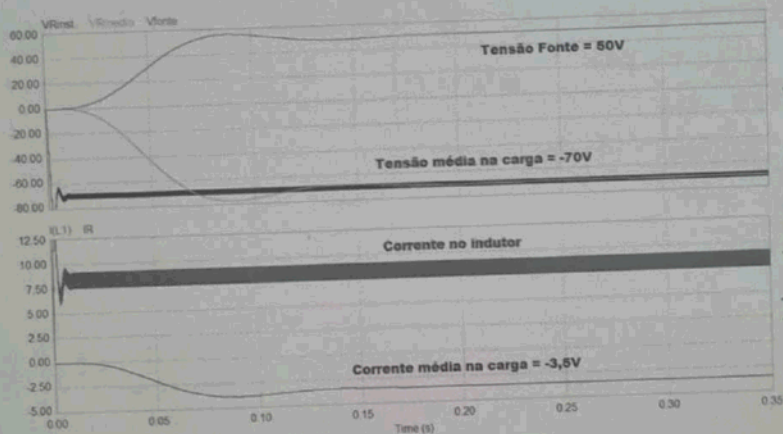


4. Em uma fonte chaveada sem isolamento, através de um osciloscópio de 6 canais isolados, foram monitoradas as variáveis apresentadas na Figura 3. Através de uma ponte LCR descobriu-se que o valor do capacitor em paralelo com a carga é de $50\mu\text{F}$ e a indutância é de $1,8\text{mH}$. Sabendo-se que a frequência de chaveamento é de 10kHz defina-se (20 pontos):

- O ripple de corrente no indutor L (apresentar o desenvolvimento matemático para encontrar o Δi_L);
- O ripple da tensão na carga R (apresentar o desenvolvimento matemático para calcular o ΔV);
- Qual o valor mínimo da indutância do conversor em que a tensão na carga é dada por

$$V_o = V_s \frac{D}{1-D}.$$



$$\begin{aligned} V_o &= -70 \\ V_d &= 50 \\ C &= 50\mu\text{F} \\ L &= 1,8\text{mH} \\ f &= 10\text{kHz} \\ I_o &= -3,5 \end{aligned}$$

Figura 3 - Variáveis medidas em uma fonte chaveada através de um osciloscópio de 6 canais.

