

Electrónica Industrial - Trabajo Práctico Teórico n° 1

Abel Corvalán - 41.220.050

1 Consignas

1. Buscar un sistema de potencia en donde se realice la conversión de energía de AC-DC-DC. Nombre del sistema, valores de tensión, corriente, potencia, frecuencia, número de fases. Colocar diagrama en bloques, esquemático del circuito de potencia. Dibujar formas de onda típicas en cada bloque. Señalar los dispositivos de potencia y su nombre.
2. Buscar las especificaciones de al menos dos componentes de potencia (diodo, mosfet, IGBT, GTO, tiristor, triac) y colocar sus datos eléctricos más importantes según Ud. considere.
3. Utilizando cualquier simulador de electrónica del mercado, realice una conmutación ideal y otra real. Graficar circuito, formas de onda de tensión, corriente y potencia.
4. Analice un circuito DC-DC-AC ídem a los puntos 1 y 2.

2 Desarrollo

2.1 Fuente de corriente continua de alta potencia

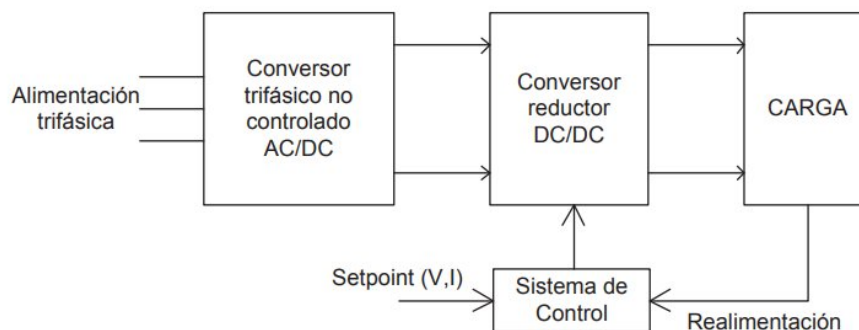


Figure 1: Diagrama de bloques sistema AC-DC-DC

La fuente de corriente continua de alta potencia tendrá una potencia de 1,5KW.

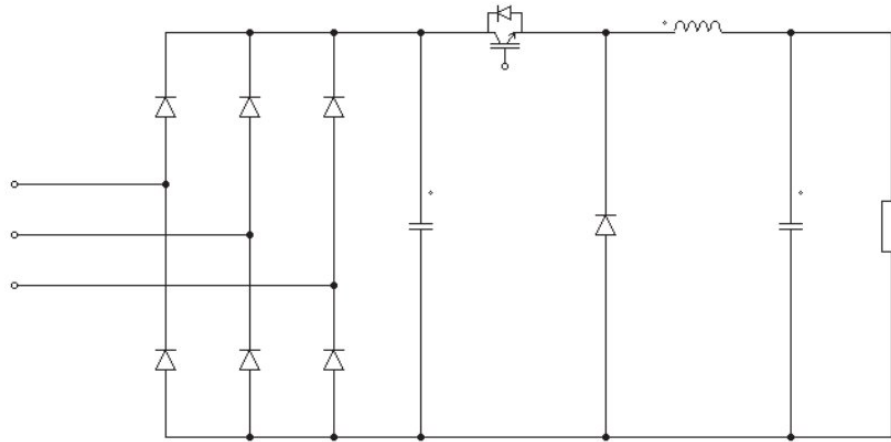


Figure 2: Circuito de fuente de corriente

2.1.1 Conversor trifásico AC/DC no controlado

En la siguiente figura se muestra el conversor AC/DC trifásico no controlado.

