correção de fp em circuito trifásico

Adaptado de Irwin, exemplo 11.4, p. 459

Tem-se um sistema trifásico equilibrado, 60 Hz, cuja tensão de linha é 34,5 kV. Esse sistema alimenta, através de uma linha com impedância desprezível, uma carga trifásica que consome 24 MVA com fator de potência 0,78 atrasado. Deseja-se que o fator de potência seja corrigido para 0,94 adiantado. Encontre o valor dos capacitores trifásicos necessários:

a) se ligados em estrela

b) se ligados em triângulo

$P_{carga} = 24.10^6 . 0{,}78 = 18{,}72.10^6 \, W$ $\quad \phi_{carga} = \cos^{-1} 0{,}78 = 38{,}74°$

$Q_{carga} = 24.10^6 . \text{sen}\, 38{,}74° = 15{,}02.10^6 \, VAr$

após a correção, $\phi' = -\cos^{-1} 0{,}94 = -19{,}95°$

após a correção, $\phi' = -\cos^{-1} 0{,}94 = -19{,}95°$

$P_{carga} = 18{,}72 \cdot 10^6\ W$

$Q_{carga} = 15{,}02 \cdot 10^6\ VAr$

$Q' = P_{carga} \cdot tg(-19{,}95°) = 18{,}72 \cdot 10^6 \cdot (-0{,}363) = -6{,}79 \cdot 10^6\ VAr$

$\Delta Q = Q' - Q_{carga} = -6{,}79 \cdot 10^6 - 15{,}02 \cdot 10^6 = -21{,}82 \cdot 10^6\ VAr$

O capacitor trifásico deve fornecer $21{,}82 \cdot 10^6\ VAr$.
Cada fase deve fornecer $7{,}27 \cdot 10^6\ VAr$

a) em estrela, cada capacitor monofásico está submetido a uma tensão de $\frac{34{,}5}{\sqrt{3}}\ kV = 19{,}92\ kV$

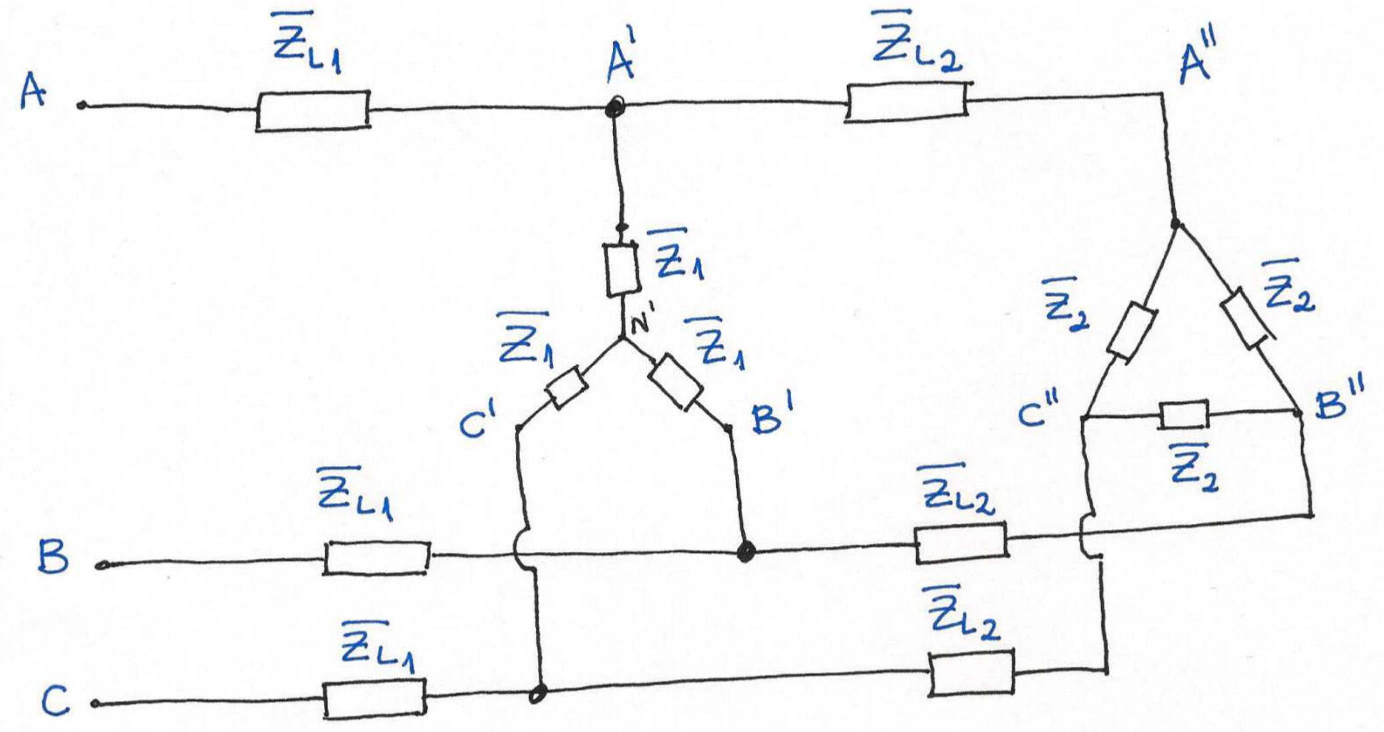
$Q_{1\phi} = \frac{(19{,}92 \cdot 10^3)^2}{X_c} = 7{,}27 \cdot 10^6$

