

PROBLEMA 1

Red Rectificador

$$U_{pr} = 500 \text{ kV}$$

$$f_r = 50 \text{ Hz}$$

Red Inversor

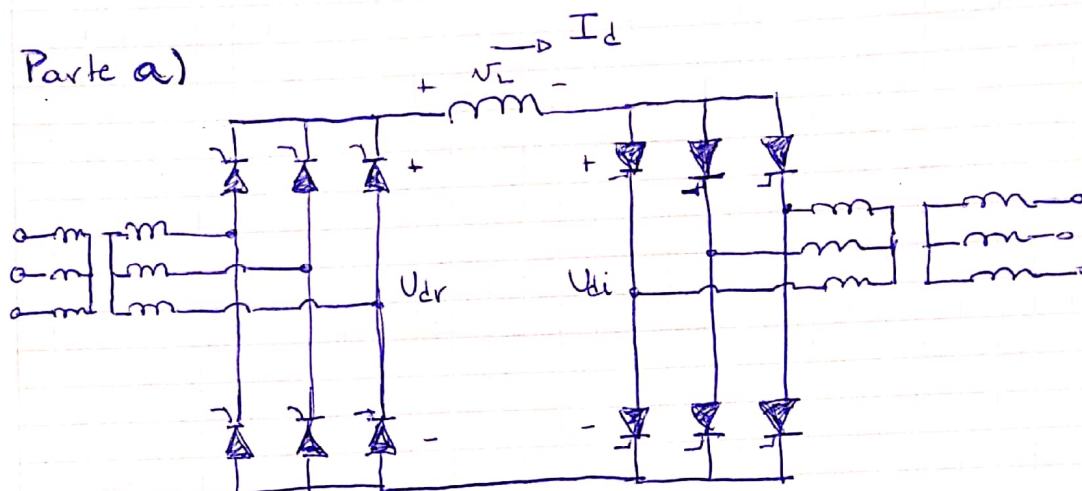
$$U_{pi} = 525 \text{ kV}$$

$$f_i = 60 \text{ Hz}$$

Transformadores: $S = 1000 \text{ MVA}$, $x_{cc} = 20\%$, $U_s = 150 \text{ kV}$

Potencia nominal: $P_n = 500 \text{ MW}$

Parte a)



Parte b)

$$\gamma_i = 18^\circ, \quad P_{dc} = 500 \text{ MW}$$

$$\langle v_c \rangle = 0 \Rightarrow U_{dr} = U_{di} = U_d$$

$$U_{dr} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_s \cos \alpha_r - \frac{3}{\pi} X_{cc} I_d$$

$$X_{cc} = x_{cc} \frac{U_s^2}{S} = 4,5 \Omega$$

$$U_{di} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_s \cos \gamma_i - \frac{3}{\pi} X_{cc} I_d$$

$$\Rightarrow \cos \alpha_r = \cos \gamma_i \Rightarrow$$

Ángulo de disparo del rectificador: $\alpha_r = \gamma_i = 18^\circ$

$$P_{dc} = U_d I_d \Rightarrow I_d = P_{dc} / U_d$$

$$U_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_s \cos \gamma_i - \frac{3}{\pi} X_{cc} \frac{P_{dc}}{U_d} \Rightarrow U_d = 180,7 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow I_d = 2767 \text{ A}$$

$$-U_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_s \cos \alpha_i - \frac{3}{\pi} X_{cc} I_d \Rightarrow$$

Ángulo de disparo del inversor $\alpha_i = 146,5^\circ$

c) Despreciando la conmutación el factor de potencia del rectificador es $\cos \alpha_r$ y el del inversor es $\cos \alpha_i$.

Reactiva

consumida por el rectificador $\Rightarrow Q_r = P_{oc} \cdot \text{tg}(\alpha_r) = 162,46 \text{ Mvar}$

Reactiva consumida por el inversor $\Rightarrow Q_i = P_{oc} \cdot \text{tg}(\alpha_i) = 162,46 \text{ Mvar}$

Compensación:

