

Regime Permanente Senoidal - RPS

Generalidades

Resolução de circuitos em RPS

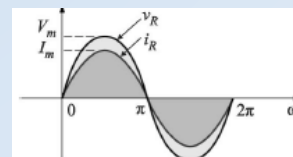
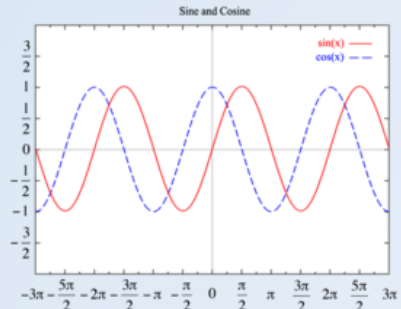
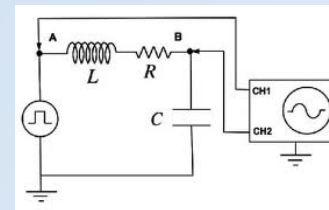
Introdução

Fonte senoidal

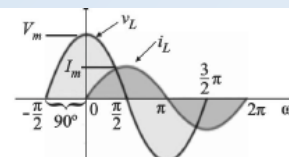
Conceito de valor eficaz

Conceito de fasor

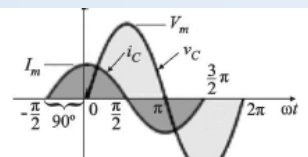
Função de rede



I - circuito resistivo

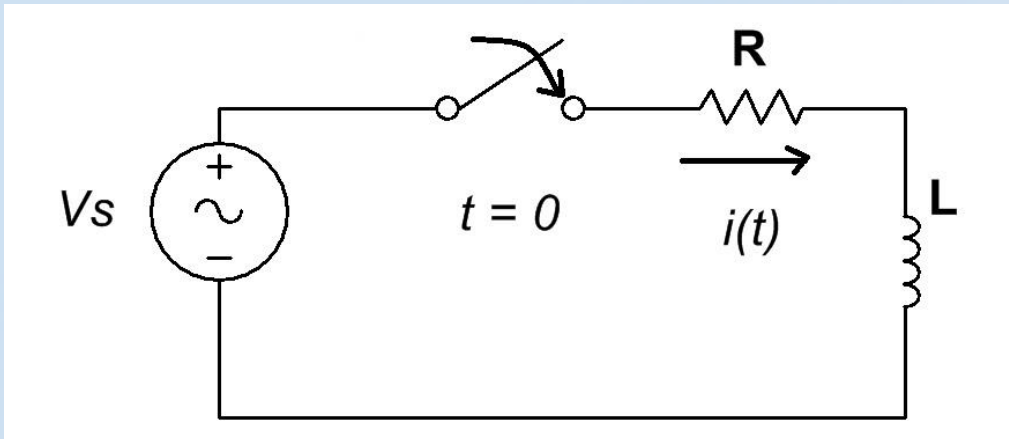


II - circuito indutivo



III - circuito capacitivo

- Vamos considerar o circuito linear abaixo, excitado por uma fonte senoidal:



onde: $V_s(t) = V_m \cos(\omega t + \phi)$

e a corrente inicial $i(0_-) = 0$

Deseja-se determinar $i(t)$ para $t \geq 0$. Então (Lei de Kirchhoff):

$$V_s(t) = V_m \cos(\omega t + \phi) = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

❏ Resolvendo a equação diferencial:

$$i(t) = \frac{-V_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \cos(\phi - \theta) e^{(-R/L)t} + \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \cos(\omega t + \phi - \theta)$$

$$\text{onde } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right)$$

Para $t \rightarrow \infty$ (resposta permanente)

$$i(t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \cos(\omega t + \phi - \theta) \quad \text{REGIME PERMANENTE SENOIDAL}$$

RESOLUÇÃO DE CIRCUITOS EM RPS

4

❑ OBJETIVO

- ❑ Desenvolver um processo de resolução de circuitos em corrente alternada → **LIMITADO** mas de **SIMPLES RESOLUÇÃO**

❑ CONDIÇÕES

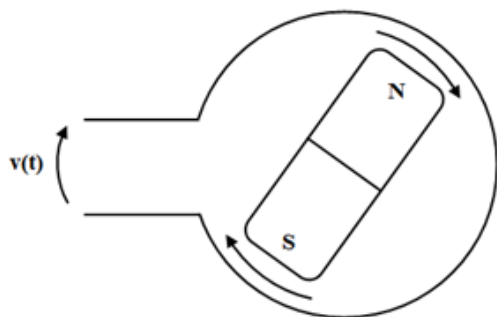
- ❑ Todos os geradores devem ser senoidais e de mesma frequência;
- ❑ Desprezam-se as componentes transitórias, as quais devem decair com o tempo → **sistema estável**;
- ❑ O circuito deverá possuir algum resistor com resistência diferente de zero.

