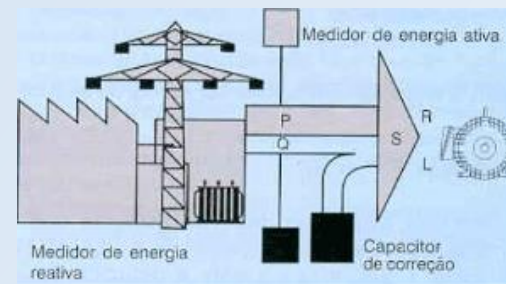
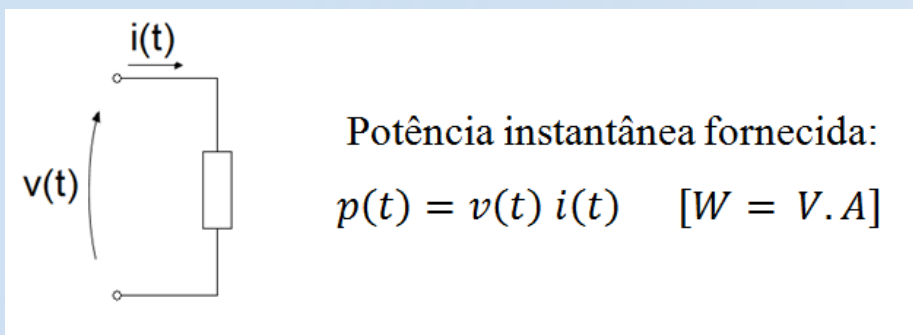


### ❑ Potência em RPS

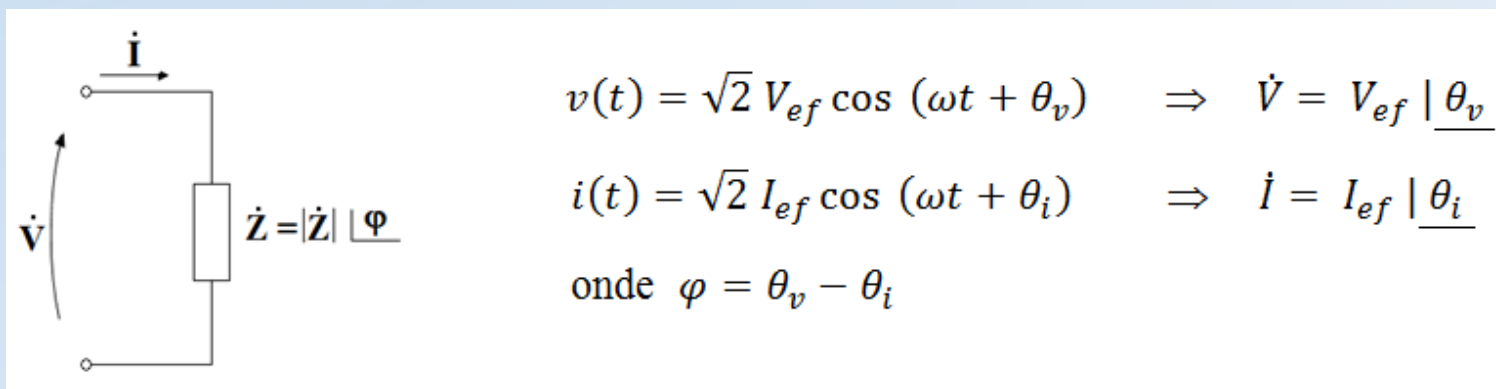
- ❑ Definições
- ❑ Potência Média, Ativa, Real ou Útil
- ❑ Potência Aparente
- ❑ Fator de Potência
- ❑ Potência Reativa
- ❑ Casos particulares: resistor, indutor e capacitor

