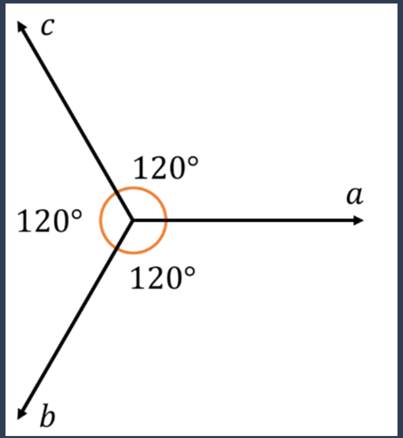
Circuitos Elétricos II

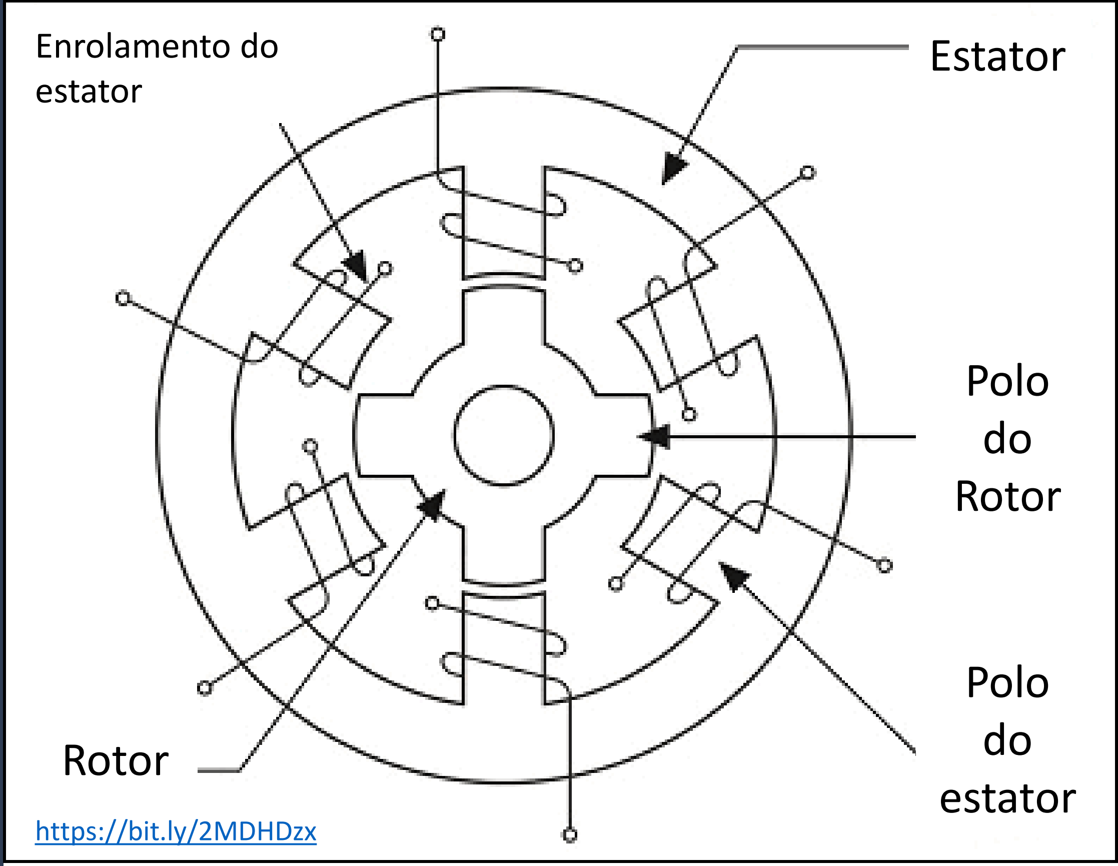
Aula 1

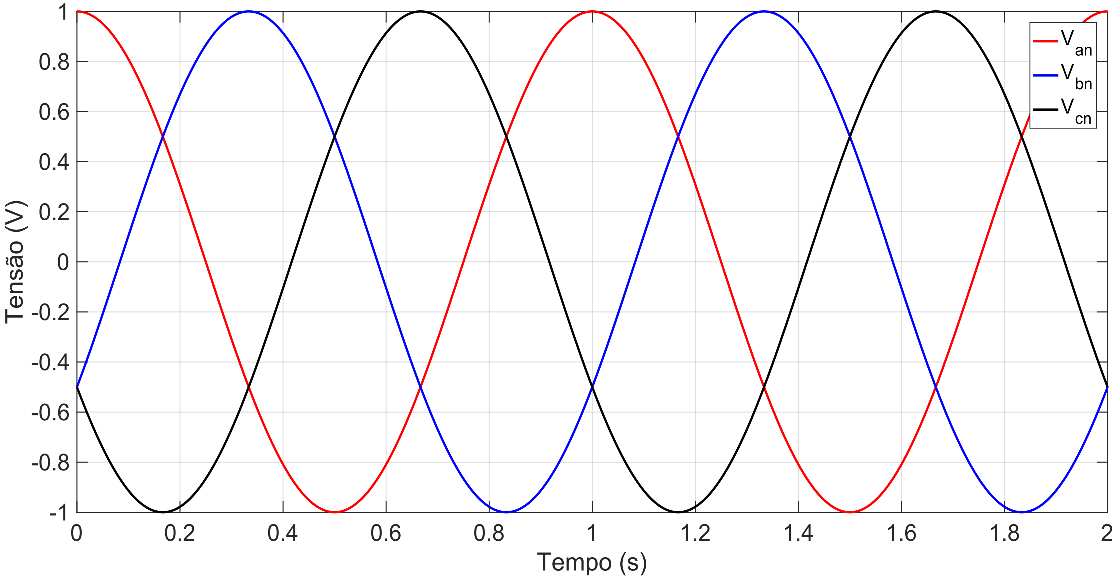
Sistemas trifásicos

O rotor apresentado é um imã permanente e conforme se movimenta o seu campo magnético atravessa os enrolamentos de cada fase, induzindo tensão em cada enrolamento. Justamente por causa da defasagem de 120° entre os enrolamentos, as tensões induzidas em cada enrolamento terão a mesma amplitude, mas estarão defasadas de 120° (sistema trifásico equilibrado)

$$v_{an}(t) = V_{max}\cos(2\pi f t) \leftrightarrow V_{an} = V_{max}\angle 0°\ V$$
$$v_{bn}(t) = V_{max}\cos(2\pi f t - 120°) \leftrightarrow V_{bn} = V_{max}\angle -120°\ V$$
$$v_{cn}(t) = V_{max}\cos(2\pi f t + 120°) \leftrightarrow V_{cn} = V_{max}\angle 120°\ V$$



