

Apostila Conversor CC/CC Abaixador

1.INTRODUÇÃO

Os conversores CC/CC são amplamente usados em aplicações do tipo Fontes Chaveadas e do tipo Acionamento de Motores CC.

2.CONVERSOR ABAIXADOR

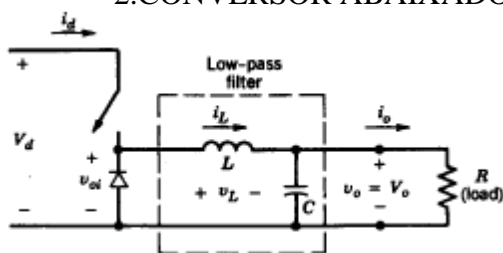


Figura 1

A figura 1 mostra um conversor abaixador. Suas principais aplicações são em fontes reguladas CC e em acionamentos de motores CC. A tensão de saída é sempre mais baixa que a tensão de entrada. Quando a válvula principal está ligada o diodo fica polarizado inversamente. A fonte de alimentação (entrada) fornece corrente para a saída via indutor. Quando a válvula principal é desligada, o estágio de saída recebe energia do indutor. Na análise do regime o capacitor de filtro de saída é considerado suficientemente grande para assegurar tensão de saída constante: $v_o(t) = V_o$.

3. MODO DE CONDUÇÃO CONTÍNUA

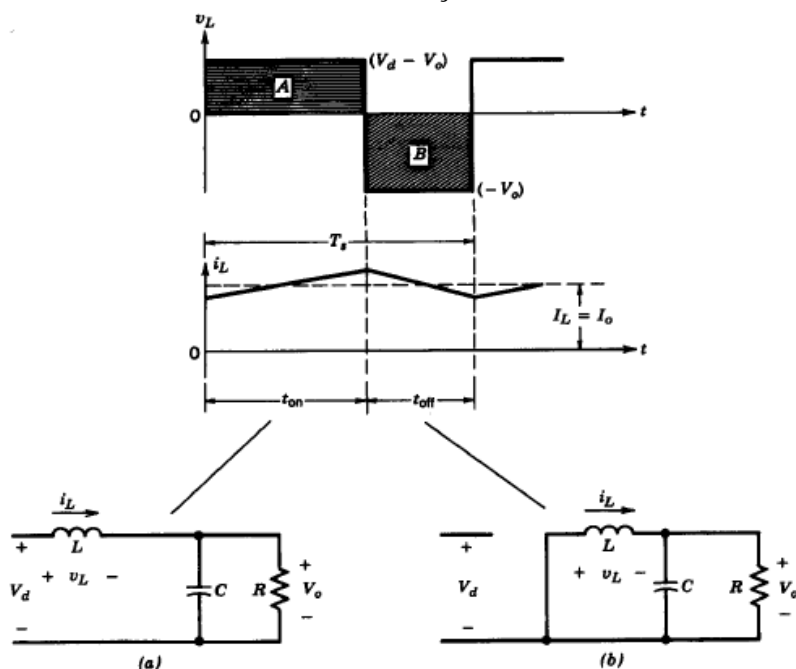


FIG.2 Modo de condução contínua: (a) válvula ligada, (b) válvula desligada.

A figura 2 mostra as formas de onda de regime para este modo de condução onde a corrente no indutor flue continuamente ($i_L(t) > 0$).

Desde que em regime, a integral da tensão no indutor num período deve ser zero temos:

$$(V_d - V_o)ton - V_o.toff = 0 \quad (T_s - ton) = toff$$

Dividindo ambos os membros por T_s e rearranjando os termos vem:

$$\frac{(V_d - V_o)ton}{T_s} = \frac{V_o(T_s - ton)}{T_s}$$

$$(V_d - V_o)D = V_o(1 - D); \quad V_o = DV_d$$

Assumindo um circuito sem perdas $P_d = P_o$ e:

$$I_d = D I_o$$

4 LIMITE ENTRE CONDUÇÃO CONTÍNUA E DESCONTÍNUA

Para V_d constante:

