

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Departamento de Engenharia Elétrica  
EEL7040 – Circuitos Elétricos I - Laboratório

**Aula 07 – POTÊNCIA MONOFÁSICA E FATOR DE POTÊNCIA**

**1.0 INTRODUÇÃO**

1.1 Instrumento Eletrodinâmico

A figura 1 apresenta o esquema de um instrumento eletrodinâmico. O wattímetro, instrumento para medir potência ativa (Watts) é um instrumento eletrodinâmico.

O instrumento eletrodinâmico apresenta as seguintes partes principais:

- a) Bobina fixa  $B_c$ , constituída de duas meias bobinas idênticas (bobina de corrente);
- b) Bobina móvel,  $B_p$ , à qual está preso o ponteiro (analógico) ou um mecanismo de relojoaria (digital), colocado entre as duas meias bobinas (bobina de potencial);
- c) Mola restauradora.

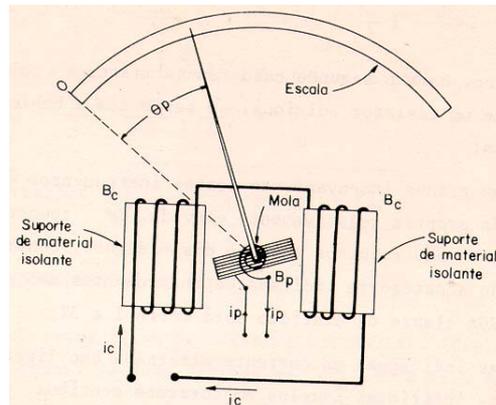


Figura 1 – Esquema básico do instrumento eletrodinâmico

1.2 Wattímetro

O Wattímetro é um instrumento de medição que utiliza o princípio eletrodinamométrico. A bobina fixa ou de campo, é utilizada em série com a carga. A bobina móvel ou de potencial, é utilizada em paralelo com a carga.

A figura 2 mostra as ligações para medir a potência consumida por uma carga.

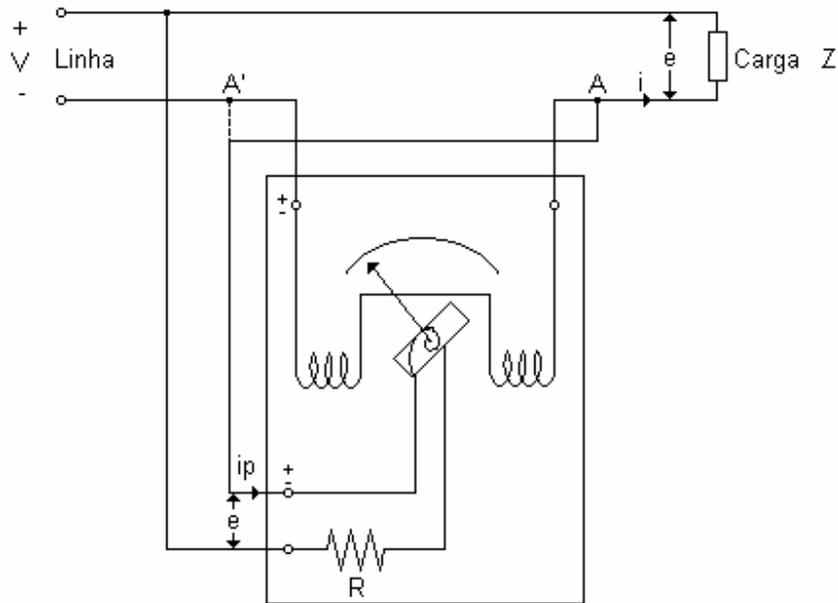


Figura 2 – Ligação básica de um wattímetro

A corrente que circula pela bobina de campo é a corrente de carga ( $i$ ). A corrente  $i_p$  (fator muito pequeno) é praticamente  $V/Z$ . Assim, o conjugado sobre a bobina móvel, depende do produto da densidade de fluxo do campo (produzido pela bobina de corrente) e da corrente da bobina móvel (bobina de potencial). Uma vez que  $i_p \propto V/Z$ , o conjugado motor depende do produto  $V \times i$ ; se  $V$  e  $i$  variarem no tempo (senoidais) o conjugado motor também variará; se as variações de  $V$  e  $i$  forem muito rápidas (na prática é 60 HZ), a bobina móvel não poderá acompanhar este conjugado variável, tomando uma posição tal que o conjugado resistente da mola restauradora (ou molas) se iguale ao valor médio do conjugado motor produzido pela ação eletromagnética. Uma vez que o conjugado motor depende de  $V \times i$ , o conjugado motor médio é proporcional à potência média, ou potência ativa.