$X_c = 54{,}55\ \Omega$

$X_c = \frac{1}{\omega C}$ $\quad 54{,}55 = \frac{1}{2\pi 60 \cdot C}$ $\quad \boxed{C = (2\pi 60 \cdot 54{,}55)^{-1} = 48{,}6\ \mu F}$

b) em triângulo, o capacitor trifásico equivalente tem

$X_c = 3 \cdot 54{,}55 = 163{,}65\ \Omega$ $\quad \boxed{C = (2\pi 60 \cdot 163{,}65)^{-1} = 16{,}2\ \mu F}$



Dados: Tensão de linha na fonte = 220 V

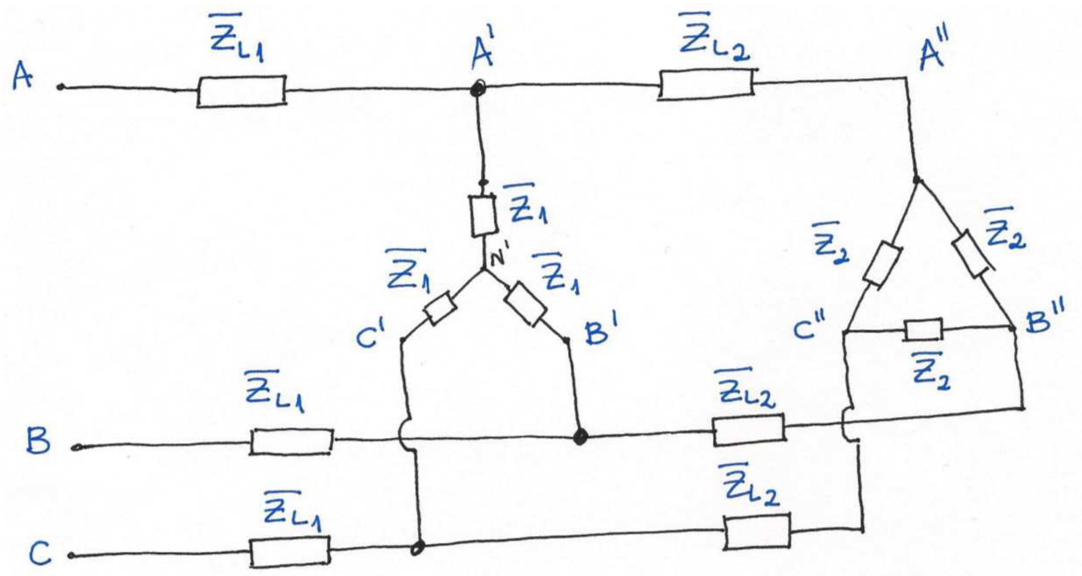
$\overline{Z}_{L1} = \overline{Z}_{L2} = (0,1 + j0,5)\,\Omega$