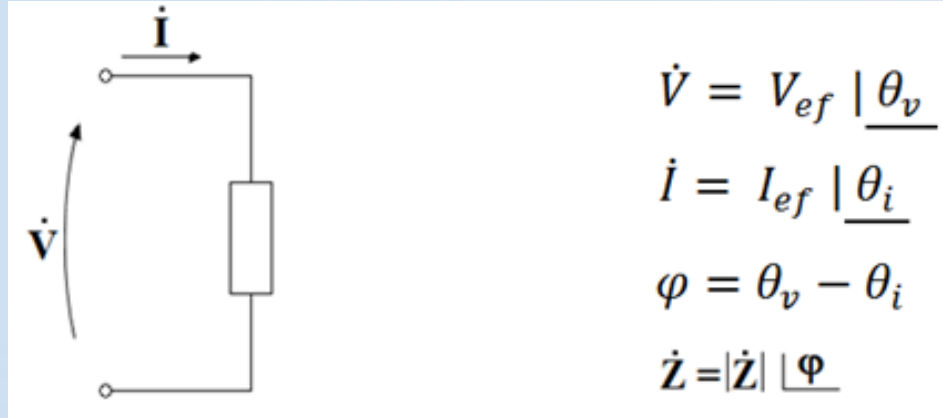


## □ Potência em um bipolo alimentado com $v(t)$



## □ Para $v(t)$ senoidal





Se  $0 < \varphi \leq \frac{\pi}{2} \Rightarrow$  Corrente atrasada em relação à tensão

$\Rightarrow$  **Bipolo Indutivo**

Se  $-\frac{\pi}{2} \leq \varphi < 0 \Rightarrow$  Corrente adiantada (em avanço) em relação à tensão  $\Rightarrow$  **Bipolo Capacitivo**

Se  $\varphi = 0 \Rightarrow$  Corrente em fase com a tensão

$\Rightarrow$  **Bipolo Puramente Resistivo**

## ❑ Sistema RPS

- ❑ Pode-se escolher qualquer referência conveniente de ângulo para  $t=0$
- ❑ No entanto, sem perda de generalidade, vamos supor:

$$\begin{aligned} i(t) = \sqrt{2} I_{ef} \cos(\omega t) &\Rightarrow \dot{I} = I_{ef} \mid \underline{0} \\ \dot{Z} = |\dot{Z}| \mid \underline{\varphi} &\Rightarrow \dot{V} = V_{ef} \mid \underline{0 + \varphi} \Rightarrow v(t) = \sqrt{2} V_{ef} \cos(\omega t + \varphi) \end{aligned}$$

- ❑ Logo:

$$p(t) = 2 V_{ef} I_{ef} \cos(\omega t) \cos(\omega t + \varphi)$$

$$p(t) = 2 V_{ef} I_{ef} \cos(\omega t) \cos(\omega t + \varphi) \quad \text{E} \quad \begin{cases} \cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b \\ \cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b \\ \cos a \cos b = \frac{1}{2} \cos(a + b) + \frac{1}{2} \cos(a - b) \end{cases}$$

$$p(t) = 2 V_{ef} I_{ef} \frac{1}{2} \{ \cos[\omega t - (\omega t + \varphi)] + \cos(2\omega t + \varphi) \}$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t + \varphi) \quad [W]$$

