

# Ejercicios Convertidores DC-DC, manejo de llaves 2

---

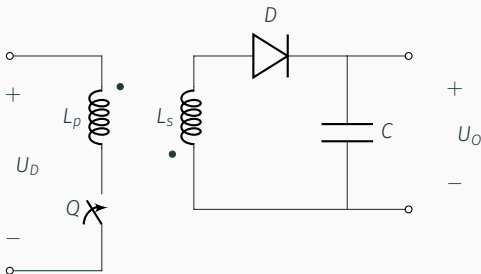
Isabel Briozzo

13/5/2020

Instituto de Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

# Problema 1 del Segundo Parcial de 2013

---



- $U_O = 13,8 \text{ V}$ ,  $I_O = 10 \text{ A}$ , MCD
- $U_{AC} = 110 \text{ V} \pm 20 \%$ , conectada a un rectificador de diodos con condensador de salida lo suficientemente grande para anular el rizado.
- $L_p = 110 \mu\text{H}$
- $f = 100 \text{ kHz}$ ,  $\delta_{min} = 0,06$
- Temperatura ambiente máxima  $T_a = 50^\circ\text{C}$

## Parte a) Determinar carga mínima en vacío

---

## Parte a) Determinar carga mínima en vacío

Transferencia en MCD:

$$\frac{U_O}{U_D} = \sqrt{\frac{R_0 T}{2L_p}} \delta$$

## Parte a) Determinar carga mínima en vacío

Transferencia en MCD:

$$\frac{U_O}{U_D} = \sqrt{\frac{R_O T}{2L_p}} \delta$$

En vacío quiero que en el peor caso de tensión a la entrada, tenga la corriente mínima a la salida. Para ello impongo  $U_{Dmax} \longleftrightarrow \delta_{min}$

## Parte a) Determinar carga mínima en vacío

Transferencia en MCD:

$$\frac{U_O}{U_D} = \sqrt{\frac{R_O T}{2L_p}} \delta$$

En vacío quiero que en el peor caso de tensión a la entrada, tenga la corriente mínima a la salida. Para ello impongo  $U_{Dmax} \longleftrightarrow \delta_{min}$

$$\delta_{min} = 0,06, U_{Dmax} = \sqrt{2} \times 110V \times 1,2 = 186,68 V$$

## Parte a) Determinar carga mínima en vacío

Transferencia en MCD:

$$\frac{U_O}{U_D} = \sqrt{\frac{R_O T}{2L_p}} \delta$$

En vacío quiero que en el peor caso de tensión a la entrada, tenga la corriente mínima a la salida. Para ello impongo  $U_{Dmax} \longleftrightarrow \delta_{min}$

$$\delta_{min} = 0,06, U_{Dmax} = \sqrt{2} \times 110V \times 1,2 = 186,68 V$$

$$R_{Ovacio} = 2L_p f \left( \frac{U_O}{U_{Dmax} \delta_{min}} \right)^2 = 33,4 \Omega$$



## Parte b) Determinar ciclo de trabajo máximo

## Parte b) Determinar ciclo de trabajo máximo

En funcionamiento normal:

$$R_0 = \frac{U_0}{I_0} = 1,38 \Omega$$

## Parte b) Determinar ciclo de trabajo máximo

En funcionamiento normal:

$$R_O = \frac{U_O}{I_O} = 1,38 \Omega$$

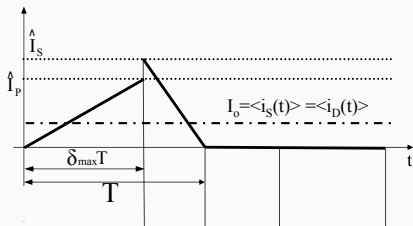
$\delta_{max}$  se da con  $U_{Dmin}$

$$\delta_{max} = \frac{U_O}{U_{Dmin}} \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} = 0,44$$

Parte c) Calcular la inductancia  $L_S$

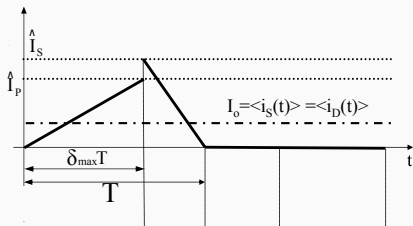
## Parte c) Calcular la inductancia $L_S$