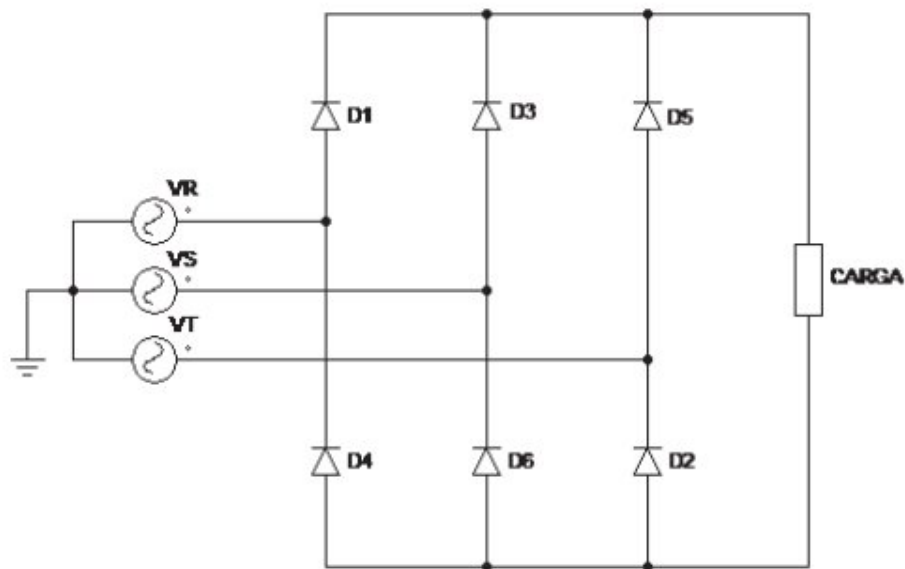


Figure 3: Circuito conversor AC/DC trifásico

Se encuentra conformado por seis diodos. La corriente DC de la fuente es 7.5A. El voltaje DC del puente rectificador es de 311.36V con frecuencia de red de 60Hz. El valor de rizado se considera en un 5% del voltaje anteriormente nombrado. La forma de onda de la salida de este circuito.

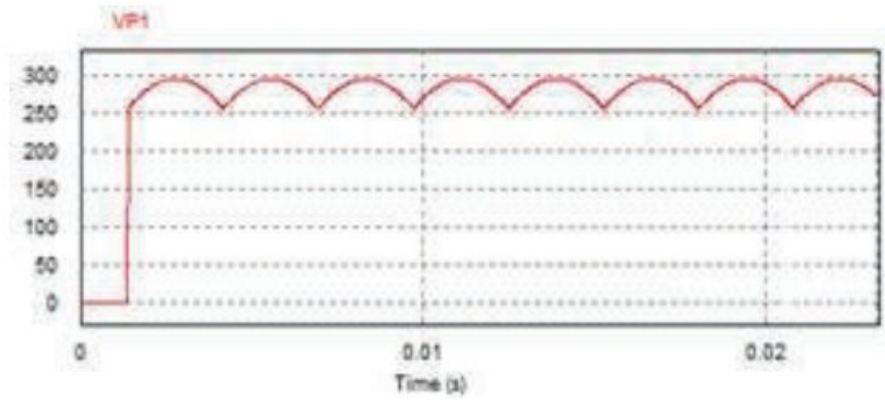


Figure 4: Forma de onda circuito conversor trifásico

Los diodos del conversor trifásico tiene las siguientes especificaciones:

Característica	Valor	Unidad
Corriente DC (IDC)	65	A
Corriente RMS (IRMS)	40	A
Voltaje DC (VDC)	800	V
Voltaje pico (Vpico)	1200	V

2.1.2 Conversor DC/DC reductor

En la siguiente figura se representa el circuito conversor DC/DC del sistema. El conversor DC/DC

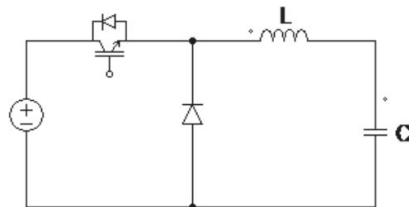


Figure 5: Circuito conversor DC/DC

reductor está conformado por un interruptor principal IGBT, un diodo y un filtro LC. Las formas de onda del conversor DC/DC reductor se presentan en las siguientes figuras.

