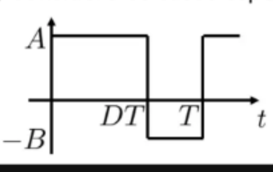
- Calcule o valor eficaz para as seguintes formas de onda periódicas:
  a) A onda quadrada abaixo, considerando A e B constantes não negativas. Em seguida, considere os casos especiais B = 0 e B = A.



$0 < D < 1$

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)\,dt}$$

a) CASO $A > 0,\ B > 0$

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\left(\int_0^{DT} A^2\,dt + \int_{DT}^{T} (-B)^2\,dt\right)} = \sqrt{\frac{A^2 DT}{T} + \frac{B^2 T - B^2 DT}{T}}$$

$$\boxed{V_{rms} = V_{ef} = \sqrt{A^2 D + B^2(1-D)}}$$

CASO $B = 0$

$$V_{ef} = \sqrt{A^2 D + 0^2(1-D)} = A\sqrt{D}$$

CASO $A = B$

$$V_{ef} = \sqrt{A^2 D + A^2(1-D)} = \sqrt{A^2} = A$$

b) Uma senoide centrada verticalmente em zero e de amplitude V_p;

$$V_{ef}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T (V_p \operatorname{SEN}(wt))^2\,dt = \frac{V_p^2}{T}\int_0^T \operatorname{SEN}^2(wt) \qquad T = 2\pi$$

$$\frac{V_p^2}{T}\int_0^T \frac{1-\cos(2wt)}{2}\,dt = \frac{V_p^2}{T}\left(\int \frac{1}{2}\,dt - \int \frac{\cos(2wt)}{2}\,dt\right.$$

$$\frac{V_p^2}{2T}\left[T - \frac{\overset{0}{\cancel{\operatorname{SEN}(2wT)}}}{\cancel{2}w}\right]_0 = \frac{V_p^2}{2} = V_{ef}^2$$

$$V_{ef} = \frac{\sqrt{2}\,V_p}{2}$$

c) Uma senoide retificada em meia onda de amplitude V_p;

$V_{ef} \Rightarrow T = \pi$ AO INVÉS DE 2π ENTÃO...

$$V_{ef} = \frac{V_p^2}{2\cdot 2\cancel{\pi}}\left[\cancel{\pi} - \frac{\overset{0}{\operatorname{SEN}(\cancel{2}wT)}}{\cancel{2}w}\right] = \frac{V_p^2}{4} = \frac{V_p}{2}$$

d) Uma onda triangular centrada verticalmente em zero e de amplitude V_p.

$$f(t) = \begin{cases} \frac{V}{T}\left(t - \frac{T}{2}\right), & 0 \le t \le \frac{T}{2} \\ \frac{V}{T}\left(3t - \frac{T}{2}\right), & \frac{T}{2} \le t \le T \end{cases}$$

$$V_{ef}^2 = \frac{1}{T}\int_0^{T/2}\left(\frac{V}{T}\left(t - \frac{T}{2}\right)\right)^2 dt + \frac{1}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T}\left(\frac{V}{T}\left(3t - \frac{T}{2}\right)\right)^2 dt$$

$$\frac{T^3 V_{ef}^2}{V^2} = \int_0^{T/2} t^2 - tT + \frac{T^2}{4}\,dt + \int_{T/2}^{T} \frac{9T^2}{4} - 3Tt + t^2\,dt$$

$$\frac{\cancel{T^3}}{\cancel{24}} - \frac{\cancel{T^3}}{\cancel{8}} + \frac{\cancel{T^3}}{\cancel{8}} + \frac{T^3}{3} - \frac{3T^3}{2} + \frac{9T^3}{4} - \frac{\cancel{T^3}}{\cancel{24}} + \frac{3T^3}{8} - \frac{9T^3}{8}$$

$$\frac{\cancel{T^3} V_{ef}^2}{V^2} = \frac{1}{3}\cancel{T^3} \rightarrow \boxed{V_{ef} = \sqrt{\frac{V^2}{3}} = \frac{\sqrt{3}\,V_p}{3}}$$

- Determine o valor eficaz (rms) de

$$v(t) = 4 + 8\sin(\omega_1 t + 10°) + 5\sin(\omega_2 t + 50°)$$

em que:

a) $\omega_2 = 2\omega_1$;

$$V_{ef1\text{-}1} = 4, \quad V_{ef1\text{-}2} = \frac{8}{\sqrt{2}}, \quad V_{ef1\text{-}3} = \frac{5}{\sqrt{2}}$$

$$V_e = \sum_{m=1}^{3} V_{e\text{-}m} = \sqrt{4^2 + \left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{48 + \frac{25}{2}} = \frac{11}{\sqrt{2}}$$

b) $\omega_2 = \omega_1$.

