

CIRCUITOS DE CORRENTE ALTERNADA

INTRODUÇÃO

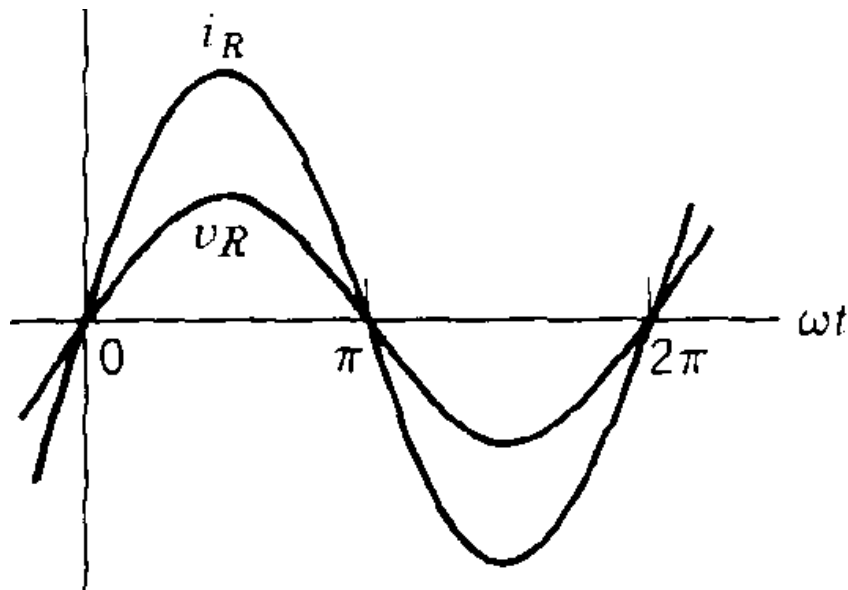
As correntes e tensões na maioria dos circuitos não são estacionárias, possuindo uma variação com o tempo. A forma mais simples da variação temporal de tensão (corrente) com o tempo é a forma senoidal, a qual é representada por:

$$V = V_p \text{ sen } (\omega t)$$

Onde: V_p é a amplitude da tensão.

ω é a frequência angular do sinal.

Graficamente:



O valor máximo da tensão (corrente) é também chamado de “valor de pico”, V_p , e é o valor desde zero até a máxima ou a mínima amplitude.

Chamamos de valor de pico a pico, V_{pp} , a diferença entre o valor máximo e o mínimo valor da amplitude.

$$V_{pp} = V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}} = V_p - (-V_p) = 2V_p$$

Chamamos de valor médio, V_m , a média temporal do sinal em meio período.

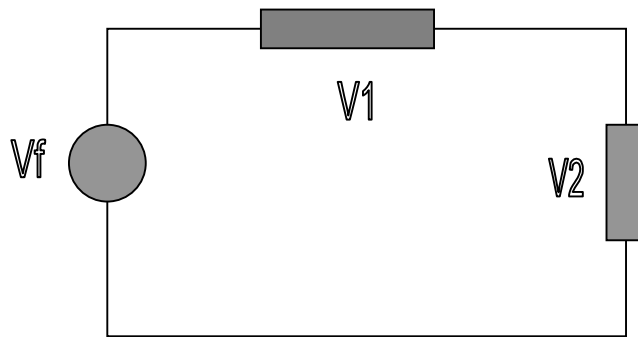
Chamamos de valor eficaz ou RMS, V_{rms} , o valor obtido quando relacionamos o valor da potência calculada por efeito Joule ou pelo valor médio.