❑ CARACTERÍSTICAS

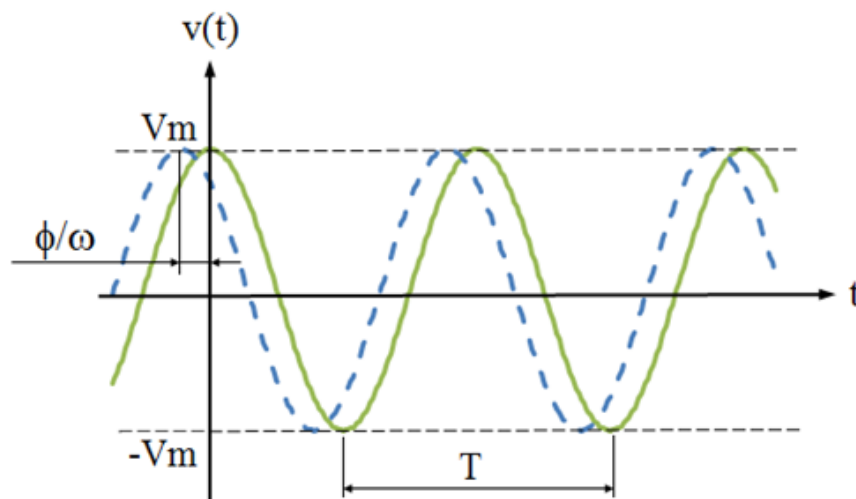
- ❑ A solução de regime também é senoidal;
- ❑ A frequência ω do sinal de resposta é idêntica à frequência do sinal da fonte;
- ❑ Para se determinar a resposta permanente a tarefa resume-se a determinar a máxima amplitude da resposta e seu ângulo de fase ($\phi - \theta$).

INTERESSE DO ESTUDO DE RPS

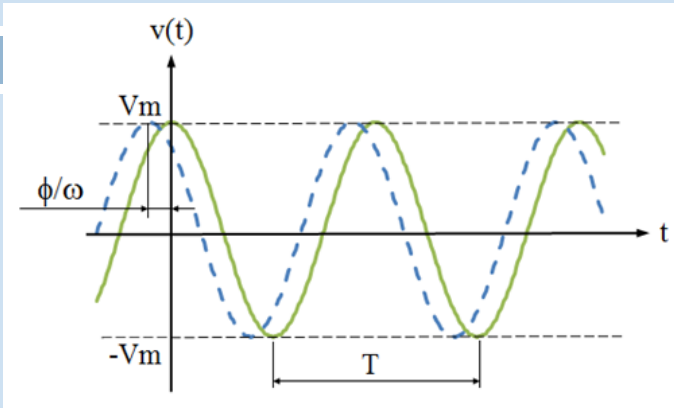
- A maior parte dos sistemas de **GTD** (Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica) operam em RPS



Gerador senoidal



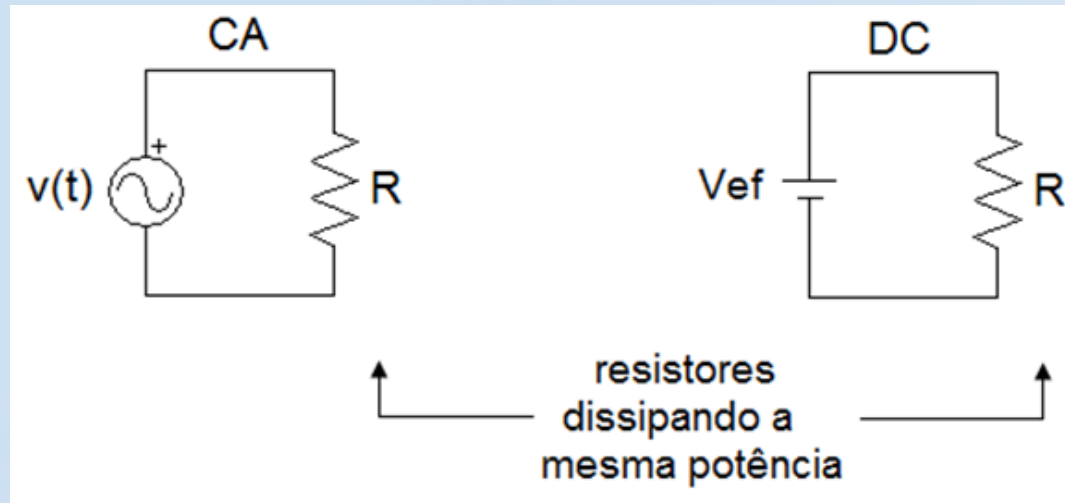
Tensão senoidal deslocada segundo o ângulo ϕ