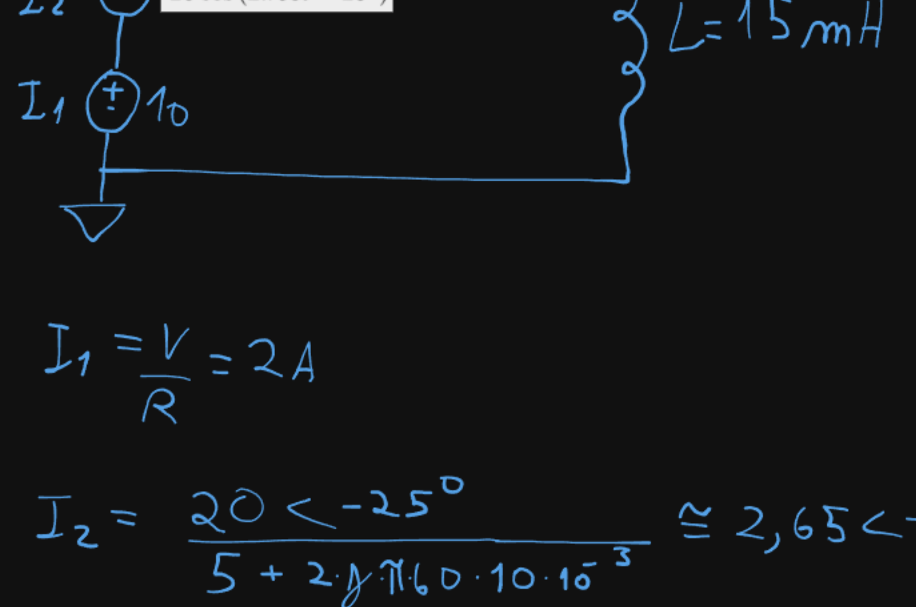
$$v(t) = 4\angle 0° + 8\angle -80° + 5\angle -40° \cong 4 + 12{,}25\angle -64{,}8°$$

$$V_{ef} = \sqrt{4^2 + \left(\frac{12{,}25}{\sqrt{2}}\right)^2} = 9{,}54V$$

- Uma tensão

$$v(t) = 10 + 20\cos(2\pi 60t - 25°) + 30\cos(4\pi 60t + 20°)$$

é fornecida a uma carga RL em que $R = 5\Omega$ e $L = 15\text{mH}$. Qual é a potência média absorvida pela carga? Faça uma simulação no LTspice e compare os resultados teóricos com os de simulação.

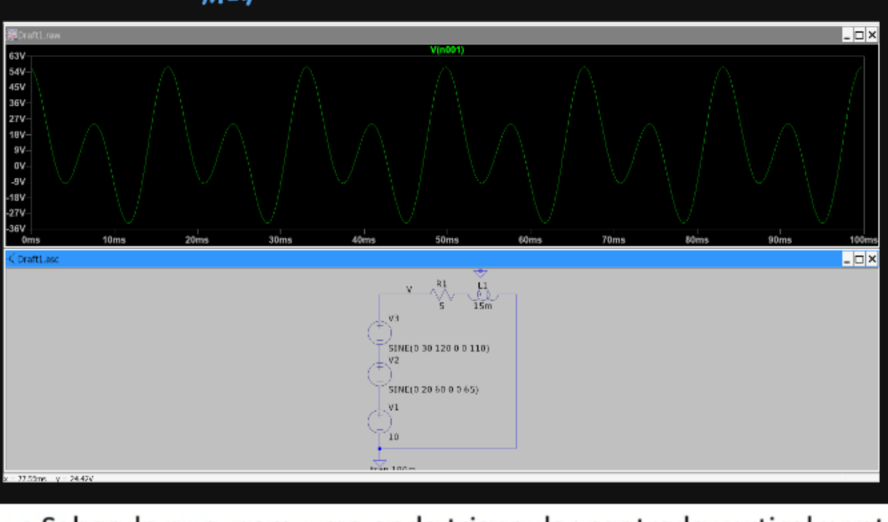


$$I_1 = \frac{V}{R} = 2A$$

$$I_2 = \frac{20\angle -25°}{5 + 2 j\pi 60\cdot 10\cdot 10^{-3}} \cong 2{,}65\angle -73{,}52°$$

$$I_3 = \frac{30\angle 20°}{5 + 4 j\pi 60\cdot 10\cdot 10^{-3}} \cong 2{,}43\angle -46{,}15°$$

$$P = V_0 I_0 + \sum_{m=1}^{\infty} V_{m,ef}\cdot I_{m,ef}\cos(\phi_m) \cong 52{,}3W$$



NA SIMULAÇÃO $P \cong 52{,}8W$

- Sabendo que, para uma onda triangular centrada verticalmente em zero, de frequência ω_0 e amplitude A:
  - Sua série de Fourier é dada por:

$$f(t) = \frac{8A}{\pi^2}\sum_{n=1,3,5,\ldots}^{\infty}\frac{\cos(n\omega_0 t)}{n^2}$$

  - Seu valor eficaz é:

$$F_{ef} = \frac{A}{\sqrt{3}}$$

determine o valor da DHT. Simule e meça o DHT de uma forma de onda triangular usando o LTspice. Compare os resultados teóricos com os de simulação (considere 2 casas decimais após a vírgula – os valores devem ser iguais!).

$$DHT = \sqrt{\sum_{\substack{m=3\\ \text{ÍMPAR}}}^{\infty}\left(\frac{8A}{\pi^2 m^2}\right)^2} = \sqrt{\sum_{\substack{m=3\\ \text{ÍMPAR}}}^{\infty}\frac{1}{m^4}} \cong 12{,}12\%$$

A SIMULAÇÃO ME DEU 12,12% DHT

LOGO O RESULTADO FOI COERENTE.