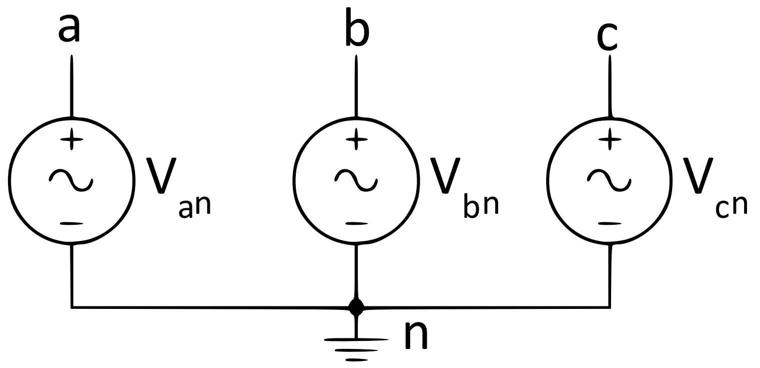




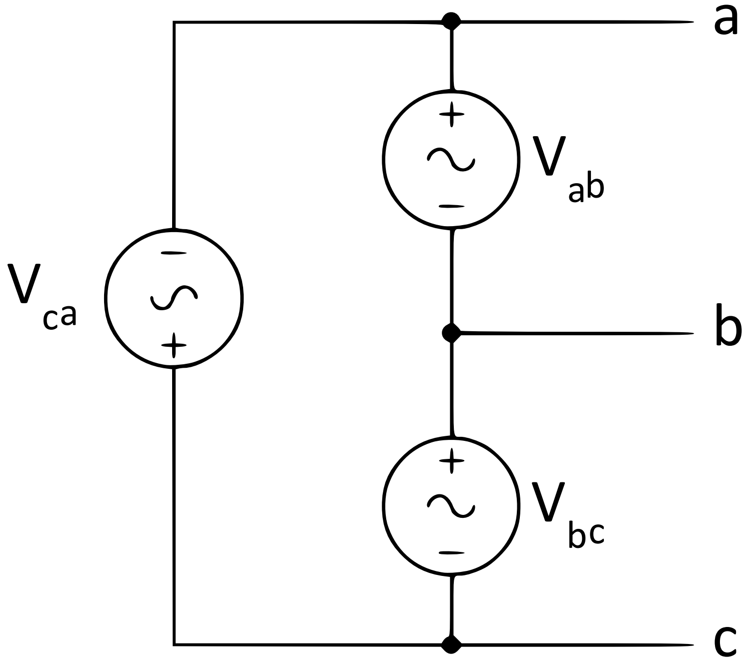
Ligações de sistemas trifásicos

- Estrela-estrela
- Estrela-triângulo
- Triângulo-triângulo
- Triângulo-estrela

Ligação estrela



Ligação triângulo



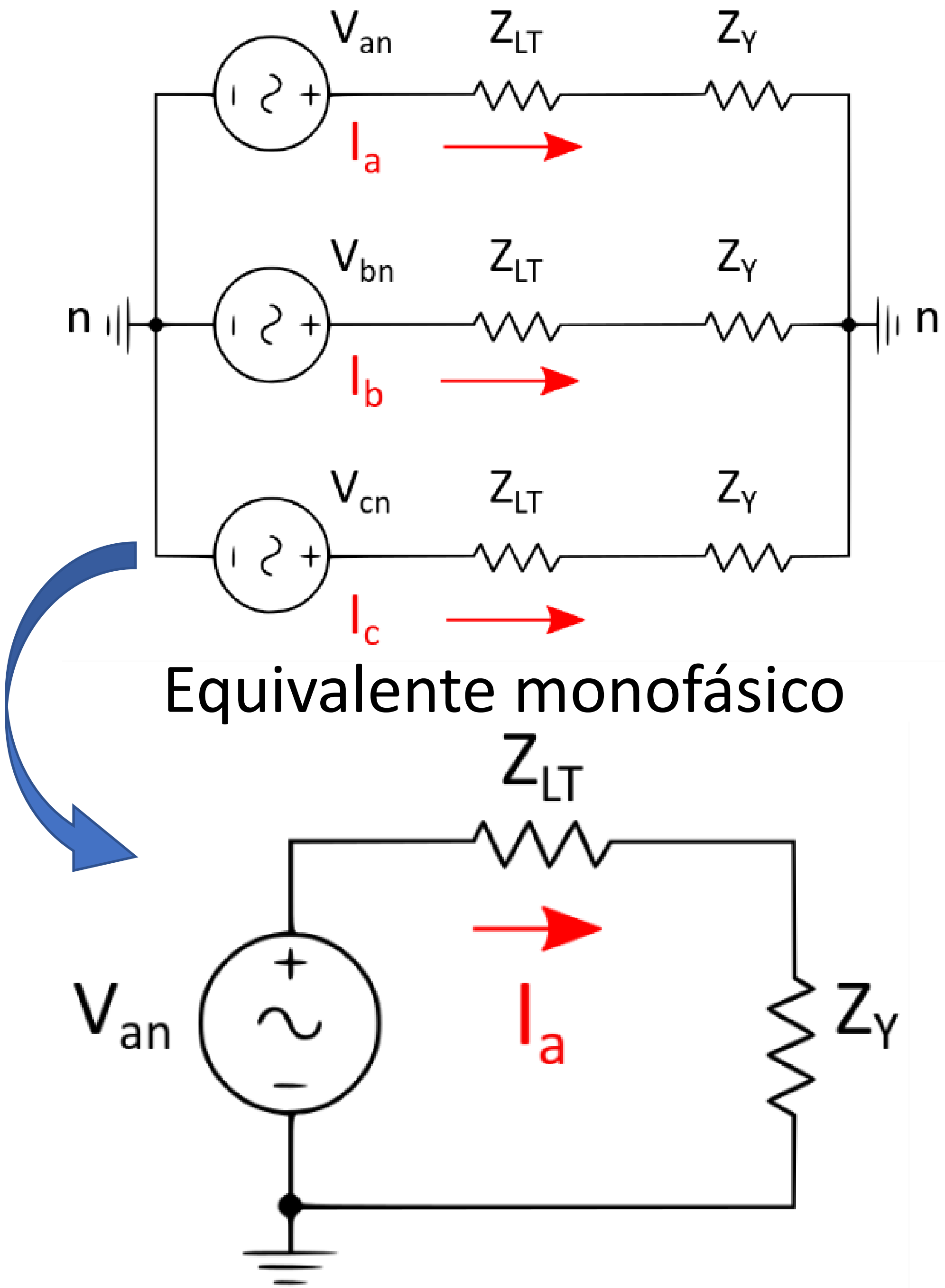
Ligação estrela-estrela

- Exemplo: Um circuito trifásico estrela-estrela de sequência positiva possui $V_{an} = 50\angle 0°\ V$, $Z_{LT} = 1 + j3\ \Omega$ e $Z_Y = 10\angle 45°\ \Omega$. Determine as correntes de linha e as tensões nas cargas de todas as fases além da corrente no neutro.
- Solução: A partir do equivalente monofásico da fase a, temos que a corrente de linha será:

$$I_a = \frac{50\angle 0°}{1+j3+10\angle 45°} \rightarrow I_a = 3{,}87\angle -51{,}29°\ A$$

- Aplicando a Lei de Ohm, temos que tensão na carga da fase a é:

$$V_{Z_a} = 10\angle 45° \times 3{,}87\angle -51{,}29° \rightarrow$$
$$V_{Z_a} = 38{,}74\angle -6{,}29\ V$$



Ligação estrela-estrela

- A partir do equivalente monofásico da fase b, temos que a corrente de linha será:

