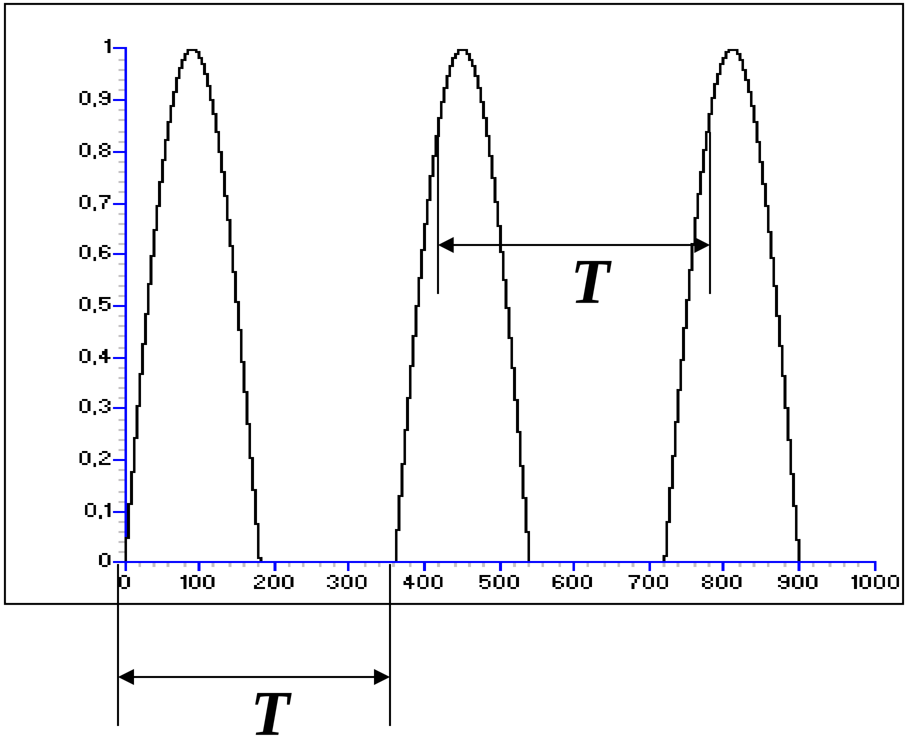
CIRCUITOS COM FORMAS DE ONDA PERIÓDICAS NÃO SENOIDAIS

- **FUNÇÕES PERIÓDICAS**

$$f(t+T) = f(t) \text{ para } -\infty < t < \infty.$$



DEFINIÇÕES IMPORTANTES

- **VALOR MÉDIO DE UMA FUNÇÃO PERIÓDICA**

$$f_{médio} = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t).dt$$

- **VALOR RMS DE UMA FUNÇÃO PERIÓDICA ("ROOT MEAN SQUARE")**

$$f_{rms} = \sqrt{\left| f \right|^2{}_{médio}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} \left| f(t) \right|^2 .dt}$$

A SÉRIE DE FOURIER TRIGONOMÉTRICA

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum \left[a_n \cos(n\omega.t) + b_n \operatorname{sen}(n\omega.t) \right] \qquad \text{onde } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ [rad/s]}$$

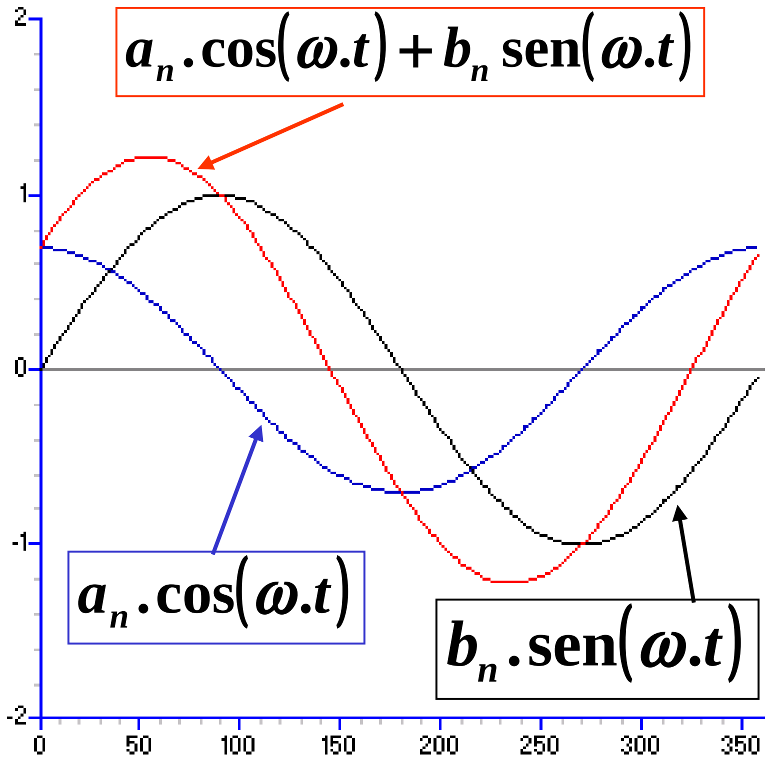
$$a_n = \frac{2}{T} \bullet \int_{t_0}^{t_0+T} f(t).\cos(n\omega.t).dt$$

