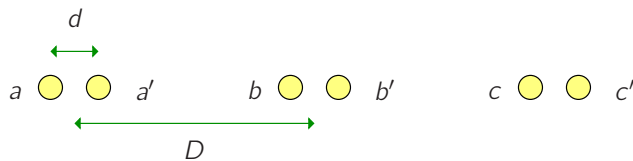


## Questão 1

/8,0

Considere a seguinte linha de transmissão trifásica, 60 Hz, composta por condutores ACSR Pheasant:



$$d = 45 \text{ cm}$$

$$D = 8 \text{ m}$$

$$\text{RMG} = 0,0466'$$

$$\text{Diâmetro externo} = 1,382''$$

Resistência desprezível

Condutância desprezível

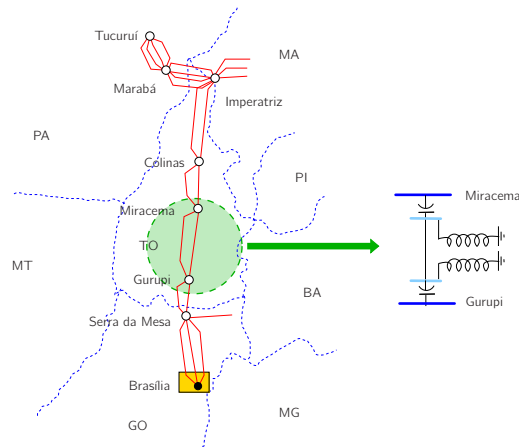
$$\text{Comprimento da linha } \ell = 160 \text{ km}$$

- (a) (1,0) Calcule a reatância indutiva total por fase da linha.
- (b) (1,0) Calcule a reatância capacitiva total por fase da linha.
- (c) (1,0) O que aconteceria com o valor da reatância capacitiva por fase do item (b) caso o efeito do solo tivesse sido considerado?
- (d) (1,0) Determine a impedância característica e a constante de propagação da linha.
- (e) (1,0) Uma carga trifásica de 120 MVA, fator de potência unitário, é conectada ao final da linha e é alimentada em 220 kV. Calcule a potência aparente trifásica entregue no início da linha e o fator de potência visto do início da linha.
- (f) (1,0) Calcule a tensão no final da linha caso a carga seja desconectada e a tensão no início da linha seja mantida no valor obtido no item (e).
- (g) (1,0) Obtenha o modelo  $\pi$ -nominal (para linha média) da linha.
- (h) (1,0) Considerando as tensões terminais da linha do item (e) e uma abertura angular máxima de  $35^\circ$ , estime o limite de estabilidade estática da linha. Sabendo que o limite térmico da linha é de 500 MW, determine o limite mais restritivo.

## Questão 2

/2,0

- (a) (0,5) Forneça os significados de  $D_{eq}$  (*Distância média geométrica – DMG*) e  $D_s$  (*Raio médio geométrico – RMG*) que aparecem na expressão da indutância de uma linha de transmissão.
- (b) (0,5) A reatância indutiva de uma linha por unidade de comprimento pode ser dada por  $X_L = X_a + X_d$ , em que  $X_a$  é a reatância indutiva para espaçamento unitário e  $X_d$  é o fator de espaçamento da reatância indutiva.  $X_a$  e  $X_d$  são tabelados. Explique o que é o fator de espaçamento.
- (c) (0,5) O que é uma linha de transmissão trifásica transposta?
- (d) (0,5) A figura a seguir mostra a interligação entre as regiões Norte e Sul do Brasil, feita através de linhas de transmissão de 500 kV. Em particular, ressalta-se o trecho Gurupi-Miracema. Explique o papel dos reatores e capacitores que são conectados à linha de transmissão.



### Informações relevantes

Indutância por fase:  $L = 2 \cdot 10^{-7} \ln (D_{eq}/D_s^b)$  H/m

Capacitância por fase:  $C = (2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}) / \ln (D_{eq}/D_{sc}^b)$  F/m

$D_{eq}$  – espaçamento equilátero equivalente

$D_s^b$  e  $D_{sc}^b$  – RMG para condutores compostos

1 milha – 1609 m

1 pé – 0,3048 m

1 polegada – 0,0254 m

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \gamma \ell & Z_c \sinh \gamma \ell \\ \frac{1}{Z_c} \sinh \gamma \ell & \cosh \gamma \ell \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

$S$  – sending bus,  $R$  – receiving bus

$$\begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh \gamma \ell & -Z_c \sinh \gamma \ell \\ -\frac{1}{Z_c} \sinh \gamma \ell & \cosh \gamma \ell \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix}$$

$S$  – sending bus,  $R$  – receiving bus

$$\gamma = \sqrt{ZY} \quad Z_c = \sqrt{Z/Y}$$

$z$  – impedância série por unidade de comprimento

$y$  – admitância *shunt* por unidade de comprimento

$$\cosh(a + jb) = \cosh a \cos b + j \sinh a \sin b$$

$$\sinh(a + jb) = \sinh a \cos b + j \cosh a \sin b$$