

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

EEL7040 – Circuitos Elétricos I - Laboratório

**AULA 09
POTÊNCIA TRIFÁSICA****1 INTRODUÇÃO**

Na aula anterior foram estudadas algumas características de sistemas trifásicos, tais como as defasagens entre as tensões nas três fases, entre as tensões de linha e de fase, entre correntes de linha e correntes de fase nas ligações estrela-triângulo, entre outras.

Nesta aula tem-se como objetivo determinar a potência trifásica, ou seja, total de um circuito trifásico, com cargas e fontes equilibradas, usando o método dos dois wattímetros.

2 CONEXÃO DE ARON**2.1 Introdução**

A potência ativa em um sistema de “n” fases pode ser medida por “n-1” wattímetros desde que as bobinas de potencial estejam ligadas na fase a qual não tem bobina de corrente de wattímetro. A figura 1 apresenta uma carga trifásica ligada em Y a um sistema trifásico a 4 fios.

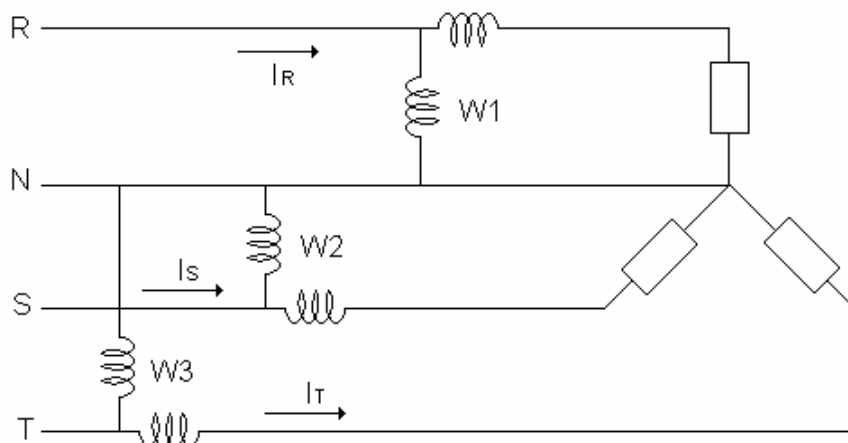


Figura 1 - Sistema de medição de potência trifásico.

A potência ativa total é a soma das leituras dos três wattímetros, pois o ponto comum às bobinas de potencial dos três wattímetros é neutro.

Se o ponto comum for uma das fases, a potência total é a soma das leituras de somente dois wattímetros, conforme mostrado na figura 2. Esta conexão é chamada de conexão Aron.

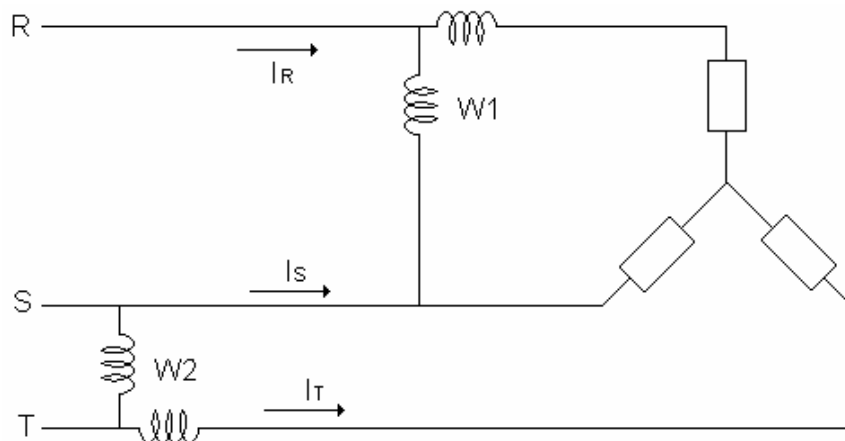


Figura 2 - Conexão de Aron.

O teorema de Blondel diz que se as bobinas de potencial dos três wattímetros forem ligadas a um ponto comum, que não necessita ser o neutro, a potência ativa total é a soma das leituras dos três wattímetros.