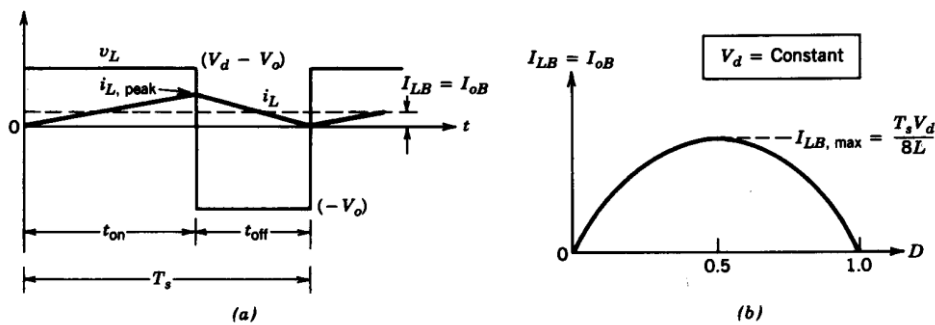


FIG.3 Limite de condução contínua:(a) formas de onda, (b) Curva I_{LB} e I_{OB} x D .

A figura 3 mostra as formas de onda no limite da condução contínua. Por definição, neste modo I_L vai a zero ao final do período T_s . O valor médio da corrente no indutor nesta condição é:

$$I_{LB} = \frac{1}{2} I_{Lpico} \text{ (Fig. 3)} \quad I_{Lpico} = \frac{dI_L}{dt} \times t_{on} = \frac{(V_d - V_o) \times t_{on}}{L} = \frac{(V_d - V_o) \times D \times T_s}{L}$$

$$I_{LB} = \frac{(V_d - V_o) \times D \times T_s}{2L} = \frac{T_s V_o (1-D)}{2L} \text{ supondo } V_o \text{ constante.}$$

Reconhecendo que num conversor abaixador a corrente média no indutor e a corrente média de saída são iguais ($I_O = I_L$), temos:

$$I_{OB} = \frac{T_s V_o (1-D)}{2L} \text{ para } V_o \text{ constante.}$$

Para V_d constante:

$$I_{OB} = \frac{T_s V_d \times D \times (1-D)}{2L}$$

Quando I_L for menor que I_{LB} teremos condução descontínua.

A fig. 3 mostra que I_{LB} , para V_d constante, atinge um valor máximo para $D = 0,5$:

$$I_{LBMax} = I_{OBMax} = \frac{T_s V_d}{8L}$$

5 MODO DE CONDUÇÃO DESCONTÍNUA

Para entender o modo de condução de corrente descontínua, nós vamos assumir que à medida que a potência da carga diminui, V_d e D permanecem constantes. Na figura a condução de corrente descontínua ocorre devido à diminuição de P_O e, portanto de I_O (I_L). Desde que I_{Lpico} é a mesma em ambos os modos de condução, um menor valor de I_L (e portanto i_L descontínuo) só é possível se V_O aumentar de valor.

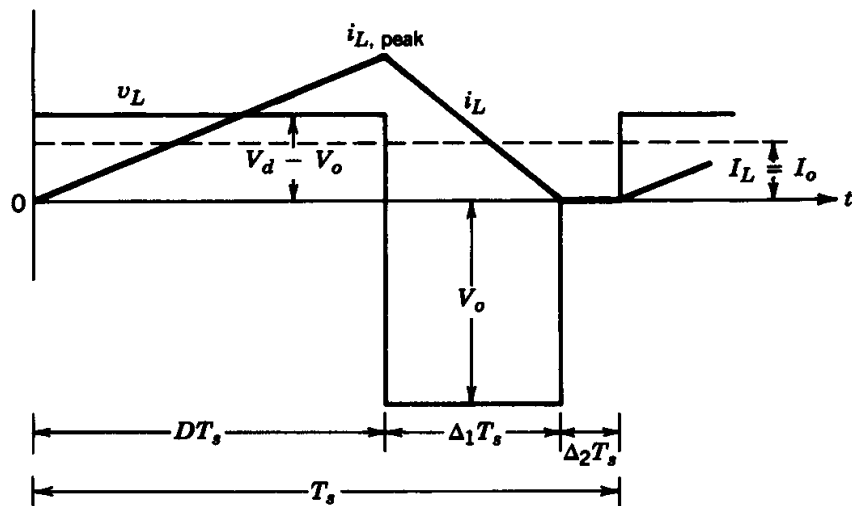


FIG.4 Formas de onda do Conversor Abaixador em condução descontínua.

