

Electrónica Industrial - Trabajo Práctico Teórico n° 7

Abel Corvalán - 41.220.050

1 Consignas

1. Analizar el funcionamiento del circuito de la figura y colocar sus partes en bloques. Colocar las formas de onda en el circuito de disparo y potencia. En vez de colocar un triac, colocar dos SCR en antiparalelo, si la carga es un horno eléctrico de 3600 W y la alimentación de 220 volt de alterna. Colocar parámetros de selección. Buscar sus hojas de datos.

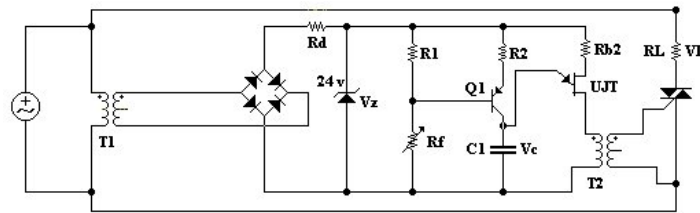


Figure 1: Circuito a analizar

2. Utilizando cualquier simulador de electrónica del mercado, realice el análisis del circuito trifásico totalmente controlado. Circuito e indicar formas de onda para una alimentación trifásica de 50 volts de AC RMS del secundario de un transformador y carga resistiva de 25 ohm. Calcular la tensión y corriente (RMS y AV) en la carga (V_o y I_o) para distintos ángulos de disparo: 30° , 60° y 135° . Colocarlos en una tabla. Sacar conclusiones con respecto al ejercicio 2 del TPT n° 6.

2 Desarrollo

1. El circuito de la figura se conoce con el nombre de circuito de control de fase. El mismo se compone de una fuente de alimentación (para la carga R_L), una etapa rectificadora de onda completa, un circuito disparador de rampa lineal para TRIAC (etapa de potencia) que alimenta a una carga resistiva pura. Se tiene que el impulso que provee la etapa de disparo circula por un transformador de impulsos, cuyo bobinado secundario está conectado al terminal Gate del TRIAC.

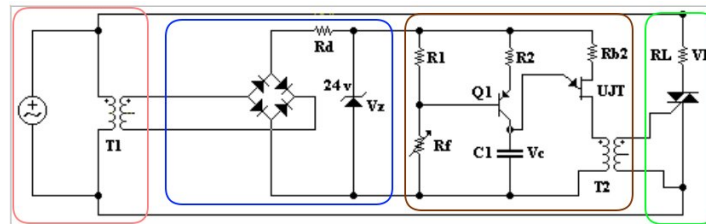


Figure 2: Circuito en bloques

En el circuito se tiene una fuente trifásica monofásica de 220V (V_{RMS}), cuya señal senoidal es rectificada en la etapa del puente de diodos (rectificador de onda completa). Se tiene una etapa de sincronismo compuesta por un diodo zener el cual regula la tensión a 24V para el circuito de disparo. El sincronismo es debido a que se obtiene una muestra de la señal de alimentación al momento en que su valor de amplitud comienza a crecer (después del cruce por cero).

A continuación se muestra las formas de onda para el circuito disparador:

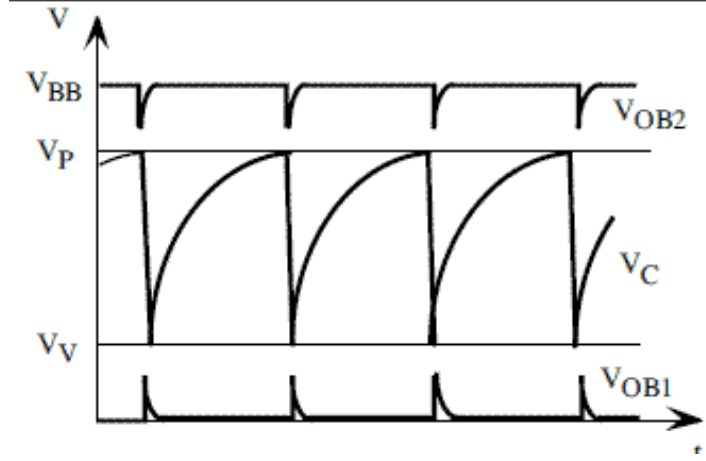


Figure 3: Caption

Se tiene que la señal V_{BB} es la señal de sincronismo que se obtiene con el diodo zener. La señal V_P es el valor de tensión a la cual el transistor UJT realiza un disparo. Se llega al valor nombrado anteriormente mediante la carga de un capacitor. La señal V_{OB} es la señal de disparo que se provee al TRIAC. Se muestra la señal controlada con diferentes ángulos de disparo para dos SCR.

