

TENSÃO ALTERNADA

Uma tensão alternada (CA – corrente alternada) é aquela cujo módulo varia continuamente e cuja polaridade é invertida periodicamente:

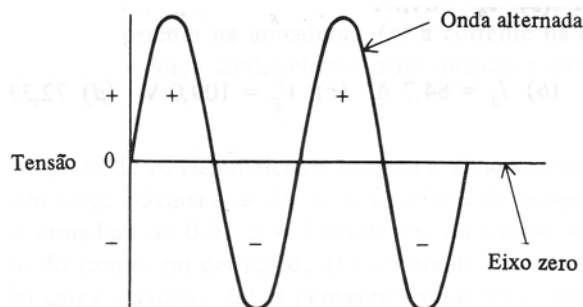


Figura 1: Uma forma de onda de tensão ca.

- O eixo zero é uma linha horizontal que passa pelo centro.
- As variações verticais na onda de tensão mostram as variações do módulo.
- As tensões acima do eixo horizontal têm polaridade positiva (+).
- As tensões abaixo do eixo horizontal têm polaridade negativa (-).

Uma tensão ca pode ser produzida por um gerador, chamado de alternador. Na Figura 2 apresenta-se a forma básica de um gerador ca.

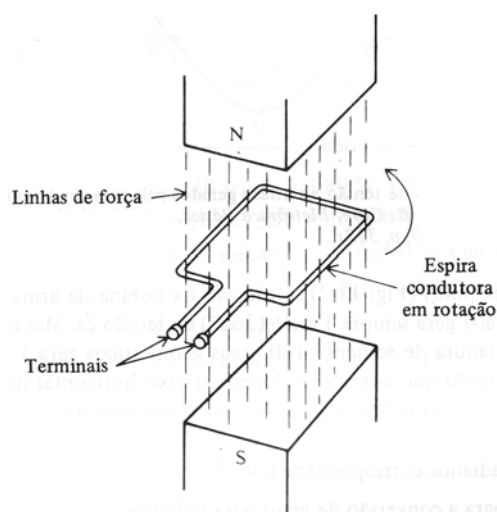


Figura 2: Uma espira girando num campo magnético produz uma tensão ca.

A espira condutora gira através do campo magnético e intercepta linhas de força para gerar uma tensão ca induzida através dos seus terminais.

- Uma rotação completa da espira é chamada de ciclo.

Análise da posição da espira em cada quarto de volta durante um ciclo completo:

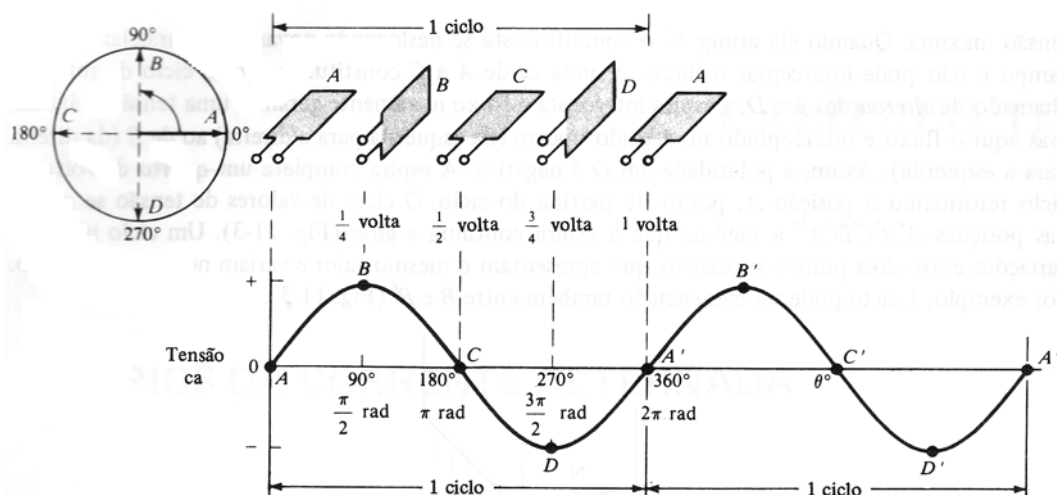


Figura 3: Dois ciclos de tensão alternada gerados pela rotação de uma espira.

Posição A: a espira gira paralelamente ao fluxo magnético e consequentemente não intercepta nenhuma linha de força. A tensão induzida = 0V.

