

Electrónica Industrial - Trabajo Práctico Teórico n° 8

Abel Corvalán - 41.220.050

1 Consignas

1. Para un circuito rectificador monofásico totalmente controlado con carga RL y diodo volante D , se pide:

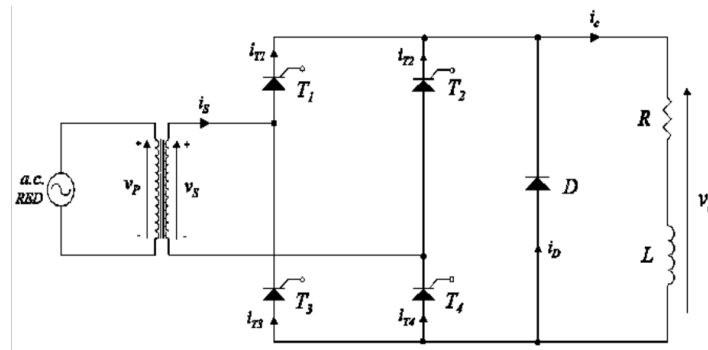


Figure 1:

- a. Forma de ondas en la carga, tiristores y diodo. Fijar un transformador reductor, R y L .
 - b. Explicar el empleo del diodo D .
 - c. Conclusiones.
2. Sea un circuito rectificador trifásico totalmente controlado con carga formada por un motor de corriente continua a lazo abierto. Las características son:

Dato del motor	Símbolo	Unidades	Valor
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Velocidad nominal	Nm	RPM	3000
Potencia nominal	Pu	W	600
Tensión nominal	Vn	V	170
Corriente nominal	In	A	4.5
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS			
Inercia del rotor	J	Kg/m ²	0.00169
Masa	m	Kg	10.3
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Resistencia de armadura	Rm	Ohm	2.5
Inductancia de armadura	La	Mh	17.5

Figure 2:

Diseñar:

- a. Circuito general de potencia y control.
- b. Circuito de potencia
- c. Calcular el circuito de sincronismo y disparo del TCA 785 y elementos asociados.
- d. Determine la expresión de la tensión de corriente continua en la carga.
- e. Conclusiones.

2 Desarrollo

1. Se tiene un circuito rectificador monofásico totalmente controlado con carga RL y diodo voltante D .

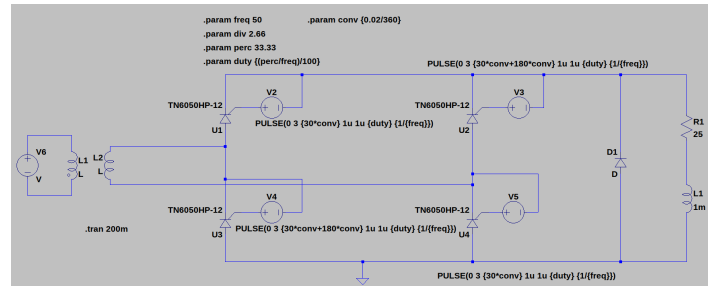


Figure 3: Formas de onda de circuito monofásico totalmente controlado

- a. A continuación se presentan las forma de onda en la carga, en tiristores y el diodo.

