

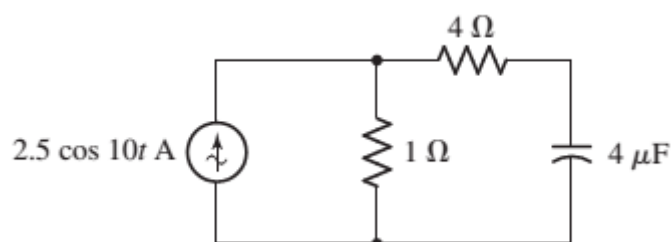
## LISTA DE EXERCÍCIOS 1

### TE158 – OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

#### ENGENHARIA ELÉTRICA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Tópicos: Revisão de potência e análise nodal, cálculo de fluxo em linhas de transmissão, montagem da matriz de admitância, cálculo de fluxo linearizado

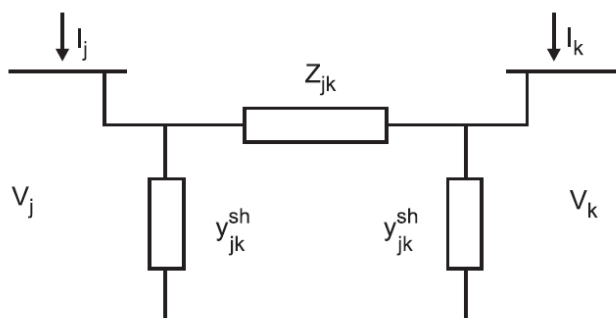
- 1) Assumindo que não há transitórios presentes, calcule a potência absorvida por cada elemento mostrado no circuito abaixo, em  $t=0$ , 10 e 20ms. (Exercício de revisão)



- 2) Com base nas quatro equações estáticas do fluxo de carga, em um sistema elétrico em alta tensão e em corrente alternada senoidal, considere as seguintes afirmativas (COPEL SEP, 2005):
- A potência ativa flui no sentido da tensão em atraso para a tensão em avanço.
  - A potência reativa flui no sentido da tensão com módulo maior para a tensão com módulo menor.
  - A impedância é a responsável pelo defasamento angular entre as tensões adjacentes.

Assinale as alternativas corretas:

- Somente a afirmativa I é verdadeira.
  - Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
  - Somente a afirmativa II é verdadeira.
  - Somente a afirmativa III é verdadeira.
  - Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- 3) Considere o sistema apresentado abaixo (ELETROBRAS, 2010):



Onde:  $I_j, I_k$  - Corrente injetada na barra j e k, respectivamente (A);

$V_j, V_k$  - Tensão nodal da barra j e k, respectivamente (V);

$Z_{jk}$  - Impedância entre a barra j e a barra k (ohm);

$y_{jk}^{sh}$  - Admitância shunt (S).

A relação entre a corrente injetada e a tensão nas barras desse sistema pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$\begin{bmatrix} I_j \\ I_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_j \\ V_k \end{bmatrix}$$

Os valores de A, B, C e D são, respectivamente:

a)  $\left( Z_{jk} + \frac{1}{y_{jk}^{sh}} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( Z_{jk} + \frac{1}{y_{jk}^{sh}} \right)$

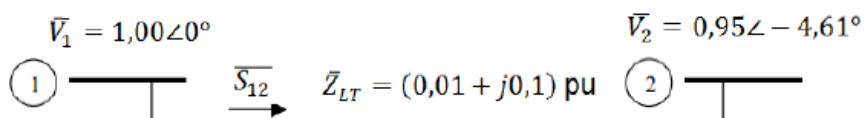
b)  $\left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right), \left( \frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( \frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right)$

c)  $\left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right), \left( \frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right)$

d)  $\left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} - y_{jk}^{sh} \right)$

e)  $\left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( -\frac{1}{Z_{jk}} \right), \left( \frac{1}{Z_{jk}} + y_{jk}^{sh} \right)$

