

REATÂNCIAS INDUTIVA E CAPACITIVA. RESISTÊNCIA EFETIVA. IMPEDÂNCIA. POTÊNCIA EM C. A. FATOR DE POTÊNCIA

Reatância Indutiva

Quando uma corrente alternada flui em um circuito, varia do valor zero ao valor máximo em um quarto do período. Como o período é o inverso da frequência, o fenômeno ocorre em

$$\frac{T}{4} = \frac{1/f}{4} = \frac{1}{4f} \text{segundo}$$

Durante a variação em apreço, há o aparecimento de uma tensão induzida no circuito, devido à sua auto-indutância, cujo valor médio é

$$E_m = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -L \frac{I_{\max}}{1/4f}$$

$$E_m = -4 f L I_{\max}$$

Para determinar o valor máximo da tensão de auto-indução, basta dividir a expressão acima por 0,636:

$$E_{\max} = -\frac{E_m}{0,636} = -\frac{4f L I_{\max}}{0,636}$$

$$E_{\max} = -6,28 f L I_{\max}$$

O valor eficaz da força contra-eletromotriz é igual ao valor máximo multiplicado por 0,707:

$$E_{ef} = -6,28 f L I_{\max} \times 0,707$$

$$E_{ef} = -6,28 f L I_{ef}$$

Uma parte da tensão aplicada ao circuito é destinada a vencer esta tensão induzida e seu valor deve ser, portanto,

$$E_{ef} = 2 \pi f L I_{ef}$$

A oposição que a força eletromotriz de auto-indução oferece à variação da corrente é denominada REATÂNCIA INDUTIVA (X_L), e é medida em OHMS. Esta grandeza pode ser calculada dividindo-se a tensão necessária para vencê-la pela intensidade da corrente no circuito:

$$X_L = -\frac{2\pi f L I_{\max}}{I_{ef}}$$

$$X_L = 2 \pi f L$$

ou

$$X_L = \omega L$$

X_L = reatância indutiva em OHMS (Ω)
 f = freqüência, em HERTZ (Hz)
 L = coeficiente de auto-indutância do circuito, em HENRYS (H)

Reatância Capacitiva

Se um capacitor fosse utilizado num circuito de corrente alternada senoidal, sua carga máxima seria

$$Q_{\max} = C E_{\max}$$

A carga em apreço seria conseguida em um quarto do período ($1/4f$) e determinada pelo valor médio da corrente de carga:

$$Q_{\max} = I_m \times 1/4f$$

Substituindo Q_{\max} pelo seu valor na 1ª equação:

$$C E_{\max} = I_m \times 1/4f$$

$$I_m = \frac{C E_{\max}}{1/4f}$$

$$I_m = 4 f C E_{\max}$$

Mas o valor médio da corrente também é igual a

$$I_m = 0,636 I_{\max}$$

donde se conclui que

$$4 f C E_{\max} = 0,636 I_{\max}$$

$$I_{\max} = \frac{4fCE_{\max}}{0,636}$$

$$I_{\max} = 6,28 f C E_{\max}$$

Conhecendo o valor máximo, podemos determinar o valor eficaz da corrente de carga:

$$I_{ef} = 0,707 \times 6,28 f C E_{\max}$$

$$I_{ef} = 6,28 f C E_{ef}$$

$$I_{ef} = 2 \pi f C E_{ef}$$

A diferença de potencial que aparece entre as placas do capacitor se opõe à tensão principal (aplicada ao capacitor). Esta oposição é chamada REATÂNCIA CAPACITIVA (X_c), e é medida em OHMS. Para determinar a reatância capacitiva, basta dividir a tensão aplicada ao capacitor pela corrente de carga:

$$X_c = \frac{E}{I}$$

$$X_c = \frac{E_{ef}}{2\pi f C E_{ef}}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C}$$

ou

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

X_c = reatância capacitiva, em OHMS (Ω)
 f = freqüência, em HERTZ (Hz)
 C = capacitância, em FARADS (F)

Resistência Efetiva

Chamamos de resistência efetiva de um circuito de corrente alternada ao conjunto de fatores que determinam a conversão de energia elétrica em calor.

Em corrente contínua, a resistência do condutor é a única causa da transformação da energia elétrica em calor. Em corrente alternada, porém, outros fenômenos que serão estudados posteriormente e que são conhecidos como HISTERESE e CORRENTES

DE FOUCAULT também determinam a transformação em apreço.

A quantidade de WATTS medida num circuito de corrente alternada, correspondente ao total de JOULES de energia elétrica transformados em calor em cada segundo, é determinada, portanto, pela resistência efetiva do circuito. Esta grandeza, como é natural, é expressa em OHMS.

Na maioria dos circuitos, a histerese e as correntes de Foucault são praticamente nulas ou mesmo não existem de modo que a resistência efetiva corresponde apenas à resistência dos condutores, como em corrente contínua.

Impedância

Esta grandeza é o conjunto de todos os fatores que devem ser vencidos pela força eletromotriz aplicada ao circuito de corrente alternada, para que se possa estabelecer uma corrente elétrica. Compreende, portanto, a resistência efetiva do circuito e as reatâncias indutiva e capacitiva. Em outros termos, a impedância é a soma vetorial das reatâncias com a resistência efetiva do circuito.