$\overline{Z}_1 = (90 + j44)\,\Omega$

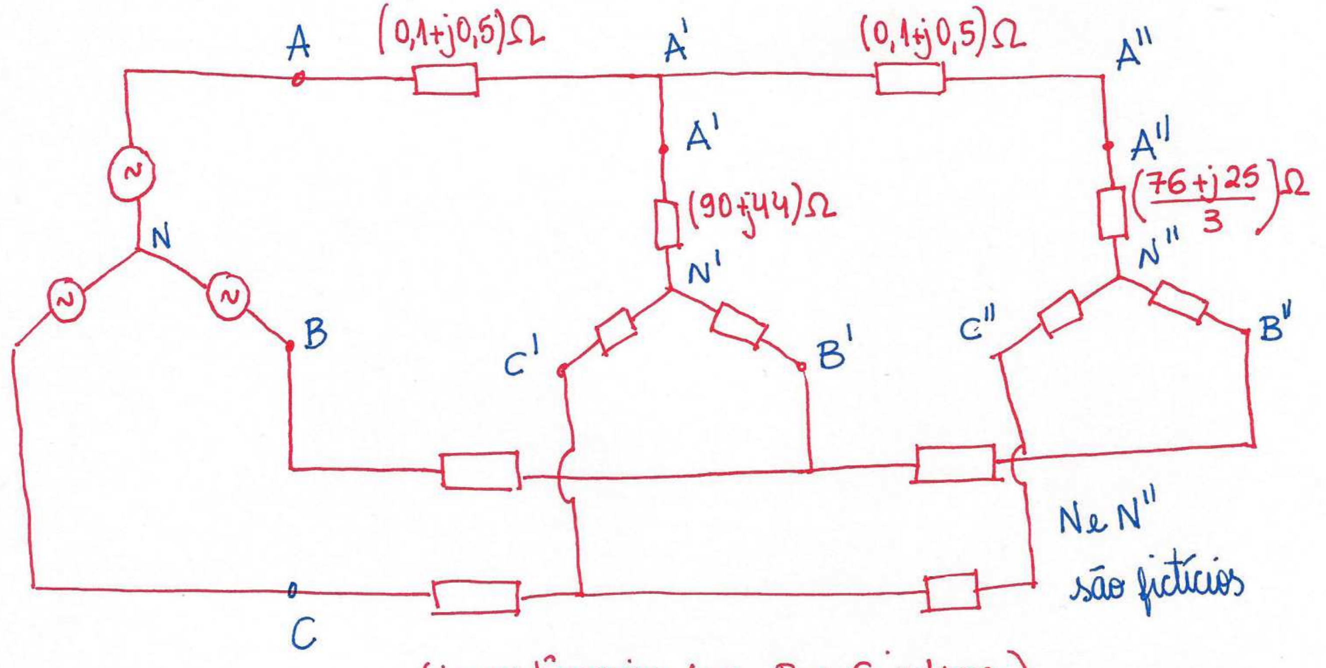
$\overline{Z}_2 = (76 + j25)\,\Omega$

Pedem-se:

- módulos das correntes nos dois trechos de linha
- módulos das tensões de linha nas cargas
- potências ativa e reativas nas cargas trifásicas
- perdas ativas totais na linha



convertendo a carga em Δ para Y, e arbitrando um ângulo 0° para $\dot{V}_{AB}$, e arbitrando também uma ~~carga~~ fonte em Y:



(impedâncias fase B e C idem)

a impedância equivalente total por fase é:

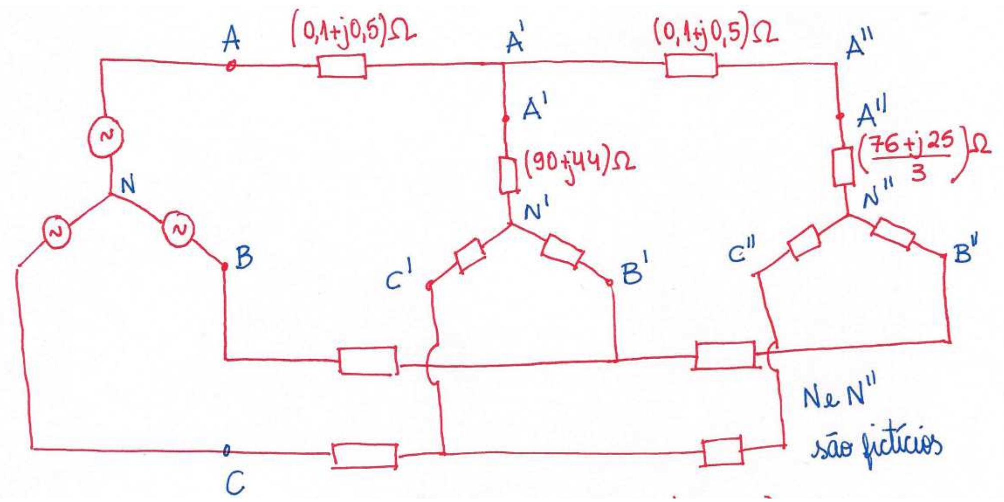
$$\bar{Z}_{eq} = (0,1+j0,5) + \left[(90+j44)//\left(0,1+j0,5+\frac{76+j25}{3}\right)\right] = (0,1+j0,5) + \left[(90+j44)//(25,43+j8,83)\right]$$