$$I_b = \frac{50\angle -120°}{1 + j3 + 10\angle 45°}$$

$$\rightarrow I_b = \frac{50\angle -120°}{19{,}91\angle 51{,}29°}$$

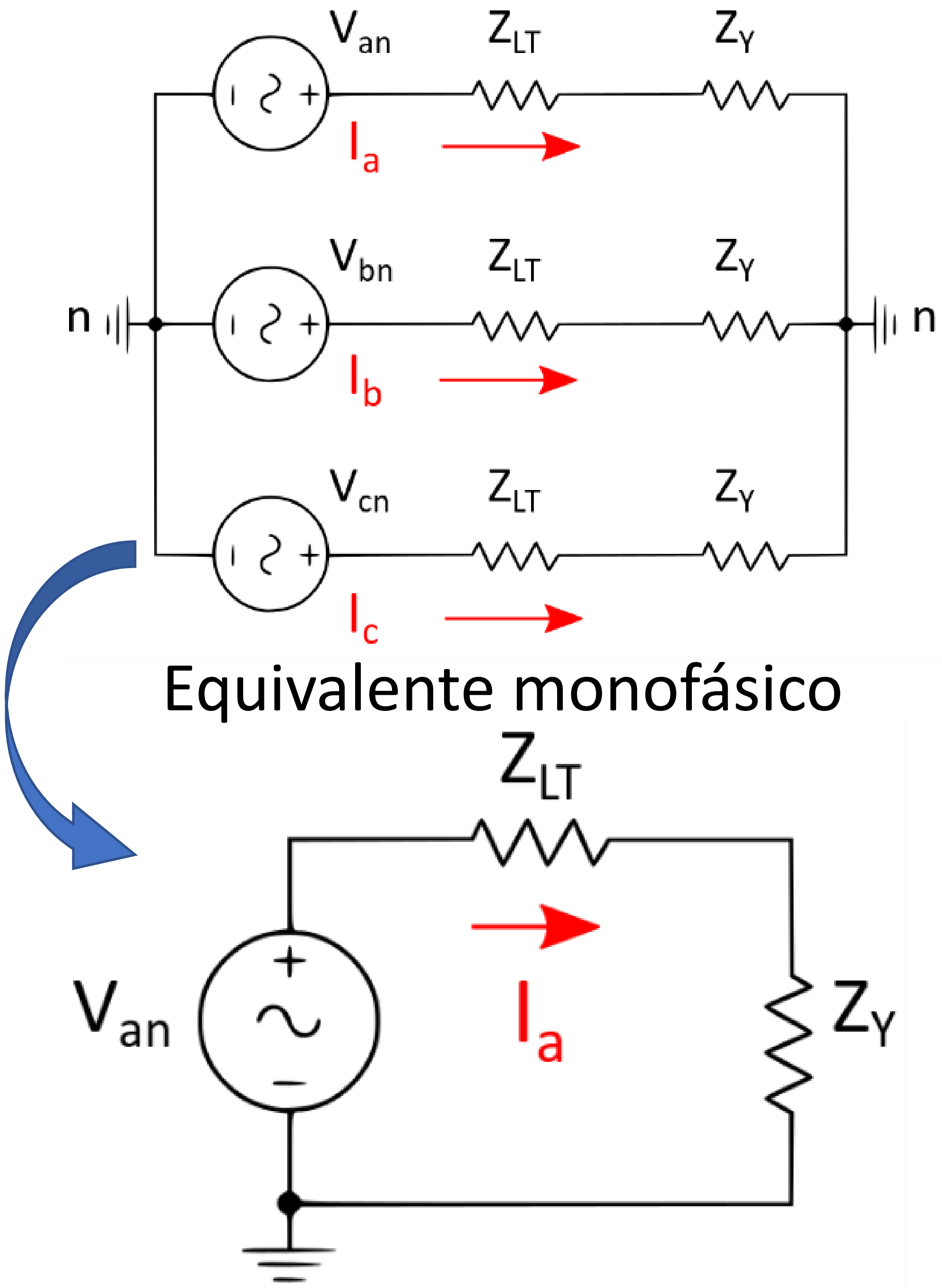
$$\rightarrow I_b = 3{,}87\angle -171{,}29°\ A$$

- Aplicando a Lei de Ohm, temos que tensão na carga da fase b é:

$$V_{Z_b} = 10\angle 45° \times 3{,}87\angle -171{,}29°$$

$$\rightarrow V_{Z_b} = 38{,}74\angle -126{,}29°\ V$$

- Os resultados obtidos para a fase b são iguais em módulo àqueles obtidos para a fase, mas defasados de $-120°$.



Ligação estrela-estrela

- Assim, a corrente I_c e a tensão na impedância da fase c são $I_c = 3{,}87\angle 68{,}71°\ A$ e $V_{Z_c} = 38{,}74\angle 113{,}71°\ V$.
- A corrente no neutro será a soma das correntes em cada fase:

