

Asignatura: Electrónica de Potencia
Especialidad: Grado de Ing. Tecn. Industriales
Preactas: 14/06/2019
Nombre: _____

Fecha: 3/06/2019
Convocatoria: Junio
Revisión: 24/06/2019
Número de Matrícula: _____

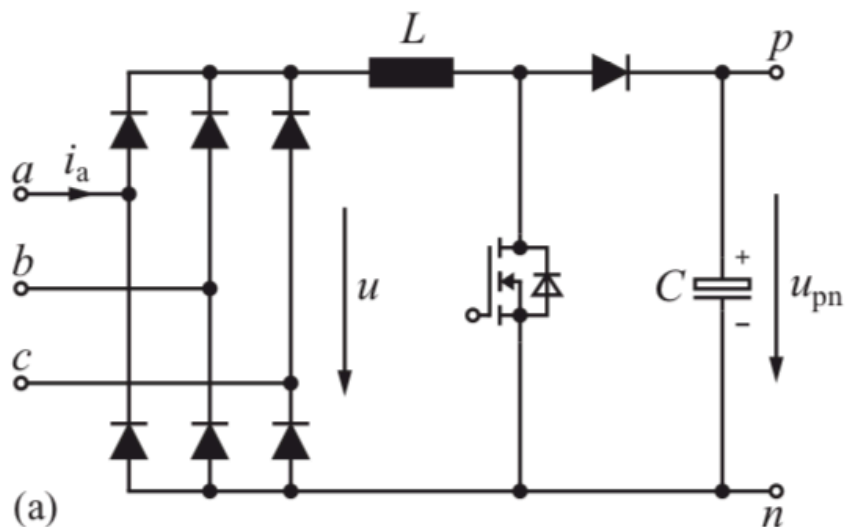
PROBLEMA 1. (4 puntos)

El rectificador trifásico de doble onda de la figura se alimenta desde una red trifásica de 220/380Vef, 50Hz. Se conecta en cascada un convertidor CC-CC elevador para generar una tensión de salida de 700V, y entregar una potencia de 7kW. Asumiendo todos los componentes ideales, que C es suficientemente grande para despreciar su rizado de tensión en un ciclo de conmutación ($f_s = 100$ kHz), se pide:

- Representar gráficamente la tensión $u(\omega t)$
- Calcular y representar gráficamente el ciclo de trabajo del convertidor elevador, $d(\omega t)$, asumiendo que trabaja en modo de conducción continuo
- Calcular el valor de L para que el máximo rizado de intensidad sea del 1% de la intensidad de salida
- Dibujar la forma de onda de tensión e intensidad en la bobina para el ciclo de trabajo d mínimo
- Dibujar la forma de onda de intensidad de la fase a
- Dibujar la forma de onda de intensidad en los diodos superiores del puente rectificador
- Calcular las pérdidas de potencia en cada diodo del puente rectificador, sabiendo que $V_T = 0.7V$
- Calcular la impedancia térmica del disipador necesario para que los diodos no superen $150^\circ C$, sabiendo que van todos montados sobre el mismo disipador y que la impedancia térmica unión – encapsulado es $2^\circ C/W$ y la impedancia térmica encapsulado-ambiente es $20^\circ C/W$. La T_{amb} máxima es $50^\circ C$.

Asumiendo ahora que el convertidor elevador opera en el límite entre los modos de conducción continuo y discontinuo, se pide:

- representar gráficamente la evolución de la frecuencia de conmutación a lo largo del ciclo de red $f_s(\omega t)$
- representar gráficamente la intensidad y tensión en la bobina en el punto de mínima frecuencia. Comparar el rizado de intensidad obtenido con el del punto de máxima frecuencia



PROBLEMA 2. (3 puntos)

Asumiendo que el MOSFET de la Fig. 1 tiene capacidades parásitas lineales cuyo valor es el indicado en la figura, y que se gobierna con la tensión V_{GS} indicada en la Fig. 2, se pide:

- Calcular la variación de Energía de cada capacidad en cada intervalo del proceso de conmutación indicado en la Fig. 2, para:
 - $V_{DS} = 700V$
 - $V_{DS} = 100V$
 - $V_{DS} = 0V$
- Calcular la Potencia disipada debida al encendido del dispositivo para $V_{DS} = 100V$ y las siguientes frecuencias de conmutación:
 - $f_s = 100 \text{ kHz}$
 - $f_s = 1 \text{ MHz}$
- Calcular la duración del “plateau” de la tensión V_{GS} para $V_{DS} = 700V$ si la intensidad máxima que puede suministrar el driver es 1 A

