UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS INDUSTRIALES

DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA
INGENIERIA ELECTRONICA
E INFORMATICA INDUSTRIAL

DIVISION DE INGENIERIA ELECTRONICA (DIE)

Asignatura: Electrónica III
Fecha: 27 de enero de 1993

Examen: 1er Parcial

CUESTIONES

1. Justifique, para las siguientes aplicaciones, qué tipo de interruptor de potencia utilizaría:

   a. Control de fase para lámpara de incandescencia (220V, 100W, 50Hz) TRIAC TIRISTOR
   b. Regulador CC/CC de una locomotora de 4MW, 3000 V IGBT.
   c. Accionador de motor asíncrono de 30 kW, 800 V, f_s = 20 kHz
   d. Fuente de Alimentación Conmutada (U_{in}= 315 V, P_{out} = 100 kW, f_s = 10 kHz) BIPOLAR
   e. Convertidor CC/CC de Alta densidad (U_o = 3,3 V, I_o = 20A, f_s = 500 kHz) MOSFET.

2. Para el interruptor de potencia IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) se pide:
   a. Ventajas e inconvenientes respecto a otros interruptores de potencia
   b. Estructura Física
   c. Obtenga un modelo equivalente del funcionamiento del IGBT basado en dos componentes discretos
   d. Obtenga, a partir de la estructura física, otro modelo más completo que justifique el fenómeno de enclavamiento que se produce en estos dispositivos.
   Nota: El enclavamiento se produce en ciertas condiciones de funcionamiento, y consiste en la imposibilidad de cortar el dispositivo mediante la señal de puerta.

3. Compare las topologías Forward clásica (fig. 1) y Forward con enclavamiento activo (fig. 2). Ventajas e inconvenientes. ¿Qué ocurriría en el esquema de la figura 2 si desconectamos el diodo D? ¿Sería posible realizar un convertidor Forward según la estructura representada en la figura 3? Ventajas e inconvenientes en caso afirmativo.

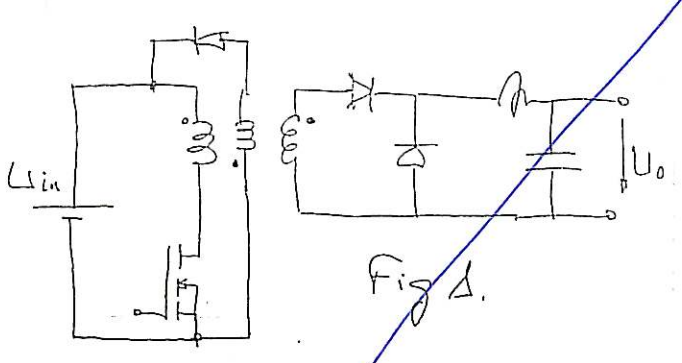


Fig 1.

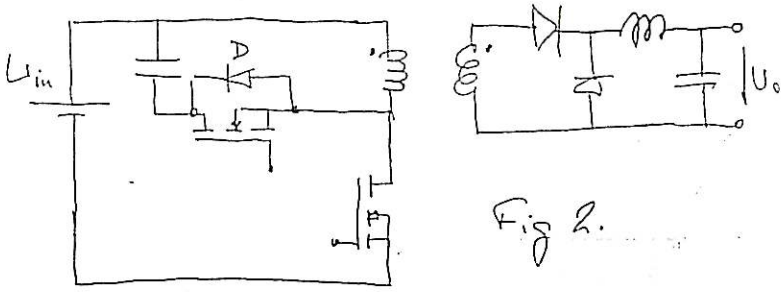


Fig 2.

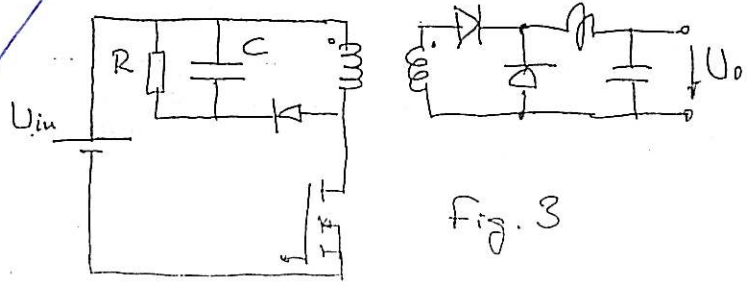


Fig. 3

Asignatura: Electrónica de Potencia
Especialidad: Electrónica-Automática (1194)
Preactas: 22 de junio de 2010

