

## Medidores de Potência (Wattímetros)

A medição da potência eléctrica em uma carga envolve a leitura da tensão, da corrente e a multiplicação de ambas. Devido à característica não linear da multiplicação, técnicas relativamente complexas são utilizadas em instrumentos analógicos. O wattímetro possui 3 ou 4 terminais utilizados para medir simultaneamente tensão e corrente na carga.

### Conceitos Gerais para Sinais Alternados

- Potência instantânea:  $P_i = v(t) \cdot i(t)$
- Potência média:  $P_m = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \cdot i(t) dt$

### Para Sinais Senoidais

- Potência ativa:  $v(t)$  em fase com  $i(t)$ ;  $P_a = V_p \sin(\omega t) \cdot I_p \sin(\omega t)$
- Potência reativa:  $v(t)$  em quadratura com  $i(t)$ ;  $P_r = V_p \sin(\omega t) \cdot I_p \sin(\omega t + \pi/2)$

Obs.: neste caso, uma defasagem de  $\pi/2$  rad é detectada na medida da corrente.

Se  $\begin{cases} P_r > 0 \Rightarrow \text{carga indutiva;} \\ P_r < 0 \Rightarrow \text{carga capacitiva.} \end{cases}$

Graficamente:

a) **Wattímetro Analógico Baseado no Efeito Hall:**

O sensor Hall fornece uma tensão de saída proporcional ao campo magnético transversal multiplicado pela corrente de polarização  $I_H$  (ver amperímetro alicate). Dessa forma pode ser utilizado como multiplicador analógico sendo o campo  $B$  gerado pela corrente na carga  $I$  e a corrente  $I_H$  gerada pela tensão na carga através de  $R_H$ . A tensão Hall  $V_H$  é então proporcional à potência instantânea na carga.

$$V_H = K_H \cdot B \cdot I_H,$$

$K_H$  : constante do sensor

$$B = K' \cdot I; \quad I_H = \frac{V}{R + R_H}; \quad K^* = \frac{K' \cdot K_H}{R + R_H}$$

$$V_H = K^* \cdot V \cdot I = P_i$$

Devido aos efeitos de histerese do circuito magnético, erros significativos ocorrem ao medir pequenas potências.

b) **Wattímetro Digital**

Tensão e corrente são inicialmente convertidas para o domínio digital através de 2 conversores A/D. O produto  $V \cdot I$  é efetuado por um multiplicador digital binário.

## Medidores de Energia

Energia é a integral temporal da potência no intervalo de tempo  $t_2-t_1$ :  $E = \int_{t_1}^{t_2} P dt$

A energia ativa é dada em watt-hora [Wh] (ou kWh) e a energia reativa em volt-ampère-reactivo-hora [VArh].

### a) Medidor de Energia Analógico (Eletromecânico)

É baseado em um motor de indução AC assíncrono com um elemento de frenagem magnético (ímã permanente). O rotor do motor, sob a forma de um disco metálico, é submetido a 2 campos magnéticos alternados criados pela tensão e pela corrente na carga. O torque que surge no disco é proporcional ao produto  $V \cdot I$  e, devido ao freio magnético, a sua velocidade é proporcional à potência ativa média na carga.

Através de um sistema de engrenagens a rotação do disco é acumulada em um contador mecânico de giros, sendo proporcional à energia na carga. Os medidores de energia residenciais consideram apenas a potência ativa na carga. Medidores industriais medem também a parcela reativa da energia, que deve ser inferior aos limites estipulados pelo fornecedor de energia.

Obs.: este tipo de medidor, que só funciona em AC, ainda é largamente utilizado devido à sua robustez, baixo custo e principalmente ao grande número de unidades já instaladas.

**b) Medidor de Energia Digital**

É baseado no medidor de potência digital com a adição de um microprocessador que acumula o produto  $V \cdot I$  ao longo do tempo. Além de possuir precisão e exatidão superiores às dos medidores analógicos, este tipo de medidor permite a leitura remota da energia bem como a aplicação de uma tarifação diferenciada comandada pela central de distribuição de energia ou faixa horária.

Existe uma forte tendência à substituição progressiva dos medidores analógicos por medidores digitais. O custo atual destes medidores ainda é elevado, tendo em vista o reduzido número de unidades produzidas se comparado aos analógicos.