Posição B: a espira intercepta o campo num ângulo de 90°, produzindo uma tensão máxima.

Posição C: o condutor está novamente paralelamente ao campo e não pode interceptar o fluxo, $U = 0V$.

----- A onda ca de **A** a **C** constitui meio ciclo de rotação -----

Posição D: a espira intercepta o fluxo, gerando novamente uma tensão máxima, mas aqui o fluxo é interceptado no sentido oposto (da esquerda para a direita) ao de **B** (era da dta. para esq.). Assim a polaridade em **D** é negativa.

----- Mais um 1/4 de volta e a espira retorna à posição **A**, ponto de partida.

- O ciclo de valores de tensão repete-se à medida que a espira continua a girar.

- Um ciclo inclui variações entre 2 pontos sucessivos que apresentam o mesmo valor e variam no mesmo sentido. Ex: entre **B** e **B'** ou **C** e **C'**.

MEDIÇÃO ANGULAR

Pelo facto dos ciclos de tensão corresponderem à rotação da espira em torno dum círculo, as partes desse círculo são expressas em ângulos.

O círculo completo = 360° , meio círculo = 180° , um quarto de volta = 90°

Os graus são expressos em radianos (rad) \Rightarrow

$$\text{Um círculo completo} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

ONDA SINUSOIDAL

A forma de onda da tensão da Figura 3 é chamada de onda sinusoidal.

O valor instantâneo da tensão em qualquer ponto é dado por:

$$v = V_M \text{ sen}(\theta)$$

v – valor instantâneo da tensão, V

V_M – valor máximo da tensão, V

θ - ângulo de rotação, graus ou rad

FREQUÊNCIA E PERÍODO

O número de ciclos por segundo é chamado de **frequência**, que é representada pelo símbolo, f , e dada em hertz (**Hz**). Um ciclo por segundo é 1Hz.

O intervalo de tempo para que um ciclo se complete é chamado de **período**. É representado pelo símbolo, T e expresso em segundos (s).

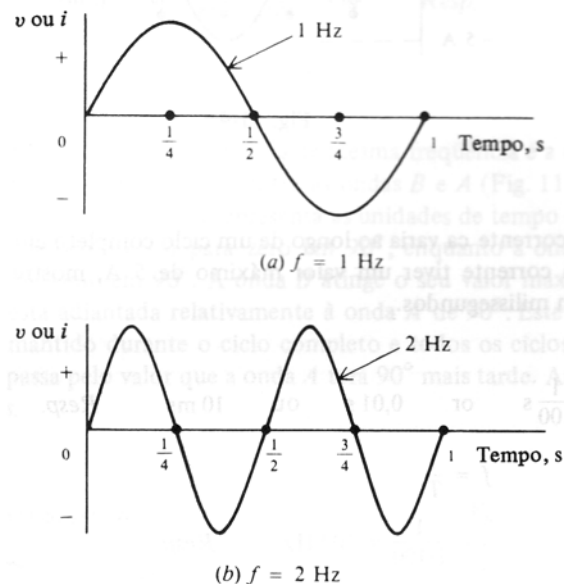
Relação entre frequência e período:

$$f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)} \quad T = \frac{1}{f} \text{ (s)}$$

Quanto mais elevada a frequência menor o período.

Figura 4:

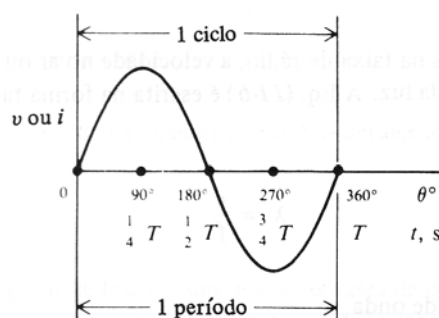
Comparação
entre frequências



O ângulo de 360° representa o tempo para um período T . Portanto podemos representar o eixo horizontal de uma onda sinusoidal em unidades de graus eléctricos ou em segundos:

Figura: 5

Relação entre
graus eléctricos
e o tempo



VALORES CARACTERÍSTICOS DE TENSÃO E CORRENTE CA

Uma onda sinusoidal possui vários valores instantâneos ao longo de um ciclo. É conveniente especificar os módulos para efeitos de comparação de uma onda com outra.