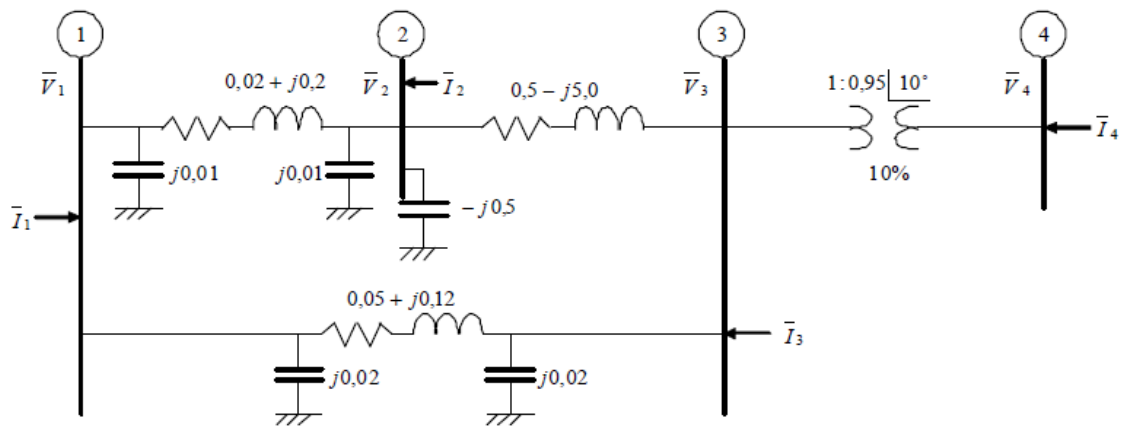
- 4) Dados os valores dos fasores de tensão nas barras 1 e 2 e a impedância das linhas de transmissão na figura abaixo, determine o fluxo de potência ativa e reativa que flui nos dois sentidos da linha e as perdas ativas da mesma.



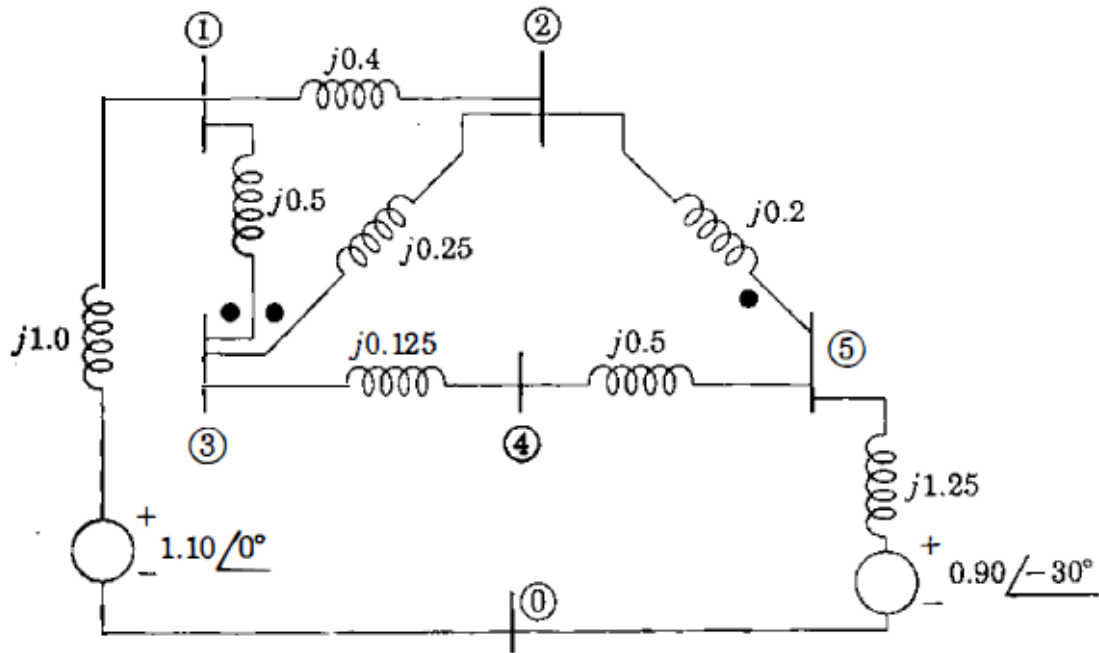
- 5) Considere um sistema constituído de três barras e três linhas de transmissão, cujos dados, em p.u. estão tabelados a seguir:

