

Nombre: _____

Nº Mat.: _____

Asignatura: Electrónica Industrial

Especialidad: GITI (Ing.Eléctrica)

Fecha: 13/01/14

Publicación de preactas: 27/01/14

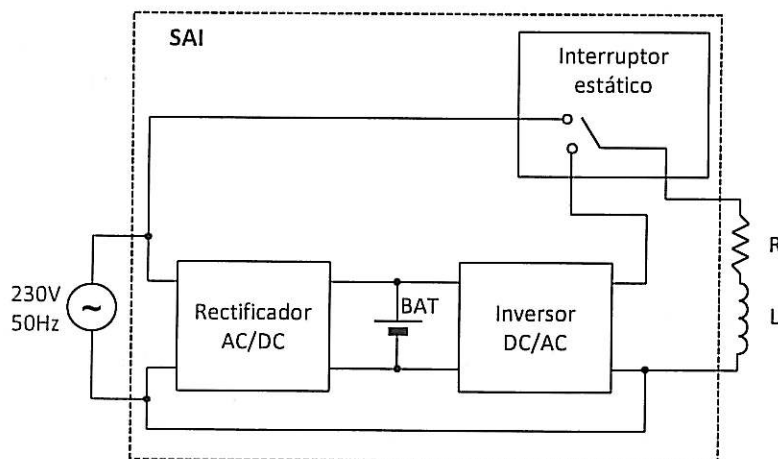
Revisión: 30/01/14

PROBLEMA

La figura muestra un sistema de alimentación ininterrumpido (SAI) que permite la conexión de una carga a la red eléctrica y, cuando la red falla, sigue alimentando a la carga gracias a la energía previamente almacenada en una batería. Mediante un circuito de control (no mostrado en la figura), el interruptor estático es el que se encarga de conectar la carga a la red o al inversor para mantenerla alimentada. Este interruptor está hecho con semiconductores.

En funcionamiento normal (cuando hay tensión en la red), el rectificador carga la batería (o la mantiene cargada) y el inversor no entrega potencia; en condiciones de fallo de la red, el interruptor estático conmuta y es el inversor el que pasa a alimentar la carga, mientras haya energía en la batería.

Este SAI tiene una batería de 48V (se suponen invariables) y tiene la capacidad necesaria para proporcionar 30 minutos de back-up a plena potencia.



Datos:

- Red: 230V eficaces y 50Hz
- Carga (que es la nominal): R-L con $R=10\Omega$ y $L=18,4\text{mH}$ (con exactitud $L = \frac{1}{10\pi\sqrt{3}}$)
- Batería 48V (invariable)
- Semiconductores ideales (salvo cuando se pide el cálculo de pérdidas)

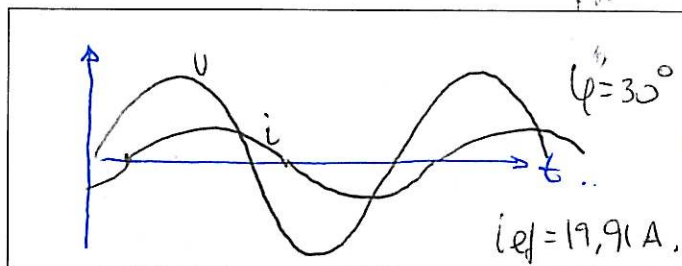
Tabla de dispositivos

	Dispositivos	Tens. bloqueo (V)	Corr. máxima (A)	Caract. conducción
1	Diodo A	400	50	$U_{AK}=1\text{ V}$
2	Diodo B	100	200	$U_{AK}=0,5\text{ V}$
3	Tiristor C	400	40	$U_{AK}=1,5\text{ V}$
4	Tiristor D	600	20	$U_{AK}=2\text{ V}$
5	IGBT E	1200	50	$U_{CE,SAT}=3\text{ V}$
6	IGBT F	600	300	$U_{CE,SAT}=2,5\text{ V}$
7	MOSFET G	400	100	$R_{dson}=100\text{ m}\Omega$
8	MOSFET H	100	25	$R_{dson}=10\text{ m}\Omega$

