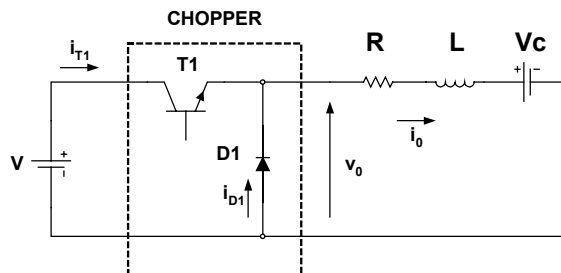


CONVERSORES CC/CC (CHOPPERS)

Prof. Azauri Albano de Oliveira Júnior

CHOPPER DE UM QUADRANTE (chopper não regenerativo, chopper tipo A ou regulador buck)

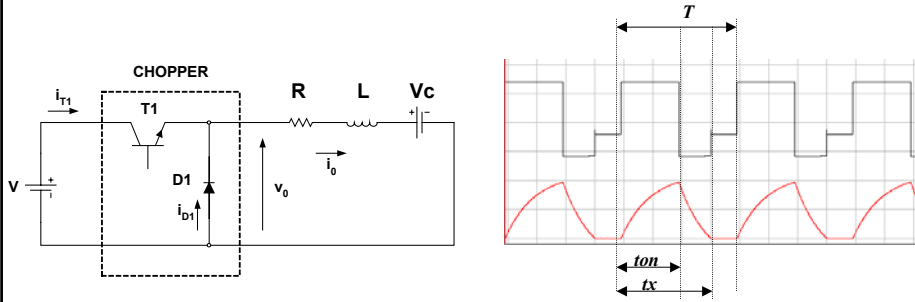


$$V = v_{T1} + v_0$$

$$i_0 = i_{T1} + i_{D1}$$

$$v_0 = -v_{D1} = v_{\text{carga}} = Ri_0 + L \frac{di_0}{dt} + V_c$$

CHOPPER DE UM QUADRANTE EM CONDUÇÃO DESCONTÍNUA



$$i_{T1} = i_0 = \frac{V - V_c}{R} (1 - e^{-t/\tau})$$

para $0 \leq t \leq t_{ON}$

$$i_{D1} = i_0 = -\frac{V_c}{R} (1 - e^{-(t-t_{ON})/\tau}) + I_{\max} e^{-(t-t_{ON})/\tau}$$

para $t_{ON} \leq t \leq t_x - t_{ON}$

$$t_x = \tau \ln \left\{ e^{t_{ON}/\tau} \left[1 + \frac{V - V_c}{V_c} (1 - e^{-t_{ON}/\tau}) \right] \right\}$$

$$I_{\max} = \frac{V - V_c}{R} (1 - e^{-t_{ON}/\tau})$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

CHOPPER DE UM QUADRANTE EM CONDUÇÃO DESCONTÍNUA (SÉRIE DE FOURIER)

$$v_0 = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(n\omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(n\omega t)$$

$$v_0 = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(n\omega t + \theta_n)$$

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \theta_n = \arctan \frac{b_n}{a_n}; \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

$$V_0 = \frac{t_{ON}}{T} V + \frac{(T - t_x)}{T} V_c = \delta \cdot V + V_c - \frac{t_x}{T} V_c$$

$$a_n = \frac{V}{n\pi} [1 - \cos(n\omega t_{ON})] - \frac{V_c}{n\pi} [1 - \cos(n\omega t_x)]$$

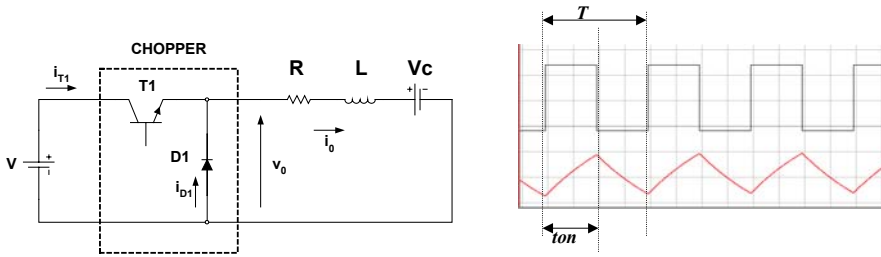
$$b_n = \frac{V}{n\pi} \sin(n\omega t_{ON}) - \frac{V_c}{n\pi} \sin(n\omega t_x)$$

$$i_0 = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin(n\omega t + \theta_n - \phi_n)$$

$$I_0 = \frac{V_0 - V_c}{R}; d_n = \frac{c_n}{Z_n}$$

$$Z_n = \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}; \phi_n = \arctan \frac{n\omega L}{R}$$