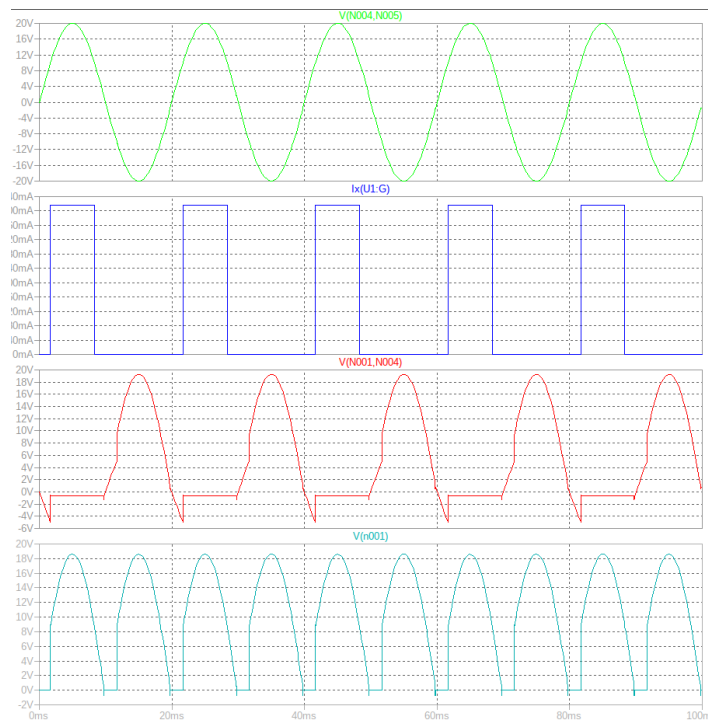


Figure 4: Formas de onda de circuito monofásico totalmente controlado

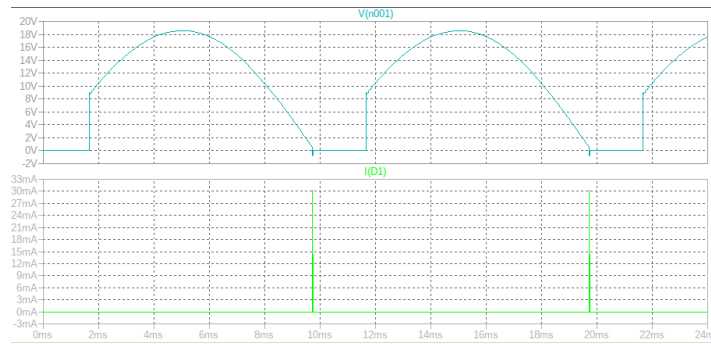


Figure 5: Formas de onda de circuito monofásico totalmente controlado

- b. El diodo volante se emplea para disipar la energía almacenada en el inductor de forma tal que, al momento que cualquiera de los SCR conmuten al estado de apagado, se amortigüe la disminución de la corriente de salida. Esto último evita picos de tensión que pueden dañar los componentes del circuito. Los picos de tensión son producidos por la inductancia que trata de mantener el flujo de corriente por lo que compensa con la tensión.
 - c. El circuito rectificador monofásico de onda completa con carga RL implementa un diodo volante debido al comportamiento de la inductancia respecto a cambios en la corriente. Esto último puede producir descargas en los SCR por lo que se implementa el diodo volante para la disipación de energía y proteger en tiempos muertos los componentes del puente de diodos. El diodo volante, además mejora la eficiencia del sistema debido a que la energía se recicla en el circuito (evitando el efecto Joule por el nuevo camino para la corriente ofrecido por el diodo). Es importante tener en cuenta que un ángulo de disparo de cero grado puede generar un alto pico de corriente inicial, lo que puede ser un problema para los SCR y para las características de la carga. Para solucionar este problema se utilizan ángulos de disparo mayores que 0 (en general 30 como mínimo) para garantizar el funcionamiento estable y seguro del rectificador.
2. Simulación de circuito para motor DC.

- a. Circuito general de potencia y control.

En la siguiente figura se muestra el circuito de potencia.

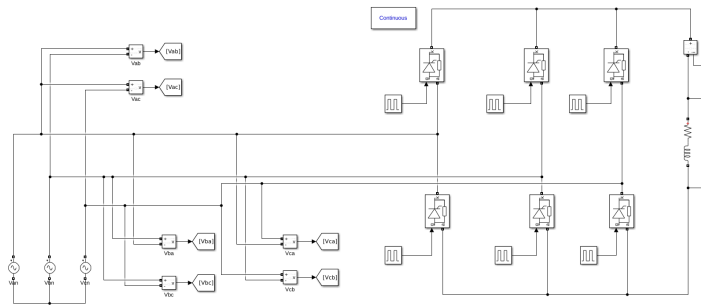


Figure 6: Circuito de potencia

En la siguiente figura se muestra el circuito de control, el cual consiste en la aplicación del circuito integrado TCA785.

