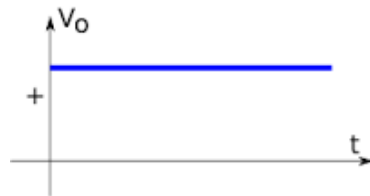


EL DIODO CON TENSIÓN ALTERNA

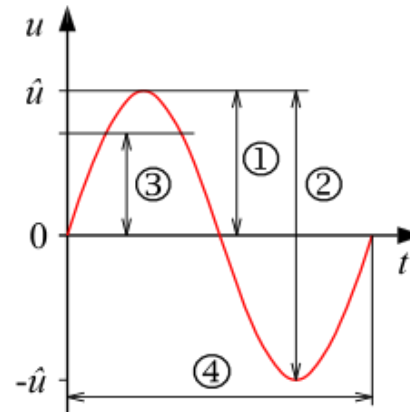
RECTIFICACIÓN: Llamamos rectificación al proceso de convertir una tensión o corriente alterna (AC) en una tensión o corriente continua (CC).



TENSIÓN CONTINUA



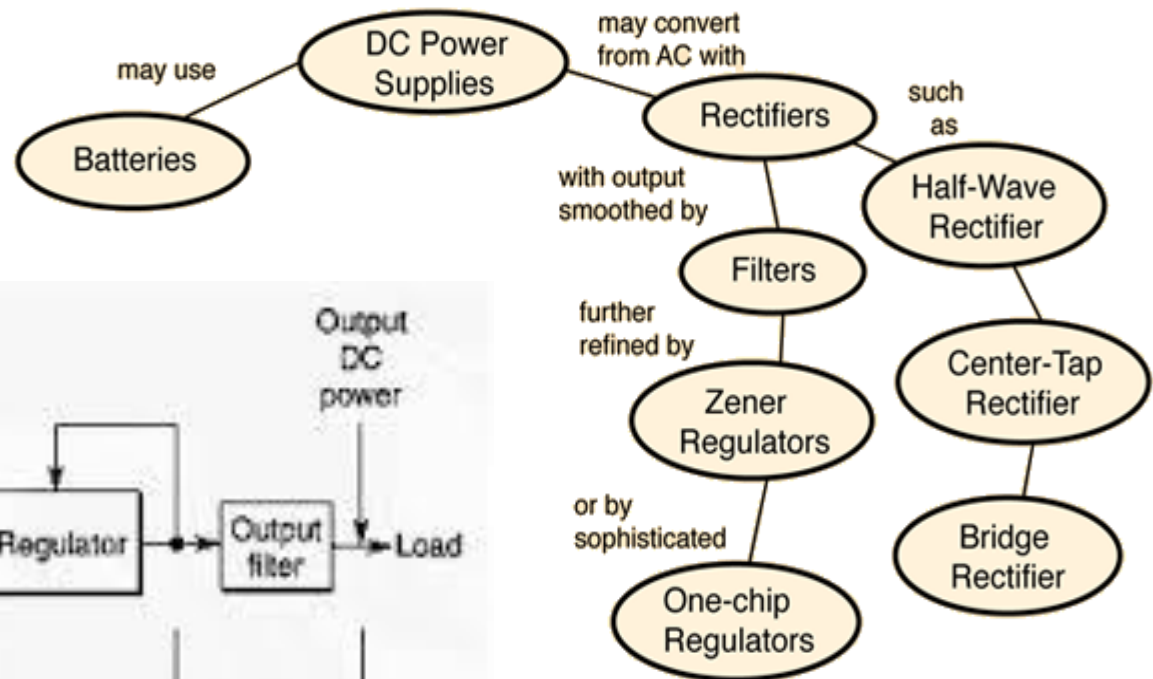
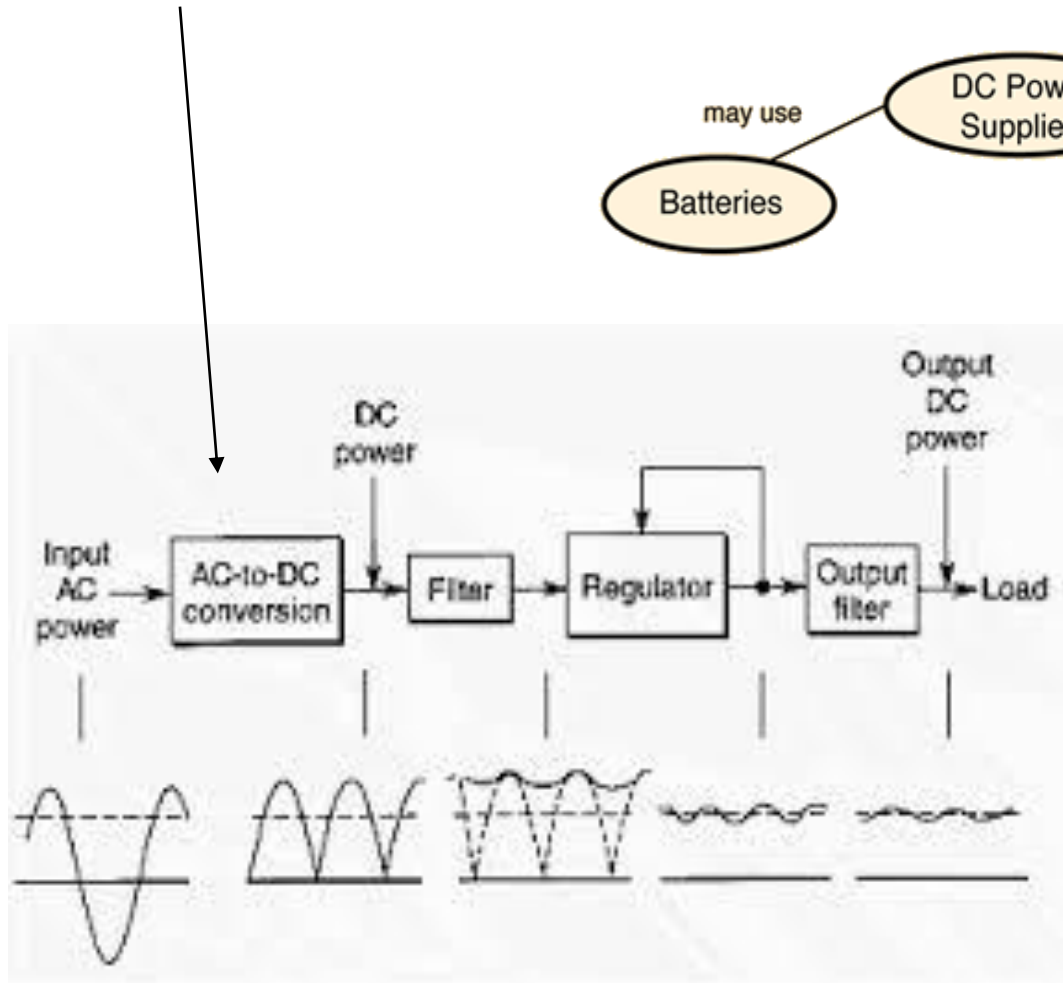
TENSIÓN ALTERNA (SENOIDAL)