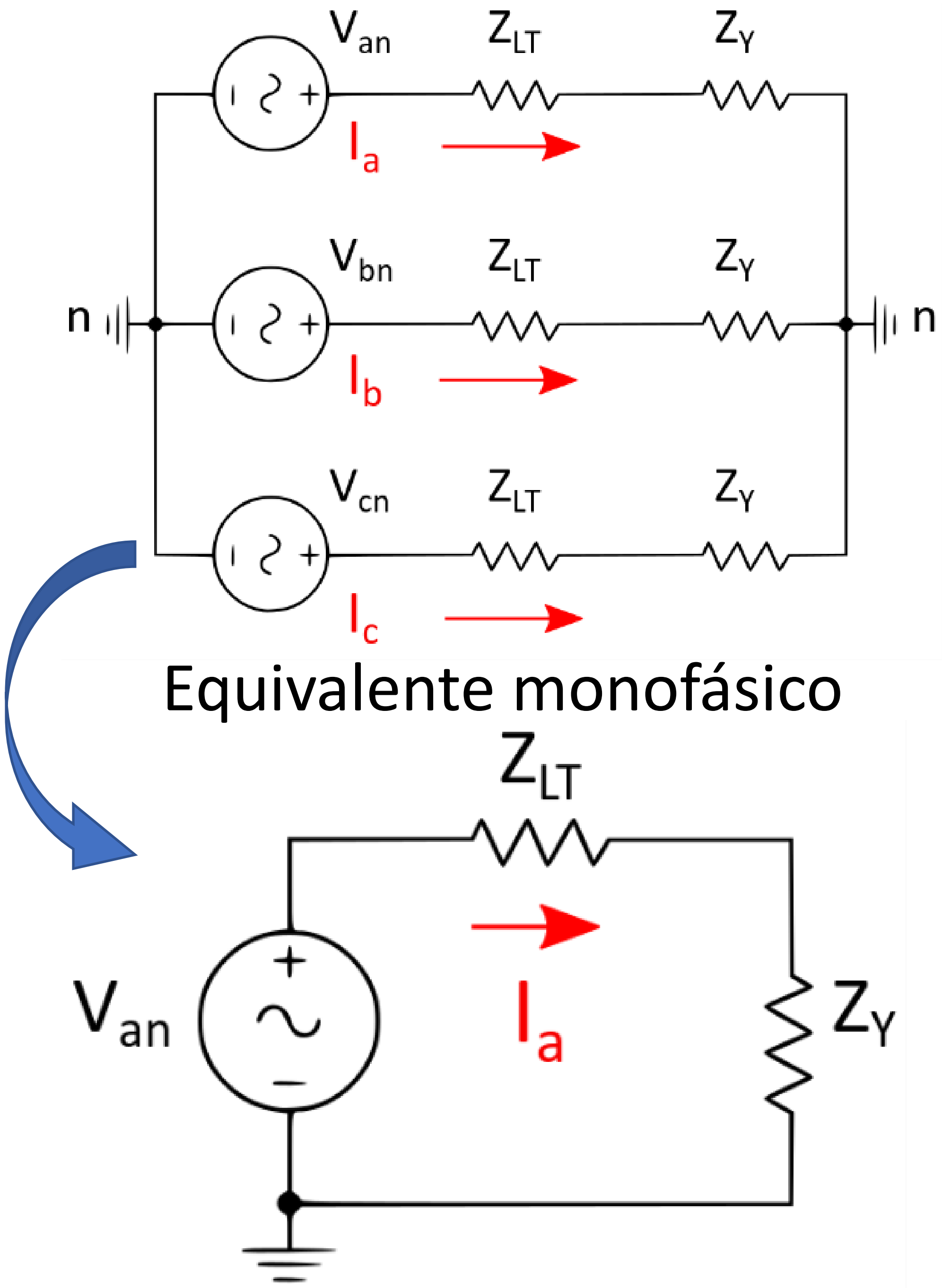
$$I_n = I_a + I_b + I_c$$

$$\rightarrow I_n = 3{,}87\angle -51{,}29° + 3{,}87\angle -171{,}29° + 3{,}87\angle 68{,}71°$$

$$I_n = 2{,}42 - j3{,}02 - 3{,}825 - j0{,}586 + 1{,}405 + j3{,}606$$

$$\rightarrow I_n = 0\ A$$

- Como era de se esperar, a corrente no neutro é nula pois este circuito trifásico é equilibrado.



