

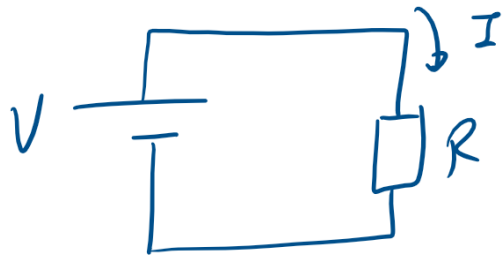
# E202 – Circuitos Elétricos II

## Aula 13 – Potência em Circuitos RLC

Prof. Luciano Leonel Mendes  
PED Pedro Henrique de Souza

# Potência em Circuitos Resistivos

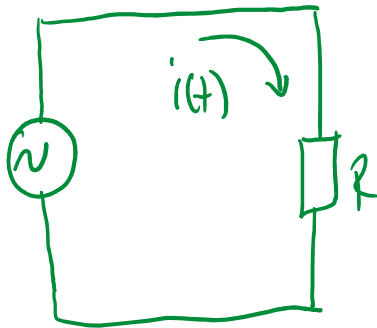
- Circuito resistivo alimentado com fonte DC:



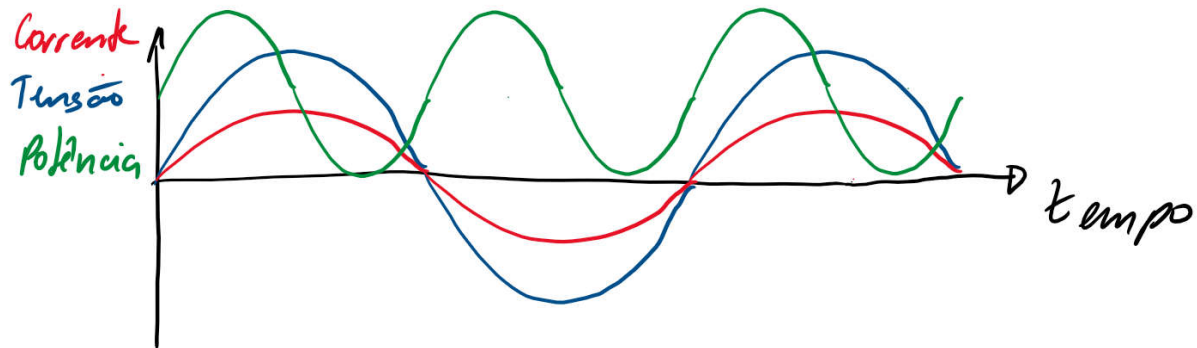
$$P = VI = \frac{V^2}{R} = RI^2$$

- Circuito resistivo alimentado com fonte senoidal: corrente e tensão estão sempre em fase.

$$v(t) = V_p \sin(\omega t)$$



$$p(t) = v(t) i(t)$$



# Potência em Circuitos Resistivos

- Para fontes senoidais:

$$p(t) = v(t) \times i(t) = V_p \sin(\omega t) \times I_p \sin(\omega t) = V_p I_p \sin^2(\omega t)$$

$$p(t) = \frac{V_p I_p}{2} - \frac{V_p I_p}{2} \cos(2\omega t)$$

$$p(t) = V_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}} - V_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}} \cos(2\omega t)$$

