Aluno: Raphael Henrique Braga Leivas

Código fonte LaTeX desse arquivo pode ser visto em meu GitHub pessoal:

https://github.com/RaphaelLeivas/latex/tree/main/ListaCEII

Aceito sugestões de melhoria do código :)

Problema P11.36

11.36 Três cargas trifásicas equilibradas estão ligadas em paralelo. A carga 1 está ligada em Y e tem uma impedância de $400 + j300\ \Omega/\phi$; a carga 2 está ligada em Δ e tem uma impedância de $2.400 - j1.800\ \Omega/\phi$; e a carga 3 absorve 172,8 + j2.203,2 kVA. As cargas são alimentadas por uma linha de distribuição com uma impedância de $2 + j16\ \Omega/\phi$. O módulo da tensão fase-neutro na carga é $24\sqrt{3}$ kV.

a) Calcule a potência complexa total no início da linha.

b) Qual percentagem da potência média, disponível no início da linha, é fornecida às cargas?

(a)

Começamos identificando a corrente que passa em cada carga, para assim conseguirmos calcular a corrente de fase. Uma vez calculado a corrente de fase, usamos o fato do circuito estar equilibrado para calcular a corrente total forncecida pela fonte.
Na carga 1, que possui impedância $Z_1 = 400 + j300\ \Omega$ e está ligada em Y, temos

$$I_1 = \frac{V_a}{Z_1} \quad \Rightarrow \quad I_1 = \frac{24000\sqrt{3}\angle 0^\circ}{400 + j300}$$

$$I_1 = 83.14\angle -36.87^\circ \text{ A} = 66.52 - j49.89 \text{ A}$$

Na carga 2, ligada em Δ, usamos o mesmo raciocínio da carga 1, mas usando a tensão de linha, uma vez que a ligação em Δ nañ admite conexão ao terminal neutro.

$$I_2 = \frac{V_{ab}}{Z_2} \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{24000\sqrt{3}\sqrt{3}\angle 0 + 30^\circ}{2400 - j1800}$$

$$I_2 = 8\angle -6.87^\circ \text{ A} = 7.94 - j0.96 \text{ A}$$

Por fim, para a carga 3, usamos a potência aparente para calcular a corrente, através de

$$S_3 = V_a \cdot I_3 \quad \Rightarrow \quad I_3 = \left(\frac{S_3}{V_a}\right)^*$$

$$I_3 = \left(\frac{172800 + j2203200}{24000\sqrt{3}}\right)^*$$

$$I_3 = 4.15 - j53 \text{ A}$$

Com I_1, I_2 e I_3 calculados, temos a corrente total I_{T_a} da fase a dada por

$$I_{T_a} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_{T_a} = 78.61 - j103.85 \text{ A}$$

Agora calculamos a tensão forncecida pela fonte na fase a, considerando a queda causada pela impedância de linha.
A queda causada pela linha é

$$V_l = Z_l \cdot I_{T_a} \quad \Rightarrow \quad V_l = (2 + j16) \cdot (78.61 - j103.85)$$

$$V_l = 1818.82 + j1050 \text{ V}$$

Assim, a tensão V_{T_a} forncecida pela fase é

$$V_{T_a} = V_a + V_l \quad \Rightarrow \quad V_{T_a} = 24000\sqrt{3}\underline{/0^\circ} + 1818.82 + j1050$$

$$V_{T_a} = 43.39 + j1.05 \text{ kV}$$

Assim, a potência total forncecida pela fase a é

$$S_a = V_{T_a} \cdot (I_{T_a})^*$$

$$S_a = [(43.39 + j1.05) \cdot 10^3] \cdot (78.61 - j103.85)^*$$

$$S_a = 3.3 + j4.59 \text{ MVA}$$

Como o circuito está equilibrado, a potência total forncecida pela fonte (3 fases) é

$$S_T = 3 \cdot S_a$$

$$\boxed{S_T = 9.9 + j13.77 \text{ MVA}}$$

(b)

Cada fase apresenta uma queda de tensão indesejada de $V_l = 1818.82 + j1050$ V causada pela impedância da linha. A potência que essa impedância de linha possui é

$$S_l = V_l \cdot (I_{T_a})^* \quad \Rightarrow \quad S_l = (1818.82 + j1050) \cdot (78.61 - j103.85)^*$$

$$S_l = 33.93 + j271.42 \text{ kVA}$$

Assim, nas 3 fases, a potência total perdida nas impedâncias de linha é

$$S_{l_T} = 3 \cdot S_l = 101.79 + j814.26 \text{ kVA}$$

Finalmente, o percentual de potência que efetivamente é forncecida às cargas é

$$S_\% = \left| \frac{S_T - S_{l_T}}{S_T} \right| \; 100\%$$

$$S_\% = \left| \frac{9.9 + j13.77 - 0.10179 - j0.8142}{9.9 + j13.77} \right| \; 100\%$$

$$S_\% = |0.9551 - j0.02315| \; 100\%$$

$$\boxed{S_{\%} = 95.53\%}$$