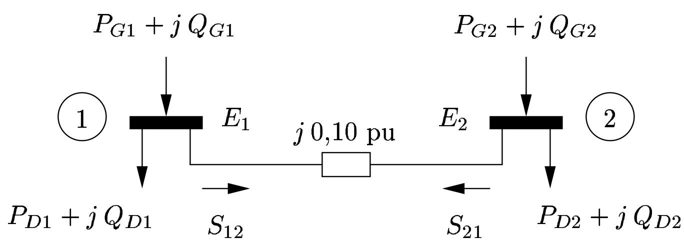
**2.1** Considerar o sistema mostrado a seguir.

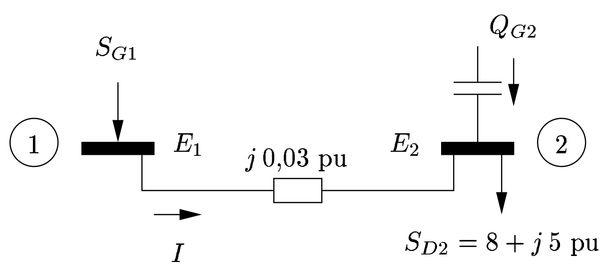



Sendo $V_1 = 1{,}1$ pu, $V_2 = 1$ pu, $P_{G1} = 0$, $P_{G2} = 6$ pu, $P_{D1} + j\,Q_{D1} = 5 + j\,3$ pu e $P_{D2} + j\,Q_{D2} = 1 + j\,1$ pu, determinar:

(a) os fluxos de potência $S_{12}$ e $S_{21}$.

(b) as potências reativas geradas $Q_{G1}$ e $Q_{G2}$.

**2.2** Considerar o sistema mostrado a seguir.




(a) Considerando um perfil plano de tensão, isto é, $V_1 = V_2 = 1$ pu, determinar $Q_{G2}$ e $S_{G1}$.

(b) Calcular as perdas de transmissão.

(c) Supondo que não há limites na geração de reativos $Q_{G2}$ e que o perfil plano de tensões seja mantido, determinar a máxima potência ativa que pode ser demandada pela carga e a potência reativa $Q_{G2}$ gerada nesta situação.

**2.3** Considerar o seguinte sistema de equações:

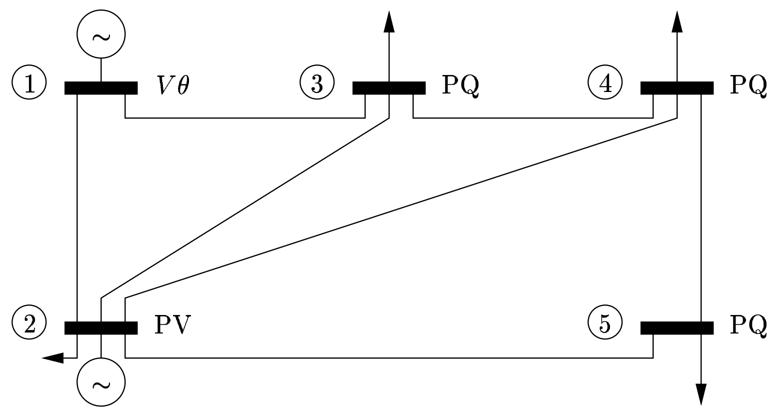
$$\begin{bmatrix} x_1 + x_2 \\ x_1 x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ 50 \end{bmatrix} \qquad \underline{x}(0) = \begin{bmatrix} 4 \\ 9 \end{bmatrix}$$

(a) Resolver sistema de equações pelo método de Newton para uma tolerância de $10^{-4}$.

(b) A partir da matriz Jacobiana, obter o conjunto de valores iniciais $(x_1, x_2)$ para os quais não ocorre a convergência. Obter os gráficos de $(x_1 \times x_2)$ para as duas equações e mostrar a região de valores iniciais para os quais não ocorre a convergência.

(c) Determinar o número total de possíveis soluções para o sistema de equações e estimar os valores iniciais para a obtenção de cada uma delas.

**2.4** Considerar a rede mostrada a seguir.

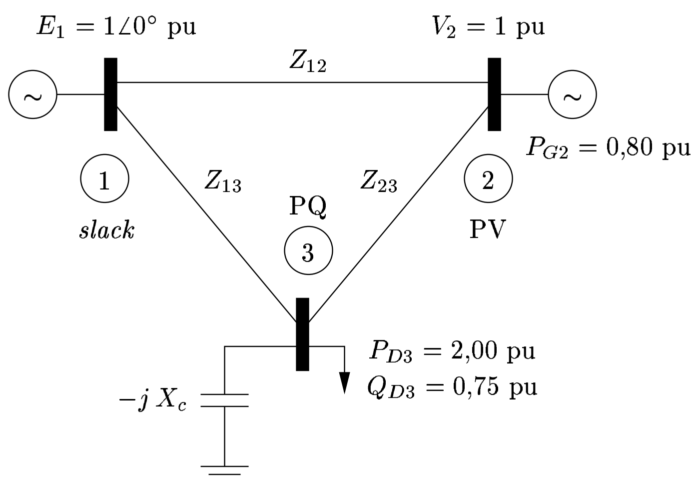



(a) Determinar o número de elementos não nulos da matriz admitância da rede.

(b) Calcular o grau de esparsidade da matriz admitância da rede.

(c) Montar o sistema de equações mínimo para a obtenção de todas as tensões (módulos e ângulos) da rede.