Se tiene una etapa de disparador con característica de rampa lineal. El transistor BJT funciona como fuente de corriente la cual carga al capacitor C_1 . Para regular el valor de corriente constante del circuito se tiene el potenciómetro R_f . El tiempo de carga del capacitor es determinada por la siguiente fórmula:

$$V_C = \frac{1}{C} \int I_C dt$$

El capacitor C_1 es conectado al emisor del transistor unijuntura para que genere el pulso al ángulo de ignición que se desea (α_i). Se calcula el tiempo t_i .

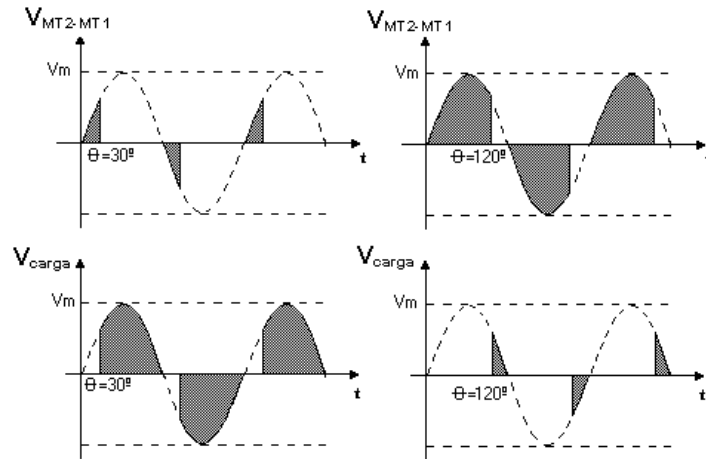


Figure 4: Señal controlada para dos SCR

$$t_i = \frac{\eta V_Z C}{I_C}$$

Considerando que se diseña en base al ángulo de disparo tenemos:

$$\alpha_i = \omega t_i$$

$$\alpha_i = \frac{\omega \eta V_Z C}{I_C}$$

Se procede a calcular el valor de resistencia de la carga R_L para la condición de máxima potencia, esto sería para un ángulo de disparo de $\alpha_i = 0$.

$$P_L = \frac{V_{RMS}^2}{R_L} \Rightarrow R_L = \frac{V_{RMS}^2}{P_L}$$

$$R_L = \frac{(220V)^2}{3600W} = 13.444\Omega$$

$$R_L \ 13\Omega$$

La corriente media en un ciclo completo es igual a la corriente eficaz esto se debe a que se tiene una carga puramente resistiva:

$$P_L = V_{AV} I_{AV} \Rightarrow I_{AV} = \frac{P_L}{V_{AV}} = \frac{3600W}{220V} = 16.36A \approx 16.4A$$

$$I_{AV_{max}} \approx 16.4A$$

Como el circuito de disparo se sincroniza en cada cruce por cero, entonces se tiene que la corriente media por cada SCR resulta:

$$I_{(AV)SCR} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \hat{I} \sin(\theta) d\theta$$

$$I_{(AV)SCR} = \frac{I_{AV_{max}}}{\pi} = \frac{16.4A}{\pi} = 5.22A$$

$$I_{(AV)SCR} = 5.22A$$

Se calcula la corriente eficaz en cada SCR:

$$I_{(RMS)SCR} = \frac{I}{\sqrt{2}} = \frac{16.4A}{\sqrt{2}} = 11.6A$$

$$I_{(RMS)SCR} = 11.6A$$

Se calcula la corriente pico máxima de la alimentación:

$$V_{RMS} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_{max} = V_{RMS} \sqrt{2} = 220V \sqrt{2} = 311.13V$$

$$V_{max} = 311.13V$$

Corriente pico máxima en la carga:

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R_L} = \frac{311.13V}{13\Omega} = 23.933A \approx 24A$$

$$I_{max} = 24A$$

Con esta información tenemos que en principio nuestro TRIAC debe cumplir con las siguientes características:

1. Tensión de bloqueo directa superior a $V_{DRM} = 311.13V$
 2. Tensión de bloqueo reversa superior a $V_{RRM} = 311.13V$
 3. Corriente de conducción promedio superior a $I_{T(AV)} = 11.6A$
 4. Corriente de pico no repetitiva debe ser mucho mayor que la corriente pico máxima de línea, esto es $I_{TSM} \gg I_{max}$
 5. Corriente de compuerta y tensión de compuerta podemos adaptarlo en nuestro circuito de disparo de rampa lineal I_{GT} y V_{GT} respectivamente.
 6. Capacidad de disipación de potencia $P_{G(AV)}$ estará determinada por el producto $P_{G(AV)} = V_{DRM}I_{T(AV)} = 311.13V11.4A = 3609.1W$.
- Se selecciona el SCR modelo VS-25RIA Series.




