

Ejercicios Manejo Térmico de Tiristores

Isabel Briozzo

3/4/2020

Instituto de Ingeniería Eléctrica

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Problema 3 del 1er parcial de 2016

Situación

- 3 módulos de 2 tiristores SKKT42
- 1 disipador con resistencia térmica $R_{\theta_{sa}} = 1 \text{ K/W}$
- Fluido refrigerante aire con $T_{amax} = 45^{\circ}\text{C}$

¿Cuál es la máxima corriente que puede suministrar el convertidor sin que se excedan los *ratings* de los tiristores?

Situación

- 3 módulos de 2 tiristores SKKT42
- 1 disipador con resistencia térmica $R_{\theta sa} = 1 \text{ K/W}$
- Fluido refrigerante aire con $T_{amax} = 45^{\circ}\text{C}$

¿Cuál es la máxima corriente que puede suministrar el convertidor sin que se excedan los *ratings* de los tiristores?

La máxima tal que no se supere la temperatura máxima de los tiristores, de la hoja de datos:

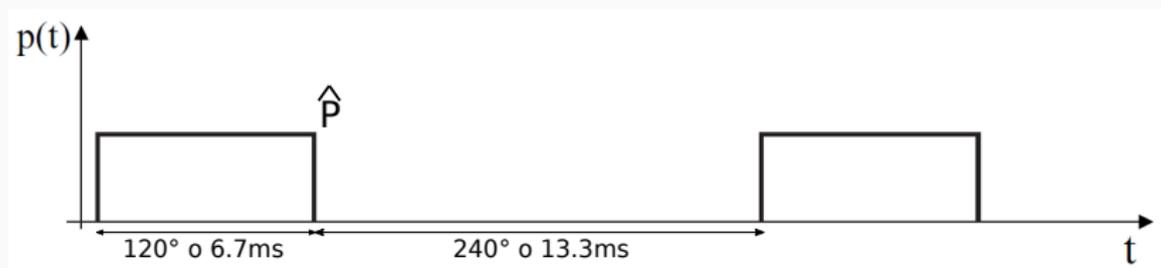
$$T_{jmax} = 125^{\circ}\text{C}$$

Potencia disipada por un tiristor

Potencia en conducción

$$\hat{P} = (U_{T0} + r_T I) I$$

Potencia instantánea

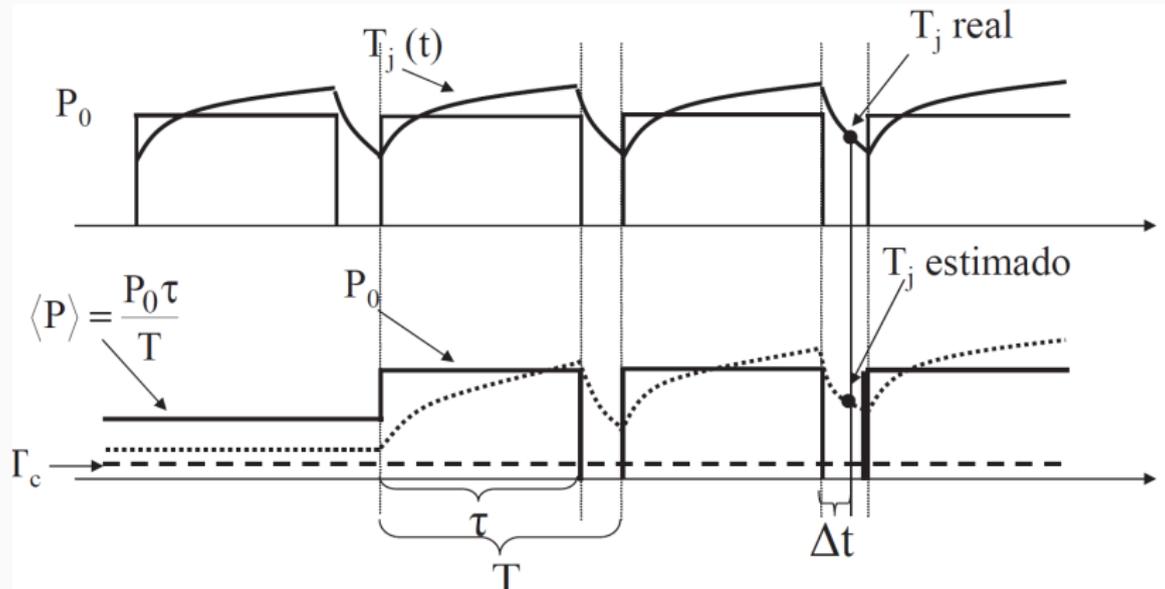


Potencia media

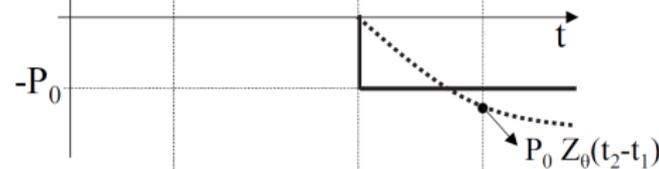
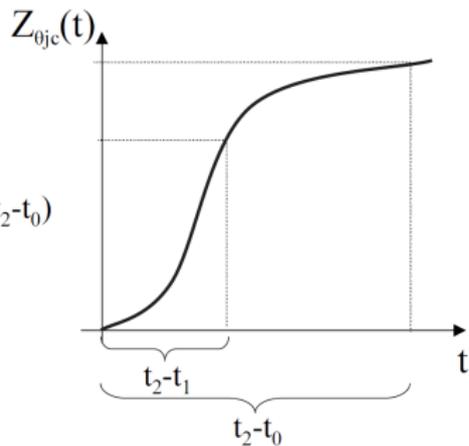
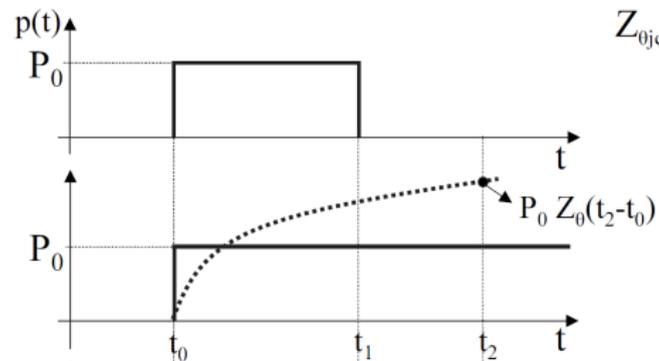
$$\langle P \rangle = \frac{\hat{P}}{3}$$

⇒ Si hallo la potencia media máxima disipada puedo hallar la máxima corriente

Relación entre potencia disipada y temperatura de juntura

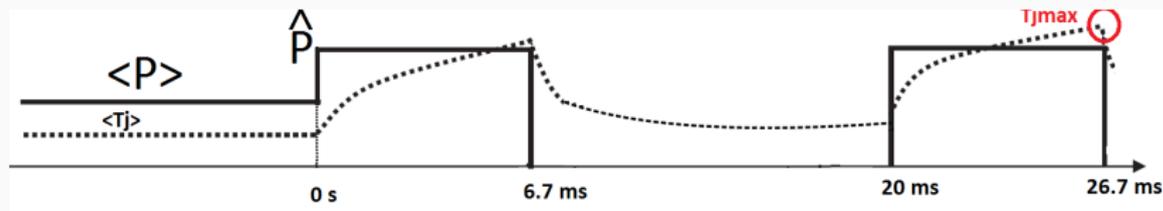


Relación entre potencia disipada y temperatura de juntura



$$T_j(t_2) - T_c = P_0 * [Z_{0jc}(t_2 - t_0) - Z_{0jc}(t_2 - t_1)]$$

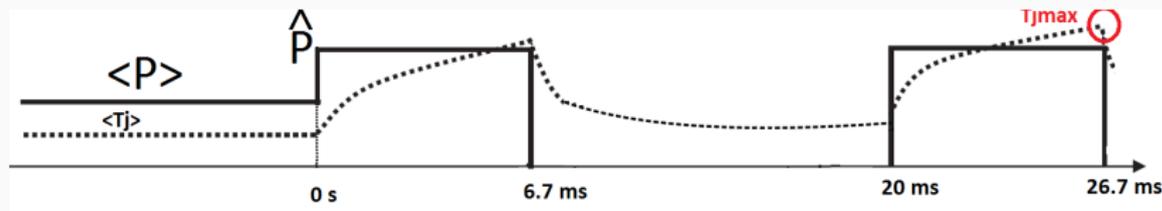
Relación entre potencia disipada y temperatura de juntura