- 1 = Amplitud o valor de pico.
- 2 = Amplitud pico a pico.
- 3 = Valor eficaz.
- 4 = Período

CIRCUITO RECTIFICADOR

- Es la primera etapa en la conversión de tensión alterna en tensión continua.



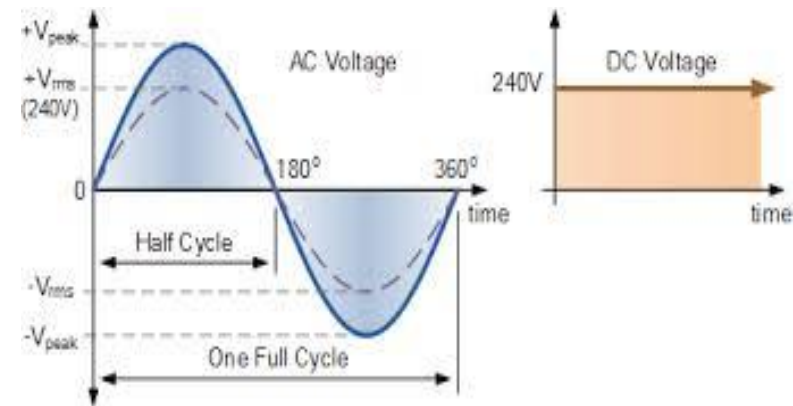
VALOR MEDIO Y VALOR EFICAZ

- El **Valor medio**, V_{dc} , de una onda periódica es el promedio de la onda: (área positivo – área negativo)