Em conseqüência do exposto, é fácil concluir que a Lei de Ohm, quando é aplicada a circuitos de C. A., passa a ter o seguinte enunciado:

“A INTENSIDADE DE UMA CORRENTE ELÉTRICA É DIRETAMENTE PROPORCIONAL À FORÇA ELETROMOTRIZ E INVERSAMENTE PROPORCIONAL À IMPEDÂNCIA”.

$$I = \frac{E}{Z}$$

donde

$$E = I Z \quad \text{e} \quad Z = \frac{E}{I}$$

Z = impedância, em OHMS (Ω)

E = tensão, em VOLTS (V)

I = intensidade da corrente, em AMPÈRES (A)

OBSERVAÇÕES:

1 – As equações para o cálculo das reatâncias indutiva e capacitiva só são válidas para correntes alternadas senoidais.

2 – É normal o uso da palavra REATÂNCIA, simbolizada por “X”, para designar o conjunto das reatâncias. A reatância do circuito é a soma vetorial das reatâncias indutiva e capacitiva.

3 – A impedância não deve ser confundida com a resistência efetiva do circuito.

Potência em C. A.

A energia aplicada por segundo a um circuito de corrente alternada (potência do circuito) é destinada a vencer as três dificuldades normalmente presentes no mesmo: a resistência efetiva, a reatância indutiva e a reatância capacitiva.

A parte destinada a vencer a resistência efetiva do circuito é denominada POTÊNCIA REAL (P) ou POTÊNCIA ATIVA do circuito. É expressa em WATTS. Esta potência corresponde à energia elétrica que está sendo transformada em calor, em cada segundo, e costuma ser chamada também de POTÊNCIA EFETIVA.

A parcela gasta para sobrepujar a reatância do circuito é denominada POTÊNCIA REATIVA (Q), sendo expressa em VOLTS-AMPÈRES REATIVOS (VARs).

A soma vetorial das potências real e reativa é igual ao produto da tensão aplicada ao circuito pela intensidade da corrente no mesmo. Este produto é conhecido como POTÊNCIA APA-

RENTE (S) do circuito, e corresponde, como dissemos no início deste item, à energia aplicada por segundo ao circuito. A potência aparente é dada em VOLTS-AMPÈRES (VA).

Fator de Potência

Como vimos, a potência em WATTS (POTÊNCIA REAL) é apenas uma percentagem da POTÊNCIA APARENTE.

A relação entre a potência real e a potência aparente é denominada FATOR DE POTÊNCIA do circuito:

$$\text{Fator de potência} = \frac{\text{Potência real}}{\text{Potência aparente}}$$

Potência Real = Potência Aparente x x Fator de Potência

O fator de potência do circuito é igual a 1 quando a única dificuldade no circuito é a resistência efetiva. Quando há reatância de qualquer espécie, é um número decimal. É muito comum exprimir o fator de potência de um circuito em forma de percentagem.

EXEMPLOS:

1 – Qual a reatância indutiva oferecida por uma bobina de 20 mH ligada a uma fonte de 100 V, 60 Hz?

SOLUÇÃO:

$$X_L = 2 \pi f L$$

$$X_L = 6,28 \times 60 \times 0,02 = 7,536 \text{ ohms}$$

2 – Um capacitor de 25 μ F é ligado a uma fonte cuja frequência é 10 kHz. Que reatância oferece?

SOLUÇÃO:

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C}$$

$$X_c = \frac{1}{6,28 \times 10.000 \times 0,000025}$$

$$X_c = 0,637 \text{ ohm}$$

3 – Calcular a impedância e a resistência efetiva de um circuito que solicita uma corrente de 12 A e consome energia na razão de 600 joules por segundo, quando é ligado a um alternador de 120 V.

SOLUÇÃO:

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{120}{12} = 10 \Omega$$

$$600 \text{ J/s} = 600 \text{ W}$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{600}{12^2} = 4,1 \Omega$$

PROBLEMAS

REATÂNCIAS INDUTIVA E CAPACITATIVA

1 – Determinar o valor médio da tensão de auto-indução produzida num circuito constituído por uma bobina de 0,2 H ligada a uma fonte de C.A., quando a corrente que o percorre passa do valor zero ao seu valor instantâneo a 10°. A corrente tem 5 A de valor eficaz e uma frequência de 25 Hz.

$$R.: 221,4 \text{ V}$$

2 – Uma bobina de 0,5 H é ligada a uma fonte cuja frequência é de 60Hz, sendo percorrida por uma corrente de

10A. Qual a componente da tensão aplicada que se destina a vencer a tensão de auto-indução?

R.: 1.884 V

3 – Quando um capacitor de $15 \mu\text{F}$ é ligado a uma fonte de 220 V, 60 Hz, flui uma corrente de carga de 1,245 A. Qual a carga máxima do capacitor?

R.: 0,004 67C

4 – Depois de um período de carga de $1/120$ segundo, um capacitor já

adquiriu uma carga de 9.640 microcoulombs. Qual a razão média com que flui a corrente no circuito?

R.: 1,156 A

5 – Sabendo que a corrente é de 1,56 A quando um capacitor é ligado a uma fonte de 220 V, 60 Hz, determinar a sua capacitância.

R.: 18,8 microfarads