Nombre: _____ N° Mat.: _____

PARTE A. Preguntas generales (carga, interruptor y batería) (1,5 puntos)

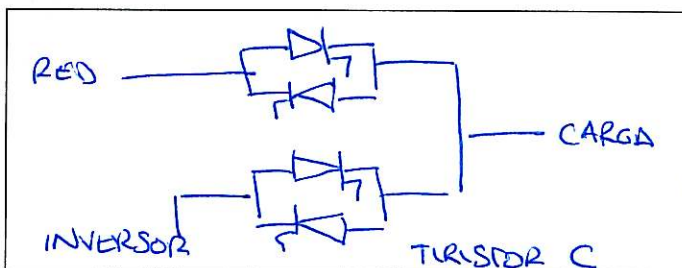
- A.1 Dibujar la tensión y la corriente en la carga en funcionamiento normal.



- A.2 Calcular la potencia activa que consume la carga

3966 W

- A.3 Dibujar el esquema eléctrico del interruptor estático, eligiendo justificadamente los semiconductores más adecuados de la tabla de semiconductores.



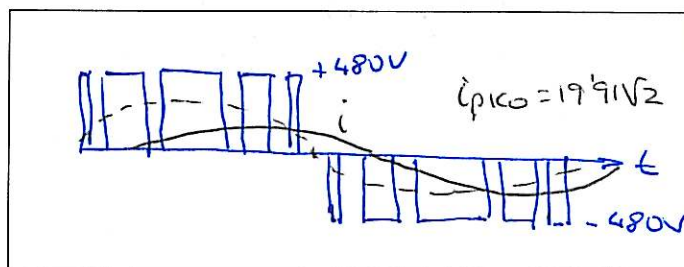
- A.4 Calcular la capacidad de la batería

41'3 A.h

PARTE B. Preguntas sobre el inversor (3 puntos)

El inversor es un puente completo con transformador de relación 1:10 y sin filtro de salida. Este inversor se conecta a la batería de 48V y un terminal de la salida se conecta al interruptor estático para alimentar la carga en condiciones de fallo de la red (ver figura). El control es PWM unipolar, el índice de modulación de frecuencia es $m_f=500$ y la señal portadora triangular del control es de 4V pico-pico. La referencia sinusoidal se ajusta para dar a la salida una onda de 230V eficaces y 50Hz que sustituya a la red.

- B.1 Dibujar, de forma aproximada, la tensión y la corriente de salida del inversor cuando alimenta a la carga, indicando los valores de pico.



- B.2 Calcular la máxima corriente en los transistores del puente

$I_{T2,MAX} = 281 A$

- B.3 Calcular el índice de modulación de amplitud (m_a) del inversor

$m_a = 0,67$

- B.4 Indicar justificadamente qué semiconductores de la tabla de semiconductores utilizaría. ¿son necesarios diodos en antiparalelo? En caso afirmativo, elegirlos también.

Por la corriente máxima, es necesario emplear el IGBT F.
Es razonable ya que la frecuencia de conmutación es de 25kHz. Si, hay que emplear diodos en antiparalelo: el diodo B es adecuado.

Nombre: _____ N° Mat.: _____

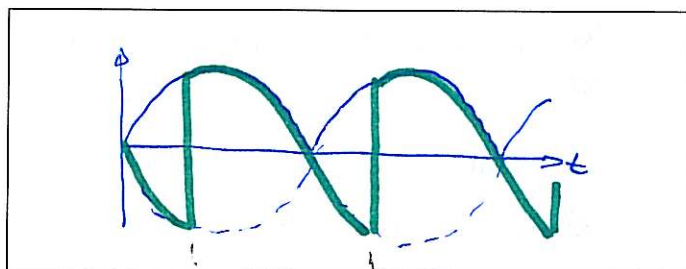
- B.5 ¿Cuál es la máxima tensión eficaz que puede dar este inversor? ¿y si se tiene en cuenta la caída de tensión de los semiconductores? (si se necesita, se puede considerar que la carga sólo tiene parte resistiva)

La máxima tensión de salida es de 480V. (sobremodulando).
 Si se descuentan los 2,5V de caída IGBT, la salida sería de 430V.