Outra forma de representarmos tensões ou correntes alternadas é escrevê-las na forma de números complexos, ou seja:

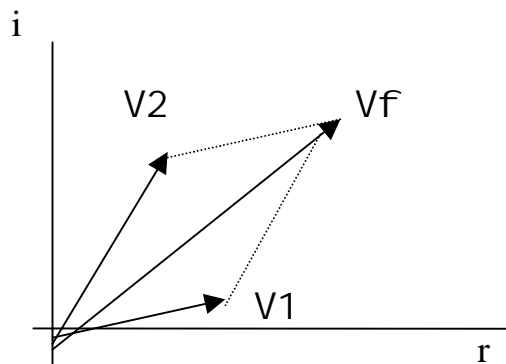
$$V = V_o e^{i\omega t}$$

$$I = I_o e^{i\omega t}$$

É conveniente construirmos os chamados "diagramas de fasores" para representarmos graficamente tensões ou correntes alternadas. Por exemplo, tomemos o circuito mostrado na figura abaixo:



Neste caso,



$$V_f = V_1 + V_2$$

Podemos notar que a primeira Lei de Kirchhoff continua válida, só que na forma complexa.

Nos circuitos de corrente contínua, definimos como a resistência de um componente, a relação entre a tensão e a corrente. Para os circuitos de corrente alternada, a relação entre a tensão e corrente é chamada IMPEDÂNCIA do componente. Então:

$$Z = V / I$$

Esta é a forma generalizada da Lei de Ohm. Devemos observar que:

- Z é um número complexo.
- $|Z| = \frac{|V|}{|I|} = \frac{V_o}{I_o}$
- $[Z] = \text{Volts} / \text{Ampère}$

Se tivermos um circuito com a presença de um nó, a Segunda Lei de Kirchhoff também continua válida, só que na forma complexa. Usando estas informações, podemos mostrar que para associações em série e em paralelo de impedâncias, valem as mesmas relações que para resistências, só que na forma complexa, ou seja:

Série: $Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$

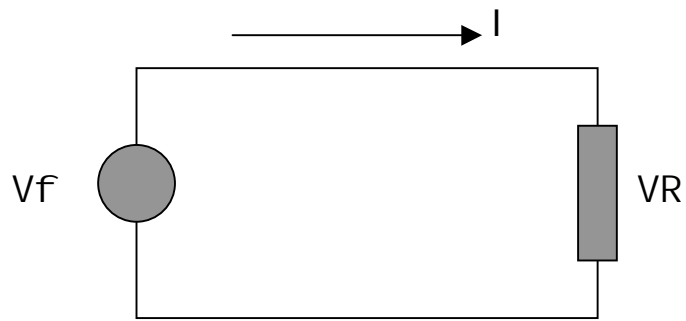
Paralelo: $1 / Z_{eq} = 1/Z_1 + 1/Z_2 + 1/Z_3 + \dots + 1/Z_n$

CIRCUITOS

Vamos usar as informações acima para os três componentes mais simples, um resistor, um capacitor e um indutor.

Circuito Resistivo:

A tensão nos terminais de um resistor com resistência R , é diretamente proporcional à corrente que o atravessa. A constante de proporcionalidade é a resistência do resistor. Consideremos um circuito resistivo:



Tomemos uma tensão alternada da forma:

$$V_f = V_o e^{i\omega t}$$

Pela Lei de Kirchoff:

$$V_f = V_R = V_o e^{i\omega t}$$

A corrente no circuito será:

$$I = V / Z = V_o e^{i\omega t} / Z = I_o e^{i\omega t}$$

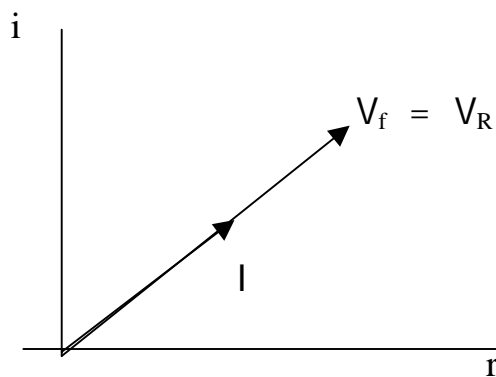
Então:

$$Z = V_o / I_o$$

A impedância num resistor será real e é dada por:

$$Z = R$$

Graficamente:

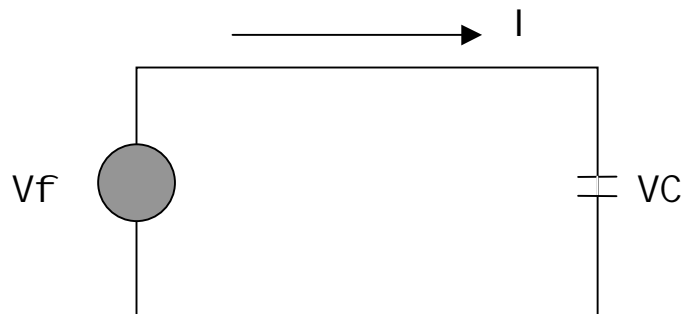


Podemos observar através da figura, que o ângulo entre a tensão e a corrente é nulo, ou seja, elas "andam" sempre juntas. Então, dizemos que para um circuito resistivo, a tensão e a corrente estão **EM FASE**.

Mas, nem sempre as relações entre a tensão e a corrente em circuitos de corrente alternada ficam completamente determinadas pela resistência do circuito, elas podem também sofrer influência de elementos que tendem a se opor a qualquer variação da intensidade da corrente ou da tensão. Esta oposição reativa é devida aos elementos capacitivos e indutivos, que podem alterar as relações entre tensão e corrente.

Circuito Capacitivo

Quando se aplica uma tensão alternada a um capacitor com capacitância C , a carga das placas varia com a variação da tensão, formando assim uma corrente alternada no circuito. Consideremos um circuito capacitivo:



Pela definição de corrente:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Num capacitor:

$$V_c = \frac{Q}{C}$$

Então:

$$I = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV_c}{dt}$$

Tomemos uma tensão alternada da forma:

$$V_f = VC = V_o e^{i\omega t}$$

A corrente no circuito será:

$$I = C \frac{d}{dt}(V_o e^{i\omega t}) = Ci\omega V_o e^{i\omega t}$$

Mas,

$$i = e^{i\pi/2}$$

Então:

$$I = C\omega V_o e^{i(\omega t + \pi/2)}$$

Portanto:

$$I = I_o e^{i(\omega t + \pi/2)}$$

onde: $I_o = \omega C V_o$

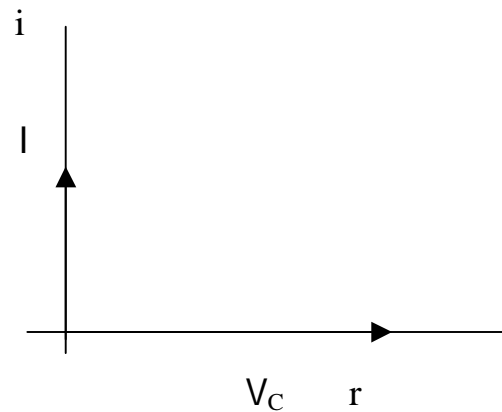
A impedância do circuito será:

$$Z = V_o / I_o = X_C$$

A quantidade X_C é chamada REATÂNCIA CAPACITIVA. Então:

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

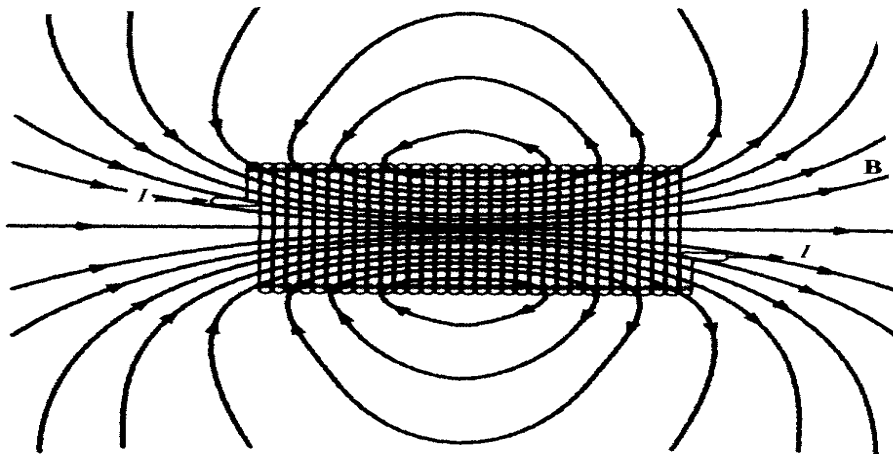
Graficamente:



Podemos observar através desta figura que num capacitor a corrente está adiantada de $\pi/2$ em relação à tensão.