Se igualarmos a integral num período da tensão no indutor a zero vem:

$$(Vd - Vo) \times D \times Ts - Vo \times \Delta_1 \times Ts = 0$$

$$(Vd) \times D \times Ts = Vo \times Ts \times (\Delta_1 + D)$$

$$\frac{Vo}{Vd} = \frac{D}{\Delta_1 + D};$$

$$\frac{Io}{Id} = \frac{\Delta_1 + D}{D}$$

$$\frac{Vo}{Vd} = \frac{\Delta_1 + D}{\Delta_2}$$

e

$$\frac{Io}{Id} = \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + D} \text{ (desde que } P_d = P_o)$$

Fazendo Vd=Vin, Id=Iin e

$$\hat{I}_{in} = \hat{I}_L = \frac{(V_{in} - V_o)}{L} \times D \times T_s \text{ valor de pico;}$$

$$\bar{I}_{in} = \bar{I}_L = \frac{\hat{I}_{in}}{2T_s} \times D \times T_s \text{ valor médio;}$$

$$\bar{I}_{in} = \frac{(V_{in} - V_o)}{2L} \times D^2 \times T_s$$

$$\bar{P}_{in} = \bar{P}_o \quad \bar{V}_{in} \times \bar{I}_{in} = \frac{\bar{V}_o^2}{R}$$

$$\bar{V}_o^2 = R \times \bar{V}_{in} \times \frac{(V_{in} - V_o)}{2L} \times D^2 \times T_s$$

$$M = \frac{R \times T_s \times D^2}{2L} \quad \bar{V}_o^2 = M \times \bar{V}_{in} \times (V_{in} - V_o)$$

$$\bar{V}_o = \bar{V}_{in} (\sqrt{M^2 + 4M} - M)$$

6 TENSÃO DE ONDULAÇÃO DE SAÍDA

A tensão pico a pico de ondulação de saída pode ser calculada analisando as formas de onda mostradas na Fig.5 para o modo contínuo de operação.

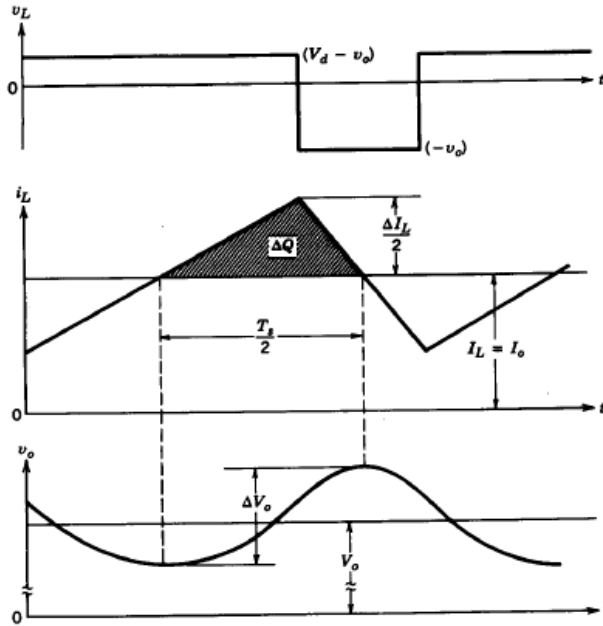


FIG.5 Ondulação da tensão de saída para o Conversor Elevador.

Assumimos até agora que a tensão de saída é constante. Na prática existe uma pequena ondulação como mostra a figura 5, cujo valor pico a pico será calculado em seguida:

$$\Delta V_o = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{1}{C} \frac{1}{2} \frac{\Delta I_L}{2} \frac{T_s}{2}$$

Da figura 2 vem:

$$\Delta I_L = \frac{V_o}{L} (1 - D) \cdot T_s$$

portanto:

$$\Delta V_o = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{V_o}{8LC} (1 - D) (T_s)^2$$

Uma análise similar pode ser feita para o modo de condução descontínuo.