CHOPPER DE UM QUADRANTE EM CONDUÇÃO CONTÍNUA



$$i_{T1} = i_0 = \frac{V - V_c}{R} (1 - e^{-t/\tau}) + I_{\min} e^{-t/\tau}$$

para $0 \leq t \leq t_{ON}$

$$i_{D1} = i_0 = -\frac{V_c}{R} (1 - e^{-(t-t_{ON})/\tau}) + I_{\max} e^{-(t-t_{ON})/\tau}$$

para $t_{ON} \leq t \leq T - t_{ON}$

$$I_{\max} = \frac{V}{R} \cdot \frac{(1 - e^{-t_{ON}/\tau})}{(1 - e^{-T/\tau})} - \frac{V_c}{R}$$

$$I_{\min} = \frac{V}{R} \cdot \frac{(e^{t_{ON}/\tau} - 1)}{(e^{T/\tau} - 1)} - \frac{V_c}{R}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

CHOPPER DE UM QUADRANTE EM CONDUÇÃO CONTÍNUA (SÉRIE DE FOURIER)

$$v_0 = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(n\omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(n\omega t)$$

$$v_0 = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(n\omega t + \theta_n)$$

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \theta_n = \arctan \frac{b_n}{a_n}; \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

$$V_0 = \frac{t_{ON}}{T} V = \delta \cdot V$$

$$a_n = \frac{V}{n\pi} [1 - \cos(n\omega t_{ON})]$$

$$b_n = \frac{V}{n\pi} \sin(n\omega t_{ON})$$

$$c_n = \frac{\sqrt{2} \cdot V}{n\pi} [1 - \cos(n\omega t_{ON})]$$

$$i_0 = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin(n\omega t + \theta_n - \phi_n)$$

$$I_0 = \frac{V_0 - V_c}{R}; d_n = \frac{c_n}{Z_n}$$

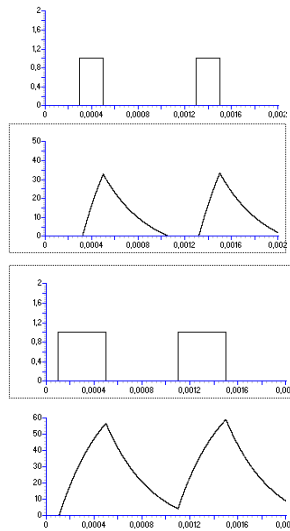
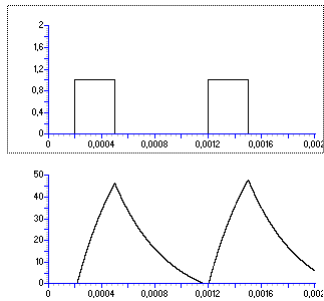
$$Z_n = \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}; \phi_n = \arctan \frac{n\omega L}{R}$$

CHOPPER DE UM QUADRANTE LIMITE ENTRE CONDUÇÃO CONTÍNUA E DESCONTÍNUA

$$t_{ON}^x = \frac{T}{\sigma} \cdot \ln[m \cdot (e^\sigma - 1) + 1]$$

para $t_{ON} < t_{ON}^x \Rightarrow$ condução descontínua

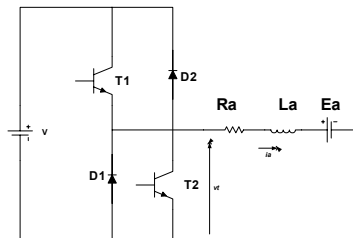
para $t_{ON} > t_{ON}^x \Rightarrow$ condução contínua



CHOPPERS DE DOIS E QUATRO QUADRANTES

CHOPPER DE DOIS QUADRANTES

- Chopper Regenerativo
- Só opera em condução contínua



CHOPPER DE QUATRO QUADRANTES

- Chopper Regenerativo e Reversível
- Só opera em condução contínua