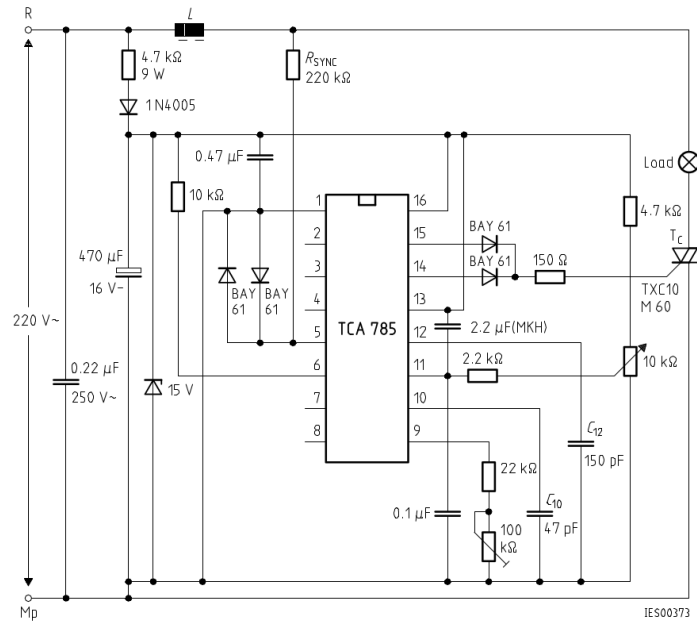


Figure 7: Circuito de control con TCA785

Se tiene la diferencia en que los pulsos Q_1 y Q_2 serán fuente de disparo para dos SCR en vez de un TRIAC, ya que los pulsos de estos tienen una diferencia de 180 entre sí.

b. Circuito de potencia: selección de tiristores.

Los datos que se tienen para la selección del SCR son los siguientes:

- I_T (Corriente nominal) = $4.5A \cdot 1.5 = 6.75A$ - V_{DRM} (Tensión de bloqueo) = $170V \cdot 2.5 = 425V$

Se selecciona el SCR modelo VS-10RIA de VISHAY.

**Medium Power Phase Control Thyristors
(Stud Version), 10 A**

TO-48 (TO-208AA)

PRIMARY CHARACTERISTICS	
I_{TAV}	10 A
V_{DRM}/V_{RRM}	100 V, 200 V, 400 V, 600 V, 800 V, 1000 V, 1200 V
V_{TM}	1.75 V
I_{GT}	60 mA
T_J	-65 °C to +125 °C
Package	TO-48 (TO-208AA)
Circuit configuration	Single SCR

FEATURES

- Improved glass passivation for high reliability and exceptional stability at high temperature
- High di/dt and dV/dt capabilities
- Standard package
- Low thermal resistance
- Metric threads version available
- Types up to 1200 V V_{DRM}/V_{RRM}
- Designed and qualified for industrial and consumer level
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912

TYPICAL APPLICATIONS

- Medium power switching
- Phase control applications

RoHS COMPLIANT

Figure 8: Modelo de SCR seleccionado

c. Calcular el circuito de sincronismo y disparo del TCA785 y elementos asociados.

Se realiza el cálculo de los elementos asociados del circuito del TCA785. En primer instancia se calcula el tiempo de retardo para un ángulo de disparo de 30, 90 y 150:

Se tienen como datos

$$f = 50Hz$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50Hz} = 20ms$$

Se obtiene el tiempo que representa un grado de los 360:

$$t_{grado} = \frac{20ms}{360} = 55.56 \frac{\mu s}{grado}$$

Se calcula el tiempo de retardo para los ángulos anteriormente mencionados:

$$t_{retardo_{30}} = 30 \cdot 55.56 \frac{\mu s}{grados} = 1.66ms$$

$$t_{retardo_{30}} = 1.66ms$$

$$t_{retardo_{90}} = 90 \cdot 55.56 \frac{\mu s}{grados} = 5ms$$

$$t_{retardo_{90}} = 5ms$$

$$t_{retardo_{150}} = 150 \cdot 55.56 \frac{\mu s}{grados} = 8.33ms$$

$$t_{retardo_{150}} = 8.33ms$$

Para el circuito de control con el TCA785 se selecciona un capacitor $C_{10} = 47nF$ para calcular las resistencias correspondientes para los diferentes ángulos de disparo.

Se tiene la fórmula general para el tiempo de disparo:

$$t_{Tr} = \frac{V_{11} R_9 C_{10}}{V_{REF} K}$$

De la cual se despeja el valor de V_{11} para generar dicha caída de tensión en el circuito de aplicación mediante un potenciómetro.

$$V_{11} = \frac{t_{TR} V_{REF} K}{R_9 C_{10}}$$

Se tienen los siguientes resultados para el sistema de control

α	30°	90°	150°
Ttr	1.66ms	5ms	8.33ms
V11	260mV	760mV	1.08V
R	2.3kΩ	7.1kΩ	10kΩ

Figure 9: Tabla de resultados TCA785

Es importante destacar que la cantidad de circuitos integrados a implementar serán los siguientes:

- TCA785 (1) con ángulo de disparo $Q_1 = 30$ y $Q_2 = 210$.

