador é $\begin{bmatrix}1 & 0\\ \dot{Y} & 1\end{bmatrix}$.

<u>Solução:</u>

Compensação em derivação será:

$$k = \frac{U_{10}}{U_{20}} = \frac{138}{135} = 1{,}02$$

$$\dot{Y} = \frac{1{,}02 - \dot{A}}{\dot{B}} = \frac{1{,}02 - 0{,}816\measuredangle 4{,}35°}{227{,}2\measuredangle 72{,}3°} = 9{,}48.10^{-4}\measuredangle -89°$$

Considerando $\dot{Y} = y' + jy'' = 1{,}66.10^{-5} - j9{,}48.10^{-4}$ então

$Q_C = y''.U_{3\emptyset}^{\ 2} = 9{,}48.10^{-4}.138.10^{3^2} = 18{,}05\ [MVAr]$

A linha compensada será:

$$\begin{bmatrix}\dot{U}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1 & 0\\ -j9{,}48.10^{-4} & 1\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}0{,}816\measuredangle 4{,}35° & 227{,}2\measuredangle 72{,}3°\\ 15{,}7.10^{-4}\measuredangle 91{,}4° & 0{,}816\measuredangle 4{,}35°\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}1 & 0\\ -j9{,}48.10^{-4} & 1\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}\dot{U}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\dot{U}_1\\ \dot{I}_1\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1{,}02\measuredangle -0{,}2° & 227{,}2\measuredangle 72{,}3°\\ 1{,}69.10^{-4}\measuredangle -84{,}24° & 1{,}02\measuredangle -0{,}2°\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}\dot{U}_2\\ \dot{I}_2\end{bmatrix}$$