Conjugado motor instantâneo  $\propto V(t) i(t)$

$$\text{Conjugado médio} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) i(t) dt$$

Onde  $T$  = período das ondas  $V(t)$  e  $i(t)$

Para o caso de ondas senoidais (cargas lineares), com ângulo de defasagem  $\phi$  entre a tensão e a corrente,

$$V(t) = \sqrt{2} V_{ef} \text{ sen}(\omega t) \quad ; \quad i(t) = \sqrt{2} i_{ef} \text{ sen}(\omega t + \phi)$$

$$P_{\text{média}} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t)i(t) = V_{ef} i_{ef} \cos \phi$$

Portanto, o Wattímetro terá sua escala graduada em Watts.

A Fig. 2 mostra os detalhes das ligações de um Wattímetro. Existe em um dos terminais da bobina de potencial e em um dos terminais da bobina de corrente uma marca  $\pm$  ou  $\downarrow$ , Esses dois terminais devem ser conectados ao mesmo ponto do circuito. Se o ponteiro (caso analógico) lê para trás, as ligações devem ser invertidas.

### 1.3 Transformadores de Medidas

O uso de ferramentas de medidas permite a ampliação ou redução das escalas dos instrumentos. Existem dois tipos de transformadores de medidas.

- a) Transformadores de corrente ( T.C);
- b) Transformadores de potencial (T.P.).

O primário do transformador de corrente é ligado em série com o circuito cuja corrente se deseja medir. O T.C. possui um pequeno número de espiras, com fio de grande seção, tendo portanto, baixa impedância. Como as cargas ligadas ao secundário de um T.C. têm impedância muito baixa, seu funcionamento é praticamente em condições de curto-circuito. Assim, o secundário de um T.C. nunca deverá ser deixado em aberto, estando o primário energizado.

A Figura 3 apresenta o esquema de ligação de um T.C. em conjunto com o Wattímetro.

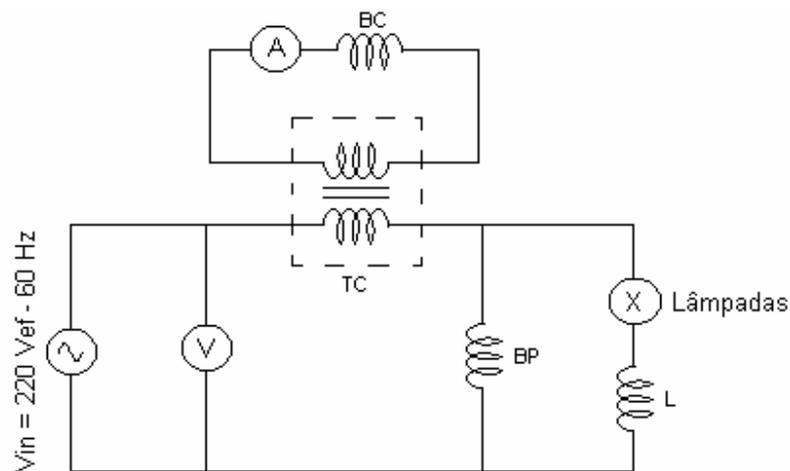


Figura 3 – Ligação de um TC em conjunto com um Wattímetro

O transformador de potencial é ligado ao circuito de mesmo modo que um voltímetro. Sua função é variar (reduzir ou aumentar) a tensão aplicada aos terminais de potencial de um instrumento, como por exemplo, O Wattímetro. Sua operação é praticamente com o secundário em aberto, devido à alta impedância do circuito ligado ao seu secundário (bobina de potencial do Wattímetro).

## 2. COMPROVAÇÃO PRÁTICA

Realize as conexões indicadas na Figura 4 e meça a potência consumida pelas lâmpadas (carga), a tensão eficaz e a corrente eficaz das lâmpadas.