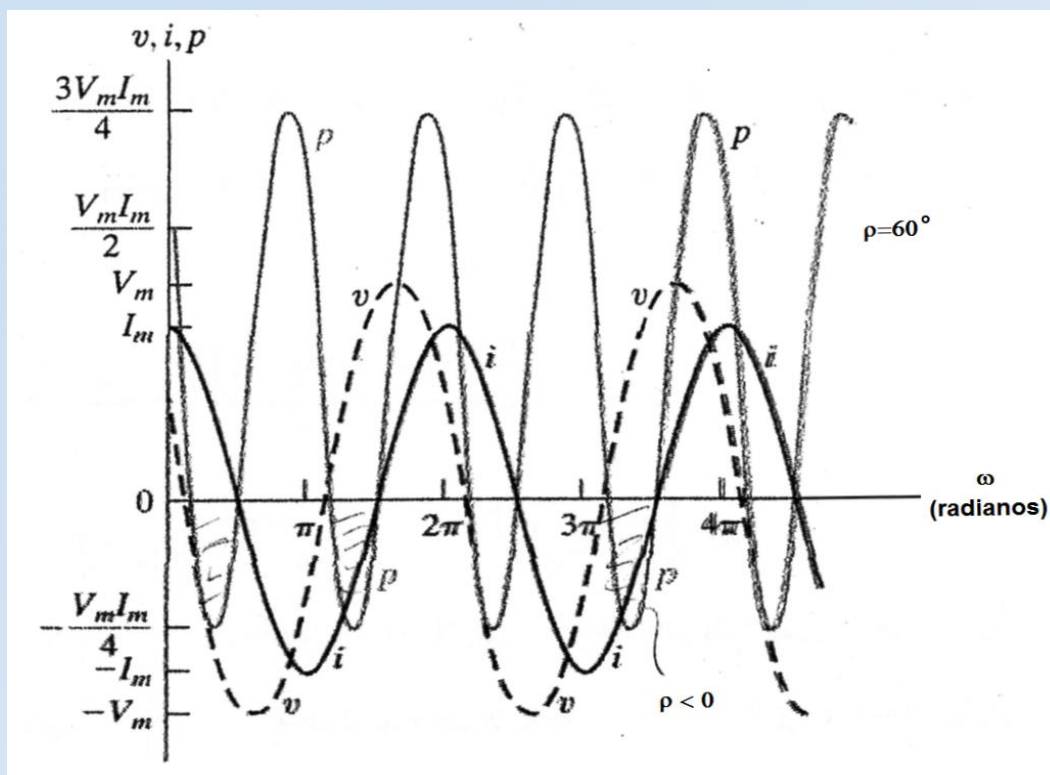
$$\Rightarrow \begin{cases} V_{ef} I_{ef} \cos\varphi & \Rightarrow \text{parcela constante} \\ V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t + \varphi) & \Rightarrow \text{parcela flutuante} \end{cases}$$

## Exemplo

- Potência instantânea, tensão e corrente em função de  $\omega t$  para um circuito em regime permanente senoidal

$$p(t) = 2 V_{ef} I_{ef} \frac{1}{2} \{ \cos[\omega t - (\omega t + \varphi)] + \cos(2\omega t + \varphi) \}$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t + \varphi) \quad [W]$$

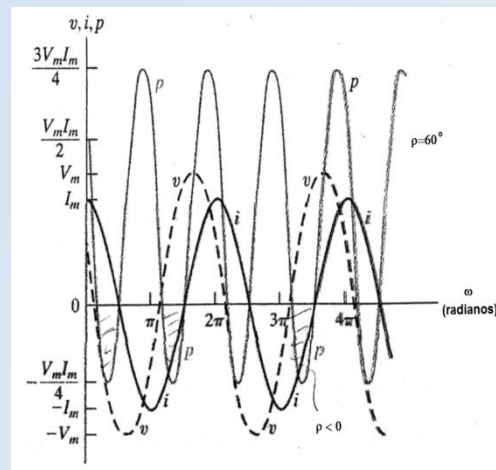


$$p(t) = 2 V_{ef} I_{ef} \frac{1}{2} \{ \cos[\omega t - (\omega t + \varphi)] + \cos(2\omega t + \varphi) \}$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t + \varphi) \quad [W]$$

## Notar que:

- ❑ A frequência da potência instantânea é duas vezes a frequência da tensão ou da corrente;
- ❑ A potência pode ser negativa em parte do ciclo, ainda que a rede seja passiva. Em uma rede completamente passiva, a potência negativa implica que a energia armazenada nos indutores/capacitores seja fornecida para a rede;
- ❑ O fato da potência instantânea variar ao longo do tempo, provoca vibração, por exemplo, em motores