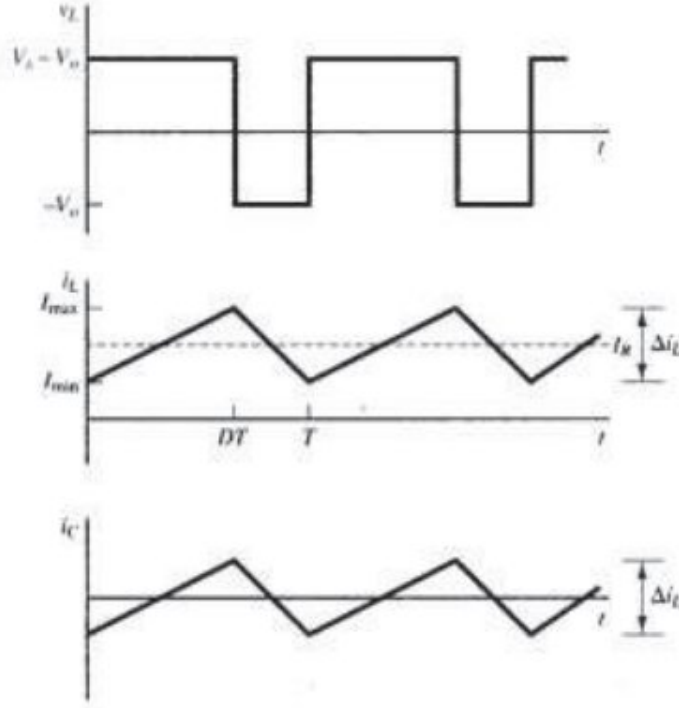


Figure 6: Formas de onda conversor DC/DC reductor

Donde se tiene que en la figura a) se representa el voltaje en la bobina, b) corriente en la bobina y c) corriente del capacitor. La principal característica que se considera para la selección del IGBT es la corriente que circula entre drenaje y fuente del mismo. Estos valores son los siguientes: $I_{DC} = 7.5A$, $V_{max} = 311V$ Se implementa el componente IGBT FAIRCHILD HGTH11N120CND. Las características del mismo son las siguientes:

Característica	Valor	Unidad
Corriente DC_{max}	43	A
Corriente pico I_{pico}	80	A
Voltaje (V_{pico})	1200	V

Table 1: Caption

Los valores de corriente y voltaje son 7,5A y 200V por lo que la carga del sistema será $26,6\Omega$.

2.2 Circuito DC-DC-AC

Se presenta un sistema de alimentación aplicado a un vehículo eléctrico.

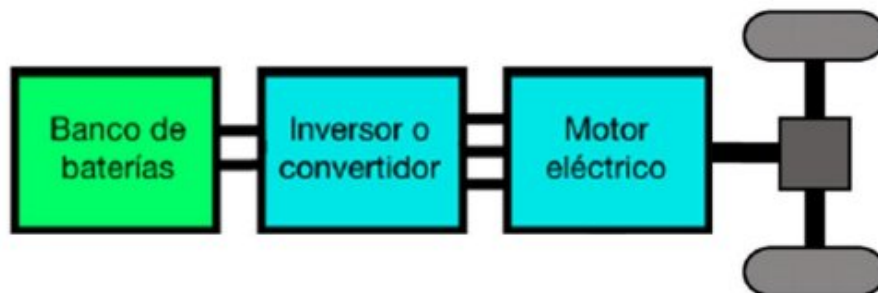


Figure 7: Diagrama de bloques del auto eléctrico

2.2.1 Convertidor DC/DC bidireccional

La función del convertidor DC/DC bidireccional es la de controlar la corriente de un condensador implementador en el circuito. Se consta de una bobina en serie con la batería para suavizar los pulsos de corriente por la misma.

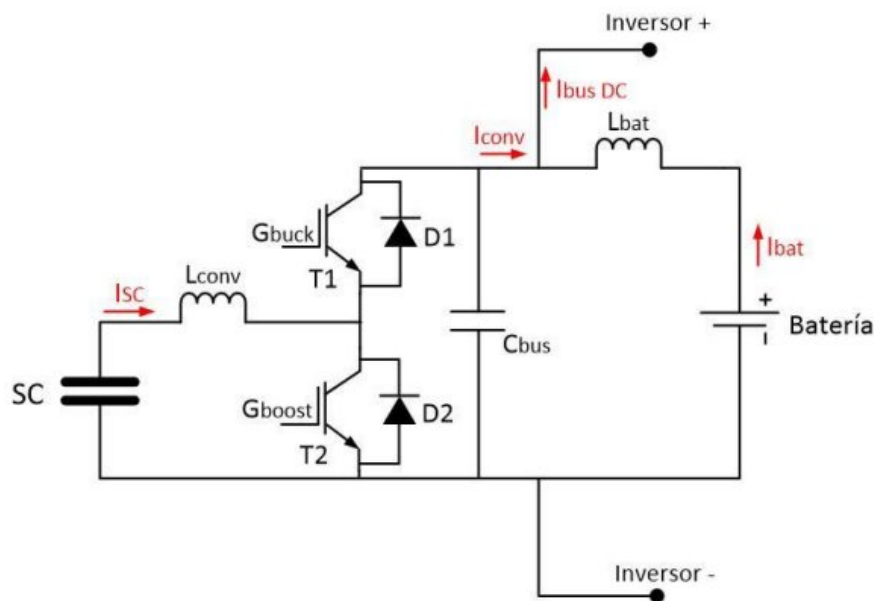


Figure 8: Convertidor DC/DC bidireccional

Cuando el vehículo avanza hacia adelante el motor demanda intensidad, la batería y el condensador se descargan en el sentido que indican la flechas. Este convertidor DC/DC se comporta como un convertidor Boost. La intensidad máxima por el bus DC es de $\pm 100A$, mientras que el voltaje máximo debido a la carga total de la batería es de 400V. La potencia máxima en el bus DC es de 40kW, teniendo en cuenta una carga inicial de 250V.