$$T_{jmax} - T_c = R_{\theta jc} \langle P \rangle + (\hat{P} - \langle P \rangle) Z_{\theta jc}(t^*) - \hat{P} Z_{\theta jc}(t^* - 6,7ms) + \hat{P} Z_{\theta jc}(t^* - 20ms)$$

Con $t^* = 26,7 \text{ ms}$ el tiempo en donde se da la temperatura máxima.

Relación entre potencia disipada y temperatura de juntura



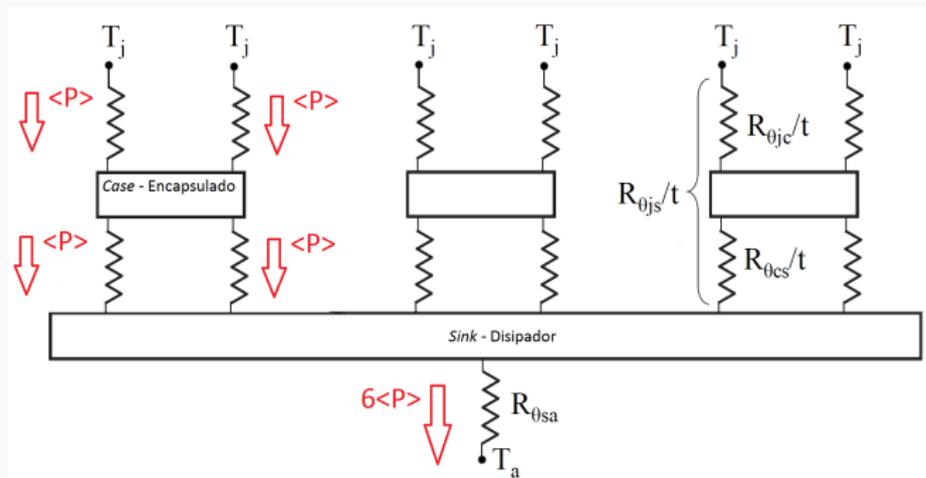
$$T_{jmax} - T_c = R_{\theta jc} \langle P \rangle + (\hat{P} - \langle P \rangle) Z_{\theta jc}(t^*) \\ - \hat{P} Z_{\theta jc}(t^* - 6,7ms) + \hat{P} Z_{\theta jc}(t^* - 20ms)$$

Con $t^* = 26,7 \text{ ms}$ el tiempo en donde se da la temperatura máxima.

- $R_{\theta jc}$ y $Z_{\theta jc}(t)$ lo obtenemos de la hoja de datos.
- T_c tenemos que hallarla.

Temperatura de encapsulado

Considerando el supuesto de que T_c y T_a son constantes, y considerando el circuito térmico:



Se tiene que:

$$T_c - T_a = 6 \langle P \rangle \left(R_{\theta sa} + \frac{R_{\theta cs}}{6} \right)$$

Temperatura en la junta en función de la potencia media

Sustituyo $\hat{P} = 3 \langle P \rangle$, despejo T_{jmax} y sustituyo $t^* = 26,7 \text{ ms}$

$$T_{jmax} = T_c + \langle P \rangle R_{\theta jc} + 2 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(26,7\text{ms}) \\ - 3 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(20\text{ms}) + 3 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(6,7\text{ms})$$

Temperatura en la junta en función de la potencia media

Sustituyo $\hat{P} = 3 \langle P \rangle$, despejo T_{jmax} y sustituyo $t^* = 26,7 \text{ ms}$

$$T_{jmax} = T_c + \langle P \rangle R_{\theta jc} + 2 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(26,7\text{ms}) \\ - 3 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(20\text{ms}) + 3 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(6,7\text{ms})$$

