

Aluno: Carlos Eduardo da Silva Papa
Matrícula: 232013390

Verifique se “O método dos 3 Wattímetros para verificação de potência Reativa pode ser utilizado em um sistema de 4 fios”.

- Sejam dadas as figuras:

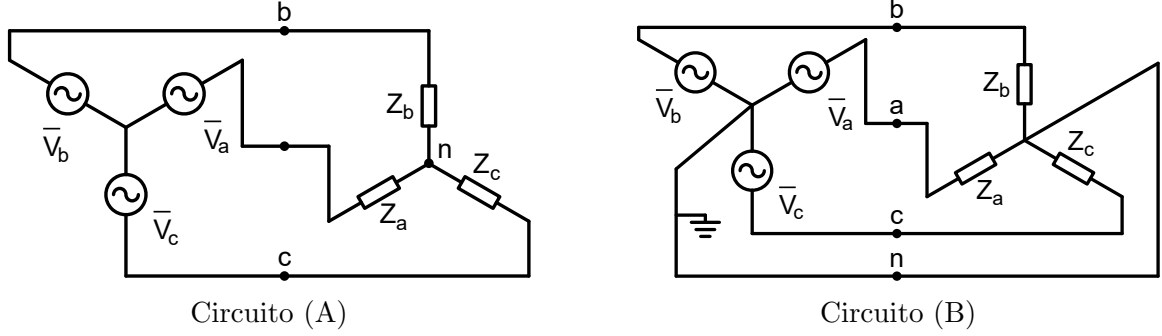


Figura 1: Condições de contorno – Sequência ABC.

Seja a potência complexa total do circuito (A) dada por S_t e a potência complexa total do circuito (B) dada por S'_t .

Tese: $S_t = S'_t$

Podemos definir a potência complexa S_t através da soma das componentes de cada ramo do circuito. Se a corrente de linha não for fornecida, mas sim as impedâncias (em carga desequilibrada), então seguem-se as equações (1) a (3). Caso contrário, podemos executar diretamente as equações (5) e (6).

$$Y_m = \frac{1}{Z_m}, \quad m \in \{a, b, c\} \quad (1)$$

$$\bar{V}_n = \frac{Y_a \bar{V}_a + Y_b \bar{V}_b + Y_c \bar{V}_c}{Y_a + Y_b + Y_c} \quad (2)$$

$$\bar{I}_m = \frac{\bar{V}_m - \bar{V}_n}{Z_m}, \quad m \in \{a, b, c\} \quad (3)$$

Sabemos que:

$$\bar{I}_n = \bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c \quad \text{e} \quad I_n = 0 \quad (4)$$

Esses dados são suficientes para calcular as potências fornecidas pelas fonte (S_a, S_b, S_c) e a potência total (S_t):

$$S_a = \bar{V}_a \cdot \bar{I}_a^*, \quad S_b = \bar{V}_b \cdot \bar{I}_b^*, \quad S_c = \bar{V}_c \cdot \bar{I}_c^*, \quad S_n = \bar{V}_n \cdot \bar{I}_n^* \quad (5)$$

$$S_t = S_a + S_b + S_c - S_n \Rightarrow I_n = 0 \Rightarrow S_t = S_a + S_b + S_c \quad (6)$$

Adequadamente definido S_t , podemos retornar à forma retangular de um número complexo, onde $S_t = P_{3\phi} + jQ_{3\phi}$, com P sendo a Potência Ativa e $\text{Im}\{S_t\} = Q_{3\phi}$ a Potência Reativa.

Por outro lado, podemos calcular a potência de uma carga desequilibrada utilizando um esquema específico de Wattímetros, conforme ilustrado a baixo.