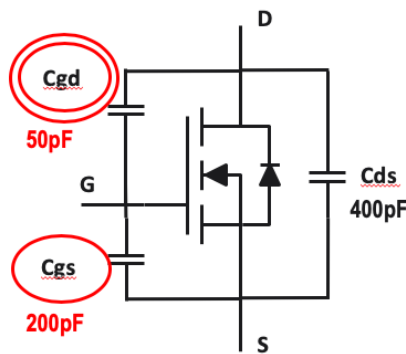


Fig. 1

Datos: $V_{TH} = 3 \text{ V}$; $V_{driver} = 10 \text{ V}$;

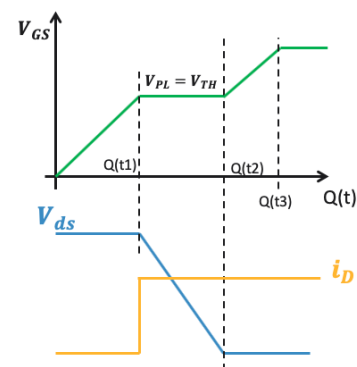


Fig. 2

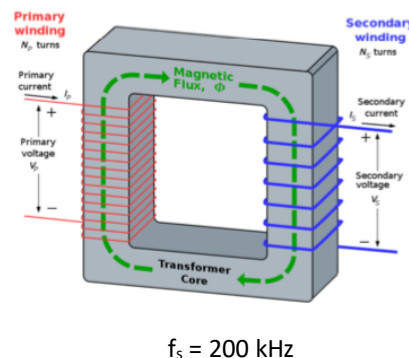
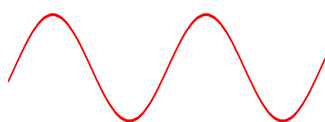
PROBLEMA 3. (3 puntos)

El transformador de la figura está operando en un convertidor resonante, en el que la intensidad que circula por el primario es puramente sinusoidal, de amplitud desconocida, y la tensión en el secundario es cuadrada, de valor medio cero y amplitud $\pm 12.5 \text{ V}$. La tensión cambia de signo en sincronismo con la intensidad que circula por el secundario. La relación de espiras del transformador es 16:1 y el núcleo tiene una $A_L = 585 \text{ nH/turn}^2$ (A_L es el inverso de la Reluctancia del camino magnético).

Considerando que el transformador no tiene pérdidas de potencia, ni inductancias de dispersión, ni capacidades parásitas y que por tanto sólo incluimos la inductancia magnetizante en su circuito equivalente, se pide:

- Calcular la inductancia magnetizante, medida desde primario y desde secundario del transformador
- Calcular y representar gráficamente el flujo en el núcleo magnético
- Calcular la amplitud de la intensidad que circula por el primario, “A”, sabiendo que la potencia transferida por el transformador es 3kW
- Calcular y representar gráficamente las tensiones e intensidades en primario y secundario del transformador. Si existiera desfase entre tensión e intensidad, calcúlese.

$$i = A \sin \omega t$$



$$V_{sec} = \pm 12.5 \text{ V}$$

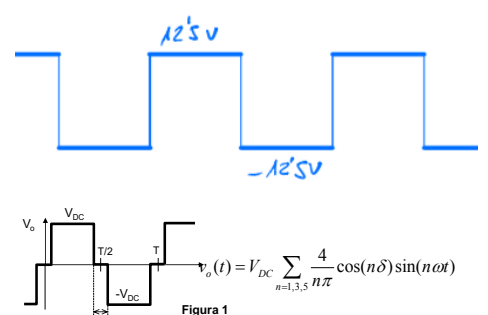
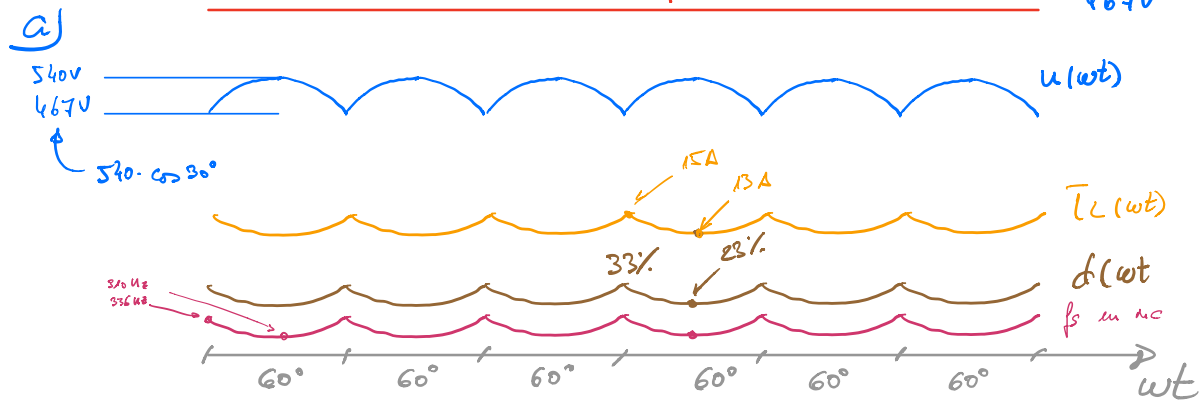
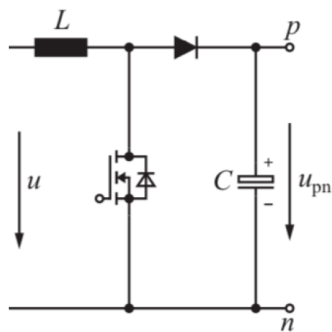