Valor de **pico**, Valor **médio**, Valor quadrático médio ou **rms** ou valor **eficaz**. Estes valores aplicam-se tanto à corrente como à tensão.

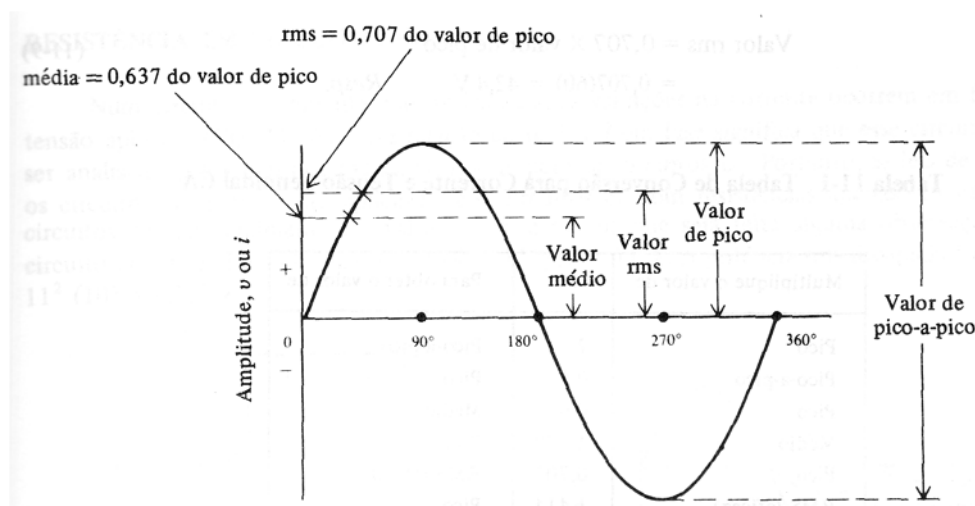


Figura 6: Valores de amplitude para uma onda sinusoidal ca.

Valor de pico: é o valor máximo V_M ou I_M . É aplicado tanto ao pico negativo como ao positivo. O valor de pico-a-pico também pode ser especificado e corresponde ao dobro do valor de pico quando os picos positivos e negativos são simétricos.

Valor médio: é o cociente entre a área e o tempo, sendo considerada a área contida entre a forma de onda correspondente e o eixo do tempo, num intervalo de tempo igual a um período. Áreas acima do eixo do tempo são (+) e abaixo são (-). As áreas devem ser **somadas algebricamente** para a obtenção da área total entre a forma de onda e o eixo de tempo para um período. **O valor médio é sempre considerado como calculado num período, salvo dito em contrário.** O valor médio de uma sinusóide é zero (num período as áreas (-) e (+) cancelam-se). Para algumas aplicações é utilizado o valor médio num semi-ciclo positivo $= \frac{2}{\pi} V_{pico} = 0.637 \times V_{pico}$.

Valor eficaz: corresponde à mesma quantidade de corrente ou tensão contínua capaz de produzir a mesma potência de aquecimento. Uma tensão alternada com um valor eficaz de 115 V, tem exactamente a mesma eficiência no aquecimento do filamento de uma lâmpada de incandescência que os 115 V provenientes de uma fonte de tensão cc fixa. É usado na especificação de electrodomésticos, por exemplo. Um secador de 220 V é o seu valor eficaz.

Salvo dito em contrário todas as medidas das tensões e correntes sinusoidais são em valor eficaz. Por exemplo: a tensão de alimentação de 220 V quer dizer que a nossa tensão de alimentação tem um valor eficaz de 220 V. Assim, o seu valor de pico é de $V_{pico} = \sqrt{2}V_{eficaz} = 310 \text{ V}$.

Procedimento para obter o valor eficaz de qualquer forma de onda ca periódica:

- Elevar ao quadrado a tensão ou corrente periódica (*square*).
- Encontrar a média dessa quadrática num período (*mean*).
- Encontrar a raiz quadrada dessa área (*root*).

RELAÇÕES DE FASE

O ângulo de fase entre 2 formas de onda da mesma frequência é a diferença angular num dado instante.

Por exemplo o ângulo de fase entre as ondas B e A é de 90° .