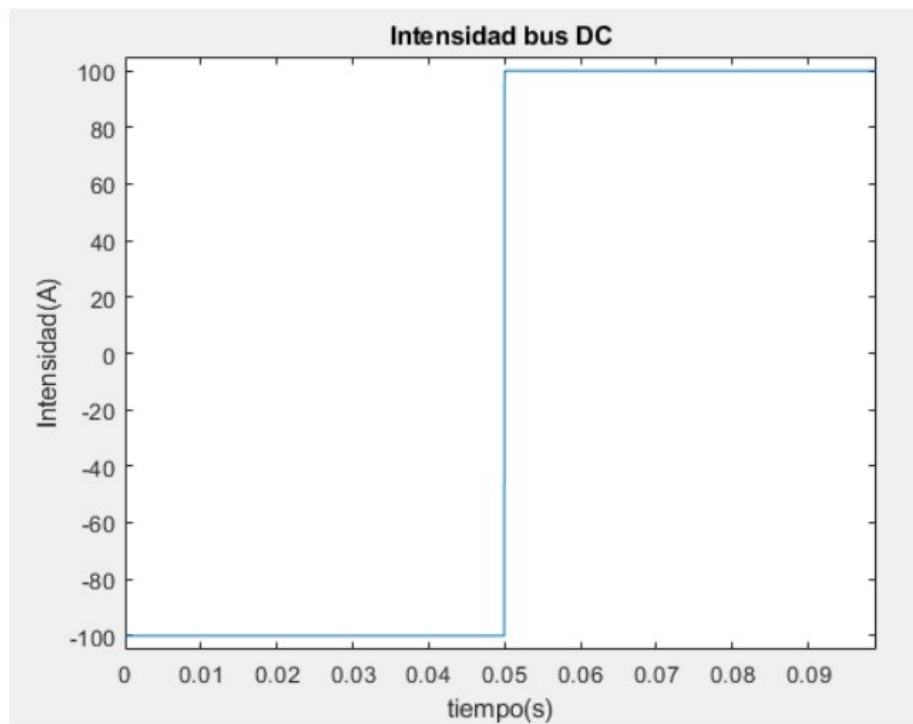


Figure 9: Intensidad de bus DC

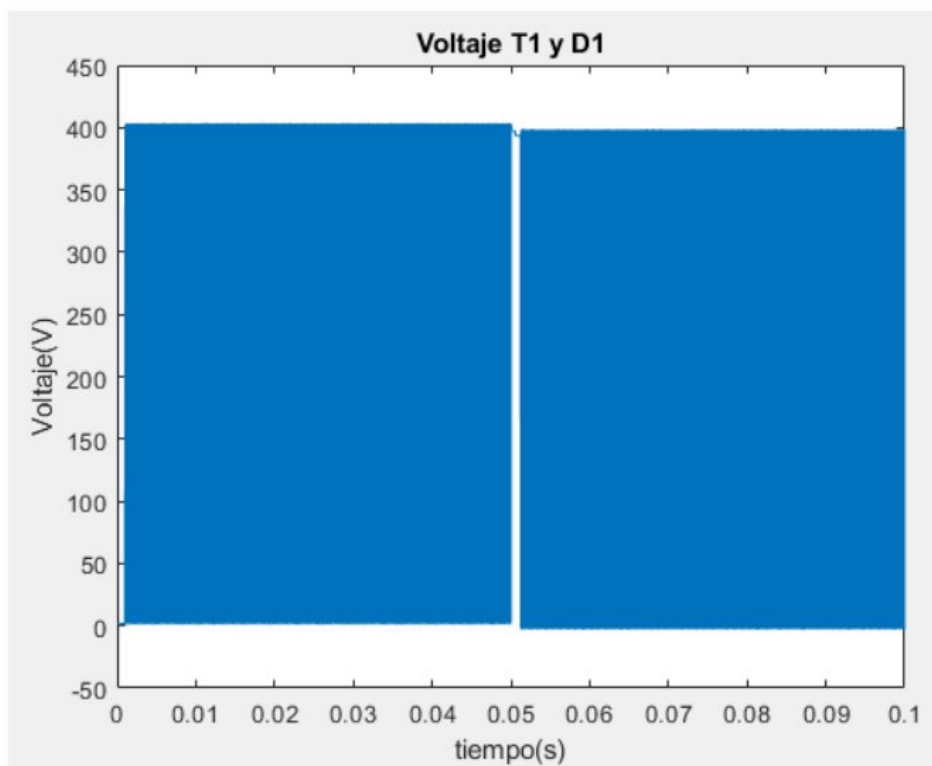


Figure 10: Voltaje en T1 D1

Los diodos y transistores son capaces de soportar una intensidad pulsante de aproximadamente 160A de valor máximo y picos de corriente en los cambios bruscos de intensidad de hasta 340A.