2.2 Demonstração da conexão de Aron

Seja a conexão de Aron mostrada na figura 3 a seguir.

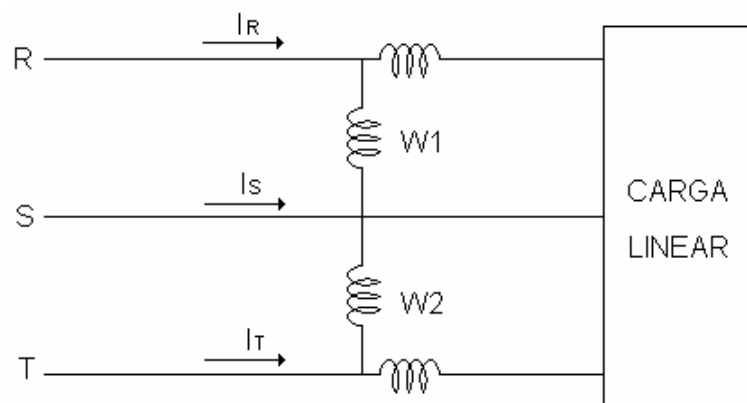


Figura 3 - Sistema de medição trifásico usando a conexão de Aron.

Os valores instantâneos das correntes de linha serão:

$$i_R + i_S + i_T = 0$$

$$v_{RS} + v_{ST} + v_{TR} = 0$$

Fasorialmente tem-se:

$$I_R + I_S + I_T = 0$$

$$V_{RS} + V_{ST} + V_{TR} = 0$$

A potência instantânea, qualquer que seja o ponto comum às bobinas de potencial dos três wattímetros (Teorema de Blondel), será dada por:

$$P = v_R \cdot i_R + v_S \cdot i_S + v_T \cdot i_T$$

Desenvolvendo:

$$i_S = -(i_R + i_T)$$

$$P = v_R \cdot i_R - v_S \cdot (i_R + i_T) + v_T \cdot i_T$$

$$P = (v_R - v_S) \cdot i_R + (v_T - v_S) \cdot i_T \quad \text{usando } v_R - v_S = v_{RS}; \quad v_T - v_S = v_{TS}$$

$$P = v_{RS} \cdot i_R + v_{TS} \cdot i_T$$

A potência ativa (ou potência média) será:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T (v_{RS} \cdot i_R) dt + \frac{1}{T} \int_0^T (v_{TS} \cdot i_T) dt$$

$$P = V_{RS} \cdot I_R \cdot \cos \left(\angle \vec{V}_{RS}, \vec{I}_R \right) + V_{TS} \cdot I_T \cdot \cos \left(\angle \vec{V}_{TS}, \vec{I}_T \right)$$

Onde V_{RS}, I_R, V_{TS}, I_T são valores eficazes, e $\left(\angle \vec{V}_{RS}, \vec{I}_R \right)$ e $\left(\angle \vec{V}_{TS}, \vec{I}_T \right)$ são ângulos.

Como os cossenos podem ser negativos ou positivos (dependendo se for maior ou menor que 90°):

$$P = W_1 \pm W_2$$

2.3 Teste para somar ou subtrair

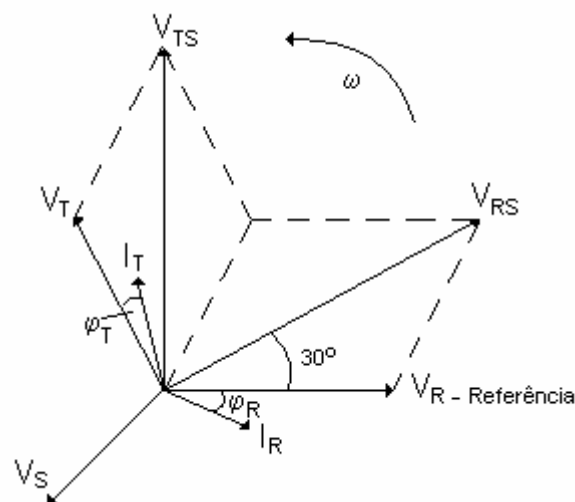


Figura 4 - Diagrama fasorial de um sistema trifásico.