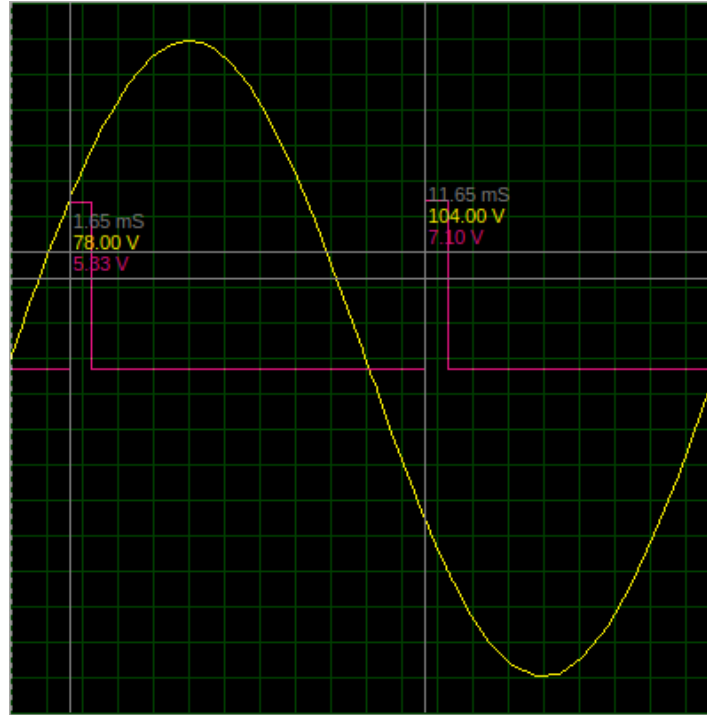


Figure 10: Ángulo de disparo 30° y 210°

- TCA785 (2) con ángulo de disparo $Q_1 = 90$ y $Q_2 = 270$.

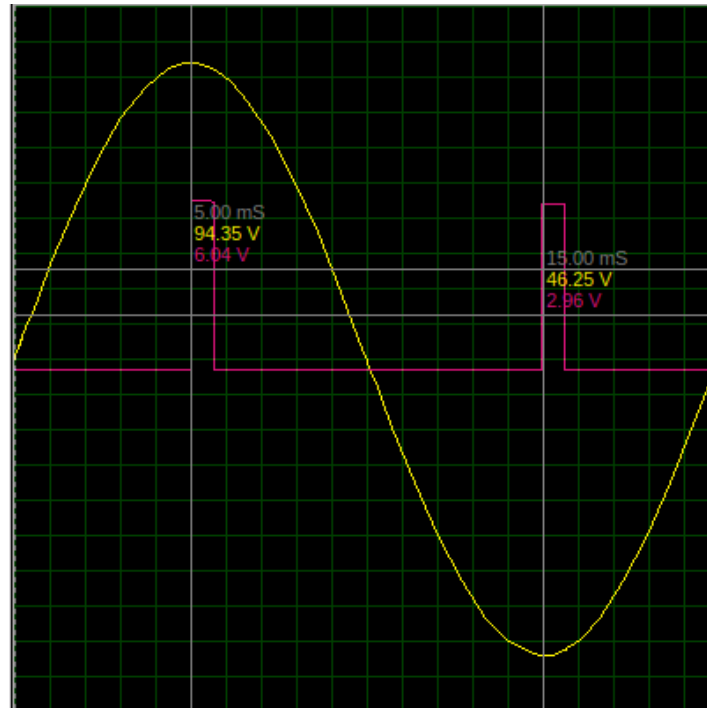


Figure 11: Ángulo de disparo 90° y 270°

- TCA785 (3) con ángulo de disparo $Q_1 = 150$ y $Q_2 = 330$.