## □ Potência MÉDIA, ATIVA, REAL ou ÚTIL

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t + \varphi)$$

$$P = P_m = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

- O termo  $\cos(2\omega t + \varphi)$  possui valor médio nulo, logo:

$$P = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi \quad [\text{W}]$$

***Esta grandeza (P), é a potência que é convertida de uma forma elétrica para uma forma não elétrica***



## ❑ Potência APARENTE

- ❑ Representa a potência total disponível para fornecer a potência média desejada

$$P_{ap} = V_{ef} I_{ef} \quad [\text{VA}]$$

## ❑ FATOR DE POTÊNCIA - $FP$

- ❑ É definido operacionalmente para regime permanente periódico, mas não necessariamente senoidal por:

$$FP = \frac{P}{V_{ef} I_{ef}} = \frac{P}{P_{ap}}$$

## ❑ **FP em RPS**

$$FP = \frac{P}{P_{ap}} = \frac{V_{ef} I_{ef} \cos\varphi}{V_{ef} I_{ef}}$$

$$FP = \cos\varphi$$

❑ Sendo  $\varphi$ , também chamado ângulo de potência

$$\varphi = |\underline{\dot{Z}}|$$

- ❑ Dado apenas  $FP = \cos \varphi$  :
  - ❑ Não é possível determinar diretamente se  $\varphi > 0$  ou  $\varphi < 0$   
( $\cos(\varphi) = \cos(-\varphi)$ )
  
- ❑ Utiliza-se a seguinte nomenclatura:
  - ❑ **Fator de potência** atrasado ou **indutivo**  $\Rightarrow$  circuito indutivo  $\Rightarrow$  **corrente atrasada** em relação à tensão;
  - ❑ **Fator de potência** adiantado, ou em avanço, ou **capacitivo**  $\Rightarrow$  circuito capacitivo  $\Rightarrow$  **corrente adiantada** em relação à tensão.

## □ Potência REATIVA

Sendo: 
$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t + \varphi)$$

e

$$\cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} [\cos(2\omega t) \cos(\varphi) - \sin(2\omega t) \sin(\varphi)]$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi + V_{ef} I_{ef} \cos\varphi \cos 2\omega t - V_{ef} I_{ef} \sin\varphi \sin 2\omega t$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\varphi (1 + \cos 2\omega t) - V_{ef} I_{ef} \sin\varphi \sin 2\omega t$$

$$p(t) = P (1 + \cos 2\omega t) - Q \sin 2\omega t$$

## □ Para a expressão

$$p(t) = P (1 + \cos 2\omega t) - Q \sin 2\omega t$$

### □ $P (1 + \cos 2\omega t)$

- Valor máximo  $2 V_{ef} I_{ef} \cos \varphi$
- *Potência realmente fornecida ao bipolo*

### □ $Q \sin 2\omega t \rightarrow$ propriedades:

- Valor médio nulo;
- Pode ser positivo ou negativo;
- Pode ser considerada como uma potência que “vai e vem” entre o Bipolo e o gerador que o alimenta.

## ❑ Potência REATIVA

- ❑ Para caracterizar a troca continuada de energia entre o gerador e o bipolo, dada por  $Q \sin 2\omega t$ , define-se a potência reativa por:

$$Q = V_{ef} I_{ef} \sin \varphi \quad [VAR, kVAR]$$

***Que é igual à amplitude da POTÊNCIA  
ALTERNANTE***

## ❑ Potência REATIVA

- ❑ Não é uma potência no sentido físico
- ❑ Unidade para sua medida: **VOLT-AMPÈRE REATIVO (VAR)**

$$\varphi = |\underline{\dot{Z}}| \Rightarrow \begin{cases} Q > 0 \Rightarrow \text{para bipolos indutivos} \\ Q < 0 \Rightarrow \text{para bipolos capacitivos} \end{cases}$$