Part Number ▲ ▼ 🔍	Product Image	Package ▲ ▼ 🔍	Circuit Configuration ▲ ▼ 🔍	$I_{T(AV)}$ (A) ▲ ▼ 🔍	V_{DRM}/V_{RRM} (V) ▲ ▼ 🔍	V_{TM} at 25 °C (V) ▲ ▼ 🔍	I_{GT} (mA) ▲ ▼ 🔍	T_J (°C) ▲ ▼ 🔍
VS-22RIA Series	 Enlarge	TO-48 (TO-206AA)	Single SCR	22	400	1.70	60	-55 to +125
VS-25RIA Series	 Enlarge	TO-48 (TO-206AA)	Single SCR	25	400	1.70	60	-55 to +125
VS-ST180C Series	 Enlarge	A-PUK (TO-200AB)	Single SCR	350	400	1.96	90	-40 to +125

Figure 5: Selección del SCR

Para reemplazar un TRIAC con dos SCRs, estos últimos se conectan de la siguiente forma.

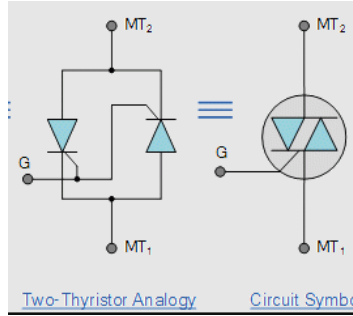


Figure 6: Conexión de dos SCR equivalente a TRIAC

2. Se realiza la simulación del circuito trifásico totalmente controlado en el software MATLAB (Simulink).

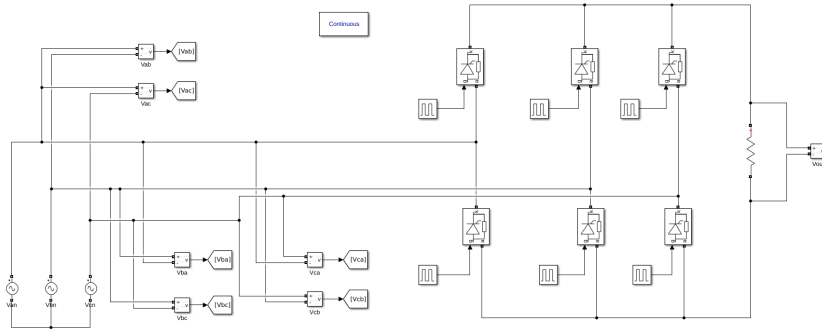


Figure 7: Circuito trifásico totalmente controlado

Se calcula la tensión pico máxima V_{max} , teniendo en cuenta que el requerimiento de que la tensión eficaz sea de valor $V_{RMS} = 50V$. Se calcula:

$$V_{max} = V_{RMS} * \sqrt{2} = 50V * \sqrt{2} = 70.71V$$

Se tienen las formas de onda para el ángulo de disparo de $\alpha_i = 30$.

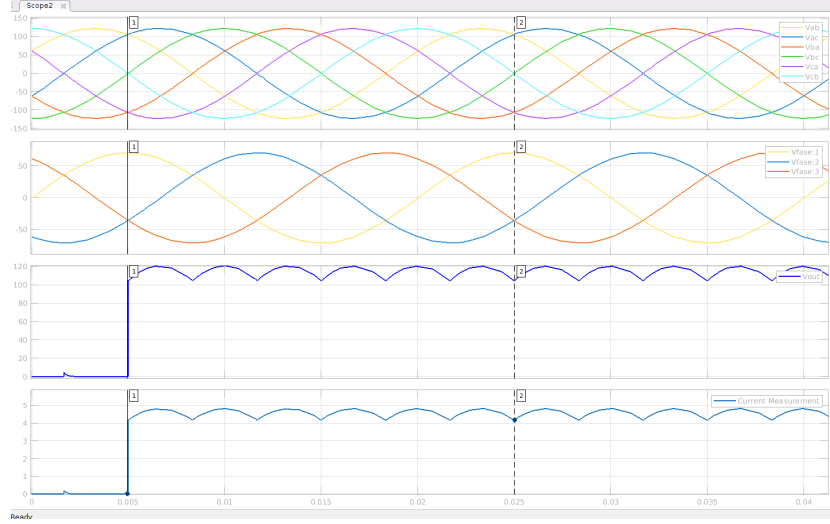


Figure 8: Formas de onda para ángulo de disparo $\alpha_i = 30$

Se tienen las formas de onda para el ángulo de disparo de $\alpha_i = 60$.