Figura 1

PROBLEMA 1:



b) Boost, $u \ll C \Rightarrow \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-d} \Rightarrow d = 1 - \frac{V_{in}}{V_o} = 1 - \frac{V_{in}(wt)}{700V}$



$$1 - \frac{540}{700} \leq d \leq 1 - \frac{467}{700}$$

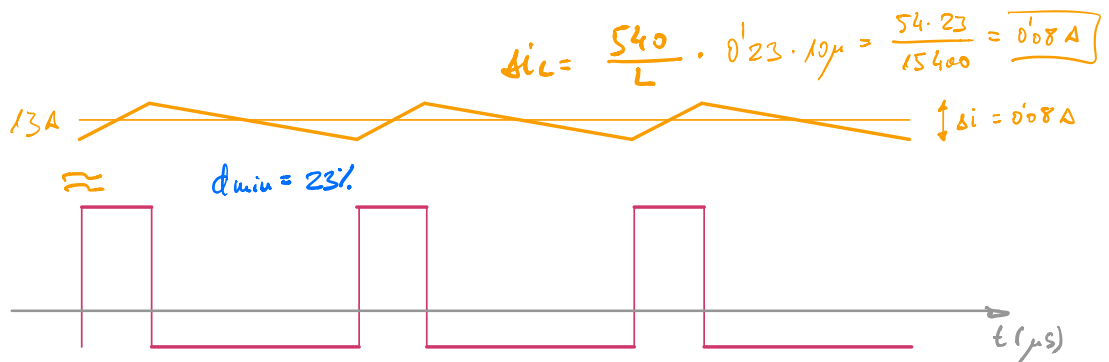
$$23\% \leq d \leq 33\%$$

c) $I_o = \frac{7kW}{700V} = 10A \rightarrow 1\% \text{ de } I_o = \underline{0.1A}$

fil es máximo para $d = 33\%$

$$\Delta i_L = \frac{467V}{L} \cdot d \cdot T = 0.1A \Rightarrow L = \frac{467}{0.1} \cdot 0.23 \cdot 10\mu = \underline{15.4 \mu H}$$

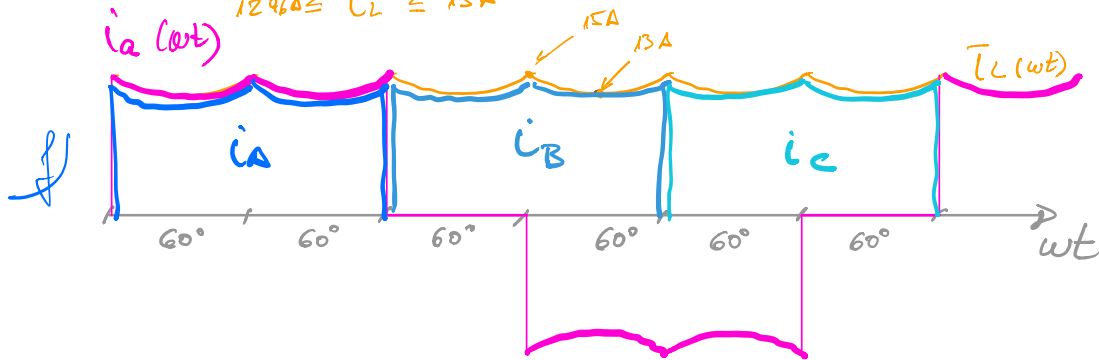
d)



e) El valor medio de \bar{I}_L será tal que $P_{in} = P_{out} = 7 \text{ kW}$.

