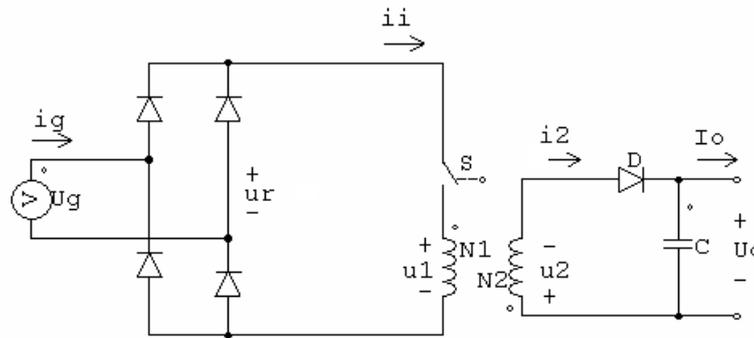


Prova Scritta di
ELETTRONICA INDUSTRIALE del 15/12/2005
TEMA B

Sia dato il PFC flyback di figura con le seguenti specifiche:



Tensione d'ingresso: $U_g = 230 \text{ V}_{\text{rms}}$

Tensione d'uscita $U_o = 24 \text{ V}$, $\Delta U_o = \pm 0,5 \text{ V}$

Corrente d'uscita $I_o = 2 \div 5 \text{ A}$

Frequenza di commutazione dello switch S: $f_s = 100 \text{ kHz}$

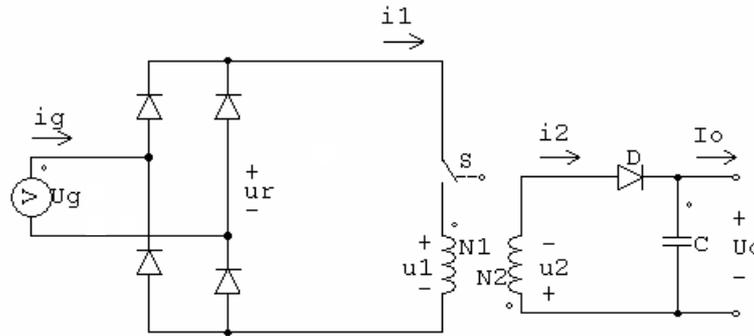
Nell'ipotesi di:

- usare il PFC in modo di funzionamento discontinuo (DCM)
- regolare il rapporto di conversione tramite un semplice controllo di duty-cycle (duty-cycle costante in tutto il periodo della tensione di rete),
- imporre duty-cycle pari a 0.5 in condizioni di funzionamento nominali,
- assumere rendimento unitario del circuito,
- trascurare le induttanze di dispersione del mutuo induttore;

Determinare:

- 1) il valore dell'induttanza magnetizzante L_1
- 2) il valore del rapporto spire del mutuo induttore che garantisce il funzionamento limite CCM/DCM in corrispondenza del valore di picco della tensione nominale d'ingresso;
- 3) il valore di capacità C che garantisce che l'ondulazione di tensione ΔU_i rimanga entro il valore specificato;
- 4) le sollecitazioni in tensione e in corrente (valore di picco e medio) dell'interruttore S e del diodo D.

Soluzione tema B



1) Calcolo dell'induttanza magnetizzante L_1

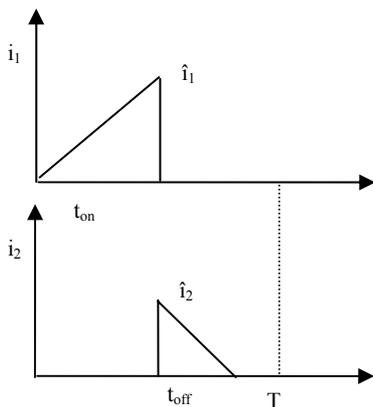
La potenza fornita al carico in condizioni nominali è pari a $P_o = U_o \cdot I_o = 24 \cdot 5 = 120 \text{ W}$

Se il rendimento è unitario $P_g = U_{grms} \cdot I_{grms} = P_o$

Il PFC opera in modo tale che il valor medio di $\bar{i}_g(t)$ su ciascun periodo $T_s \ll 20 \text{ ms}$ sia

$$\bar{i}_g(t) = \frac{u_g(t)}{R_{eq}} \quad \text{da cui} \quad P_g = \frac{U_{grms}^2}{R_{eq}} \quad \text{e quindi} \quad R_{eq} = \frac{U_{grms}^2}{P_g} = \frac{230^2}{120} = 440 \Omega$$