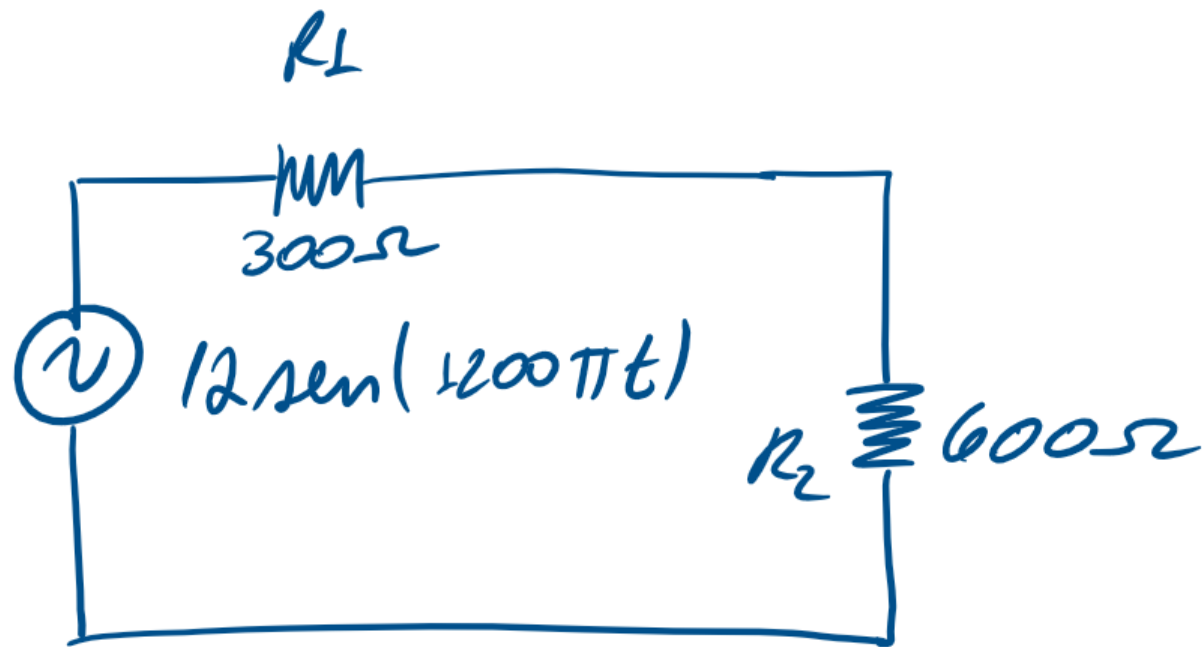
- A parcela constante da potência instantânea é denominada de potência média.

$$P_M = V_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}}$$

- Essa grandeza representa a potência média que é consumida pelo circuito. Ela é equivalente a potência que seria dissipada na carga resistiva, caso a tensão RMS fosse aplicada na mesma.

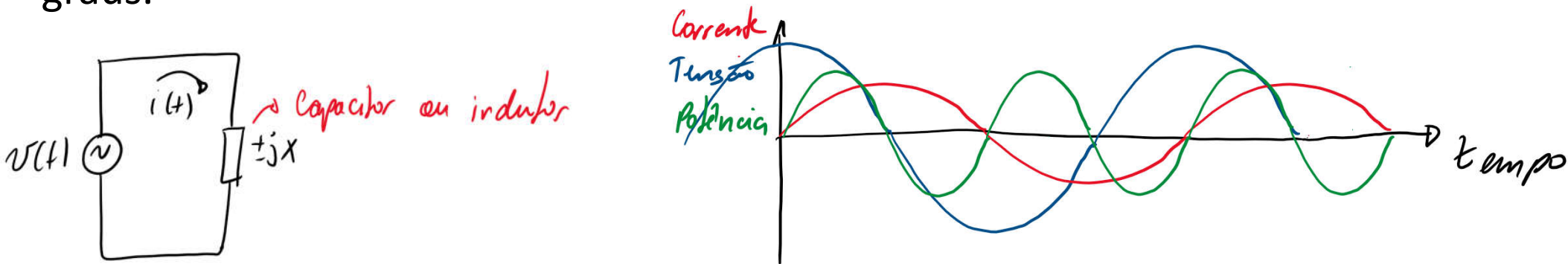
# Potência em Circuitos Resistivos

Exemplo 1 – Encontre a potência instantânea no resistor  $R_2$  no circuito do circuito abaixo.



# Potência em Circuitos Reativos

- Em circuitos puramente reativos, a tensão e a corrente estão defasadas de 90 graus.



- A potência instantânea é uma senóide com o dobro da frequência da tensão ou da corrente.
- O semiciclo positivo representa a potência que a fonte está fornecendo para o circuito
- O semiciclo negativo representa a potência que o circuito devolve para a fonte.
- Na média, a potência consumida é nula.