Linha	r	x	b <sup>sh</sup>
1 – 2	0,10	1,00	0,05
1 – 3	0,20	2,00	0,10
2 – 3	0,10	1,00	0,05

- a) Montar a matriz admitância de barras Y, tomando o nó terra como referência;  
 b) Colocar a matriz Y na forma  $Y = G + j B$ , em que G é a matriz condutância nodal e B é a matriz susceptância nodal.  
 c) Alteração provocada na matriz Ybarra com a inserção de um banco de capacitor com susceptância de 0,2pu  
 6) Sabendo que os dados do circuito de 4 barras e 4 ramos (3 linhas e 1 transformador defasador com relação não nominal) da figura XX estão em grandezas normalizadas (pu), determine o solicitado:



- a) As expressões das injeções de corrente obtidas com a aplicação da Primeira Lei de Kirchhoff;  
 b) A matriz admitância;  
 c) Sabendo que os fasores tensões das barras são  $\bar{V}_1 = 1 \angle 0^\circ$ ,  $\bar{V}_2 = 0,95 \angle -5^\circ$ ,  $\bar{V}_3 = 0,97 \angle -5^\circ$  e  $\bar{V}_4 = 1,0 \angle 5^\circ$ , determinar as injeções de corrente nas barras;  
 d) Para as mesmas tensões do item anterior, determinas as injeções de potência nas barras e as perdas na rede de transmissão.  
 7) Determine a matriz de admitância (Y) para o circuito abaixo. Considere que não há acoplamento mútuo entre nenhum dos ramos. Os valores apresentados são tensões e impedância em grandezas normalizadas (pu).



- 8) Considere uma linha de transmissão  $k - m$  cujos parâmetros do modelo equivalente  $\pi$  são:  $r_{km}=0,1$  pu,  $x_{km}=1,0$  pu e  $b_{km}^{sh}=0,05$  pu. As magnitudes das tensões das barras terminais são  $V_k=1,0$  pu e  $V_m=0,98$  pu; a abertura angular na linha é  $\theta_{km}=15^\circ$ . Calcule o fluxo de potência ativa  $P_{km}$  através do modelo linearizado (CC).

- 9) Considere o sistema de 4 barras, cujos dados encontra-se na figura e nas tabelas que seguem. Utilizando o modelo linearizado, determinar o estado da rede e a distribuição de fluxos no sistema. Indique os fluxos no diagrama unifilar e confira o balanço de potência em cada barra.

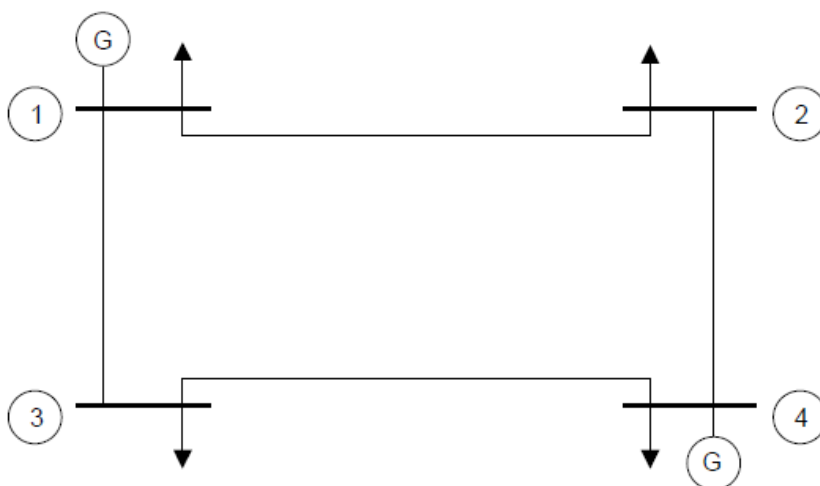


Tabela V.1 – Dados das linhas.