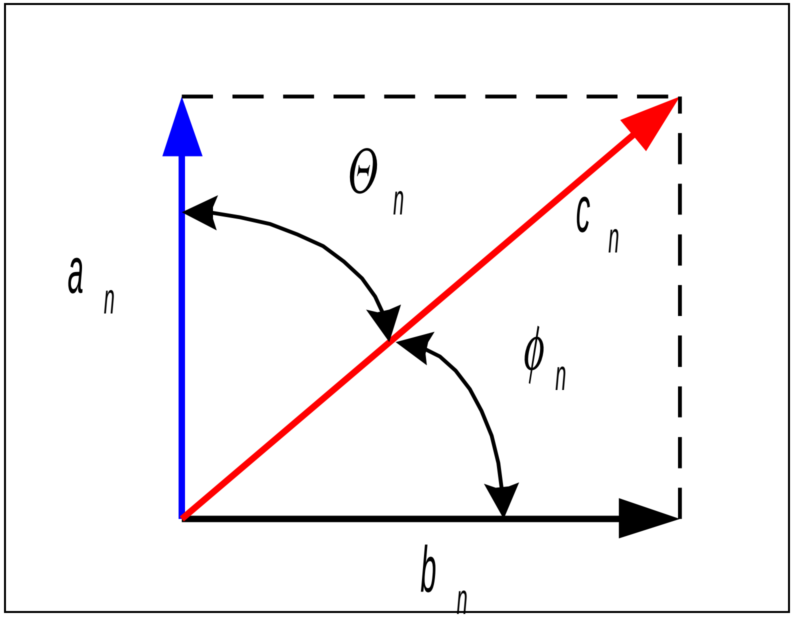
- **DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES**

$$b_n = \frac{2}{T} \bullet \int_{t_0}^{t_0+T} f(t).\operatorname{sen}(n\omega.t).dt$$

$$n = 0, 1, 2, 3....$$

SÉRIE DE FOURIER TRIGONOMÉTRICA COMPACTA





SÉRIE DE FOURIER TRIGONOMÉTRICA COMPACTA

- **A SÉRIE EM SENO**

$$f(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n.\text{sen}(n\omega.t + \phi_n)$$

$$c_0 = a_0 / 2 = \text{valor médio de } f(t)$$

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \qquad \phi_n = \arctan\left(\frac{a_n}{b_n}\right)$$

- **A SÉRIE EM COSSENO**

$$f(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n.\cos(n\omega.t + \theta_n)$$

$$c_0 = a_0 / 2 = \text{valor médio de } f(t)$$

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \qquad \theta_n = -\arctan\left(\frac{b_n}{a_n}\right)$$

VALOR MÉDIO DE UMA FUNÇÃO PERIÓDICA

$$f_{médio} = F_0 = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t).dt$$

$$F_0 = \frac{1}{T} \bullet \int_{t_0}^{t_0+T}\left[c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n.\mathrm{sen}\left(n.\omega.t + \theta_n\right)\right].dt = c_0 = \frac{a_0}{2}$$