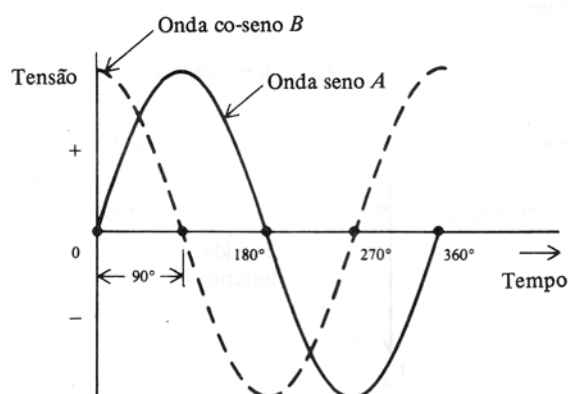


Figura 7: Formas de onda, onda B está adiantada da onda A de 90° .

Considere o instante para $0^\circ < t < 90^\circ$.

- Onda B começa com o seu valor máximo e cai para zero em 90° .
- Onda A começa em zero e cresce até o seu valor máximo em 90° .
- Onda B atinge o seu valor máximo 90° à frente da onda A.
- Onda B está adiantada relativamente à onda A de 90° .
- As ondas B e A estão desfasadas de 90° .

Este ângulo de fase de 90° entre as ondas B e A é mantido durante o ciclo completo e todos os ciclos sucessivos.

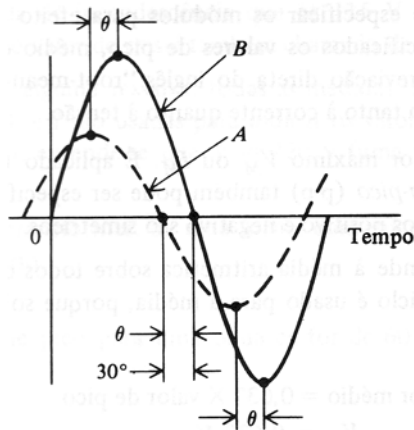
Em qualquer instante, a onda B passa pelo valor que a onda A terá 90° mais tarde.

A diferença de fases entre duas ondas sinusoidais pode ser encontrada pela diferença entre os ângulos de fase das duas, considerando que ambas tenham a forma seno ou coseno e que as amplitudes tenham o mesmo sinal – ambas positivas ou negativas. Além disso as duas sinusóides devem ter a mesma frequência.

Exemplo:

$$v_B = V_{pico} \text{sen}(\omega t + \theta) = V_{pico} \text{sen}(2\pi f t + 0^\circ) = V_{pico} \text{sen}(2\pi f t)$$

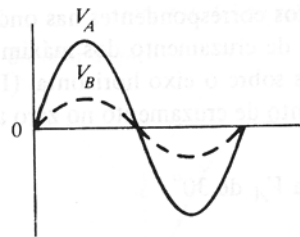
$$v_A = V_{pico} \text{sen}(\omega t + \theta) = V_{pico} \text{sen}(2\pi f t + 30^\circ)$$



v_A está adiantada de 30° em relação a v_B

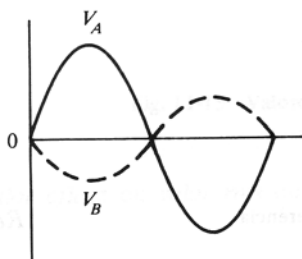
OU

v_B está atrasada de 30° em relação a v_A .



v_A está em fase com v_B

O ângulo de fase = 0°

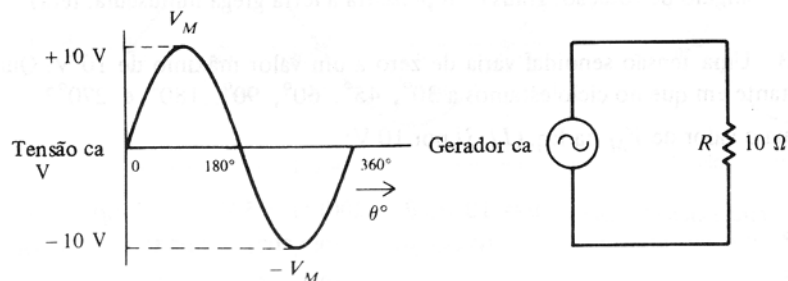


v_A está em oposição de fase com v_B

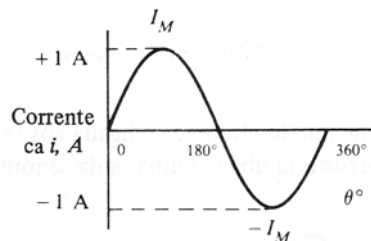
O ângulo de fase = 180°

RESPOSTA SINUSOIDAL DE UMA RESISTÊNCIA

$v = V_M \text{sen}(\theta)$, o eixo horizontal está representado em graus.