Ad ogni intervallo di commutazione, assumendo funzionamento DCM, si ha:



$$\hat{i}_1 = \frac{|u_g(t)|}{L_1} \cdot t_{on} = \frac{|u_g(t)|}{L_1 \cdot f_s} \cdot \delta$$

$$\bar{i}_1(t) = \frac{\hat{i}_1 \cdot t_{on}}{2 \cdot T_s} = \frac{|u_g(t)|}{L_1 \cdot f_s} \cdot \delta \cdot \frac{t_{on}}{2 \cdot T_s} = \frac{|u_g(t)|}{2 \cdot L_1 \cdot f_s} \cdot \delta^2$$

$$\hat{i}_2 = \frac{N_1}{N_2} \cdot \hat{i}_1$$

Considerando che $\bar{i}_1(t) = |\bar{i}_g(t)| = \frac{|u_g(t)|}{R_{eq}} = \frac{|u_g(t)|}{2 \cdot f_s \cdot L_1} \cdot \delta^2$

Posto $\delta=0.5$, si può ricavare L_1 come:

$$L_1 = \frac{R_{eq}}{2 \cdot f_s} \cdot 0.5^2 = 550 \mu H$$

Calcolo del rapporto spire

La tensione ai capi dell'avvolgimento primario in DCM vale:

$$u_1 = \begin{cases} |u_g(t)| & \text{per } t \in t_{on} \\ \frac{N_1}{N_2} \cdot U_o & \text{per } t \in t'_{off} \end{cases}$$

Durante ciascun periodo di PWM la tensione sinusoidale d'ingresso si può ritenere praticamente costante; inoltre la tensione media ai capi dell'induttore nel periodo di PWM è nulla. Si può quindi scrivere:

$$|u_g(t)| \cdot t_{on} = \frac{N_1}{N_2} \cdot U_o t'_{off} \quad \text{e quindi} \quad t'_{off} = \frac{|u_g(t)|}{U_o} \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot t_{on}$$

Il valore massimo di t'_{off} si ha per $|u_g(t)| = \hat{U}_g$

Assumendo, come da specifiche, che in tale situazione si sia al limite tra funzionamento continuo e discontinuo, si ricava:

$$t_{off} = \frac{\hat{U}_g}{U_o} \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot t_{on} \quad \text{e, essendo } \delta=0.5, \text{ si ottiene:}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\hat{U}_g}{U_o} \cdot \frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{325}{24} = 13.5$$

2) Dimensionamento del condensatore C

L'energia scambiata tra rete e condensatore C genera un'ondulazione di tensione che si impone non superi ± 1 V.

$$W = P_o / 2\pi f_g = 120 / 314 \approx 380 \text{ mJ}$$

si può quindi trovare il valore del condensatore d'uscita come:

$$C = \frac{W}{U_i \cdot \Delta U_i} = \frac{380 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 1} = 15 \text{ mF}$$

3) Corrente e tensione massime sullo switch S_i

Switch S

$$\hat{U}_s = \hat{U}_g + \frac{N_1}{N_2} \cdot U_o = 230 \cdot \sqrt{2} + 13.5 \cdot 24 \cong 650V$$

$$\hat{I}_s = \frac{\hat{U}_g \cdot \delta}{f_s \cdot L_1} = \frac{325 \cdot 0.5}{10^5 \cdot 550 \cdot 10^{-6}} \cong 3A$$

$$\bar{I}_s = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\hat{U}_g}{R_{eq}} \cdot \delta = \frac{2 \cdot 325 \cdot 0.5}{\pi \cdot 440} \cong 0.23A$$

Diodo D

$$\hat{U}_D = \frac{N_2}{N_1} \cdot \hat{U}_g + U_o = \frac{230 \cdot \sqrt{2}}{13.5} + 24 \cong 48V$$

$$\hat{I}_D = \frac{N_1}{N_2} \cdot \hat{I}_s = 13.5 \cdot 3 \cong 40A$$

$$\bar{I}_D = I_o = 5A$$