Sustituyo la expresión de la temperatura del encapsulado

$$T_{jmax} - T_a = 6 \langle P \rangle \left(R_{\theta sa} + \frac{R_{\theta cs}}{6} \right) + R_{\theta jc} \langle P \rangle + 2 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(26,7\text{ms}) \\ - 3 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(20\text{ms}) + 3 \langle P \rangle Z_{\theta jc}(6,7\text{ms})$$

Temperatura en la junta en función de la potencia media

Sustituyo $\hat{P} = 3 < P >$, despejo T_{jmax} y sustituyo $t^* = 26,7 \text{ ms}$

$$T_{jmax} = T_c + < P > R_{\theta jc} + 2 < P > Z_{\theta jc}(26,7\text{ms}) \\ - 3 < P > Z_{\theta jc}(20\text{ms}) + 3 < P > Z_{\theta jc}(6,7\text{ms})$$

Sustituyo la expresión de la temperatura del encapsulado

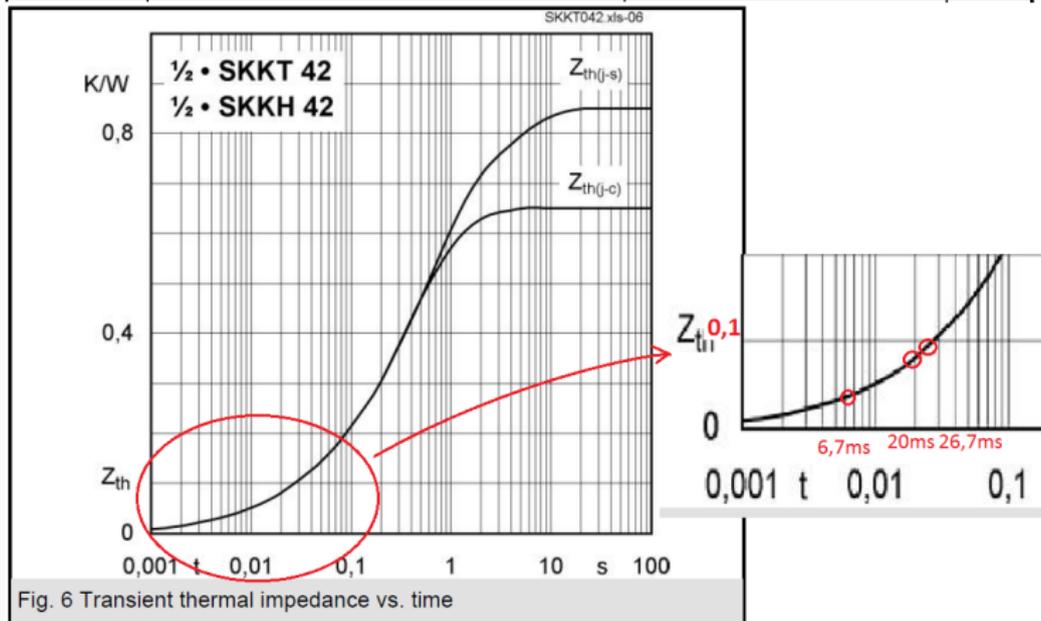
$$T_{jmax} - T_a = 6 < P > \left(R_{\theta sa} + \frac{R_{\theta cs}}{6} \right) + R_{\theta jc} < P > + 2 < P > Z_{\theta jc}(26,7\text{ms}) \\ - 3 < P > Z_{\theta jc}(20\text{ms}) + 3 < P > Z_{\theta jc}(6,7\text{ms})$$

Reordeno y obtengo

$$T_{jmax} - T_a = < P > \left\{ (6R_{\theta sa} + R_{\theta cs}) + R_{\theta jc} + 2Z_{\theta jc}(26,7\text{ms}) \right. \\ \left. - 3Z_{\theta jc}(20\text{ms}) + 3Z_{\theta jc}(6,7\text{ms}) \right\}$$