$$\frac{7 \text{ kW}}{540 \text{ V}} = \bar{I}_L = \frac{7 \text{ kW}}{467 \text{ V}}$$

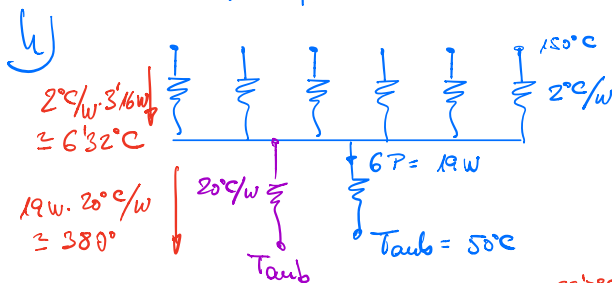
$$12.96 \text{ A} \leq \bar{I}_L \leq 15 \text{ A}$$



d) $P_{Dj} = V_s \cdot \bar{I}_{Dj} = 0.716 \cdot 4.52 \text{ A} = \underline{3.16 \text{ W}}$

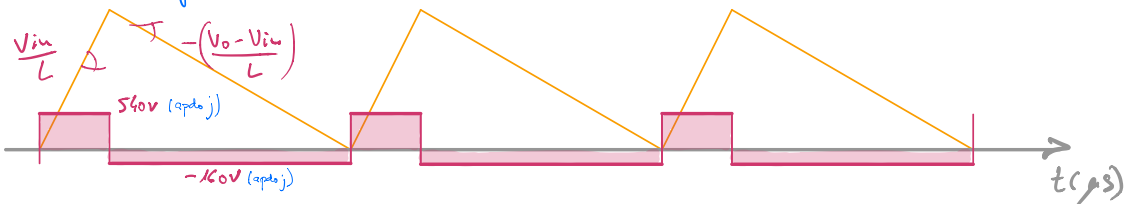
$$\bar{I}_{Dj} = \frac{1}{3} \frac{P_o}{V} = \frac{7 \text{ kW}}{3 \cdot 516 \text{ V}} = \underline{4.52 \text{ A}}$$

$$V = 540 \cdot \frac{6}{11} \sin \frac{\pi}{6} = 540 \cdot \frac{6}{11} \cdot \frac{1}{2} = 540 \cdot \frac{3}{11} = 516 \text{ V}$$



$$T_j = 50^\circ \text{C} + 19 \cdot R_{se} + 6.3^\circ \text{C} = 150^\circ \text{C} \Rightarrow \frac{93.7^\circ \text{C}}{19 \text{ W}} = \underline{R_{sa} = 4.9^\circ \text{C/W}}$$

i) En la frontera entre MCC y MCO:



$$V_{in} = 540 \text{ V} \Rightarrow \frac{d}{L} = 23\% \Rightarrow 2.17 \text{ A} = \frac{540}{L} \cdot 0.23 \cdot T \Rightarrow T = \frac{26 \cdot L}{540 \cdot 0.23} = \frac{26 \cdot 15.4 \cdot 10^{-3}}{540 \cdot 0.23} = 3.22 \text{ μs} \Rightarrow f_s = 310 \text{ kHz}$$

$$V_{in} = 467 \text{ V} \Rightarrow \frac{d}{L} = 33\% \Rightarrow 2.15 \text{ A} = \frac{467}{L} \cdot 0.33 \cdot T \Rightarrow T = \frac{20 \cdot L}{467 \cdot 0.33} = \frac{20 \cdot 15.4 \cdot 10^{-3}}{467 \cdot 0.33} = 2.98 \text{ μs} \Rightarrow f_s = 336 \text{ kHz}$$

j) El punto de mínima frecuencia es $\left\{ \begin{array}{l} V_{in} = 540 \text{ V} \\ \bar{I}_L = 13 \text{ A} \\ \Delta I_L = 26 \text{ A} \\ f_s = 310 \text{ kHz} \end{array} \right\}$ y el de máxima frecuencia es $\left\{ \begin{array}{l} V_{in} = 467 \text{ V} \\ \bar{I}_L = 15 \text{ A} \\ \Delta I_L = 2 \cdot \bar{I}_L = 30 \text{ A} \\ f_s = 336 \text{ kHz} \end{array} \right\}$