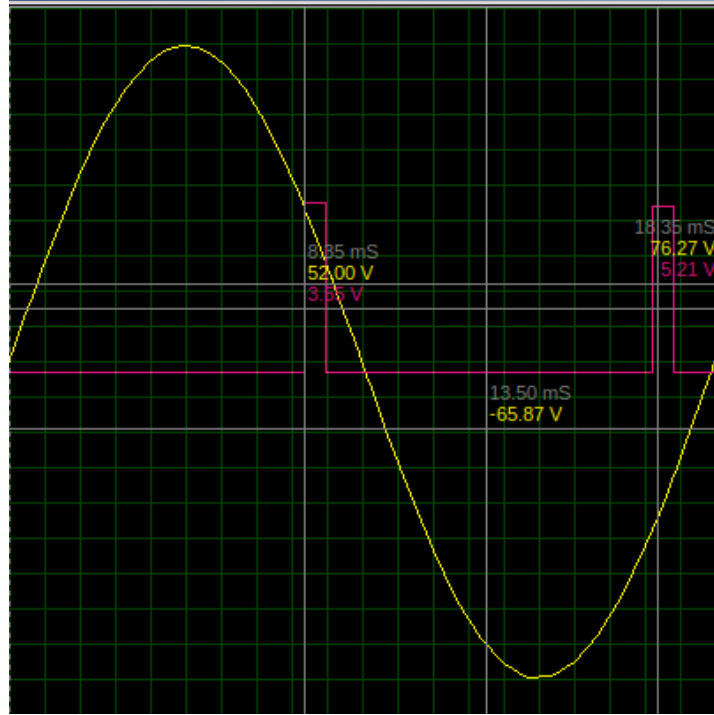


Figure 12: Ángulo de disparo 150° y 330°

- d. Determine la expresión de la tensión de corriente continua en la carga.
Se tienen las siguientes tensiones de fase.

$$v_a = V_m \sin(\omega t)$$

$$v_b = V_m \sin(\omega t - 120)$$

$$v_c = V_m \sin(\omega t - 240)$$

Se tienen las tensiones de línea, desfasadas 120 entre sí.

$$v_{ab} = \sqrt{3} V_m \sin(\omega t + 30)$$

$$v_{bc} = \sqrt{3} V_m \sin(\omega t - 90)$$

$$v_{ca} = \sqrt{3} V_m \sin(\omega t - 210)$$

Se calcula la tensión de salida mediante la siguiente integral:

$$V_o = \frac{1}{\left(\frac{\pi}{3}\right)} \int_{30+\alpha}^{90+\alpha} v_{ab} d(\omega t)$$

$$V_o = \frac{3}{\pi} \int_{30+\alpha}^{90+\alpha} \sqrt{3} V_m \sin(\omega t + 30) d(\omega t)$$

$$V_o = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m \cos(\alpha)$$

Siendo V_m el voltaje pico de fase.

Se calcula la tensión máxima de la alimentación para obtener una tensión media en la carga de $V_{L(AV)} = 170V$.

$$V_o = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m \cos \alpha$$

$$V_m = \frac{V_o \pi}{3\sqrt{3} \cos(\alpha)}$$

$$V_m = \frac{170V \pi}{3\sqrt{3} \cos(30)}$$

$$\boxed{V_m = 118.7V}$$

$$\boxed{\alpha = 30}$$

Se calcula la tensión eficaz de salida V_{oRMS} ,

$$V_{oRMS}^2 = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{2\pi}{3} + \alpha}^{\frac{2\pi}{3} + \alpha} V_m^2 \sin^2(\omega t) d\omega t$$

$$V_{oRMS} = \sqrt{3} V_m \left[\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos(2\alpha) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\boxed{V_{oRMS} = 174.7V}$$

Se calcula la impedancia con los datos que se obtienen del motor:

$$\boxed{Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

$$Z = \sqrt{(2.5)^2 + (2\pi 50Hz 17.5 \cdot 10^{-3})^2} = 6.04\Omega$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right) = \arctan\left(\frac{2\pi 50Hz 17.5 \cdot 10^{-3}}{2.5}\right) = 72.83$$

A continuación se muestran las formas de onda del circuito rectificador totalmente controlado:

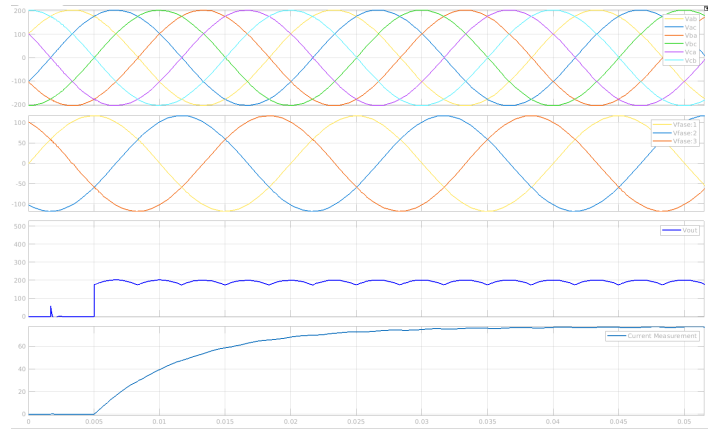


Figure 13: Formas de onda del rectificador trifásico totalmente controlado

e. Conclusiones.

Se puede implementar 3 circuitos integrados TCA785 para el control del disparo de los SCR en un circuito rectificador trifásico controlado cuyo cálculo de componentes es más rápido que el diseño de 6 redes de disparadores con la implementación de transistores UJT. Además este integrado (TCA785) puede ser regulado mediante un potenciómetro para un ángulo de disparo deseado.