## ❑ Potência REATIVA

❑ Como:

$$\left. \begin{array}{l} P = V_{ef} I_{ef} \cos \varphi \\ Q = V_{ef} I_{ef} \sin \varphi \end{array} \right\} \Rightarrow P^2 + Q^2 = V_{ef}^2 I_{ef}^2 = P_{ap}^2$$

❑ Então, a potência aparente pode ser calculada por:

$$P_{ap} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

18

### ❑ Potência no RESISTOR

$$\varphi = 0 \Rightarrow \text{FP} = 1 \quad \Rightarrow Q = 0$$

$$p(t) = P (1 + \cos 2\omega t) \Rightarrow P = V_{ef} I_{ef} \quad 1 = P_{ap}$$

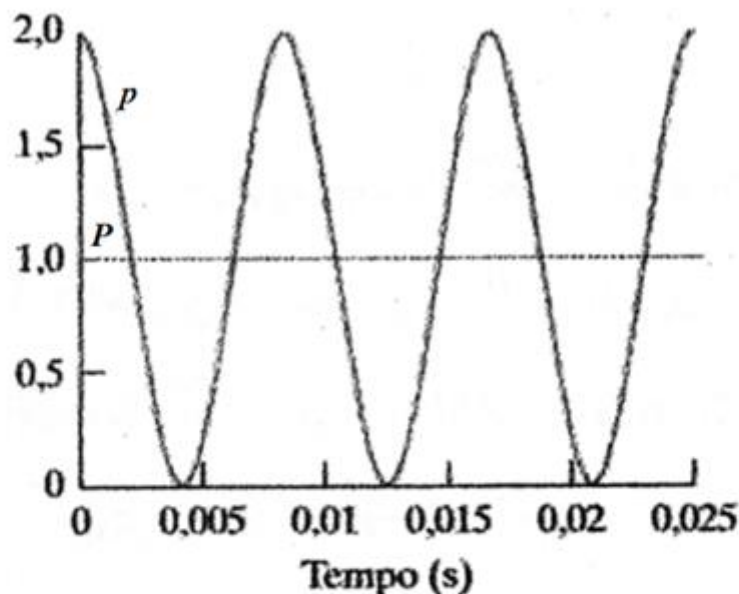
- ❑ *A potência instantânea vai de 0 a  $(2 V_{ef} I_{ef})$*
- ❑ *É sempre positiva*
- ❑ *Em todos os instantes a potência é absorvida pelo bipolo*