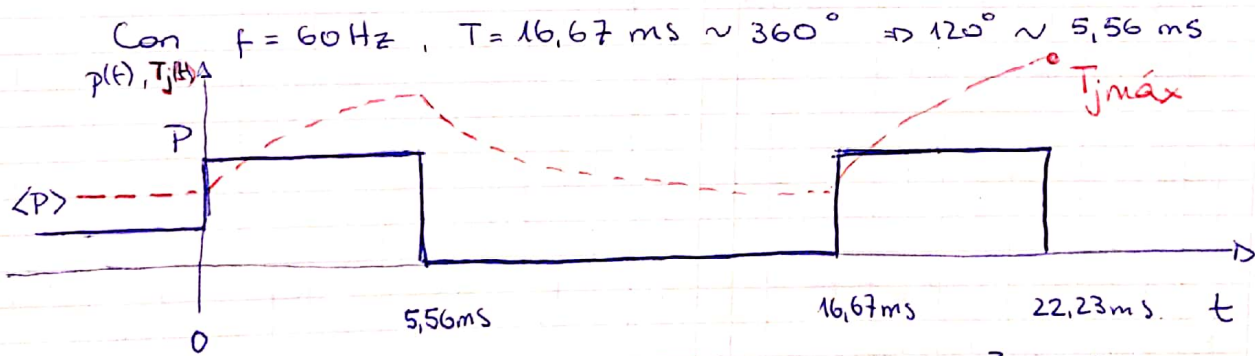
$$Q_r = \omega_r \cdot C_r \cdot U_{pr}^2 = 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot C_r \cdot (500 \text{ kV})^2 = 162,46 \text{ Mvar}$$

$$C_r = 2,07 \mu\text{F}$$

$$Q_i = \omega_i \cdot C_i \cdot U_{pi}^2 = 2\pi \cdot 60 \text{ Hz} \cdot C_i \cdot (525 \text{ kV})^2 = 162,46 \text{ Mvar}$$

$$C_i = 1,56 \mu\text{F}$$

d) Hoja de datos: $\left. \begin{array}{l} V_{to} = 0,99 \text{ V} \\ r = 0,196 \text{ m}\Omega \\ R_{\theta jc} = 0,007 \text{ }^\circ\text{C/W} \\ R_{\theta cs} = 0,002 \text{ }^\circ\text{C/W} \end{array} \right\} T_s = 60 \text{ }^\circ\text{C}$



Impedancia térmica transitoria: $Z_{\theta jc}(22,23 \text{ ms}) \approx 0,98 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/W} = Z_{\theta 1}$

$$Z_{\theta jc}(22,23 \text{ ms} - 5,56 \text{ ms}) \approx 0,8 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/W} = Z_{\theta 2}$$

$$Z_{\theta jc}(22,23 \text{ ms} - 16,67 \text{ ms}) \approx 0,5 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/W} = Z_{\theta 3}$$

$$T_{j\text{max}} = T_c + \langle P \rangle R_{\theta jc} + 2 \langle P \rangle Z_{\theta 1} - 3 \langle P \rangle \cdot Z_{\theta 2} + 3 \langle P \rangle \cdot Z_{\theta 3}$$

→

d) cont.

Potencia máxima instantánea disipada: $P = (V_{to} + r_T I_d) \cdot I_d$
 $= 4240 \text{ W}$

$$\langle P \rangle = \frac{P}{3} = 1413,3 \text{ W}$$

Temperatura de encapsulado: $T_c = T_s + R_{\theta cs} \langle P \rangle$
 $= 62,8^\circ \text{C}$

$$\Rightarrow T_{j \max} = 74,2^\circ \text{C}$$

e) Una válvula de tiristores tiene que por lo menos bloquear la amplitud de la tensión de red completa

$$U_{\max \text{ Tot}} = \sqrt{2} \times 150 \text{ kV}$$

De la hoja de datos cada tiristor puede bloquear 4500 V.

Se precisan N tiristores en serie.

$$N = \frac{\sqrt{2} \times 150 \text{ kV}}{4,5 \text{ kV}} = 48 \text{ tiristores}$$

f) Si baja la tensión a $0,75 \times U_s$, el ángulo de conmutación aumenta:

$$\mu_f = \arccos \left(\cos \alpha_i - \frac{2 \times \alpha_c I_d}{\sqrt{2} \times 0,75 U_s} \right) - \alpha_i$$

con $\alpha_i = 146,5^\circ$

$I_d = 2767 \text{ A}$
 $U_s = 150 \text{ kV}$

$$\mu_f = 25,5^\circ$$

$$\Rightarrow \gamma_{cf} = 180^\circ - 146,5^\circ - 25,5^\circ = 8^\circ$$

El t_q del tiristor es: $400 \mu\text{s} \sim 8,64^\circ$

\downarrow
60 Hz

\Rightarrow Puede haber falla de conmutación.