Impongo LCC con  $\delta_{max}$ , de esta forma minimizo el pico de corriente



## Parte c) Calcular la inductancia $L_S$

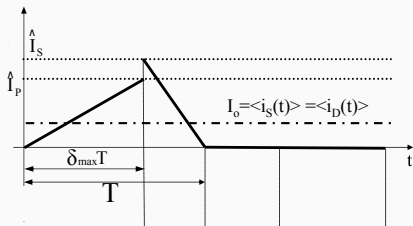
Impongo LCC con  $\delta_{max}$ , de esta forma minimizo el pico de corriente



$$I_o = \frac{1}{T}(1 - \delta_{max})T \frac{U_o}{L_s} \frac{(1 - \delta_{max})}{2} T$$

## Parte c) Calcular la inductancia $L_S$

Impongo LCC con  $\delta_{max}$ , de esta forma minimizo el pico de corriente



$$I_o = \frac{1}{T}(1 - \delta_{max})T \frac{U_o}{L_S} \frac{(1 - \delta_{max})}{2} T$$

$$\Rightarrow L_S = 2,17 \mu H$$

Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los  $110^{\circ}\text{C}$



Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los  $110^{\circ}\text{C}$

Hallamos la potencia media disipada por la llave

Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los  $110^{\circ}\text{C}$

Hallamos la potencia media disipada por la llave

$P_{ON}$  No se consideran porque se parte de una corriente nula

## Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los 110°C

Hallamos la potencia media disipada por la llave

$P_{ON}$  No se consideran porque se parte de una corriente nula

$$P_{COND} = R_{DSon} I_{Qeff}^2 = R_{DSon} \frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \left( \frac{U_D t}{L_p} \right)^2 = \frac{1}{T} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \frac{(\delta T)^3}{3}$$

## Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los 110°C

Hallamos la potencia media disipada por la llave

$P_{ON}$  No se consideran porque se parte de una corriente nula

$$\begin{aligned} P_{COND} &= R_{DSon} I_{Qeff}^2 = R_{DSon} \frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \left( \frac{U_D t}{L_p} \right)^2 = \frac{1}{T} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \frac{(\delta T)^3}{3} \\ &= R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \left( \frac{U_O}{U_D} \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} \right)^3 \end{aligned}$$

## Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los 110°C

Hallamos la potencia media disipada por la llave

$P_{ON}$  No se consideran porque se parte de una corriente nula

$$\begin{aligned} P_{COND} &= R_{DSon} I_{Qeff}^2 = R_{DSon} \frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \left( \frac{U_D t}{L_p} \right)^2 = \frac{1}{T} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \frac{(\delta T)^3}{3} \\ &= R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \left( \frac{U_O}{U_D} \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} \right)^3 = R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{1}{L_p} \right)^2 \frac{U_O^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} \right)^3 \end{aligned}$$

Máximo con  $U_{Dmin}$

## Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los 110°C

Hallamos la potencia media disipada por la llave

$P_{ON}$  No se consideran porque se parte de una corriente nula

$$\begin{aligned} P_{COND} &= R_{DSon} I_{Qeff}^2 = R_{DSon} \frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \left( \frac{U_D t}{L_p} \right)^2 = \frac{1}{T} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \frac{(\delta T)^3}{3} \\ &= R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \left( \frac{U_O}{U_D} \sqrt{\frac{2L_p}{R_{OT}}} \right)^3 = R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{1}{L_p} \right)^2 \frac{U_O^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_{OT}}} \right)^3 \end{aligned}$$

Máximo con  $U_{Dmin}$

$$P_{OFF} = \frac{1}{2} \left( U_D + U_O \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_D}{L_p} \delta T t_{ff}$$

## Parte d) Calcular la resistencia térmica del disipador del MOSFET si la temperatura de juntura no puede superar los 110°C

Hallamos la potencia media disipada por la llave

$P_{ON}$  No se consideran porque se parte de una corriente nula

$$\begin{aligned} P_{COND} &= R_{DSon} I_{Qeff}^2 = R_{DSon} \frac{1}{T} \int_0^{\delta T} \left( \frac{U_D t}{L_p} \right)^2 = \frac{1}{T} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \frac{(\delta T)^3}{3} \\ &= R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{U_D}{L_p} \right)^2 \left( \frac{U_O}{U_D} \sqrt{\frac{2L_p}{R_{OT}}} \right)^3 = R_{DSon} \frac{T^2}{3} \left( \frac{1}{L_p} \right)^2 \frac{U_O^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_{OT}}} \right)^3 \end{aligned}$$