$$= (0,1+j0,5) + \frac{(90+j44)(25,43+j8,83)}{90+j44+25,43+j8,83} = (19,99+j7,98)\Omega$$

$$\dot{I}_{AA'} = \frac{\dot{V}_{AN}}{\bar{Z}_{eq}} = \frac{\dfrac{\dot{V}_{AB}}{\sqrt{3}\angle+30^\circ}}{\bar{Z}_{eq}}$$

arbitrando seq abc

$$\dot{I}_{AA'} = \frac{127,02\angle-30^\circ}{19,99+j7,98} = (5,90\angle-51,8^\circ)A$$



$$\dot{I}_{AA'} = \frac{127{,}02\angle -30^\circ}{19{,}99 + j7{,}98} = (5{,}90\angle -51{,}8^\circ)\,A$$

a queda de tensão no primeiro trecho da linha é

$$\dot{V}_{AA'} = \bar{Z}_{L1}\,\dot{I}_{AA'} = (0{,}1 + j0{,}5)(5{,}90\angle -51{,}8^\circ) = (3{,}01\angle 26{,}9^\circ)\,V$$

assim, $\dot{V}_{A'N'} = \dot{V}_{AN} - \dot{V}_{AA'} = (127{,}02\angle -30^\circ) - (3{,}01\angle 26{,}9^\circ) = 107{,}32 - j64{,}87 = (125{,}40\angle -31{,}2^\circ)\,V$

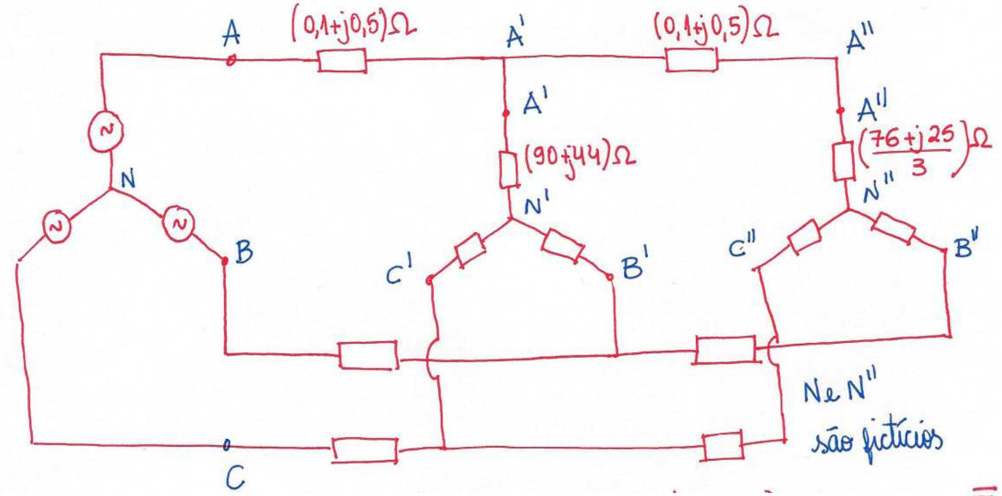
a corrente no segundo trecho da linha é

$$\dot{I}_{A'A''} = \frac{\dot{V}_{A'N'}}{\bar{Z}_{L2} + \frac{\bar{Z}_2}{3}} = \frac{(125{,}40\angle -31{,}2^\circ)}{25{,}43 + j8{,}83} = (4{,}66\angle -50{,}3^\circ)\,A$$

módulos das correntes na linha:

1º trecho = 5,90 A

2º trecho = 4,66 A



tensões de linha nas cargas

1ª carga $= \sqrt{3}\,|\dot{V}_{A'N'}| = \sqrt{3} \cdot 125,40 = 217,2\ V$

2ª carga: $\dot{V}_{A''N''} = \dot{I}_{A''N''} \dfrac{Z_2}{3} = I_{A'A''} \dfrac{Z_2}{3}$

$= (4,66 \angle -50,3°)\left(\dfrac{76+j25}{3}\right) = (124,21 \angle -32,1°)\ V$

$\dot{V}_{A''B''} = (\sqrt{3} \angle 30°)(124,21 \angle -32,1°) = (215,14 \angle -2,1°)\ V$

2ª carga = 215,14 V

Potências nas cargas: 1ª carga: em uma das fases:

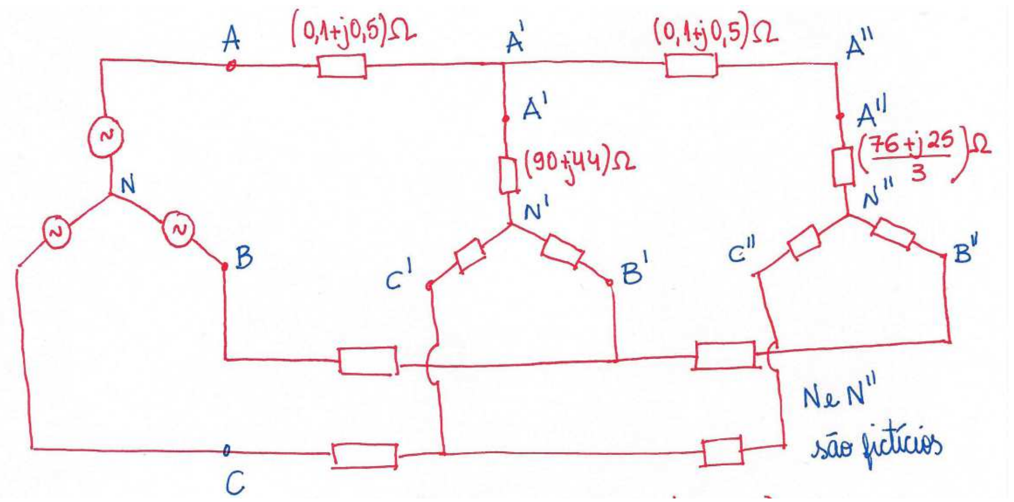
$\overline{S}_{1,1\phi} = \dot{V}_{A'N'} \dot{I}^*_{A'N'} = \dot{V}_{A'N'} \left(\dfrac{V_{A'N'}}{\overline{Z}_1}\right)^* = \dfrac{|\dot{V}_{A'N'}|^2}{\overline{Z}_1^*} = \dfrac{125,40^2}{90-j44} = 156,97 \angle 26,1° = (141,02+j68,94)\ VA$

Potência total na 1ª carga: $\overline{S}_{1,3\phi} = 3(141,02+j68,94) = (423,06+j206,83)\ VA$

2ª carga: $\overline{S}_{2,3\phi} = \dfrac{3 \cdot |V_{A''N''}|^2}{\frac{\overline{Z}_2^*}{3}} = 3 \cdot \dfrac{124,21^2}{(25,33+j8,33)^*} = (1648,70+j542,34)\ VA$

1ª carga: P = 423,06 W , Q = 206,83 VAr

2ª carga: P = 1648,70 W , Q = 542,34 VAr



1ª carga: P = 423,06 W , Q = 206,83 VAr

2ª carga: P = 1648,70 W , Q = 542,34 VAr

Perdas ativas na linha:

Potência fornecida pela fonte: $\overline{S_F} = \dot{V}_{AN}\, I^*_{AA'} \cdot 3 = (127{,}02 \angle -30°)(5{,}90 \angle -51{,}8°) \cdot 3$

$= (2249{,}05 \angle -21{,}8°) = (2088{,}71 + j833{,}96)$ VA

Potência ativa fornecida pela fonte = 2088,71 W

Potência ativa consumida pelas cargas = 423,06 + 1648,70 = 2071,75 W

Perdas = 2088,71 − 2071,75 = 16,96 W