Hoja de datos

$R_{th(j-c)}$	cont.; per thyristor / per module	0,65 / 0,33	K/W
$R_{th(j-c)}$	sin. 180; per thyristor / per module	0,69 / 0,35	K/W
$R_{th(i-c)}$	rec. 120; per thyristor / per module	0,73 / 0,37	K/W
$R_{th(c-s)}$	per thyristor / per module	0,2 / 0,1	K/W
T_{vj}		-40 ... +125	°C
T_{stg}		-40 ... +125	°C



- $R_{\theta_{sa}} = 1 \text{ K/W}$, dato de letra
- $R_{\theta_{cs}} = 0,2 \text{ K/W}$
- $R_{\theta_{jc}} = 0,73 \text{ K/W}$
- $Z_{\theta_{jc}(26,7ms)} \approx 0,09 \text{ K/W}$
- $Z_{\theta_{jc}(20ms)} \approx 0,08 \text{ K/W}$
- $Z_{\theta_{jc}(6,7ms)} \approx 0,04 \text{ K/W}$
- $T_{jmax} = 125^{\circ}\text{C}$

Hallo potencia y corriente máxima

$$\frac{T_{jmax} - T_a}{(6R_{\theta sa} + R_{\theta cs}) + R_{\theta jc} + 2Z_{\theta jc}(26,7ms) - 3Z_{\theta jc}(20ms) + 3Z_{\theta jc}(6,7ms)} = \langle P \rangle$$

$$\langle P \rangle = 11,4 \text{ W} \Rightarrow \hat{P} = 34,3 \text{ W}$$

Hallo potencia y corriente máxima

$$\frac{T_{jmax} - T_a}{(6R_{\theta sa} + R_{\theta cs}) + R_{\theta jc} + 2Z_{\theta jc}(26,7ms) - 3Z_{\theta jc}(20ms) + 3Z_{\theta jc}(6,7ms)} = \langle P \rangle$$

$$\langle P \rangle = 11,4 \text{ W} \Rightarrow \hat{P} = 34,3 \text{ W}$$

Despejo corriente de

$$\hat{P} = (U_{T0} + r_T I) I$$

Hallo potencia y corriente máxima

$$\frac{T_{jmax} - T_a}{(6R_{\theta sa} + R_{\theta cs}) + R_{\theta jc} + 2Z_{\theta jc}(26,7ms) - 3Z_{\theta jc}(20ms) + 3Z_{\theta jc}(6,7ms)} = \langle P \rangle$$

$$\langle P \rangle = 11,4 \text{ W} \Rightarrow \hat{P} = 34,3 \text{ W}$$

Despejo corriente de

$$\hat{P} = (U_{T0} + r_T I) I$$

De la hoja de datos $\left\{ \begin{array}{l} U_{T0} = 1 \text{ V} \\ r_T = 4,5 \text{ m}\Omega \end{array} \right.$

$$\Rightarrow I_{max} = 30,2 \text{ A}$$

Extra

Impedancia térmica transitoria

Hay hojas de datos que en lugar de dar la gráfica de la impedancia térmica transitoria, dan coeficientes para calcularla

LS43-2200v-430a

Thermal Characteristics

Characteristics	Symbol		Max.	Units
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta J-C}$	Per Module/Junction	0.0650	°C/W
Thermal Impedance Coefficients	$Z_{\theta J-C}$	$Z_{\theta J-C} = K_1 (1 - \exp(-t/\tau_1))$ + $K_2 (1 - \exp(-t/\tau_2))$ + $K_3 (1 - \exp(-t/\tau_3))$ + $K_4 (1 - \exp(-t/\tau_4))$	$K_1 = 8.03E-04$ $K_2 = 1.03E-02$ $K_3 = 1.64E-02$ $K_4 = 3.75E-02$	$\tau_1 = 3.39E-04$ $\tau_2 = 3.15E-03$ $\tau_3 = 0.106$ $\tau_4 = 2.066$
Thermal Resistance, Case to Sink Lubricated	$R_{\theta C-S}$	Per Module	0.02	°C/W

$$Z_{\theta jc} = \sum_i K_i (1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}})$$