Linha	Impedância série	
	$r$ [pu]	$x$ [pu]
1-2	0,01008	0,05040
1-3	0,00744	0,03720
2-4	0,00744	0,03720
3-4	0,01272	0,06360

Tabela V.2 – Dados das barras.

Barra	$V$ [pu]	$\theta$ [graus]	Geração		Carga	
			P [MW]	Q [Mvar]	P [MW]	Q [Mvar]
1	1,00	0	–	–	50	30,99
2	–	–	0	0	170	105,35
3	–	–	0	0	200	123,94
4	1,02	–	318	–	80	49,58

- 10) Considere a rede da na figura que segue, na qual o ângulo de referência é  $\theta_1=0$ . Calcule o fluxo de potência nas linhas através do método linearizado.

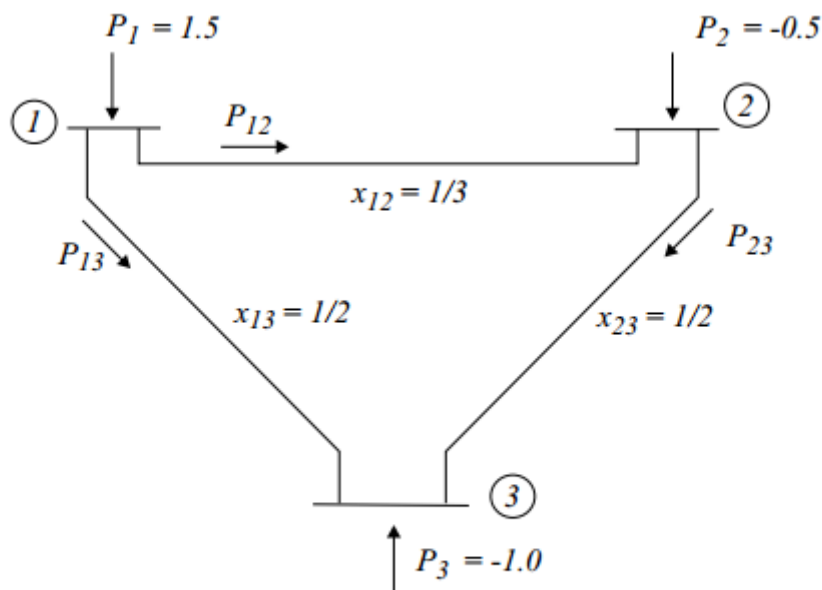


Figure 6.7. 3-bus network. (Active power in p.u.; branch reactances in p.u.)

- 11) Determine as expressões de fluxo de potência em transformadores reguladores “em fase” e defasadores a partir das expressões de correntes deduzidas em sala de aula.

**Exercícios extraídos e adaptados das seguintes referências:**

GRAINGER, John J.; STEVENSON, William D. Power system analysis. New York: McGraw-Hill, 1994.

HAYT Jr , W.H., KEMMERLY, J.E., DURBIN, S.M. Análise de Circuitos em Engenharia. Ed. Mc Graw Hill, 7ª. Ed., 2008.

Concurso ELETROBRAS, Engenheiro Eletricista, 2010.

Concurso COPEL, Engenheiro Eletricista Pleno – Sistemas Elétricos de Potência, 2005.

HAFFNER, Sergio. Análise de Sistemas de Potência. Material disponível em: < [http://slhaffner.phpnet.us/analise\\_see\\_1/analise1.html](http://slhaffner.phpnet.us/analise_see_1/analise1.html) >.