Fecha: 09/06/2010
Convocatoria: Junio
Revisión: 24 de junio de 2010

EJERCICIO 1. (2,5 ptos)

En el circuito de la figura, la carcasa del MOSFET se encuentra a 75ºC, se pide calcular:

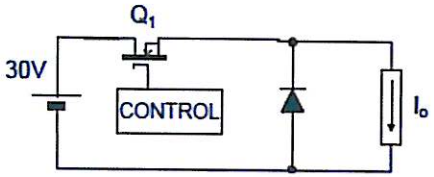
a) Corriente de salida máxima, I_{o1MAX}, cuando Q_1 está encendido siempre.

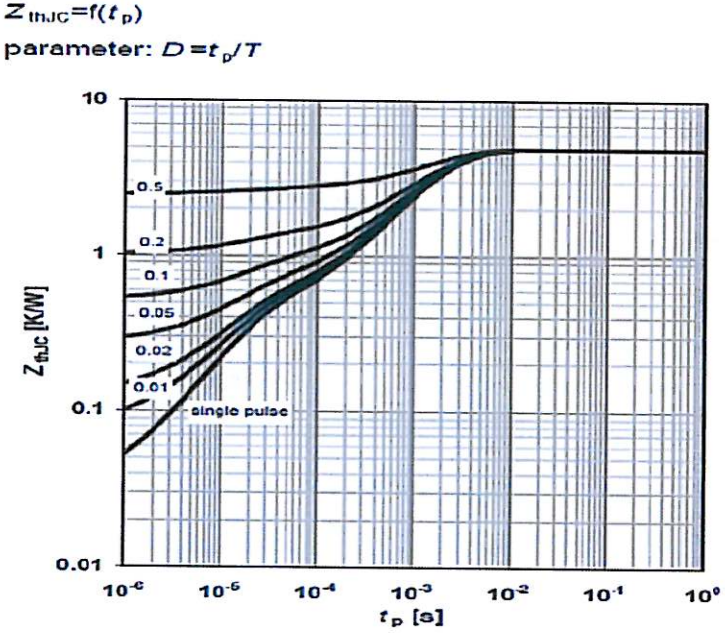
b) Corriente de salida máxima, I_{o2MAX}, si Q_1 está conmutando con D=0.1 y F_s=100kHz

c) Corriente de salida máxima, I_{o3MAX}, si Q_1 está conmutando con D=0.1 y F_s=10kHz

d) Representar la temperatura de la unión, $T_j(t,)$ en los dos casos anteriores de forma aproximada, indicando su valor medio y valor de pico.

e) Para el caso a), Si el MOSFET está conectado al radiador mediante mica, determinar la impedancia térmica del radiador-ambiente para que su temperatura sea de 75ºC cuando el ambiente está a 50ºC.





Datos: R_{DSON} = 10 mΩ; T_{jmax}=150ºC; $R_{TH,mica}$ = 1ºC/W

EJERCICIO 1

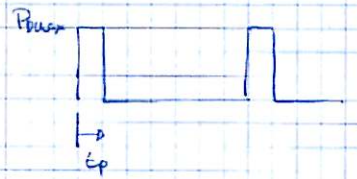
a) T_J — $R_{th\,jc}$ — T_c — P_D

$$T_J = T_c + R_{th\,jc}\, P_D \qquad P_D = R_{DS(on)} \cdot I_D^2$$

$$I_{D\,max} = \sqrt{\frac{T_{j\,max} - T_c}{R_{th\,jc}\, R_{DS(on)}}}$$

$$I_{D\,max} = \sqrt{\frac{75}{5 \cdot 10^{-2}}} = 38{,}7\,A$$

b) $F_S = 100\,kHz \rightarrow T_S = 10\,\mu s \rightarrow t_p = D \cdot T_S = 1\,\mu s$



