Potência em Circuitos com Formas de Onda Periódicas

José Roberto B. A. Monteiro

April 11, 2021

Potência Média

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t0+T} p(t)dt = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t0+T} v(t)i(t)dt, \tag{1}$$

onde $p(t) = v(t)i(t)$ é a potência instantânea.

Utilizando-se Série de Fourier da tensão e da corrente:

$$P = V_0 I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} V_{nR} I_{nR} \cos\phi_n \tag{2}$$

$$\phi_n = \phi_{vn} - \phi_{in} \tag{3}$$

Potência Aparente

$$S = V_R I_R = \sqrt{V_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} V_{nR}^2}\sqrt{I_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{nR}^2} \qquad (4)$$

Potência Média – Fonte Senoidal

A potência média, para o caso de um circuito alimentado por uma fonte puramente senoidal de tensão:

$$P = V_R I_{1R} \cos \phi_1, \tag{5}$$

onde I_{1R} e ϕ_1 são o valor eficaz do e o ângulo da corrente do primeiro harmônico, respectivamente.

Isso significa que somente o primeiro harmônico da corrente é que interage com a fonte para a produção de potência real.

Potência Aparente – Fonte Senoidal

A potência aparente, passa ser dada por:

$$S = V_R \sqrt{I_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{nR}^2} \tag{6}$$

Fator de Potência – Fonte Senoidal

Uma situação especial para o fator de potência, quando a fonte de tensão é senoidal:

$$fp = \delta \cos \phi_1 \tag{7}$$

Onde:

$$\delta = \frac{I_{1R}}{\sqrt{I_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_{nR}^2}} \tag{8}$$

Se o circuito alimentado pela fonte de tensão senoidal á um circuito puramente linear, então $\delta = 1$. Caso contrário, se o circuito alimentado pela tensão senodial possui elementos não lineares, que provocam o aparecimento de componentes harmônicos na corrente, então $\delta < 1$.

Fator de Potência – Fonte Senoidal e Corrente Alternada

No caso da corrente apresentar **valor médio nulo**, o fator de potência é:

$$fp = \mathrm{FDH} \cos \phi_1 \tag{9}$$

onde FDH é o fator de distorção harmônico da corrente:

$$\mathrm{FDH} = \frac{I_{1R}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_{nR}^2}} \tag{10}$$

Potência Aparente

Pode-se escrever a potência aparente como a soma vetorial da potência aparente do primeiro harmônico (S_1) e da potência aparente dos demais harmônicos (D), lembrando-se que, **os demais harmônicos são introduzidos pelos elementos não-lineares do circuito.**

$$S^2 = V_R I_{1R} + V_R \sum_{n=1}^{\infty} I_{nR}^2 = S_1^2 + D^2 \qquad (11)$$

Potência Aparente – Primeiro Harmônico

Por sua vez, a potência aparente do primeiro harmônico é a soma vetorial da potência ativa e da potência reativa:

$$S_1^2 = P^2 + Q^2 \tag{12}$$

Portanto a potência aparente total é dada pela soma vetorial da potência ativa, da potência reativa de primeiro harmônico e da potência aparente dos demais harmônicos, que pode ser chamada de potência de distorção harmônica, uma vez que ela se deve ao efeito dos circuitos não lineares na corrente.

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2 \tag{13}$$

Potência Aparente – Visualização

Pode-se visualizar a potência aparente como a soma vetorial no **tetraedro de potências**