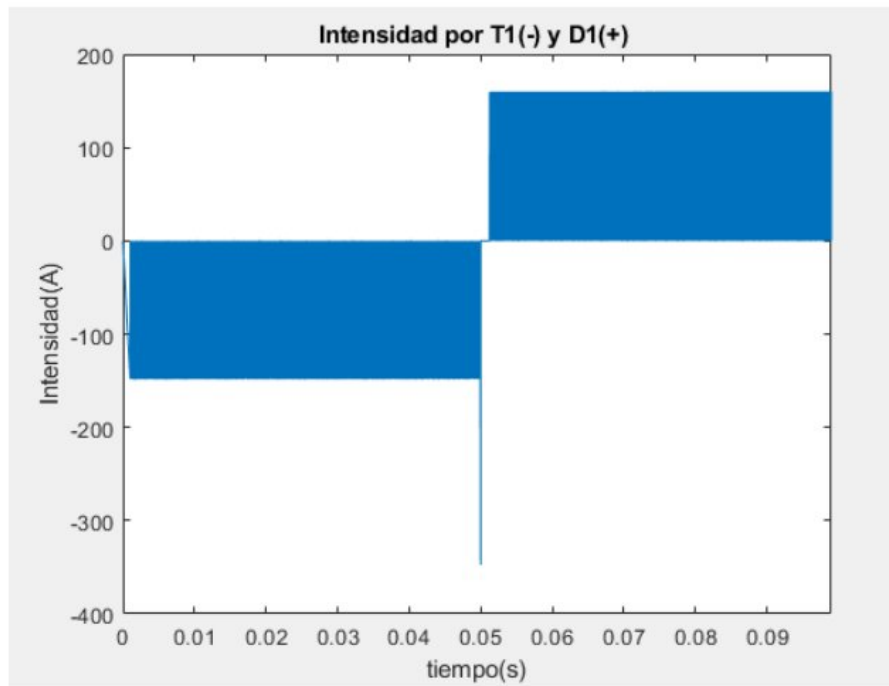


Figure 11: Intensidad por T1 y D1

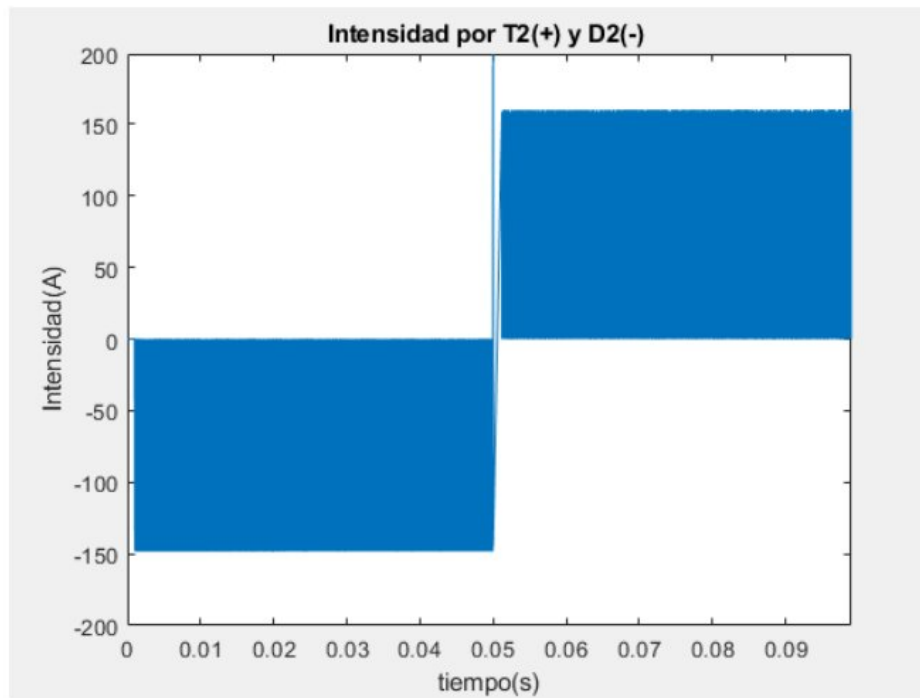


Figure 12: Intensidad por T2 y D2

Los modelos de los dispositivos nombrados anteriormente también se implementan también para la etapa inversora (se presentan características en aquella sección).

2.2.2 Convertidor DC/AC

Se presenta, en la siguiente figura, el circuito de la etapa inversora del sistema:

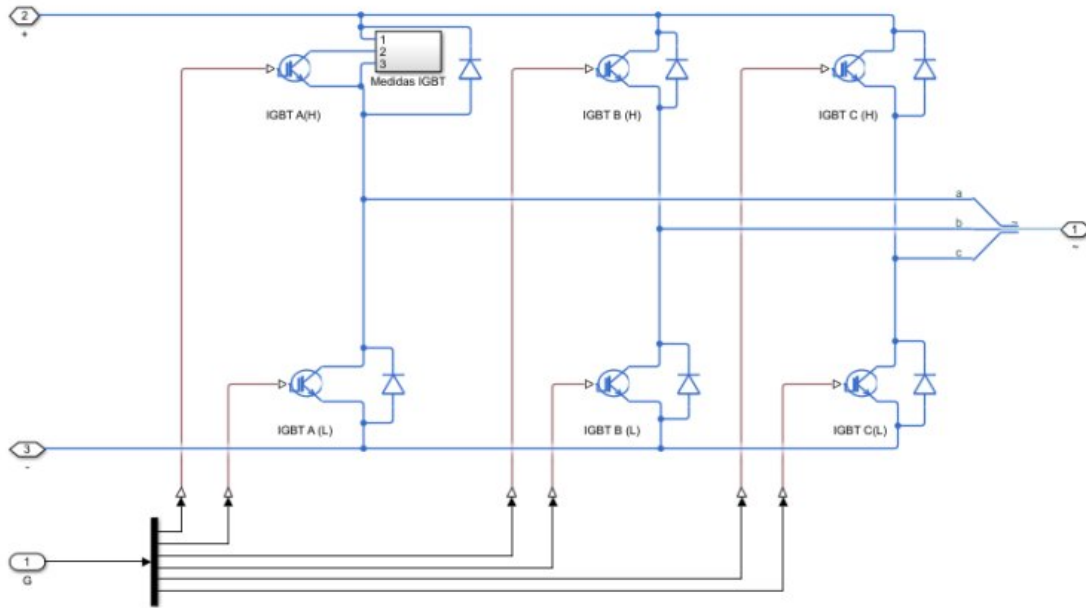


Figure 13: Inversor trifásico (DC/AC)

Se tiene en cuenta las características de potencia de salida del convertidor DC/DC.

El voltaje nominal de la batería es de 400V. El máximo rizado es del 5% del voltaje nominal de la batería (20V). La frecuencia del rizado es aproximadamente 2KHz. El mínimo voltaje en el bus DC cuando la batería está totalmente cargada será de 380V. La máxima intensidad media en el bus DC es:

$$I_{DC} = \frac{3,5KW}{380V} = 89,7A$$

Los transistores soportan la tensión de la batería y la intensidad nominal del motor. A continuación se muestra la simulación del voltaje y la intensidad a la que se encuentra sometido un IGBT en condición de funcionamiento nominal del motor.