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

19

### ❑ Potência no RESISTOR



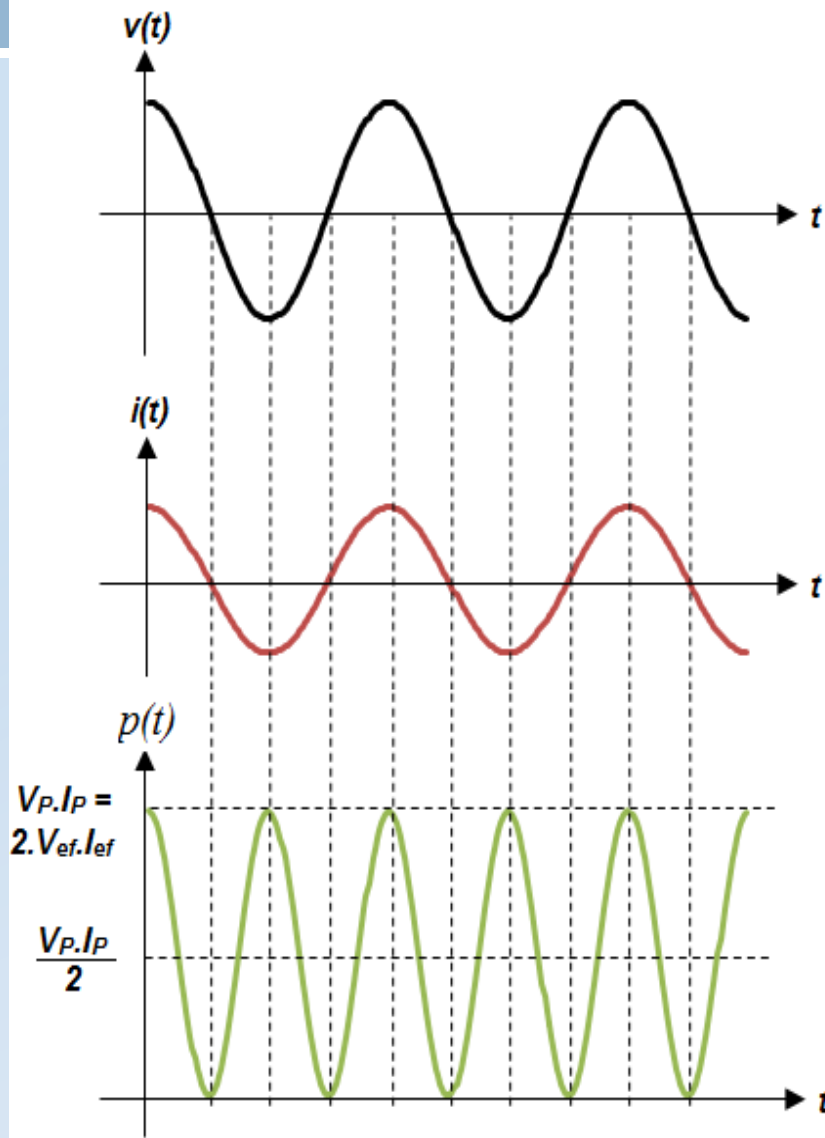
Potência instantânea e potência média para um circuito puramente resistivo.

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

20

### □ Potência no RESISTOR



\* Toda a energia elétrica é dissipada

\* A frequência da potência é o dobro

### ❑ Potência no INDUTOR

$$\varphi = +90^\circ \quad \Rightarrow \text{tensão e corrente defasada de } 90^\circ$$

$$\cos \varphi = FP = 0 \quad \Rightarrow P = 0$$

$$p(t) = -Q \operatorname{sen} 2\omega t$$

$$Q = V_{ef} I_{ef} \operatorname{sen} 90^\circ \Rightarrow Q = V_{ef} I_{ef} > 0$$

- ❑ Carga puramente indutiva (reativa) a potência ativa (média) é nula
- ❑ Não ocorre nenhuma transferência de energia elétrica para outra forma de energia

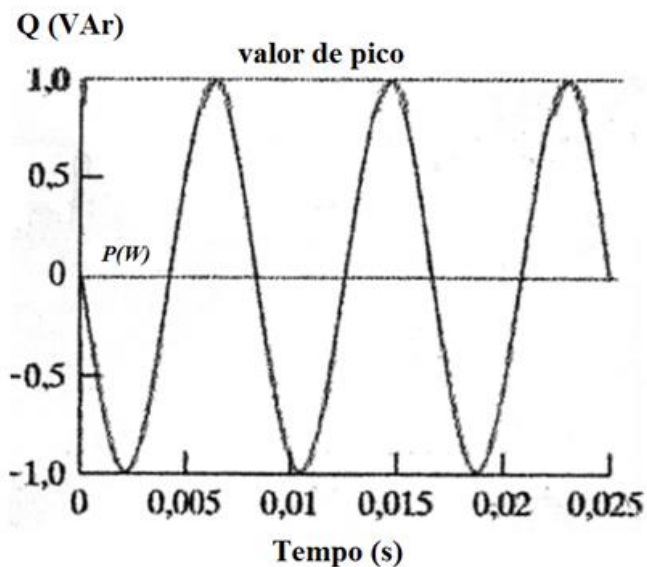
# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

22

### ❑ Potência no INDUTOR

- ❑ A potência instantânea varia entre  $+(V_{ef} I_{ef})$  e  $-(V_{ef} I_{ef})$ , com frequência  $2\omega$



Potência instantânea, potência média e potência reativa para um circuito puramente indutivo.