PROBLEMA 2

a)

TRANSISTOR ①

$$C_{gs}: \Delta E = \frac{1}{2} C_{gs} (V_{TH}^2 - 0^2) = \frac{1}{2} 200 \cdot 10^{-12} \cdot 3^2 = 9 \cdot 10^{-10} = 0.9 \text{ nJ}$$

$$C_{gd}: \Delta E = \frac{1}{2} C_{gd} [V_{DS}^2 - (V_{DS} - 3)^2]$$

V_{DS}	ΔE
700 V	105 nJ
100 V	14.8 nJ
0 V	0.2 nJ

TRANSISTOR ②

$$C_{ds}: \Delta E = \frac{1}{2} C_{ds} (0 - V_{DS}^2)$$

V_{DS}	ΔE
700 V	98 μJ
100 V	2 μJ
0 V	0

$$C_{gs}: \Delta E = \frac{1}{2} C_{gs} [V_{TH}^2 + (V_{DS} - V_{TH})^2]$$

V_{DS}	ΔE
700 V	12.1 μJ
100 V	0.275 μJ
0 V	0.45 nJ

TRANSISTOR ③

$$C_{gs}: \Delta E = \frac{1}{2} C_{gs} (10^2 - 3^2)$$

V_{DS}	ΔE
$\neq V_{DS}$	9.1 nJ

$$C_{gd}: \Delta E = \frac{1}{2} C_{gd} [10^2 - 3^2]$$

V_{DS}	ΔE
$\neq V_{DS}$	2.2 nJ

b)

$$V_{DS} = 100 \text{ V}$$

b.a) $f_s = 100 \text{ kHz}$

$$P = \Delta E \times f_s$$

$$= 100 \cdot 10^3 \cdot \left[\underbrace{(0.9 + 14.8) \cdot 10^{-9}}_{\text{①} = 15.7 \text{ nJ}} + \underbrace{(2 + 0.275) \cdot 10^{-6}}_{\text{②} = 2235 \text{ nJ}} + \underbrace{(9.1 + 2.2) \cdot 10^{-9}}_{\text{③} = 11.3 \text{ nJ}} \right]$$

$$= 2259 \text{ nJ} \cdot 100 \text{ kHz} = 0.22 \text{ W}$$

$$= 2259 \text{ nJ} \cdot 1 \text{ MHz} = 2.2 \text{ W}$$

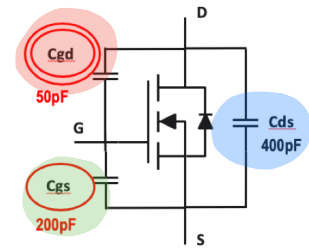
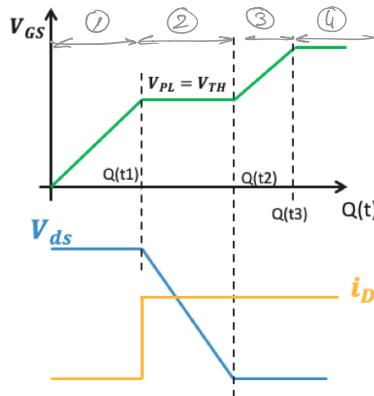
b.a)

b.b)

c)

$$C_{gd} \frac{1}{f} \Delta E_{C_{gd}} = 12.1 \mu\text{s} = \frac{V_{TH} \cdot I_{driver} \cdot \Delta t}{\frac{30}{1.5}} \Rightarrow \Delta t = \frac{12.1 \mu\text{s}}{3 \cdot 1} = 4 \mu\text{s}$$

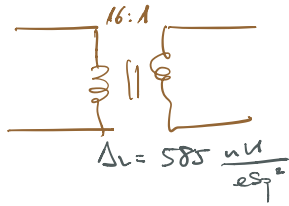
Datos: $V_{TH} = 3 \text{ V}$; $V_{driver} = 10 \text{ V}$;



x3 cambia el tipo de la tensión.

Efecto Miller: Después de la descarga de C_{ds} , es el efecto más significativo.