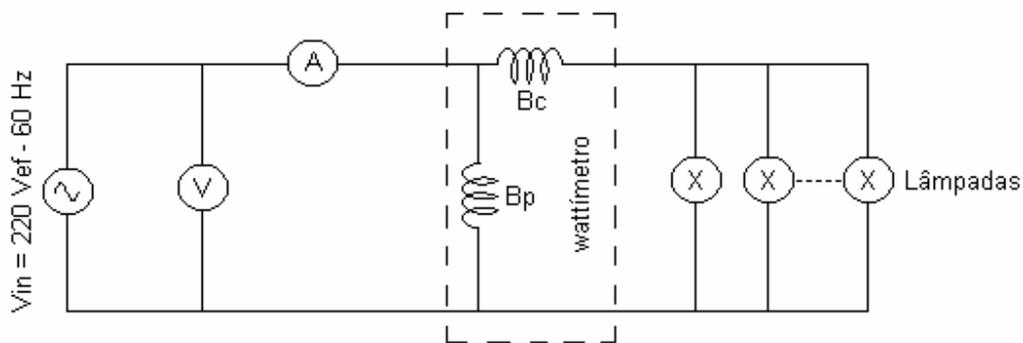


Figura 4 – Circuito em análise

Desenhe um gráfico das formas de onda da tensão sobre as lâmpadas e da corrente total solicitada.

Como o fator de potência é unitário a potência medida pelo wattímetro é igual à leitura do voltímetro vezes a leitura do amperímetro.

### 3 . FATOR DE POTÊNCIA

#### 3.1. Definição

O fator de potência é a relação entre a potência ativa, em Watts, e a potência aparente, em V.A. Assim,

$$FP = \frac{P}{S}$$

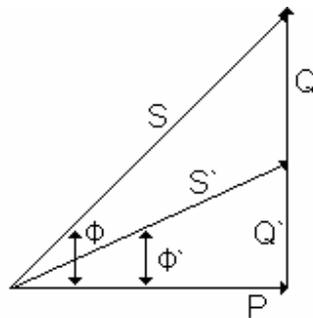
Para cargas lineares, o fator de potência nada mais é do que o cosseno do ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente. Assim,

$$FP = \cos \phi$$

No entanto, quando a corrente de entrada não é senoidal (cargas não lineares), esta definição particular de fator de potência não pode ser aplicada.

#### 3.2. Correção do fator de Potência para Cargas Lineares

Pode-se utilizar o triângulo das potências, conforme a seguir:



Q representa a potência reativa, cuja unidade é o Volt x Ampère reativo (VAr). Pela figura,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

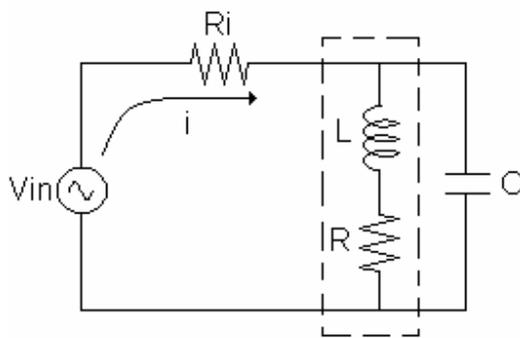
Com o objetivo de aumentar o fator de potência, e conseqüentemente diminuir o ângulo  $\phi$ , e assim diminuir as perdas e diminuir S, mantendo P constante, o que é útil para a fornecedora de energia elétrica, utiliza-se um capacitor (C) em paralelo com a carga, conforme a Figura 7.

È fácil demonstrar que o valor de C é dado pela expressão:

$$C = \frac{P \cdot (|\operatorname{tg}\phi| - |\operatorname{tg}\phi'|)}{\omega \cdot V^2}$$

onde  $V$  é o valor eficaz da tensão no capacitor,  $\omega$  é a velocidade angular,  $P$  é a potência ativa da carga,  $\phi$  o ângulo de defasagem antes da correção e  $\phi'$  é o ângulo depois da correção.

Para o circuito da Figura 7. determinar o valor do capacitor para que o fator de potência de carga seja igual a 0,92.



$R_i = 50 \Omega$   
 $R = 57 \Omega$   
 $L = 100\text{mH}$   
 $V_{in} = 5 \operatorname{sen}(\omega t)$   
 $f = 180\text{Hz}$

Figura 7 – Circuito em análise