Máximo con  $U_{Dmin}$

$$\begin{aligned} P_{OFF} &= \frac{1}{2} \left( U_D + U_O \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_D}{L_p} \delta T t_{ff} \\ &= \frac{1}{2} \left( U_D + U_O \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_D}{L_p} \frac{U_O}{U_D} \sqrt{\frac{2L_p}{R_{OT}}} t_{ff} \text{ Máximo con } U_{Dmax} \end{aligned}$$

## Parte d) Potencia disipada en el MOSFET

$$P_{dis} = R_{DSon} \frac{1}{3} \left( \frac{T}{L_p} \right)^2 \frac{U_O^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} \right)^3 + \frac{1}{2} \left( U_D + U_O \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_O}{L_p} \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} t_f$$



## Parte d) Potencia disipada en el MOSFET

$$P_{dis} = R_{DSon} \frac{1}{3} \left( \frac{T}{L_p} \right)^2 \frac{U_O^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} \right)^3 + \frac{1}{2} \left( U_D + U_O \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_O}{L_p} \sqrt{\frac{2L_p}{R_O T}} t_f$$

Hoja de datos:  $R_{DSon} = 1,2 \Omega \times 2 = 2,4 \Omega$ ,  $t_f = 39 \text{ ns}$

## Parte d) Potencia disipada en el MOSFET

$$P_{dis} = R_{DSon} \frac{1}{3} \left( \frac{T}{L_p} \right)^2 \frac{U_0^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_0 T}} \right)^3 + \frac{1}{2} \left( U_D + U_0 \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_0}{L_p} \sqrt{\frac{2L_p}{R_0 T}} t_f$$

Hoja de datos:  $R_{DSon} = 1,2 \Omega \times 2 = 2,4 \Omega$ ,  $t_f = 39 \text{ ns}$

$$L_p = \frac{N_p^2}{Rel}$$

$$L_s = \frac{N_s^2}{Rel}$$

$$\Rightarrow \frac{N_p}{N_s} = \sqrt{\frac{L_p}{L_s}} = 7,12$$

## Parte d) Potencia disipada en el MOSFET

$$P_{dis} = R_{DSon} \frac{1}{3} \left( \frac{T}{L_p} \right)^2 \frac{U_0^3}{U_D} \left( \sqrt{\frac{2L_p}{R_0 T}} \right)^3 + \frac{1}{2} \left( U_D + U_0 \frac{N_p}{N_s} \right) \frac{U_0}{L_p} \sqrt{\frac{2L_p}{R_0 T}} t_f$$

Hoja de datos:  $R_{DSon} = 1,2 \, \Omega \times 2 = 2,4 \, \Omega$ ,  $t_f = 39 \, ns$

$$L_p = \frac{N_p^2}{Rel}$$

$$L_s = \frac{N_s^2}{Rel}$$

$$\Rightarrow \frac{N_p}{N_s} = \sqrt{\frac{L_p}{L_s}} = 7,12$$

$$P_{dis} \Big|_{U_{Dmin}} = 11,2 \, W$$

$$P_{dis} \Big|_{U_{Dmax}} = 8,75 \, W$$

## Parte d) Resistencia térmica del disipador



## Parte d) Resistencia térmica del disipador



Hoja de datos:

$$R_{\theta_{jc}} = 0,65 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

$$R_{\theta_{cs}} = 0,24 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

## Parte d) Resistencia térmica del disipador



Hoja de datos:

$$T_j - T_a = (R_{\theta jc} + R_{\theta cs} + R_{\theta sa})P_{dis}$$

$$R_{\theta jc} = 0,65 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\theta cs} = 0,24 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

## Parte d) Resistencia térmica del disipador



Hoja de datos:

$$R_{\theta_{jc}} = 0,65 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_{\theta_{cs}} = 0,24 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$T_j - T_a = (R_{\theta_{jc}} + R_{\theta_{cs}} + R_{\theta_{sa}})P_{dis}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{\theta_{sa}} = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C/W}}$$