PROBLEMA 3

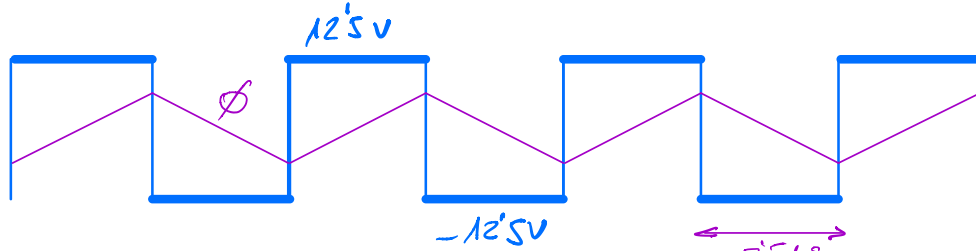


a)

$$L_{mp} = n_p^2 \cdot \Delta L = 16^2 \cdot 585 \frac{nH}{\epsilon_r} = 150 \mu H$$

$$L_{ms} = n_s^2 \cdot \Delta L = 1^2 \cdot 585 = 585 nH$$

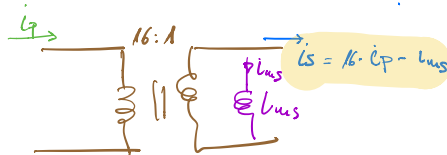
b)



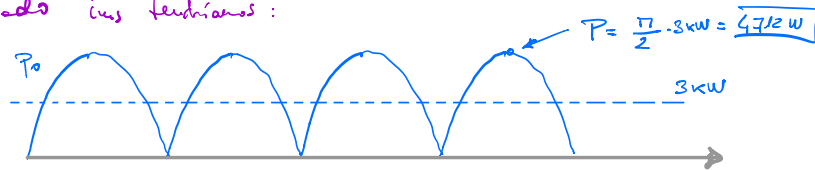
$$v = n \frac{d\phi}{dt} \Rightarrow \Delta\phi = \frac{V}{n} \cdot \Delta t = 12.5 \cdot \frac{5 \mu s}{2} = 31.25 \mu Wb$$

$$\Delta i_{ms} = \frac{V_s}{L_{ms}} \cdot \Delta t = \frac{12.5V}{585 nH} \cdot 2.5 \mu s = 53 A$$

c) $P = 3kW$



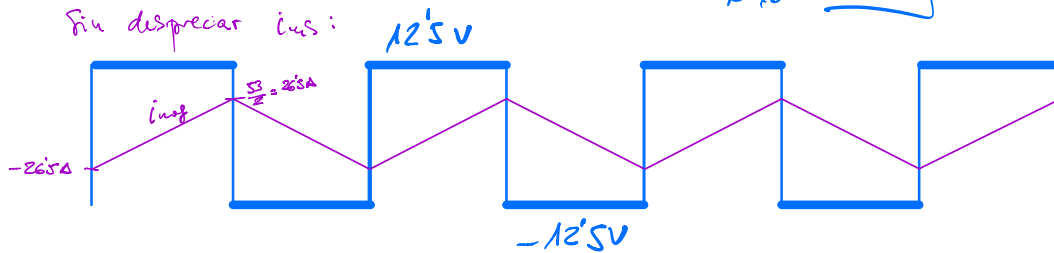
Despreciado i_{ms} tenemos:



$$\bar{P}_0 = 12.5V \cdot \bar{I} = 12.5 \cdot 16 \cdot \frac{2}{\pi} \Rightarrow \Delta = \frac{3kW \cdot \pi}{12.5 \cdot 16 \cdot 2} = 23.5 A$$

$$\Delta \cdot 16 = 376 A$$

sin despreciar i_{ms} :



Solo de potencia la intensidad de primario, ya que la magnetizante tiene valor medio cero. Por ello, solo el primer armónico de la tensión de secundario recibe potencia.

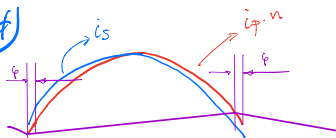
$$P = 3kW = V_1 \cdot i_1 \cdot \cos \phi$$

$$3kW = \frac{4}{\pi} \cdot 12.5 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot A \cdot 16 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \cos \phi$$

$$3000 = \frac{32}{\pi} \cdot 12.5 \cdot A \cdot \cos \phi = 127.3 \frac{A}{\pi} \cdot \cos \phi$$

$$\Rightarrow \cos \phi = 0.97 \Rightarrow \phi = 4^\circ \rightarrow A = 23.6 A$$

d)



$$A \cdot 16 \cdot \sin \phi = 26.5$$

$$A = \frac{26.5}{16 \cdot \sin \phi}$$

Vala casi lo mismo que despreciado i_{ms} , porque ϕ es muy pequeño.

d) $\approx 23.6 \cdot 16 = 377.6$