Ligação estrela-triângulo

- Todas as demais correntes e tensões das demais fases podem ser obtidas aplicando a defasagem de $\pm 120°$ em relação aos resultados obtidos para a fase a:

$$V_{bc} = 381{,}05\angle -90°\ V$$

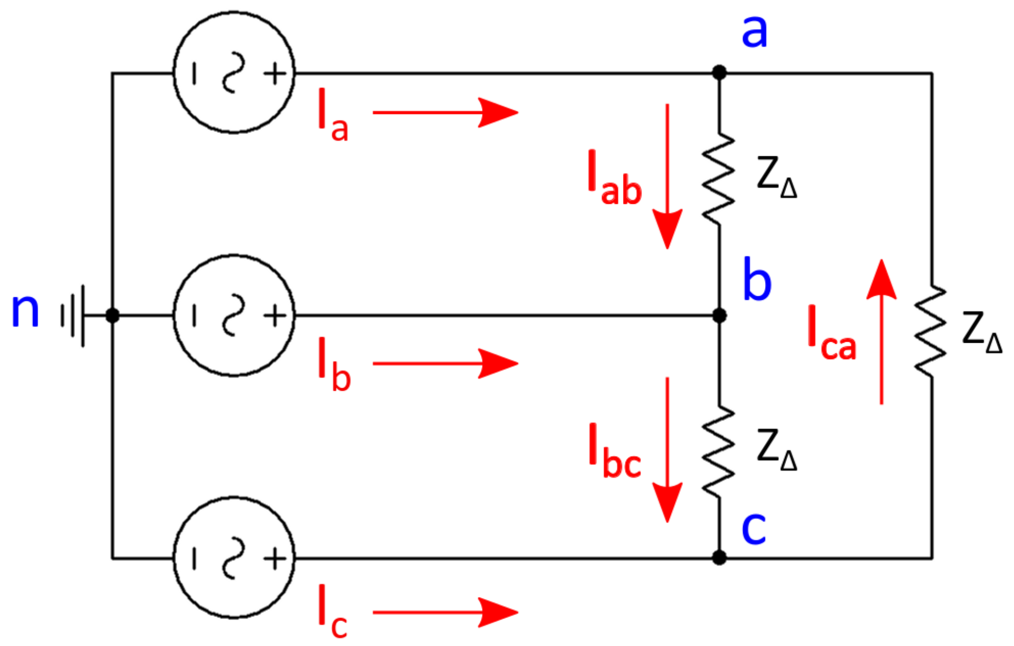
$$I_{bc} = 42{,}34\angle -110°\ A$$

$$I_b = 73{,}34\angle -140°\ A$$

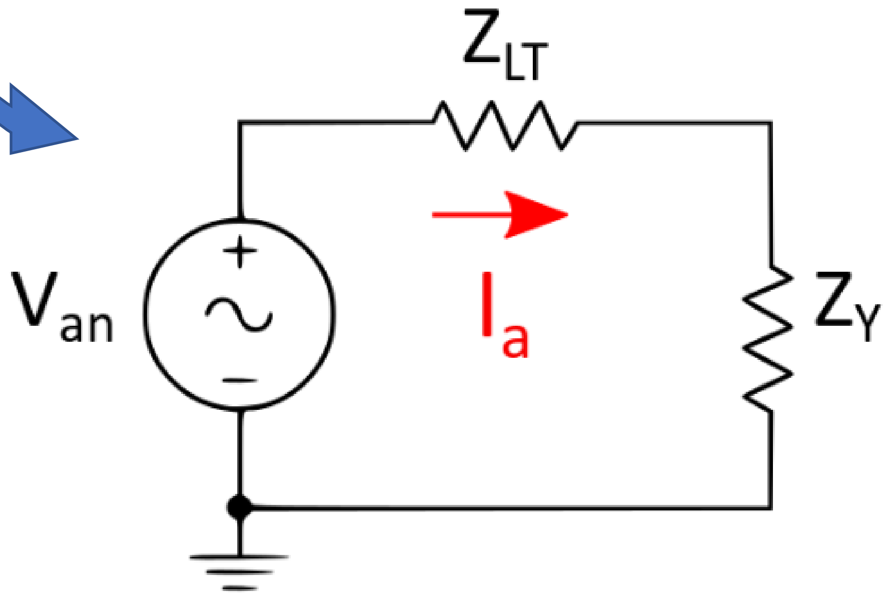
$$V_{ca} = 381{,}05\angle 150°\ V$$

$$I_{ca} = 42{,}34\angle 130°\ A$$

$$I_c = 73{,}34\angle 100°\ A$$



Equivalente monofásico

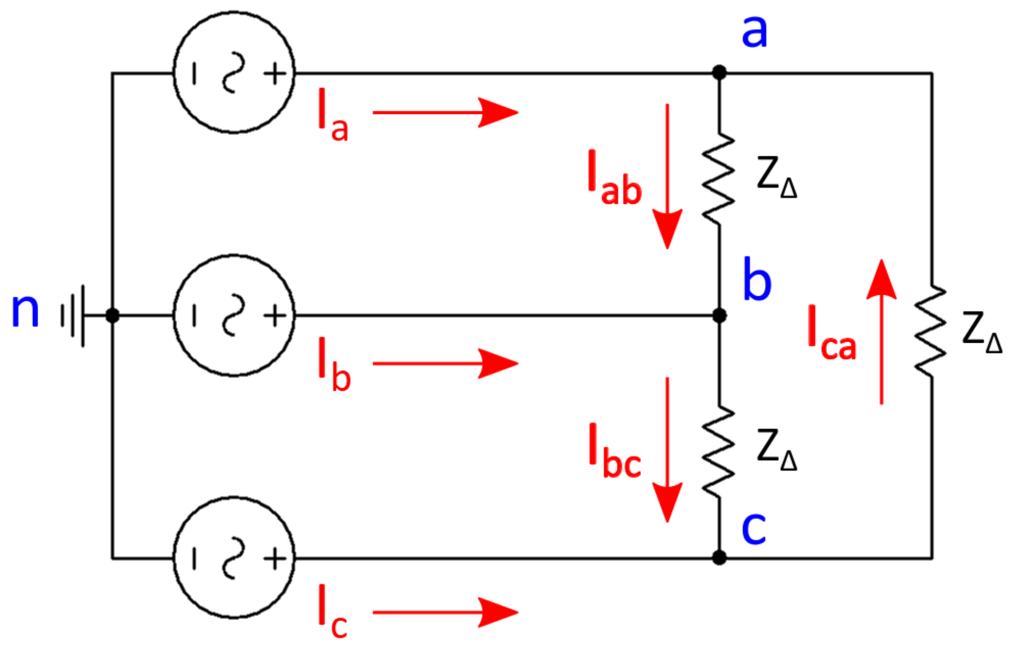


Ligação estrela-triângulo

$$V_{ab} = \sqrt{3}V_m\angle 30° \text{ e } I_a = \sqrt{3}I_{ab}\angle -30°$$

- Possibilidade de solução por transformação estrela-triângulo: $Z_Y = \frac{1}{3}Z_\Delta$
- Exemplo: Um circuito trifásico estrela-triângulo de sequência positiva possui $V_{an} = 220\angle 0°\ V$ e $Z_\Delta = 9\angle 20°\ \Omega$. Determine as correntes de fase, as correntes de linha e as tensões de linha de todas as cargas.
- Solução:

$$V_{ab} = \sqrt{3}V_{an}\angle 30° \rightarrow V_{ab} = \sqrt{3} \times 220\ \angle(0° + 30°)$$
$$\rightarrow V_{ab} = 381{,}05\angle 30°\ V$$
$$I_{ab} = \frac{V_{ab}}{Z_\Delta} \rightarrow I_{ab} = \frac{381{,}05\angle 30°}{9\angle 20°} \rightarrow I_{ab} = 42{,}34\angle 10°\ A$$
$$I_a = \sqrt{3}I_{ab}\angle -30° \rightarrow I_a = \sqrt{3} \times 42{,}34\angle(10° - 30°)$$
$$\rightarrow I_a = 73{,}34\angle -20°\ A$$



Equivalente monofásico