$$a) V_d = V_L$$

$$V_d = L \frac{di}{dt}$$

$$V_d = \frac{L(i_2 - i_1)}{t_1}$$

$$V_d = \frac{L \Delta i L}{t_1}$$

$$t_1 = \frac{L \Delta i L}{V_d}$$

$$\Delta i L = \frac{t_1 V_d}{L}$$

$$V_h = V_o$$

$$V_o = L \frac{di}{dt}$$

$$V_o = \frac{-L(i_2 - i_1)}{t_2}$$

$$V_o = \frac{-L \Delta i L}{t_2}$$

$$t_2 = \frac{-L \Delta i L}{V_o}$$

$$\Delta i L = \frac{-V_o t_2}{L}$$

$$\Delta i L = \Delta i L$$

$$\frac{t_1 V_d}{L} = \frac{V_o t_2}{L}$$

$$V_o t_2 = t_1 V_d$$

$$V_o = \frac{t_1 V_d}{t_2}$$

$$V_o = \frac{t_1 V_d}{T - t_1}$$

$$V_o = \frac{t_1 V_d}{T}$$

$$\frac{T}{T} = \frac{t_1}{T}$$

$$V_o = \frac{-D V_d}{1 - D}$$

$$t_1 + t_2 = T$$

$$t_2 = T - t_1$$

$$\frac{L \Delta i L}{V_d} - \frac{L \Delta i L}{V_o} = T$$

$$\frac{L \Delta i L V_o - L \Delta i L V_d}{V_d - V_o} = T$$

$$\frac{L \Delta i L V_o - L \Delta i L V_d}{V_d - V_o} = T$$

$$L \Delta i L V_o - L \Delta i L V_d = T V_d V_o$$

$$\Delta i L (L V_o - L V_d) = T V_d V_o$$

$$\Delta i L = \frac{T V_d V_o}{L(V_o - V_d)}$$

$$\Delta i L = \frac{V_d V_o}{f L (V_o - V_d)}$$

$$b) \Delta v = \frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_0 dt$$

$$\Delta v_c = \frac{1}{C} I_0 t_1 = \frac{I_0 t_1}{C}$$

$$\Delta v_c = \frac{I_0 DT}{C}$$

$$\Delta v = \frac{I_0 D}{fC}, \quad D = \frac{V_0}{V_0 - V_d}$$

$$\Delta v = \frac{I_0 V_0}{C f (V_0 - V_d)}$$

$$c) I_{L0} = \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$\Delta I_L = 2 I_{L0}$$

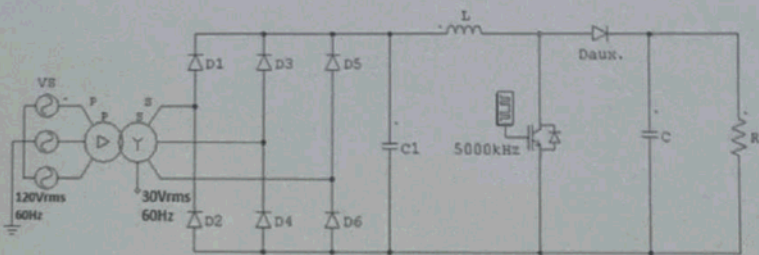
$$\frac{V_d V_o}{f_{\text{cut}} (V_o - V_d)} = 2 I_{L0}$$

$$\text{Levit} = \frac{V_d V_o}{2 I_{L0} f (V_o - V_d)}$$

$$\bullet I_{L0} = \frac{I_o}{1-D}$$

3. Projetar o conversor CC-CC boost apresentado na Figura 2 para operação na região contínua. O conversor alimenta uma carga de 20Ω com uma tensão contínua de $100V$ sendo a frequência de chaveamento $5kHz$. O ripple da tensão na carga deve ser $2V$ e o ripple da corrente no indutor $1A$. A tensão de alimentação fase neutro no primário do transformador do conversor retificador é de $127V_{rms}$ (desprezar o ripple de tensão no capacitor C_1) Na etapa de projeto deve-se calcular (20 pontos):

- A indutância L do filtro passa baixo para que o ripple de corrente no indutor seja de $1A$ (apresentar o desenvolvimento matemático para encontrar o valor do indutor – dedução da formula);
- O capacitor C do filtro passa baixo para que o ripple da tensão na carga R seja de $2V$ (apresentar o desenvolvimento matemático para calcular o valor do capacitor – dedução da formula);
- Calcule o valor mínimo da indutância do filtro passa baixo para que o conversor opere na condição crítica (apresentar o desenvolvimento matemático para encontrar o valor da indutância crítica – dedução da formula);



$$\begin{aligned}
 R &= 20\Omega \\
 f &= 5kHz \\
 \Delta V &= 2V \\
 \Delta i &= 1A \\
 V_o &= 100V
 \end{aligned}$$

Figura 2 - Conversor CC-CC conectado a rede elétrica CA através de um retificador trifásico não controlado de onda completa.

Relações de Transformação:

* Valores da Questão

$$120 - 30$$

$$127 - x$$

$$x = \frac{127 \cdot 30}{120} = 31,75 \text{ V} \quad \Rightarrow V_{\max}$$

$$V_{\text{med}} = \frac{1}{2\pi} \int V_{\max} \sin \theta \, d\theta \Rightarrow V_{\text{med}} = \frac{12}{2\pi} \int_0^{30} V_{\max} \cos \theta \, d\theta$$

$$V_{\text{med}} = \frac{6}{\pi} V_{\max} \int_0^{30} \cos \theta \, d\theta \Rightarrow V_{\text{med}} = \frac{6 V_{\max}}{\pi} [\sin(b) - \sin(a)]$$

