



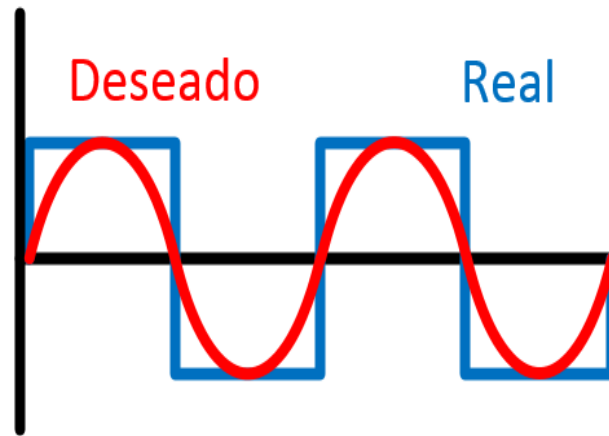
**Innovación que transforma vidas.**

# Electrónica de potencia

Técnicas de modulación de inversores

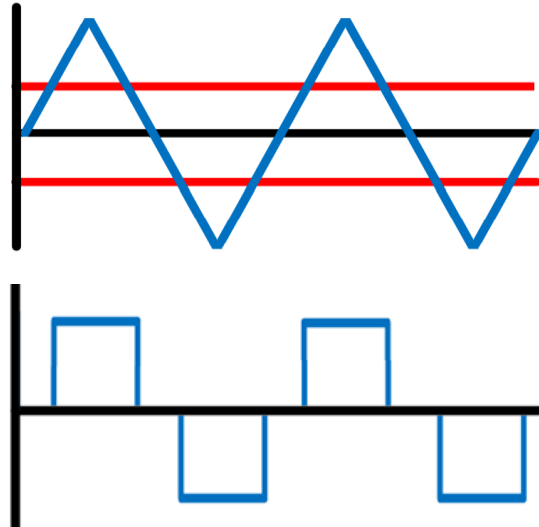


En un inversor, lo ideal es que el voltaje de salida sea senoidal. En cambio, se compone por armónicas con posibles efectos negativos sobre la carga.



Cambiando la forma de onda, se puede evitar las armónicas más dañinas.

Comparando un voltaje de c.d. con una señal triangular se tiene que las dos señales se cruzarían en determinado momento.



Su cruce resulta en pulsos, que se convierten en partes positivas y negativas de una forma de onda.

- La salida es un pulso cuadrado con un voltaje efectivo de salida de:

$$V_o = V_s \sqrt{\delta / \pi}$$

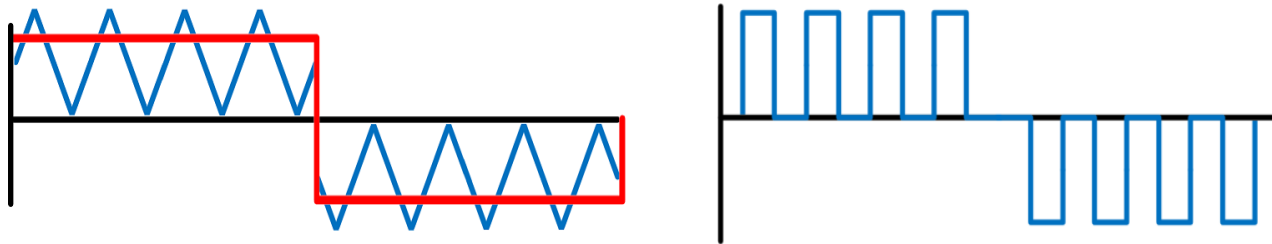
- El voltaje efectivo de cada componente se define como:

$$V_{on} = \frac{4V_s}{\sqrt{2}n\pi} \text{sen} \left( \frac{n\delta}{2} \right)$$

- Esta técnica es conocida como modulación por ancho de pulso simple.



Si se utilizan las señales de la figura, ahora se tendrán la cantidad de múltiplos que presentara la señal triangular.



Esta técnica se llama **modulación por ancho de pulso múltiple**, ya que las comparaciones dan lugar a múltiples pulsos del mismo tamaño.

- El voltaje efectivo de salida depende del número de pulsos y la duración de los mismos.

$$V_o = V_s \sqrt{p\delta/\pi}$$

- El voltaje efectivo de cada armónica se define por la duración de los pulsos y su posición en el semiciclo.

$$V_{on} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{m=1}^p \frac{4V_s}{n\pi} \operatorname{sen} \left( \frac{n\delta}{2} \right) \left[ \operatorname{sen} n \left( \alpha_m + \frac{\delta}{2} \right) \right]$$

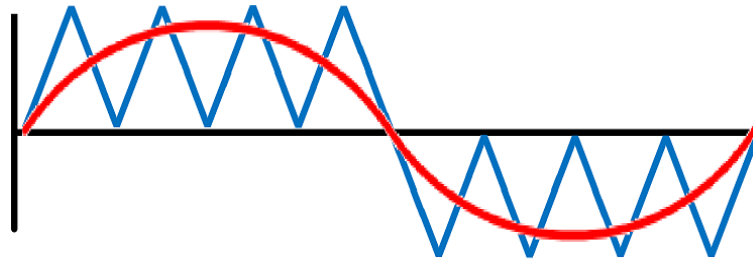
Una ventaja es que las armónicas de mayor amplitud se presentan por “paquetes” a una “distancia” que depende del número de pulsos ( $2p$ ).

A pesar de esto, se presenta una distorsión armónica total mayor que el presentado en la modulación simple.



La señal triangular se conoce como **portadora**, ya que es la que determina el número de pulsos, mientras que la segunda se conoce como **referencia**, ya que es la forma que tratará de adoptar el voltaje modificado.

Al cambiar la onda cuadrada por una senoidal, los cruces se tendrían a diferentes alturas, variando su ancho con cierta simetría.



Ésta se conoce como modulación por ancho de pulso senoidal

- Su voltaje efectivo depende del número de pulsos  $p$  y la duración de los mismos.

$$V_o = V_s \sqrt{\sum_{n=1}^p \frac{\delta_m}{\pi}}$$

- El voltaje efectivo de cada armónica se define por la duración de los pulsos y su posición en el semiciclo.

$$V_{on} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{m=1}^p \frac{4V_s}{n\pi} \operatorname{sen} \left( \frac{n\delta_m}{2} \right) \left[ \operatorname{sen} n \left( \alpha_m + \frac{\delta_m}{2} \right) \right]$$

- El índice de modulación es la razón de amplitudes entre la referencia y la señal portadora ( $M=A_r/A_c$ ), variando este valor se altera el voltaje efectivo en la carga.
- Con este valor se puede aproximar la amplitud de la fundamental por:

$$A_{01} = MV_s$$

Esta modulación utiliza como señal de referencia a una senoidal modificada, que se compone por la fundamental y la armónica que se desea inyectar en la carga.

Las fórmulas de la modulación senoidal son aplicables (excepto  $A_{01}$ ).

Rashid, M. (2004). Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones (3<sup>o</sup> ed.). México: Pearson.



© **Universidad TecMilenio**

**Desarrollo de contenido:**

Ing. Baltazar Agustín Carranza Duarte MIE

**Coordinación académica de área:**

Ing. Martha Patricia Araujo Álvarez MA  
Universidad TecMilenio

**Producción**

Universidad TecVirtual