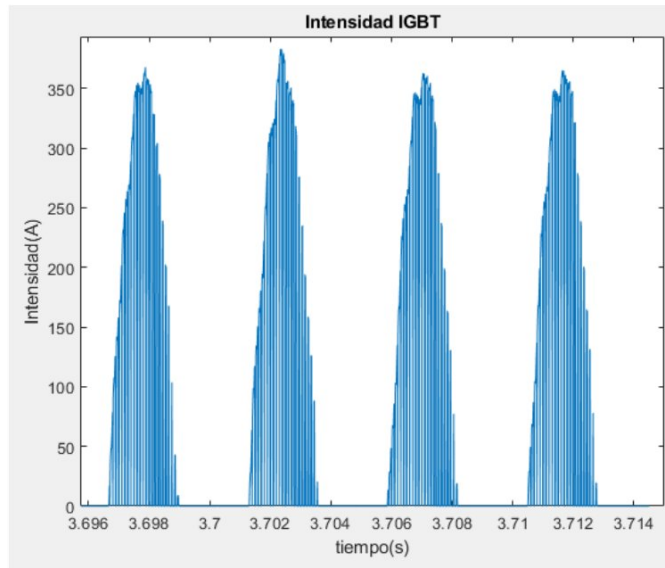


Figure 14: Intensidad en el IGBT

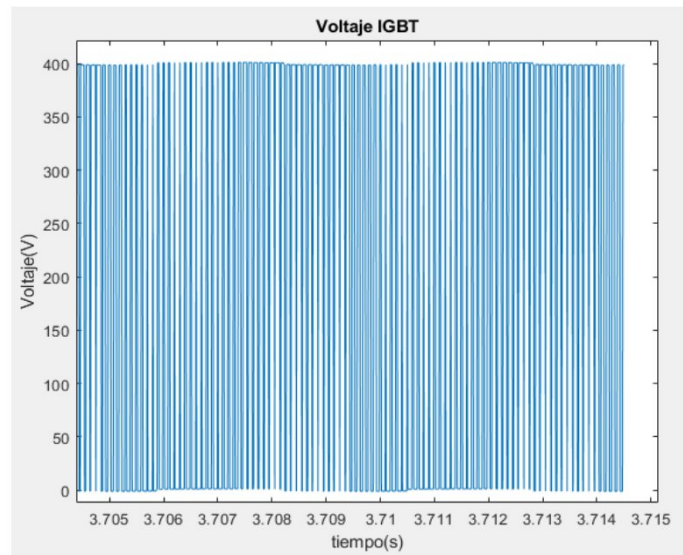


Figure 15: Voltaje en el IGBT

Los IGBTs soportan una tensión de 400V y los semiciclos positivos de intensidad. El pico máximo de la intensidad es aproximadamente de 380A. Debido a que se conoce la velocidad nominal del motor (1630 rpm), se puede deducir la frecuencia fundamental de la intensidad, es la siguiente:

$$f = p \cdot \frac{\omega_{nom}}{2\pi} = 8 \cdot \frac{1630 \cdot \frac{\pi}{60}}{2\pi} = \frac{8 \cdot 1630}{60} = 217Hz$$

Por lo que la intensidad media es de 76A. La frecuencia de conmutación de los transistores es de 10KHz. En el sistema se implementan transistores IXGK320N60B3. Se detalla en su hoja de datos correspondiente el voltaje colector-emisor cuando el dispositivo se encuentra en conducción $V_{CE} = 1,4V$.

Los diodos se encuentran conectados en antiparalelo a los IGBTs, por lo que también soportan la tensión de la batería y conducen en los semiciclos negativos de corriente. El modelo de diodos del sistema es el APTDF400U120G. Estos tienen un tiempo de recuperación inversa al menos 100 veces menor que la frecuencia de conmutación de los transistores.

Las características eléctricas más importantes son las siguientes:

- Caída de voltaje en conducción (V_F): 2,5V - Capacidad de unión (C_T): 600pF - Máxima corriente de recuperación inversa: 70A. - Pendiente de bajada de la corriente de recuperación inversa: $1200 \frac{\mu A}{s}$.
- Tiempo de recuperación inversa: 110ns.

La potencia de salida del inversor depende de la corriente y el voltaje demandada por el motor en cada momento. Cuando el motor se encuentra en su punto de funcionamiento nominal desarrolla su potencia máxima de 35kW. El inversor al estar funcionando a su máxima potencia tiene una potencia aparente de 111KVA y potencia activa de 38kW (sin tener en cuenta las pérdidas de conmutación en los transistores).

2.3 Simulación de conmutación

En la siguiente figura se muestra el circuito de simulación para el caso ideal y no ideal de la acción de un switch.

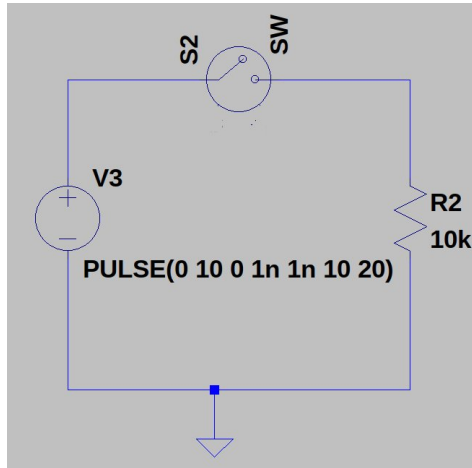


Figure 16: Circuito con switch a analizar

2.3.1 Conmutación (caso ideal)

Para este caso se obtienen las siguientes formas de onda.