A potência ativa será dada por:

$$P = \underbrace{V_{RS} \cdot I_R \cdot \cos \theta_1}_{W_1} + \underbrace{V_{TS} \cdot I_T \cdot \cos \theta_2}_{W_2}$$

$$\theta_1 = 30^\circ + \varphi_R; \theta_2 = 30^\circ - \varphi_T$$

- Se $\varphi_R > 60^\circ$ (fator de potência da fase R for menor que 0,5) as potências se subtraem;
- Se $\varphi_R < 60^\circ$ as potências se somam.

Para se determinar se as leituras dos dois wattímetros são somadas ou subtraídas:

1. Desliga-se a bobina de potencial do instrumento de menor leitura;

2. Liga-se este terminal ao condutor que contém a bobina de corrente do outro instrumento;
3. Se nesta ligação o instrumento indica um valor maior, as leituras devem ser somadas;
4. Se indicar um valor menor, as leituras devem ser subtraídas.

Demonstre a veracidade das regras estabelecidas anteriormente para verificar se as potências devem ser somadas ou subtraídas.

3 PARTE PRÁTICA

Monte o circuito da figura 5 com quadro de lâmpadas e meça a potência total com apenas dois wattímetros, realizando a conexão de Aron.

Ajuste a tensão, medindo 380 V no voltímetro, que corresponde a 220 V nas lâmpadas.

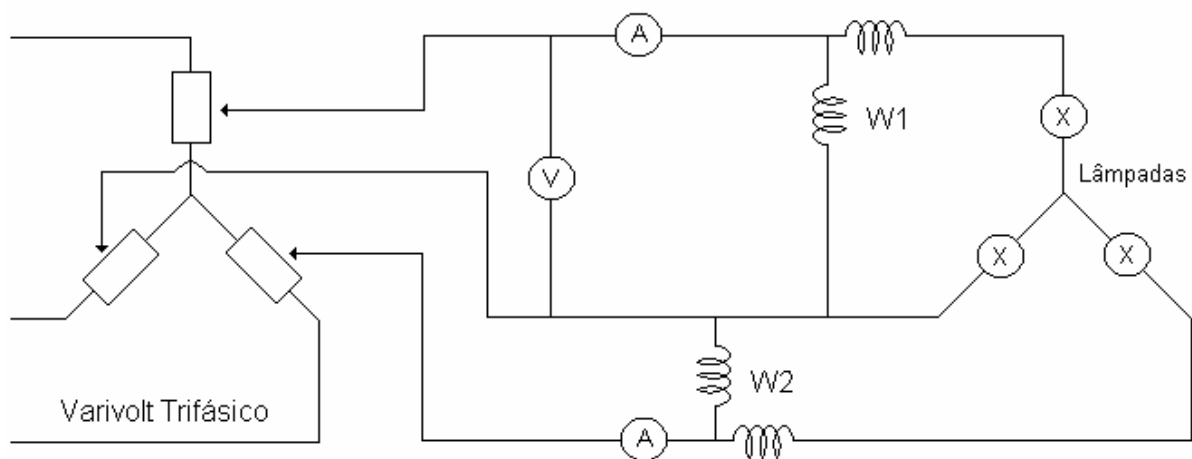


Figura 5 - Montagem para comprovar o teorema de Blondel.

4 RELATO DA EXPERIÊNCIA

Para o relatório, inclua as respostas para o que é solicitado a seguir:

- a) Demonstre a veracidade do item 2.3;
- b) Para a montagem realizada em laboratório, calcule a potência usando as medidas do voltímetro e dos amperímetros, considerando o sistema equilibrado (fontes e cargas);
- c) Compare os resultados obtidos com os wattímetros em relação aos obtidos usando o voltímetro e amperímetros;
- d) Calcule o erro propagado na potência trifásica calculada no item “b”.
- e) Calcule o erro cometido usando os dois wattímetros, ao determinar a potência trifásica;
- f) Compare os erros obtidos nos itens “e” e “f” e comente a respeito.