**2.5** Considerar a rede elétrica mostrada a seguir, em que $Z_{12} = Z_{13} = Z_{23} = 0{,}01 + j\,0{,}10$ pu e $X_c = 5{,}0$ pu.




Considerando a primeira iteração do método de Newton com inicialização *flat start* (magnitudes de tensão iguais a 1 pu e ângulos de fase iguais a zero), determinar:

(a) a matriz admitância nodal $Y$.

(b) o *mismatch* $\Delta P_2$.

(c) o *mismatch* $\Delta Q_3$.

(d) a matriz Jacobiana.

**2.6** Resolver pelo método de Newton as equações do fluxo de carga de uma rede de duas barras e uma linha cujos dados são fornecidos a seguir. Adotar uma tolerância de $0,0001$ pu para os mismatches de potência como critério de convergência.

| Barra | Tipo | $P$ | $Q$ | $V$ | $\theta$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $V\theta$ | – | – | $1,0$ | $0,0$ |
| 2 | PQ | $-0,30$ | $0,07$ | – | – |

| Linha | $r$ | $x$ | $b^{sh}$ |
|---|---|---|---|
| 1-2 | $0,20$ | $1,00$ | $0,02$ |

**2.7** Considerar a rede de duas barras do exercício anterior.

(a) Verificar que, para o caso convergido, as perdas de potência ativa na linha de transmissão são de aproximadamente $0,02$ pu (utilizar as expressões gerais de fluxo de potência em ramos). Calcular também as perdas de potência reativa.

(b) Obter o estado da rede para um aumento de 50% na carga da barra 2, mantido o fator de potência do cenário original. Mostrar a evolução do processo iterativo na forma de uma tabela com as variáveis relevantes.

(c) Verificar as variações percentuais das perdas de potência ativa e reativa na linha de transmissão.

(d) Fornecer sugestões para se aumentar a tensão na barra 2.

(e) Obter o estado da rede para as mesmas condições de carga do item (b) e com a conexão de um capacitor de $0,1$ pu na barra 2. Mostrar a evolução do processo iterativo na forma de uma tabela com as variáveis relevantes. Observar as alterações nas perdas de potência ativa e reativa com relação ao obtido em (b).

**2.8** Considerar um sistema constituído de três barras e três linhas, cujos dados em pu estão tabelados a seguir:

| Barra | Tipo | $P$ | $Q$ | $V$ | $\theta$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $V\theta$ | – | – | $1,0$ | $0,0$ |
| 2 | PQ | $-0,05$ | $-0,02$ | – | – |
| 3 | PV | $-0,15$ | – | $0,98$ | – |

| Linha | $r$ | $x$ | $b^{sh}$ |
|---|---|---|---|
| 1-2 | $0,10$ | $1,00$ | $0,01$ |
| 1-3 | $0,20$ | $2,00$ | $0,02$ |
| 2-3 | $0,10$ | $1,00$ | $0,01$ |

(a) Montar a matriz admitância $Y = G + jB$, tomando como referência o nó terra.

(b) Obter o sistema de equações para a obtenção do estado da rede.

(c) Determinar a matriz Jacobiana para *flat start* ($V = 1$ pu para barras PQ e $\theta = 0$ para barras PQ e PV).

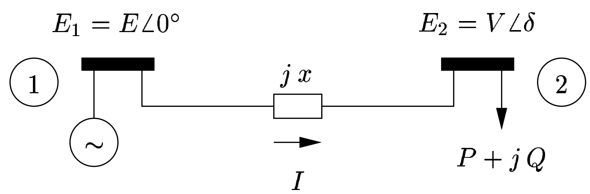
(d) Resolver o problema do fluxo de carga pelo método de Newton (obter as tensões nas barras e fluxos de potência nos ramos).

(e) Determinar as matrizes $\mathbf{B}'$ e $\mathbf{B}''$ do método desacoplado rápido.

(f) Resolver o problema do fluxo de carga pelo método desacoplado rápido (obter as tensões nas barras e fluxos de potência nos ramos).

(g) Comparar os resultados obtidos nos itens (d) e (f).

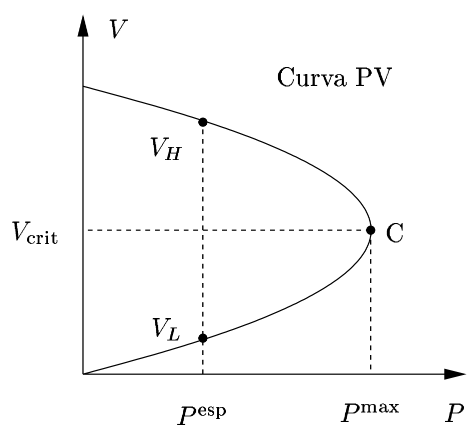
**2.9** Considerar a rede elétrica mostrada a seguir.




(a) Mostrar que a tensão na carga pode ser calculada por:

$$V^4 + \left[2xQ - E^2\right] V^2 + x^2 \left(P^2 + Q^2\right) = 0$$

(b) Para incrementos sucessivos da potência ativa especificada da barra de carga a partir de $P = 0$, as duas soluções positivas ($V^H$ e $V^L$) da equação do item (a) propiciam a obtenção da *curva* $PV$ mostrada a seguir.




O ponto C da curva PV corresponde à máxima potência que pode ser especificada na barra de carga, visto que ele corresponde à máxima potência que o gerador pode entregar à carga através da linha de transmissão. Neste ponto, conforme pode-se notar na figura, $V^H = V^L = V_{\text{crit}}$. Verificar que a matriz Jacobiana das equações de fluxo de carga é singular nesse ponto.