# Potência em Circuitos Reativos

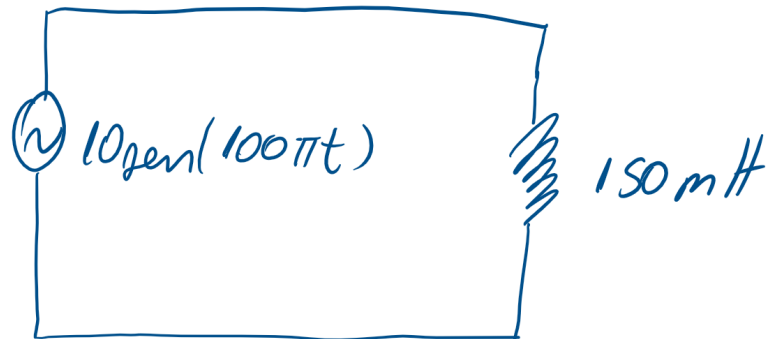
- Neste caso, temos

$$p(t) = v(t) \times i(t) = V_p \sin(\omega t) \times I_p \sin(\omega t + 90^\circ) = V_p I_p \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

$$p(t) = \frac{V_p I_p}{2} \sin(2\omega t)$$

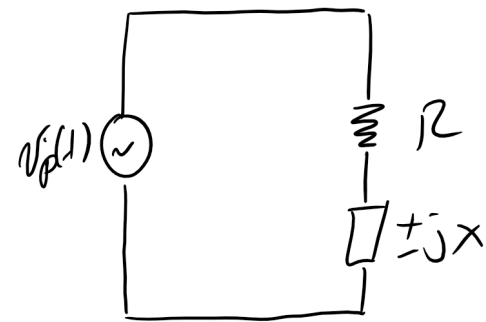
$$p(t) = V_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}} \sin(2\omega t)$$

- Exemplo 2: Encontre o produto entre a tensão e a corrente para o circuito abaixo.

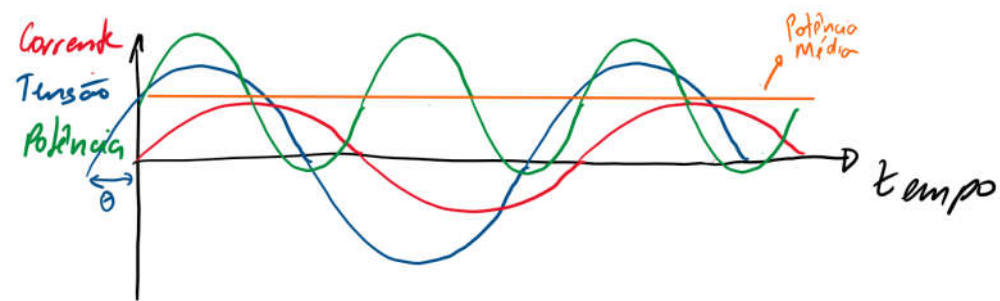


# Potência em Impedâncias Complexas

- Em circuitos com impedâncias complexas  $Z = R \pm jX$  haverá tanto potência sendo dissipada quanto potência sendo armazenada e retornada para a fonte.



O resistor irá dissipar energia enquanto que o indutor ou capacitor irá armazenar e devolver energia para fonte.



- Sendo  $\mathbf{Z} = R + jX = |Z| \angle \theta$ , temos:

$$\mathbf{I} = \frac{V_p}{\mathbf{Z}} = \frac{V_p}{|Z| \angle \theta} = I_p \angle -\theta$$

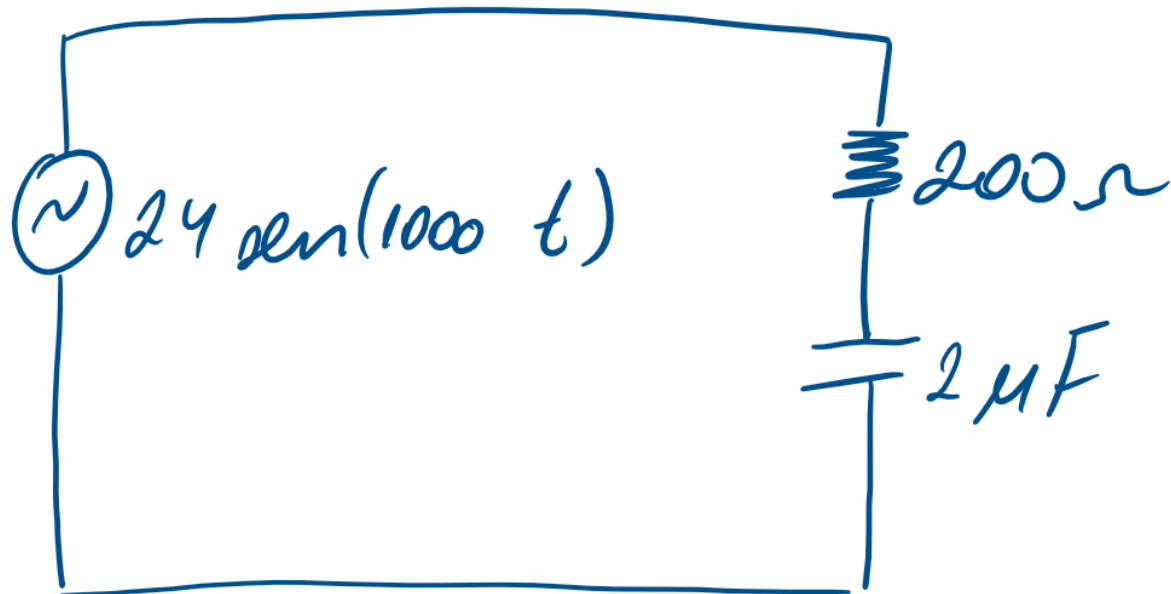
$$p(t) = v(t) \times i(t) = V_p \sin(\omega t) \times I_p \sin(\omega t - \theta)$$