$$V_{\text{med}} = \frac{6 \cdot V_{\max} \cdot \sqrt{2}}{\pi} [\sin(30) - \sin(0)] \cdot \sqrt{3}$$

$$V_{\text{med}} = \frac{6 \cdot V_{\max} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{\pi} \cdot [0,5] = V_d$$

$$V_d = V_L$$

$$V_d = L \frac{di}{dt}$$

$$V_d = L \frac{(i_2 - i_1)}{t_1}$$

$$V_d = \frac{L \Delta i L}{t_1}$$

$$t_1 = \frac{L \Delta i L}{V_d}$$

$$\Delta i L = \frac{V_d t_1}{L}$$

$$T = t_1 + t_2$$

$$t_2 = T - t_1$$

$$V_d = V_L + V_o$$

$$V_d - V_o = V_L$$

$$V_d - V_o = L \frac{di}{dt}$$

$$V_d - V_o = L \frac{(i_1 - i_2)}{t_2}$$

$$V_d - V_o = -L \frac{(i_2 - i_1)}{t_2}$$

$$V_d - V_o = L \frac{\Delta i}{t_2}$$

$$V_o - V_d = L \frac{\Delta i}{t_2}$$

$$t_2 = L \frac{\Delta i}{V_o - V_d}$$

$$\Delta i = \frac{t_2 (V_o - V_d)}{L}$$

$$\Delta i L = \Delta i L$$

$$\frac{V_d t_1}{L} = \frac{t_2 (V_o - V_d)}{L}$$

$$V_d t_1 = V_o t_2 - V_d t_2$$

$$V_d t_1 + V_d t_2 = V_o t_2$$

$$V_d (t_1 + t_2) = V_o t_2$$

$$V_d T = V_o t_2$$

$$V_o = \frac{V_d T}{t_2}$$

$$V_o = \frac{V_d T}{T - t_1}$$

$$V_o = \frac{V_d T}{T - t_1}$$

$$\frac{T}{T} - \frac{t_1}{T}$$

$$V_o = \frac{V_d}{1 - D}$$

$$a) \frac{L \Delta_i}{V_d} = \frac{L \Delta_i}{V_o - V_d} = T$$

$$\frac{L \Delta_i V_o - \cancel{L \Delta_i V_d} + \cancel{L \Delta_i V_d}}{V_d(V_o - V_d)} = T$$

$$L \Delta_i V_o = T \cdot V_d(V_o - V_d)$$

$$L = \frac{T \cdot V_d(V_o - V_d)}{\Delta_i V_o}$$

$$L = \frac{V_d(V_o - V_d)}{f \Delta_i V_o}$$

$$b) \Delta V_c = \frac{1}{C} \int i_c dt \rightarrow \frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_0 dt \rightarrow \frac{1}{C} [I_0 t_1 - I_0 0]$$

$$\Delta V_c = \frac{I_0 t_1}{C}, \text{ como } t_1 = \frac{\Delta i}{f V_d} \quad \text{e} \quad \Delta i = \frac{V_d (V_0 - V_d)}{f V_0}$$

$$C = \frac{I_0 (V_0 - V_d)}{f V_0 \Delta V_c} \quad t_1 = \frac{(V_0 - V_d)}{f V_0} \quad I_0 = \frac{V_0}{R}$$

$$e) I_{L \min} = I_{L0} - \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$P/ \text{condição crítica: } I_{L0} - \frac{\Delta I_L}{2} = 0$$

$$I_{L0} = \frac{\Delta I_L}{2} \rightarrow \Delta I_L = 2 I_{L0}$$

$$2 I_{L0} = \frac{V_d (V_0 - V_d)}{f L_{\text{crit}} V_0}$$

$$L_{\text{crit}} = \frac{V_d (V_0 - V_d)}{2 f I_{L0} V_0}$$