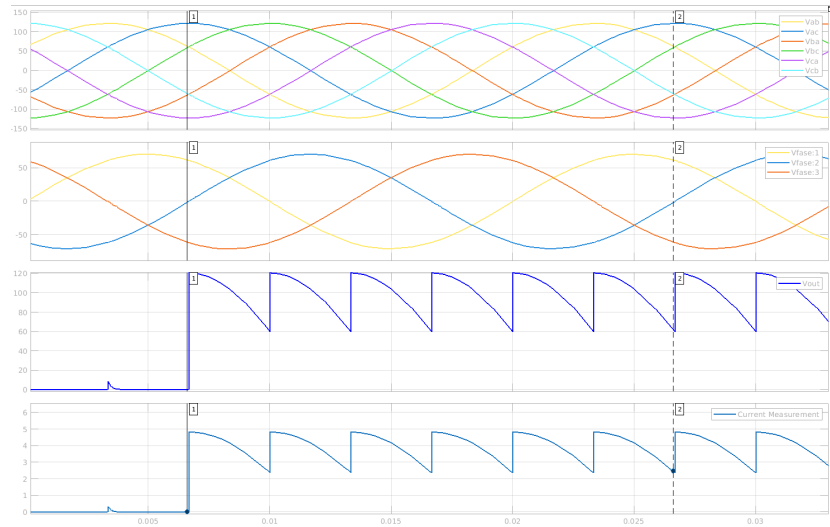


Figure 9: Formas de onda para ángulo de disparo $\alpha_i = 60$

Se tienen las formas de onda para el ángulo de disparo de $\alpha_i = 135^\circ$.

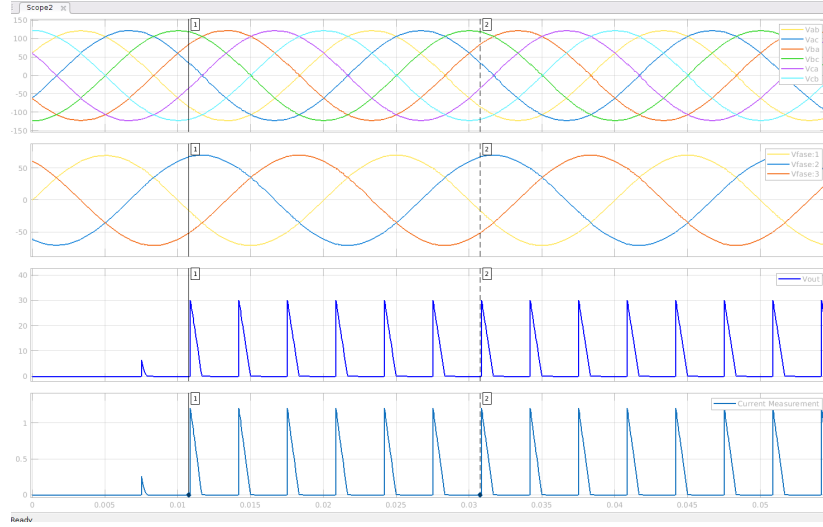


Figure 10: Formas de onda para ángulo de disparo $\alpha_i = 135^\circ$

A continuación se muestra la tabla con los valores de tensiones y corrientes medias y eficaces para diferentes valores de ángulo de ignición.

α_i	30°	60°	135°
VL RMS	102V	106V	16.28V
VL Media	96.71V	100V	10.54V
IL RMS	4.08A	4.26A	651mA
IL Media	3.9A	4A	1.21A

Figure 11: Tabla de valores de tensiones y corrientes para diferentes valores de α_i

En el rectificador trifásico de onda completa semicontrolado que se analizó en el TPT6 permitía un control parcial de la forma de onda de salida. Para el caso del rectificador trifásico de onda completa totalmente controlado ofrece un control completo sobre la corriente y el voltaje de salida. Además se tiene mayor precisión para regular la forma de onda de salida, ya que el control es total. Este último se aplica en sistemas donde se necesita un control dinámico del voltaje y corriente en la carga.