$$p(t) = \frac{V_p I_p}{2} \cos(\theta) - \frac{V_p I_p}{2} \cos(2\omega t - \theta)$$

$$p(t) = \underbrace{V_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}} \cos(\theta)}_{\text{Potência média/Ativa}} - \underbrace{V_{\text{RMS}} I_{\text{RMS}} \cos(2\omega t - \theta)}_{\text{relacionado com a troca de energia entre reatância e fonte}}$$

# Potência em Impedâncias Complexas

- Exemplo 3: Encontre a potência instantânea no circuito no circuito abaixo:





# Tipo de Potência em Circuitos RLC

- Potência Aparente: é a potência dada pelo produto entre a tensão e a corrente. Tipicamente é expressa em função dos valores RMS dessas grandezas e é dada em Volt-Ampere [VA]

$$S = V_{\text{RMS}} \times I_{\text{RMS}}$$

- Potência Média ou Ativa: é a potência efetivamente consumida/dissipada no circuito. Essa grandeza é dada em Watts [W].

$$P = V_{\text{RMS}} \times I_{\text{RMS}} \cos(\theta) = S \cos(\theta) = R \times I_{\text{RMS}}^2 = \frac{V_{\text{RMS}}^2}{R}$$

- Potência Reativa: é a potência armazenada e devolvida pelos elementos reativos do circuito. É dada em Volt-Ampere Reativo [VAR]

$$Q = V_{\text{RMS}} \times I_{\text{RMS}} \sin(\theta) = S \sin(\theta) = X \times I_{\text{RMS}}^2 = \frac{V_{\text{RMS}}^2}{X}$$

O sinal da reatância é importante e deve ser empregado no cálculo da potência reativa.

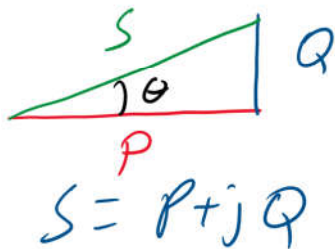
# Fator de Potência e Triângulo de Potência

- O Fator de Potência é o parâmetro que determina o percentual da potência aparente que efetivamente é empregada pela carga para gerar trabalho.

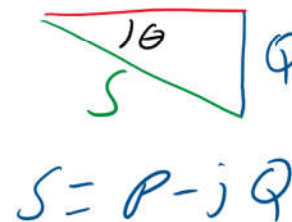
$$F = \frac{P}{S} = \cos(\theta)$$

- As potências aparente, ativa e reativa relacionam-se entre através de um triângulo de potência em função da defasem entre tensão e corrente.