PARTE C. Preguntas sobre el rectificador (3,5 puntos)

El rectificador que incorpora el SAI es monofásico de doble onda y controlado. Está conectado a la red de 230V eficaces y entre su salida y la batería se ha incluido una resistencia de 2Ω para limitar la corriente y una bobina de muy alto valor para alisarla. La tensión de salida del rectificador se ajusta para que la corriente de salida sea tal que la batería se recargue en 5 horas. Cuando se ha cargado, la corriente es muy pequeña (casi nula) y sirve sólo para compensar las pérdidas y mantener la batería siempre cargada

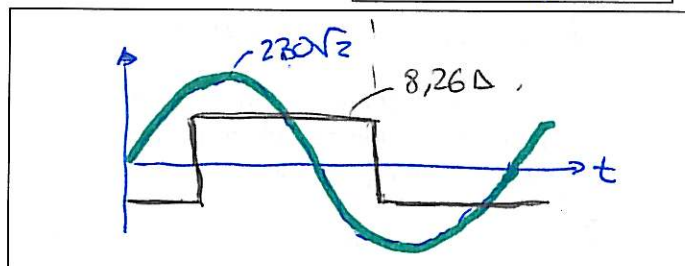
- C.1 Dibujar la forma de onda de tensión de salida del rectificador.



- C.2 Calcular el ángulo de disparo de los tiristores mientras se carga la batería.

$$\alpha = 74,81^\circ$$

- C.3 Dibujar la tensión y la corriente de entrada del rectificador. Indicar valores.



- C.4 Elegir justificadamente los semiconductores para el rectificador de los que se muestran en la tabla

Los dos tiristores de la tabla son válidos por tensión y corriente. Se elegiría el C porque tiene menores pérdidas de potencia.

- C.5 Calcular las pérdidas de potencia de potencia en los semiconductores del rectificador

$$24,78 \text{ W}$$

- C.6 Calcular el radiador necesario si todos los semiconductores del rectificador van montados en el mismo siendo la $R_{\theta,uc}$ de cada uno igual a $0,5^\circ\text{C/W}$, la máxima temperatura en la unión 150°C y la temperatura ambiente 30°C .

$$4,6^\circ\text{C/W}$$

Nombre: _____

Nº Mat.: _____

TEST (2 puntos)

Las preguntas pueden tener más de una respuesta válida. Cada pregunta vale 0,5 puntos. Si se marca una respuesta no válida, se penalizará con 0,25 puntos.

En un convertidor continua-continua como el reductor, el rizado de la tensión de salida depende de:

- ☒ El valor del condensador de salida.
- ☒ El valor de la bobina.
- ☐ El valor de la carga.
- ☒ La frecuencia de conmutación.

Indicar cuáles de las siguientes afirmaciones sobre el convertidor continua-continua tipo medio puente son ciertas:

- ☒ El circuito tiene dos transistores
- ☐ La tensión que soportan los transistores es la mitad de la tensión de entrada ($U_e/2$)
- ☒ El filtro de salida trabaja al doble de la frecuencia de conmutación
- ☒ La corriente magnetizante del transformador está centrada en cero

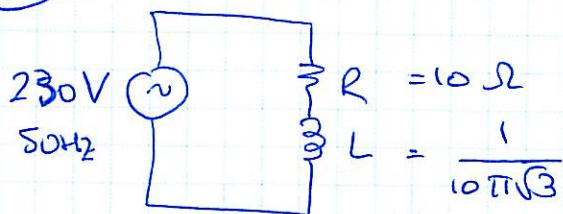
En un transformador, indicar las respuestas verdaderas

- ☒ La corriente magnetizante no puede cambiar bruscamente.
- ☐ El valor medio de corriente por cada devanado debe ser cero.
- ☒ El valor medio de tensión debe ser cero.
- ☐ No se puede almacenar energía.