### ❑ Potência no INDUTOR

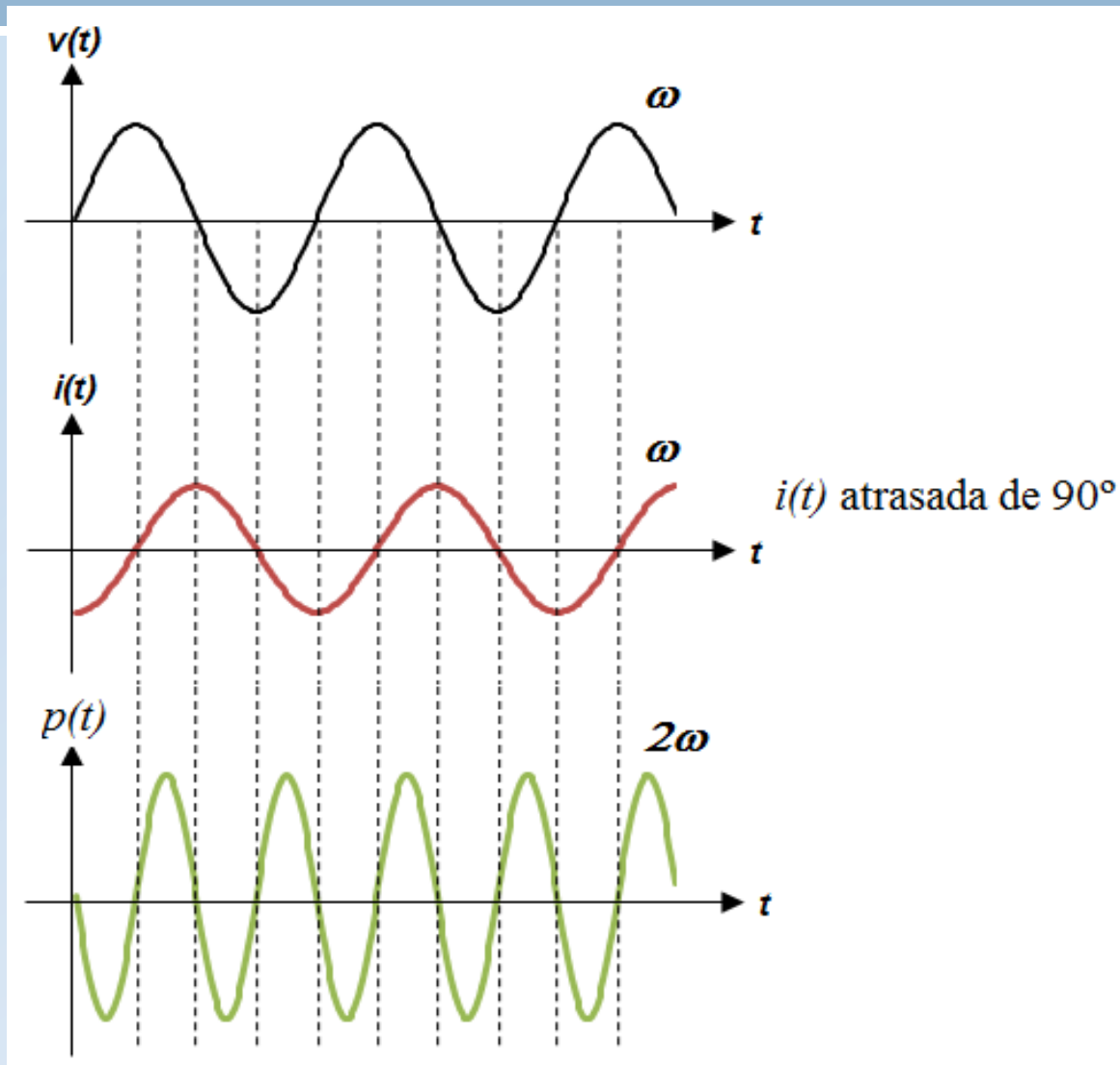
- ❑ A potência instantânea é continuamente permutada entre o circuito e a fonte que o excita.
- ❑ A cada  $\frac{1}{2}$  ciclo o bipolo devolve ao gerador a energia a ele fornecida, no  $\frac{1}{2}$  ciclo anterior
- ❑ Quando  $p(t) > 0$  a energia está sendo armazenada no campo magnético do elemento indutor
- ❑ Quando  $p(t) < 0$  a energia está sendo extraída do campo magnético
- ❑ Uma medida de potência associada a circuitos puramente indutivos é a potência reativa  $Q$