Circuito Indutivo

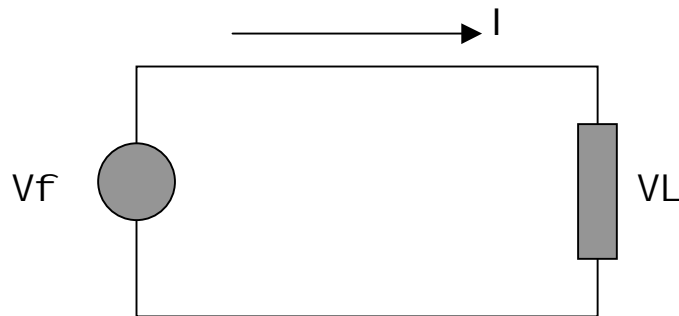
Um indutor é um elemento de circuito constituído por uma arranjo de espiras com a forma de um "tubo". Quando passamos uma corrente por uma espira, de acordo com a Lei de Ampere do Eletromagnetismo, esta corrente dará origem à um campo magnético no interior desta espira, perpendicular à corrente. Se arranjamos várias espiras para formar um "tubo", ou seja, um solenóide, o campo magnético estará no interior deste solenóide, conforme mostra a figura:



A variação com o tempo da "quantidade" de campo magnético por unidade de área, isto é, o fluxo magnético no interior deste solenóide, devido à Lei de Indução de

Faraday do Eletromagnetismo, dará origem à uma força eletromotriz no próprio elemento que tende a se opor à força eletromotriz aplicada quando a corrente está aumentando e tende a se somar com a força eletromotriz aplicada quando a corrente está diminuindo. Esta força eletromotriz induzida é proporcional à variação da corrente com o tempo e a constante de proporcionalidade chamamos INDUTÂNCIA do indutor.

Consideremos um circuito indutivo:



Em qualquer instante, a queda de tensão no indutor é proporcional à razão de variação da corrente com relação ao tempo, então:

$$V_L = L \frac{dI}{dt}$$

onde: L é a indutância do indutor.

Tomemos uma tensão alternada da forma:

$$V_f = V_L = V_o e^{i\omega t}$$

A corrente será dada por:

$$I = \frac{1}{L} \int V_L dt = \frac{1}{L} \int V_o e^{i\omega t} dt = \frac{V_o}{i\omega L} e^{i\omega t} = \frac{-iV_o}{\omega L} e^{i\omega t}$$

Então:

$$I = -i I_o e^{i\omega t}$$

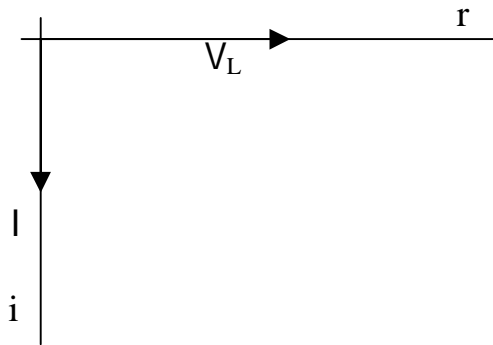
A impedância do circuito será:

$$Z = V_o / I_o = X_L$$

A quantidade X_L é chamada REATÂNCIA INDUTIVA. Então:

$$X_L = \omega L$$

Graficamente:



Podemos observar através da figuras acima, que num indutor a corrente está "atrasada" de $\pi/2$ em relação à tensão.