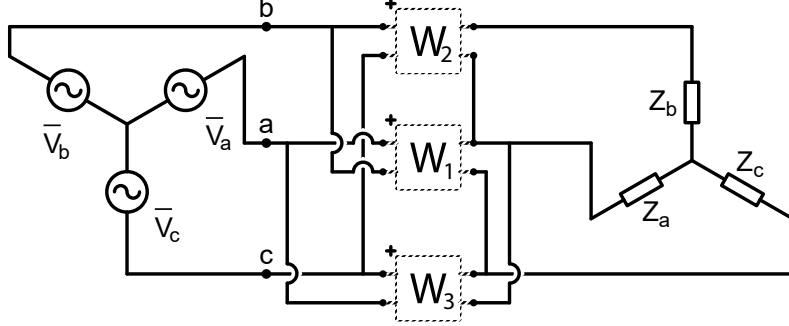


Figura 2: Método dos 3 Wattímetros implementado ao Circuito (A)

Para obter os valores das tensões fase-fase, temos:

$$\bar{V}_{ab} = \bar{V}_a \cdot \sqrt{3} \angle 30^\circ \quad (7)$$

Os valores aferidos pelos Wattímetros seguem:

$$W_k = I_m \cdot V_{pq} \cdot \cos(\alpha), \quad k \in \{1, 2, 3\} \quad (8)$$

$$\alpha = \angle I_m - \angle V_{pq}, \quad m \in \{a, b, c\}, \quad (p, q) \in \{(b, c), (c, a), (a, b)\}$$

Procederemos com os já definidos W_1, W_2, W_3 para:

$$Q'_{3\phi} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

Ora, o método dos 3 Wattímetros em circuito estrela (Y) não aterrado é sabidamente verdadeiro e, logo, $Q_{3\phi} = Q'_{3\phi}$. Apliquemos o método dos 3 Wattímetros ao Circuito (B).

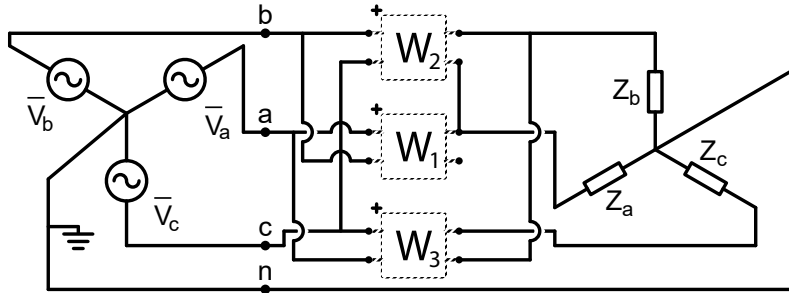


Figura 3: Método dos 3 Wattímetros implementado ao Circuito (B)

Por hipótese: $\text{Im}\{S'_t\} = Q'_{3\phi}$

Nesse sentido, podemos definir S'_t . Semelhante à proposição inicial podemos pular os passos (10) à (13), se forem fornecidas as tensões de fase e correntes de linha.

$$Y_m = \frac{1}{Z_m}, \quad m \in \{a, b, c\} \quad (10)$$

$$\bar{V}_n = \frac{Y_a \bar{V}_a + Y_b \bar{V}_b + Y_c \bar{V}_c}{Y_a + Y_b + Y_c} \quad (11)$$

Sejam as correntes de Linha:

$$\bar{I}_m = \frac{\bar{V}_m - \bar{V}_n}{Z_n}, \quad m \in \{a, b, c\} \quad (12)$$

$$\bar{I}_n = \bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c \quad \text{e} \quad I_n \neq 0 \quad (13)$$

Esses dados são suficientes para calcular as potências fornecidas pelas fontes (S_a, S_b, S_c) e a potência total (S_t):

$$\begin{aligned} S'_a &= \bar{V}_a \cdot \bar{I}_a^*, \quad S'_b = \bar{V}_b \cdot \bar{I}_b^*, \quad S'_c = \bar{V}_c \cdot \bar{I}_c^*, \quad S'_n = \bar{V}_n \cdot \bar{I}_n^* \\ S'_t &= S'_a + S'_b + S'_c - S'_n \end{aligned} \quad (14)$$

Conclusões:

Entretanto, $S_t \neq S'_t$ e logo $Q'_{3\phi} = \text{Im}\{S_t\} \neq \text{Im}\{S'_t\}$. Portanto, o método dos 3 Wattímetros em circuito estrela (Y) aterrado não opera corretamente. *r.a.b.*

Reconheço a fragilidade dessa demonstração, em especial a falta de ligação direta de $Q'_{3\phi}$ e S_t . Porém, os resultados teóricos foram simulados em pequena escala, com valores fixados, e foi possível notar S'_t cria uma diferença substancial nos resultados.

Repositório Simulações:

[1] – https://github.com/cadu-unb/Desafio1_Polifas.git