Un semiconductor trabaja disipando pulsos de 5W potencia y 50% de ciclo de trabajo a frecuencia constante. La resistencia térmica unión-cápsula es de $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ y la resistencia térmica unión-aire es de $30^{\circ}\text{C}/\text{W}$. El ambiente está a 20°C y la temperatura de ruptura del silicio es de 150°C

- ☒ Si la frecuencia es suficientemente alta, el semiconductor no se destruye
- ☐ A frecuencias bajas, se necesita un radiador de con una resistencia térmica menor que $10^{\circ}\text{C}/\text{W}$
- ☐ Si no se coloca radiador, el semiconductor se destruye independientemente de la frecuencia de los pulsos.
- ☒ A frecuencias intermedias se necesita la impedancia térmica transitoria para saber si el semiconductor se destruye o no

(A)

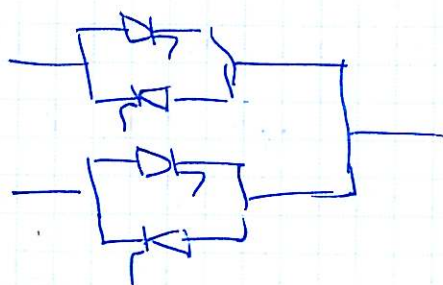


$$\phi = \arctan \frac{\omega L}{R} = 30^\circ$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{Z} = 19,91 \text{ A.}$$

- $P = U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi = 230 \cdot 19,91 \cdot \cos 30^\circ = 3966 \text{ W.}$
- Para el interruptor estático hay varias posibilidades. la más simple es usar 2 parejas de transistores



Debe ser el transistor C ya que el D no aguantaría la corriente máxima ($19,91\sqrt{2}$)

$$Q = I \cdot t = \frac{P_{carga}}{U_{BAT}} \cdot t_{BACK-UP} = \frac{3966}{48} \cdot 1800 = 148.725 \text{ A.S}$$

$$Q = 41'31 \text{ A.h}$$

(B)

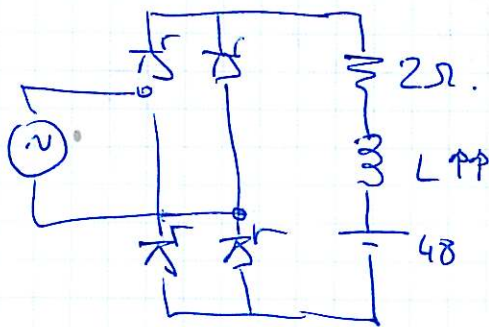
La modulación de los transistores es tal que el armónico fundamental de la tensión de salida es igual que la red eléctrica.

- la corriente máxima en los transistores es la de salida multiplicada por 10. (281 A)

- Para calcular el m_c , basta comparar la U_s deseada y la tensión máxima que da el inversor.

$$m_c = \frac{230\sqrt{2}}{480} = 0,67$$

(C)



$$I_{carga} = \frac{Q}{t} = \frac{41,3 \text{ A}\cdot\text{h}}{5 \text{ h}} = 8,26 \text{ A}$$

$$U_{s,med} = 48 + 8,26 \cdot 2 = 64,52 \text{ V}$$

$$U_{s,med} = \frac{n E_p}{\pi} \sin \frac{\pi}{n} \cos \alpha \Rightarrow \alpha = 71,84^\circ$$

(n=2)

- la corriente es constante.

- El cálculo de pérdidas es sencillo al ser la corriente constante. En este caso, como siempre hay 2 transistores conduciendo, la caída de tensión total es de 3V.

$$P_{TOTAL} = 3V \cdot 8,26A = 24,78W \text{ (entre los cuatro).}$$

Cada uno 6,2 W.

Si la temperatura en la unión es de 150°C , con la hipótesis de baja frecuencia, el radiador es:

$$T_U = T_A + P_{TOT} \cdot R_{\theta RA} + P_{TIR} \cdot R_{\theta UIC}$$

$$150 = 30 + 24,78 \cdot R_{\theta RA} + 12,39 \cdot 0,5 \Rightarrow R_{\theta RA} = 4,6^\circ\text{C/W}$$

↑
P_{MAX} por ser baja frecuencia.