$i = I_M \text{sen}(\theta)$, porque pela lei de ohm $i = v/R \Rightarrow I_M = V_M/R$



Se: $v = V_M \text{sen}(\omega t + \theta) \Rightarrow i = I_M \text{sen}(\omega t + \theta) = \frac{V_M}{R} \text{sen}(\omega t + \theta)$

A potência instantânea dissipada numa resistência varia com o tempo porque a tensão e a corrente instantâneas variam com o tempo:

$$p = vi = [V_M \text{sen}(\omega t + \theta)][I_M \text{sen}(\omega t + \theta)] = V_M I_M \text{sen}^2(\omega t + \theta)$$

potência de pico $\Rightarrow P_M = V_M I_M$, e ocorre sempre que $\text{sen}(\omega t + \theta) = \pm 1$.

- Potência instantânea = 0 W sempre que a tensão = 0 V e corrente = 0 A.
- Potência instantânea nunca é negativa: significa que uma resistência nunca fornece potência para um circuito, mas sim dissipa sob a forma de calor toda a potência que recebe.

Potência média fornecida a uma resistência:

$$P_{med} = \frac{V_M I_M}{2} = \frac{V_M^2}{2R} = \frac{I_M^2 R}{2}$$

RESPOSTA SINUSOIDAL DE UM CONDENSADOR

Se um condensador de C farads possui uma tensão $v = V_M \text{sen}(\omega t + \theta)$ sobre ele, a corrente no condensador é dada por:

$$i = C \frac{dv}{dt} = C \frac{d}{dt} [V_M \text{sen}(\omega t + \theta)] = \omega C V_M \cos(\omega t + \theta)$$

Em que $\omega C V_M$ é a corrente de pico I_M .

$$I_M = \omega C V_M \quad \text{e} \quad \frac{V_M}{I_M} = \frac{1}{\omega C}$$

Assim, um condensador possui um efeito limitador de corrente similar ao de uma resistência, em que $1/\omega C$ corresponde a R .

Pode definir-se **reactância capacitiva**, X_C , como $1/\omega C$.

Ou melhor,

$$X_C = -\frac{1}{\omega C}$$

X_C – reactância capacitiva, Ω

$\omega = 2\pi f$ – frequência angular, rad

C – capacidade do condensador, F

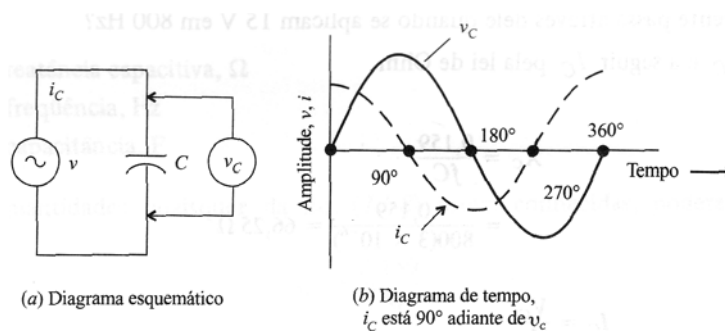
O sinal **negativo**, refere-se ao *deslocamento de fase*.

Sendo $1/\omega C$ inversamente proporcional à frequência, quanto maior for a frequência, maior a corrente, para a mesma tensão de pico.

- Para sinusóides de frequência muito alta o condensador é quase um curto-circuito.
- Para sinusóides de frequência muito baixa, próxima de 0 Hz, o condensador é um circuito aberto.

A partir da comparação entre sinusóides da tensão e corrente num condensador, pode observar-se que:

- a corrente está adiantada de 90° em relação à tensão
- ou a tensão está atrasada de 90° em relação à corrente



A potência instantânea absorvida por um condensador é:

$$p = vi = [V_M \sin(\omega t + \theta)] [I_M \cos(\omega t + \theta)] = \frac{V_M I_M}{2} \sin(2\omega t + 2\theta)$$

A potência instantânea é sinusoidal, possui o dobro da frequência da tensão ou da corrente e possui um valor médio = 0 W.

- Um condensador absorve potência média = 0
- Num período um condensador fornece apenas a energia que recebe.

Exemplo: RC