$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \phi)$$

- $\omega = 2\pi f = 2\pi/T \rightarrow$ frequência angular [rad/seg]
- $V_m \rightarrow$ valor de pico [V]
- $\cos \rightarrow$ padrão para sinal alternado (tensão ou corrente)
- $\phi \rightarrow$ ângulo da cossenóide para $t=0$

Obs - embora para a obtenção do valor do cosseno, o ângulo deva ser expresso em radianos, a sua representação normalmente é feita em graus, exemplo: $10 \cos (120\pi t + 45^\circ)$



$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt} \quad \xrightarrow{\text{para sinal senoidal}} \quad V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} V_m^2 \cos^2(\omega t + \phi) dt}$$

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad v(t) = \sqrt{2} V_{ef} \cos(\omega t + \phi) \quad [V]$$

$$V_{ef} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad v(t) = \sqrt{2} V_{ef} \cos(\omega t + \phi) \quad [V]$$

❑ Exemplo:

- ❑ Quando se mede o valor de uma tensão alternada com um voltímetro na escala AC, o valor apresentado é o valor eficaz → **V_{ef}**
- ❑ A tomada do laboratório de eletrônica possui valor eficaz de **$127V$** (lida pelo voltímetro), logo o valor de pico (**V_m**) é igual a: **$V_m = 127 \sqrt{2} = 179,6V$** .

❑ FASOR

- ❑ É UM NÚMERO COMPLEXO QUE CONTÉM AS INFORMAÇÕES DE **AMPLITUDE E FASE** DE UMA FUNÇÃO SENOIDAL

❑ EXEMPLO

$$e^{j\theta} = \cos\theta + j \operatorname{sen}\theta \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \cos\theta = \operatorname{Re}\{e^{j\theta}\} \\ \operatorname{sen}\theta = \operatorname{Im}\{e^{j\theta}\} \end{cases}$$

❑ Logo:

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \phi) = \operatorname{Re}\{V_m e^{j\phi} e^{j\omega t}\} =$$
$$v(t) = \sqrt{2} \operatorname{Re}\{V_{ef} e^{j\phi} e^{j\omega t}\}$$

DEFINIÇÕES

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \phi)$$

$$v(t) = \operatorname{Re} \{ V_m e^{j\phi} e^{j\omega t} \} = v(t) = \sqrt{2} \operatorname{Re} \{ V_{ef} e^{j\phi} e^{j\omega t} \}$$

$$\dot{V}_m = V_m e^{j\phi} = V_m \mid \underline{\phi} \quad \Rightarrow \quad \text{Fasor [V]}$$

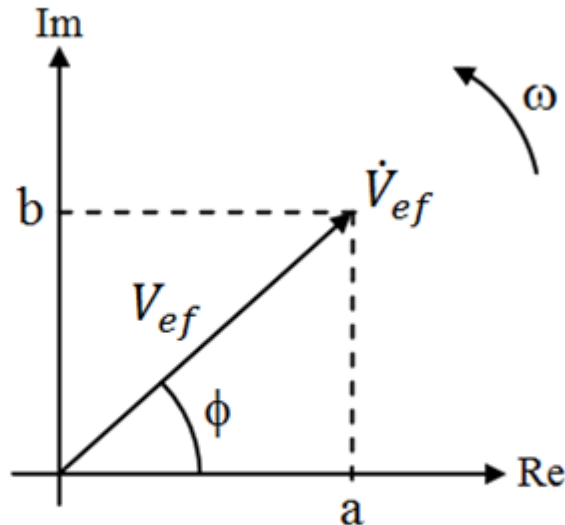
$$\dot{V}_{ef} = V_{ef} e^{j\phi} = V_{ef} \mid \underline{\phi} \quad \Rightarrow \quad \text{Fasor [V], [V}_{ef}]$$

Informação de amplitude

Informação de fase, f e ω
devem ser fornecidos a parte

*Em circuitos CA, a amplitude
normalmente é representada
pelo valor eficaz.*

❑ Exemplo de projeção no eixo real



$$v(t) = \sqrt{2} a \Rightarrow \text{se fasor dado em valor eficaz.}$$

EXEMPLOS

APLICAÇÕES COM FASORES

15

1) Achar o fasor de $i(t) = -10 \sqrt{2} \sin(10t + 45^\circ) \text{ A}$

Resposta: $\dot{I}_{ef} = 10 \angle \underline{135^\circ} \text{ A}_{ef}$

2) Se uma tensão é dada pelo fasor

$\dot{V}_{ef} = -80 + j60 \text{ V}$, com frequência 1000Hz,
determinar $v(t)$.

Resposta: $v(t) = 100 \sqrt{2} \cos(2000\pi t + 143,1^\circ) \text{ V}$