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

24

### □ Potência no INDUTOR





### ❑ Potência no CAPACITOR

$$\varphi = -90^\circ \quad \Rightarrow \text{corrente adiantada de } 90^\circ \text{ em relação à tensão)}$$

$$\text{Potência instantânea: } p(t) = -Q \operatorname{sen} 2\omega t$$

$$\cos \varphi = \cos(-90^\circ) = FP = 0 \Rightarrow P = 0$$

$$Q = V_{ef} I_{ef} \operatorname{sen}(-90^\circ) \quad \Rightarrow Q = -V_{ef} I_{ef} < 0$$

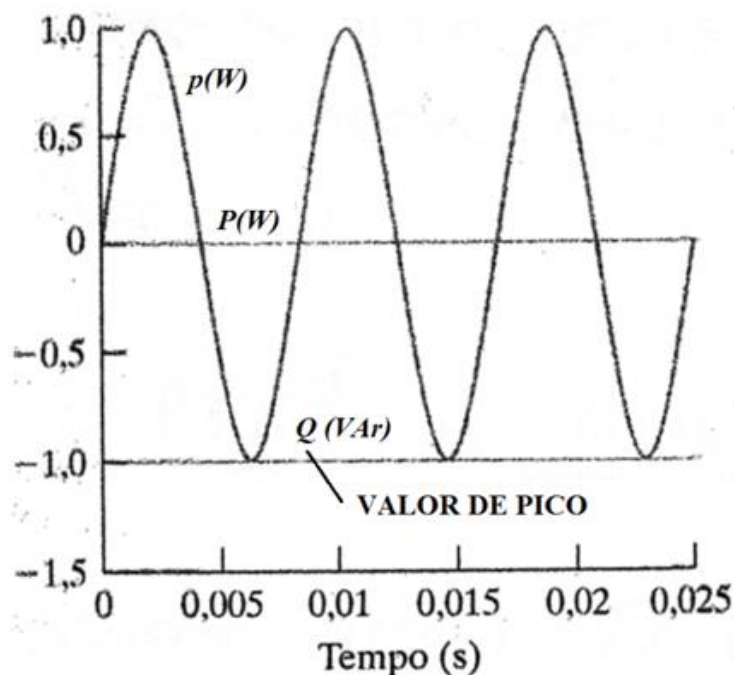
❑ “A energia que o capacitor acumula, ele devolve”

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

26

### □ Potência no CAPACITOR



Potência instantânea, potência média e potência reativa para um circuito puramente capacitivo.

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

27

### ❑ Potência no CAPACITOR

- ❑ Analogamente ao indutor,  $P=0$
- ❑ Não há transferência de energia elétrica em outra forma de energia
- ❑ Em um circuito capacitivo a potência é continuamente permutada entre a fonte que excita o circuito e o campo elétrico associado aos elementos capacitivos

# POTÊNCIA RPS

## CASOS PARTICULARES

28

### □ Potência no CAPACITOR