VALOR RMS DE UMA FUNÇÃO PERIÓDICA

$$f_{RMS} = F_R = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} \left| f(t) \right|^2 .dt}$$

$$F_R = \sqrt{\frac{1}{T} \bullet \int_{t_0}^{t_0+T} \left[c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n . \text{sen}\left(n.\omega.t + \theta_n \right) \right]^2 .dt}$$

$$F_R = \sqrt{\frac{1}{T}\left(c_0^2 .T + \sum_{n=1}^{\infty} T . \frac{c_n^2}{2} \right)} = \sqrt{c_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{c_n}{\sqrt{2}} \right)^2}$$

ONDULAÇÃO E FATOR DE ONDULAÇÃO DE TENSÕES E CORRENTES PERIÓDICAS

$$V_R = \sqrt{V_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n^2}$$

$$V_{CA} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} = \sqrt{V_R^2 - V_{DC}^2}$$

$$I_R = \sqrt{I_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

$$I_{CA} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2} = \sqrt{I_R^2 - I_{DC}^2}$$

$$V_n = V_{pn} / \sqrt{2}$$

$$I_n = I_{pn} / \sqrt{2}$$

$$r_v = \frac{V_{CA}}{V_{DC}} \qquad r_v\% = r_v \bullet 100\%$$

$$r_i = \frac{I_{CA}}{I_{DC}} \qquad r_i\% = r_i \bullet 100\%$$

POTÊNCIA MÉDIA EM CIRCUITOS COM FORMAS DE ONDA PERIÓDICAS NÃO SENOIDAIS

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} p.dt = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} v.i.dt$$

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} \left[V_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} V_{pn} \operatorname{sen}(n\omega.t + \theta_{vn}) \right] . \left[I_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} I_{pn} \operatorname{sen}(n\omega.t + \theta_{in}) \right] dt$$

$$P = V_{DC}.I_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{V_{pn}.I_{pn}}{2} \cos(\theta_{vn} - \theta_{in}) = V_{DC}.I_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} V_n.I_n \cos(\theta_{vn} - \theta_{in})$$

$$P = V_{DC}.I_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} V_n.I_n \cos\varphi_n \qquad \text{onde} \quad \varphi_n = \theta_{vn} - \theta_{in}$$

POTÊNCIA APARENTE E FATOR DE POTÊNCIA

$$S = V_R \bullet I_R = \sqrt{V_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} \bullet \sqrt{I_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{V_R . I_R}$$

$$fp = \frac{V_{DC} . I_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} V_n . I_n \cos \varphi_n}{\sqrt{V_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} \bullet \sqrt{I_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}}$$

POTÊNCIA PARA TENSÃO SENOIDAL E CORRENTE PERIÓDICA NÃO SENOIDAL

$$v = V_{p1}\,\mathrm{sen}\left(\omega.t + \theta_{v1}\right)$$

$$i = I_{DC} + \sum_{n=1}^{\infty} I_{pn}\,\mathrm{sen}\left(n\omega.t + \theta_{in}\right)$$

$$P = V_1.I_1 \cos\varphi_1$$

$$S = V_1 \bullet I_R = V_1 \bullet \sqrt{I_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

FATOR DE POTÊNCIA PARA TENSÃO SENOIDAL E CORRENTE PERIÓDICA NÃO SENOIDAL

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{V_1 . I_1 \cos(\varphi_1)}{V_1 \bullet I_R} = \frac{I_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{I_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} = \delta \bullet \cos(\varphi_1)$$

$$\delta = \frac{I_1}{\sqrt{I_{DC}^2 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} \leq 1 \quad \left(\delta = 1 \,\text{para correntes senoidais} \right)$$

CORRENTE NÃO SENOIDAL COM VALOR MÉDIO NULO

$$S = V_1 \bullet I_R = V_1 \bullet \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{V_1 . I_1 \cos(\varphi_1)}{V_1 \bullet I_R} = \frac{I_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} = FDH \bullet \cos(\varphi_1)$$

$$FDH = \frac{I_1}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} \leq 1 \qquad \text{FDH : Fator de Distorção Harmônico}$$

O TETRAEDRO DE POTÊNCIAS

$$S^2 = (V_1 . I_1)^2 + \left(V_1^2 \cdot \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 \right) = S_1^2 + D^2$$

$$S^2 = P_1^2 + Q_1^2 + D^2$$

$$S_1^2 = P_1^2 + Q_1^2$$

$$P_1 = V_1 . I_1 \cos(\varphi_1)$$

$$Q_1 = V_1 . I_1 \operatorname{sen}(\varphi_1)$$