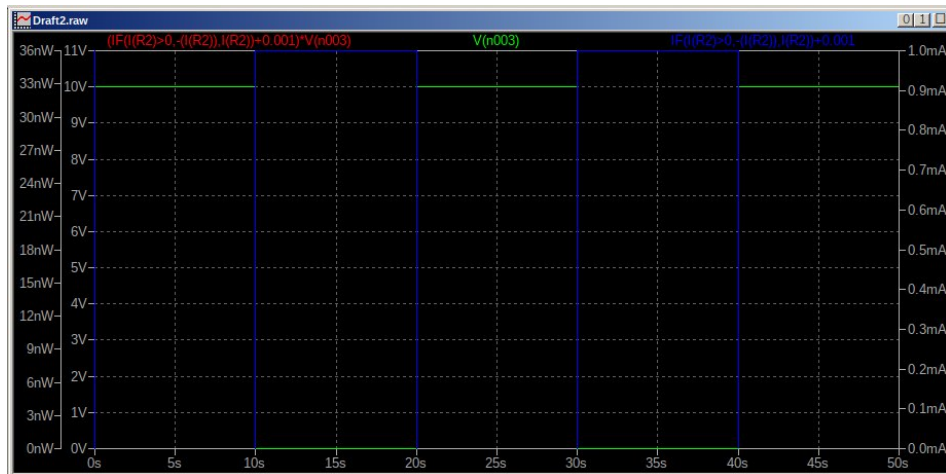


Figure 17: Formas de onda para la conmutación ideal

Donde se tiene que la señal:

- Color azul: corriente en el interruptor
- Color verde: tensión en el interruptor
- Color rojo: potencia durante el cambio de estado del interruptor

En primer instancia (interruptor abierto) se tiene una caída de tensión inicial igual a la fuente $V = 10V$, mientras que la corriente es $I = 0A$. Luego cuando se cierra el interruptor la tensión se hace $V = 0V$, mientras que $I = 1mA$. Como se tiene un caso ideal, las pendientes en las transiciones son infinitas, por lo que resulta en $P = 0W$ en cualquier instante.

2.3.2 Conmutación (caso no ideal)

Para este caso se obtienen las siguientes formas de onda.

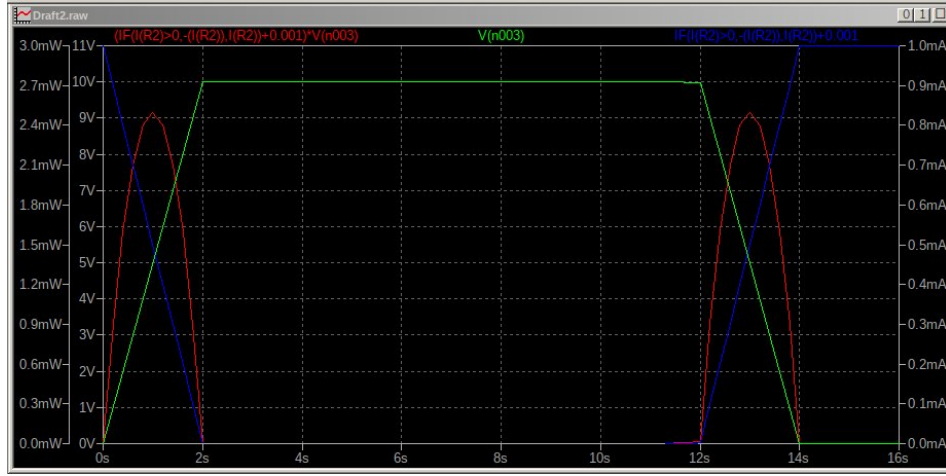


Figure 18: Formas de onda para la conmutación no ideal

Donde se tiene que la señal:

- Color azul: corriente en el interruptor
- Color verde: tensión en el interruptor
- Color rojo: potencia durante el cambio de estado del interruptor

Para la conmutación no ideal, a diferencia del caso anterior, en los instantes que se acciona el switch, se tienen pendientes distintas de infinito para la tensión y corriente. Se tiene potencia distinta de cero en las conmutaciones $P \neq 0W$.