GRÁFICA $\quad Z_{th\,jc}\,(D=0{,}1,\ 1\,\mu s) = 0{,}55\,°C/W$

$$T_{j\,max} = T_c + R_{th\,jc}\, P_{D\,max}$$

$$I_{D\,max_2} = \sqrt{\frac{T_{j\,max} - T_c}{Z_{th\,jc}\, R_{DS(on)}}} = 1{,}17\,A$$

c) $F_S = 10\,kHz \rightarrow T_S = 100\,\mu s \rightarrow t_p = 10\,\mu s$

GRÁFICA $\quad Z_{th\,jc}\,(D=0{,}1,\ t_p = 10\,\mu s) = 0{,}7\,°C/W$

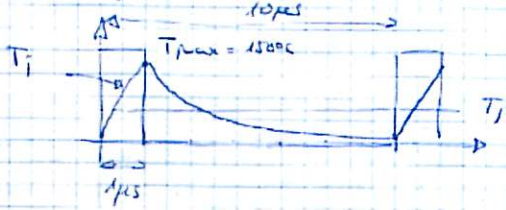
$$I_{D\,max_3} = \sqrt{\frac{T_{j\,max} - T_c}{Z_{th\,jc}\, R_{DS(on)}}} = 1{,}03\,A$$

d) d.1) $P_{D\,max_2} = R_{DS(on)} \cdot I_{D\,max_2}^2 = 136\,W$

$P_{med_2} = D\, P_{D\,max_2} = 13{,}6\,W$

75C

$T_{j\,med} = P_{med}\, R_{th\,jc} + T_c = 13{,}6 \cdot 5\,°C/W + 50\,°C = 118\,°C$

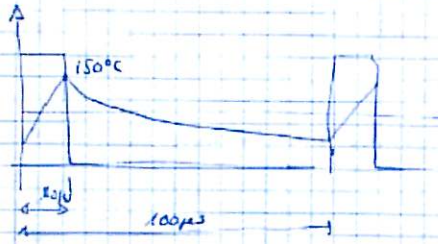


d.2) $P_{D\,max_3} = R_{DS(on)} \cdot I_{D\,max_3}^2 = 10{,}7\,W$

$P_{med_3} = D\, P_{D\,max_3} = 10{,}7\,W$

75C

$T_{j\,med} = P_{med}\, R_{th\,j\,c} + T_c = 10{,}7 \cdot 5 + 50 = 102{,}5\,°C$



e) T_j — R_{jc} — R_{case} — R_{rad} — T_c — T_{case} — $T_{amb} = 50\,°C$ — P_D

$$T_c = T_{amb} + P_{D\,max}\,(R_{case} + R_{rad})$$

$$P_D = \frac{T_j - T_c}{R_{jc}} = \frac{150 - 75}{5} = 15\,W$$

ó

$$P_D = R_{DS(on)}\, I_{D\,max}^2 = 15\,W$$

$$R_{rad} = \frac{T_c - T_{amb}}{P_{D\,max}} - R_{case}$$

$$R_{rad} = 0{,}66\,°C/W$$

Problema tamaño de radiadores

Ordenar de menor a mayor el tamaño de radiador que se necesita en los siguientes casos. Justificar la respuesta.

a) Un diodo disipando una potencia *P* constante.

b) Dos diodos en el mismo radiador disipando cada uno una potencia *P/2* constante.

c) Un diodo disipando pulsos de potencia de amplitud *2P* y ciclo de trabajo *d=0,5*.

d) Dos diodos en el mismo radiador disipando cada uno pulsos de potencia de amplitud *P* y ciclo de trabajo *d=0,5* en régimen de baja frecuencia.

---

a)

Como caso de partida, asumamos que este diodo necesita un radiador con una resistencia térmica igual a $R\vartheta$.

b)

En este caso, si el radiador fuera el mismo ($R\vartheta$), en él caería la misma temperatura porque pasa la misma potencia en continua pero las uniones de los diodos estarían más frías ya que sólo tendrían que evacuar la mitad de la potencia. Por tanto en este caso el radiador puede ser más pequeño ($R\vartheta$ más grande).

c)

En este caso, el radiador disipa una potencia media de valor P, igual que antes y, por tanto, para el mismo tamaño tendrá la misma caída de temperatura. La diferencia es que al ser régimen pulsante, la temperatura máxima en la unión será mayor, independientemente de la frecuencia (en el caso de frecuencia muy alta, tendríamos casi la misma temperatura que en el caso a). Así pues el radiador será más grande que en el caso a.

d)

Si la frecuencia es baja la situación equivale a un diodo disipando una potencia P y un radiador disipando P (se asume que el radiador tiene una gran inercia térmica y que cada diodo aporta P/2). Por tanto el radiador sería igual al del caso a. Aunque si realmente la f es baja, el rad empezará a presentar un rizado de temperatura.

Como resumen, los radiadores ordenados de menor a mayor tamaño son:

$$b < a = d < c$$