*Circuitos Indutivos*



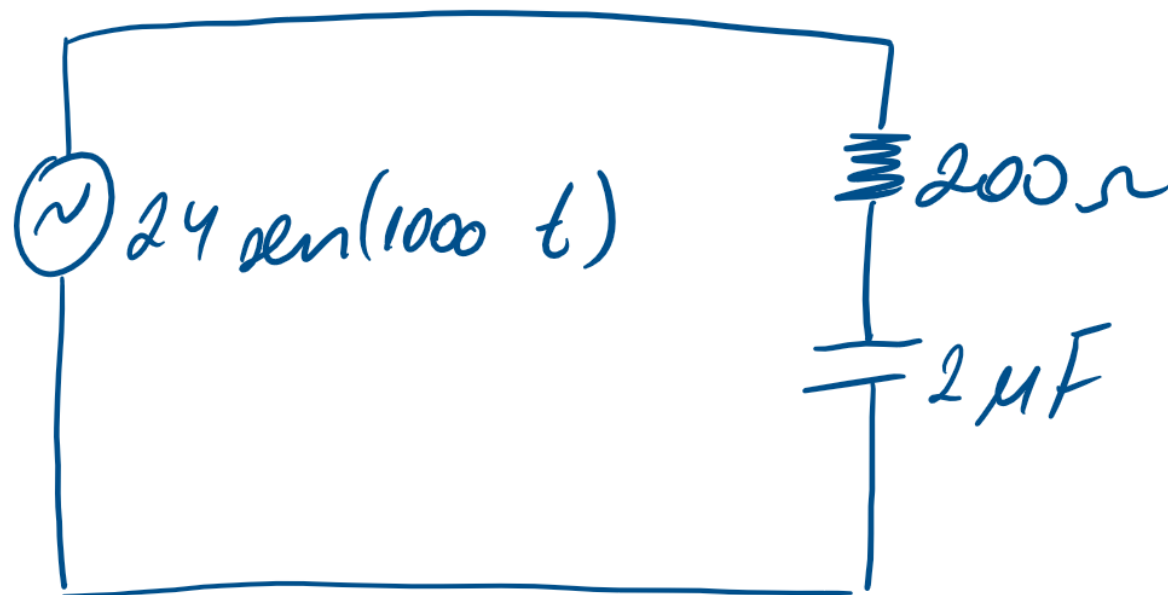
*Circuitos Capacitivos*



- A potência aparente é a soma vetorial entre as potências ativa e reativa.

# Fator de Potência e Triângulo de Potência

- Exemplo 4: Encontre as potências ativa, reativa e aparente do circuito do exemplo 3. Utilize tanto o método que emprega a defasagem entre a tensão e corrente quanto o método que emprega os valores da resistência e reatância para encontrar as potências ativa e reativa.



# Impacto do Fator de Potência

- A potência reativa não realiza trabalho e é apenas “emprestada” pela fonte durante o semiciclo positivo da potência instantânea, para ser devolvida durante o semiciclo negativo.
- No entanto, a potência reativa afeta o valor da corrente instantânea, que deve ser levada em consideração no dimensionamento do circuito elétrico.
- Um consumidor que emprega cargas com baixo fator de potência vai demandar uma infraestrutura mais robusta da concessionária de energia.
- Consumidores industriais são tarifados de acordo com a potência aparente, e não de acordo com a potência ativa, como é o caso de clientes residenciais.
- As empresas utilizam bancos de capacitores em paralelo com cargas indutivas para minimizar a potência aparente. O objetivo é fazer com que:

$$S = P \quad \therefore \quad F = \cos(\theta) = 1 \quad \therefore \quad \theta = 0$$

# Impacto do Fator de Potência

- Exemplo 5: uma indústria emprega 3 centrífugas de fabricantes distintos. As impedâncias das centrífugas são dadas por:

$$Z_1 = 50 + j80 \quad Z_2 = 25 + j120 \quad Z_3 = 100 + j20$$

As centrífugas são ligadas em uma rede elétrica com tensão RMS de 220 volts e frequência de 60 Hz.

- a) Qual é a potência aparente, ativa e reativa em cada centrífuga? Qual é a mais eficiente?
- b) Qual é a potência aparente, ativa e reativa total do circuito? Qual é a eficiência total?
- c) Qual deve ser a capacitância do banco de capacitor colocado paralelo com as centrífugas para maximizar o fator de potência?

# Fator de Mérito

- Fator de Mérito ou Fator de Qualidade é definido como sendo a relação entre a potência reativa e a potência ativa.

$$Q_M = \frac{Q}{P} = \frac{XI_{\text{RMS}}^2}{RI_{\text{RMS}}^2} = \frac{X}{R}$$

- Exemplo 6: Determine o fator de mérito e o fator de potência do circuito abaixo.