PROBLEMAS

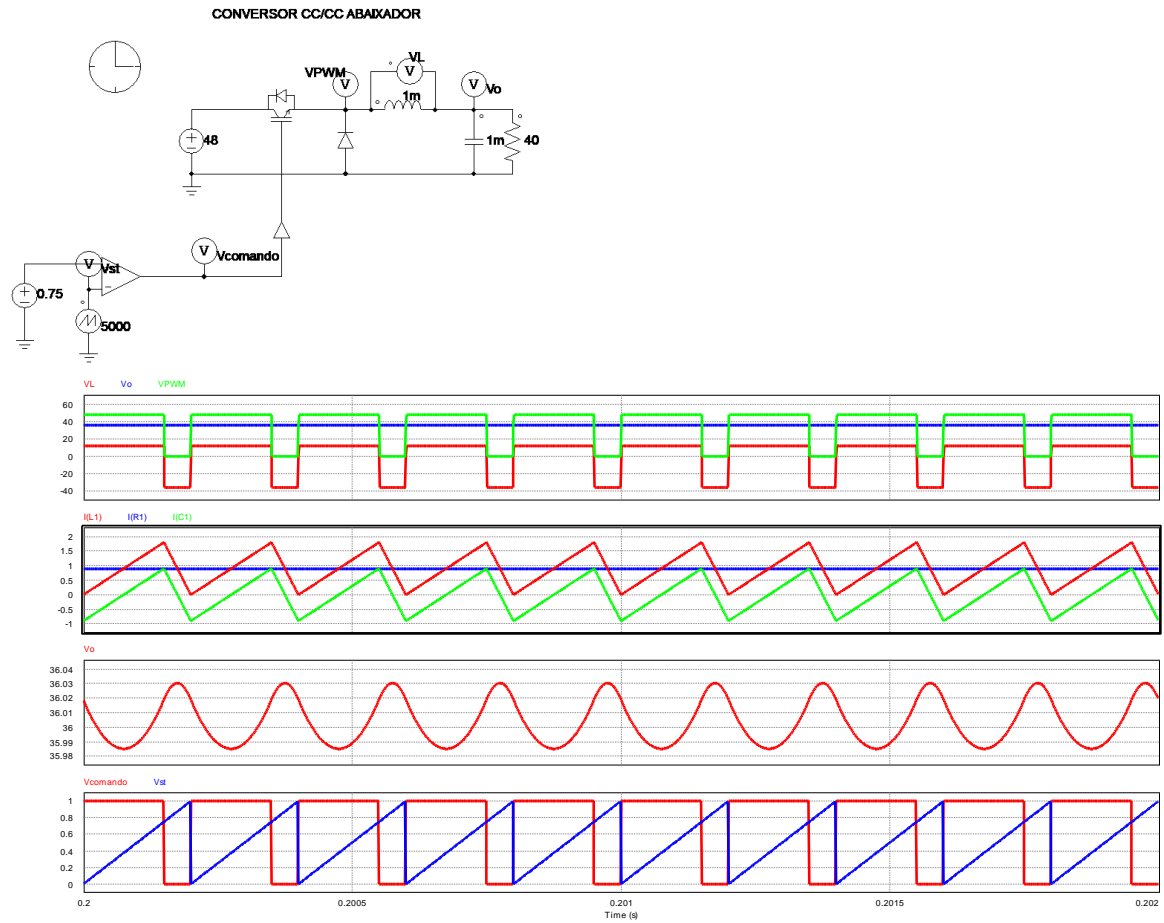
P1) Num conversor abaixador consideramos todos os componentes como sendo ideais. A tensão de saída deve ser mantida constante em 5V, variando a razão de serviço D. Calcule a mínima indutância L requerida para manter o conversor operando no modo de condução contínua se $10V \leq V_d \leq 40V$ $f_s = 50 \text{ kHz}$, $C=470 \mu\text{F}$ e $P_o \geq 5W$.

P2) Num conversor abaixador $V_d = 12,6 \text{ V}$, $V_o = 5 \text{ V}$, $I_o = 0,2 \text{ A}$, $L = 1 \text{ mH}$, $C = 470 \mu\text{F}$, e $f_s = 20 \text{ kHz}$. Calcular ΔV_o (pico a pico).

P3) Com os dados do problema P2, calcular o valor eficaz da corrente de ondulação da indutância.

Simulação com o PSIM

Condução Contínua



Condução Descontinua