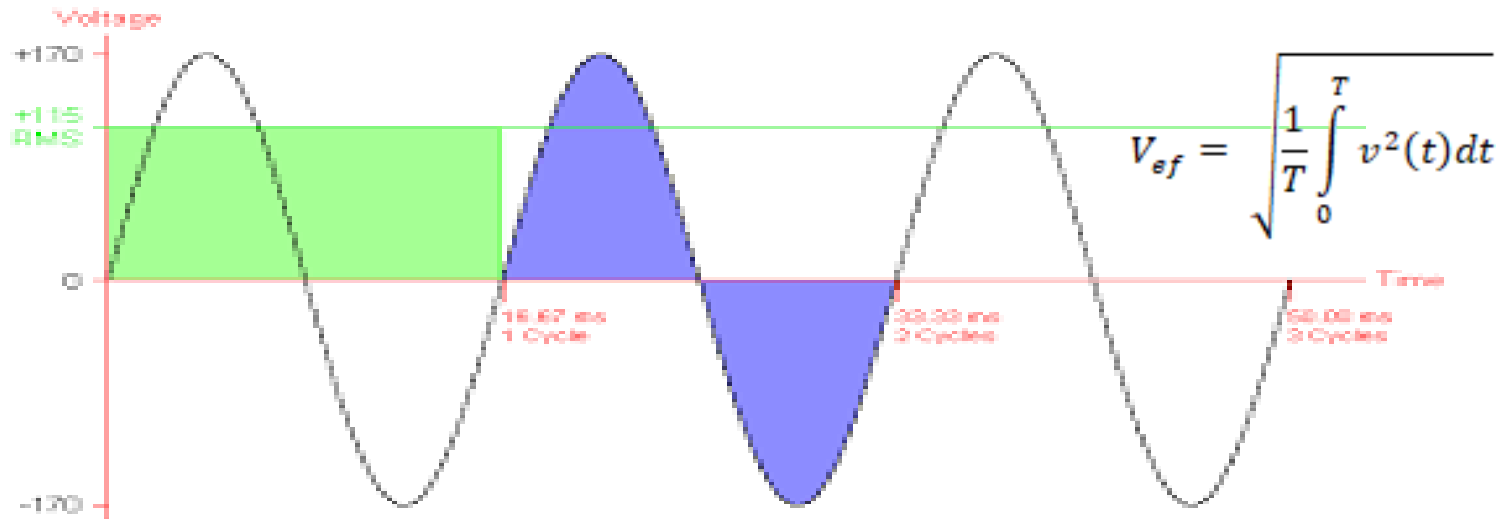
$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$$

Por ejemplo: $v(t) = \sin(t)$, $V_{dc} = 0$.

En cambio, una tensión continua, $v(t) = 240 \text{ V}$, tiene un valor medio igual a su valor de tensión continua: $V_{dc} = 240 \text{ V}$.



- Valor eficaz** o valor rms (root mean square): Es un valor constante, que equivale a la energía de la onda de alterna, (área positivo + área negativo).



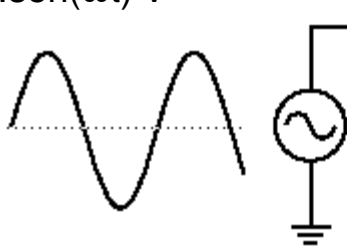
RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

- Por simplicidad, analizaremos estos circuitos suponiendo al diodo como elemento ideal, es decir, con tensión umbral, $V_\gamma = 0 \text{ V}$ y resistencia del diodo, $r_d = 0 \Omega$.

Tensión de entrada:

$$V_i(t) = V_{\text{máx}} \cdot \sin(\omega t) \text{ V}$$

$$V_{\text{DC}} = 0 \text{ V}$$



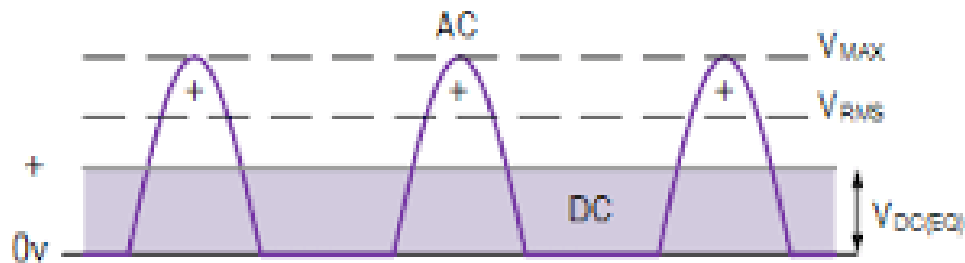
Tensión de salida:

$$V_o(t)$$



$$V_{\text{DC}} = V_{\text{máx}} / \pi = 0,3 \cdot V_{\text{máx}}$$

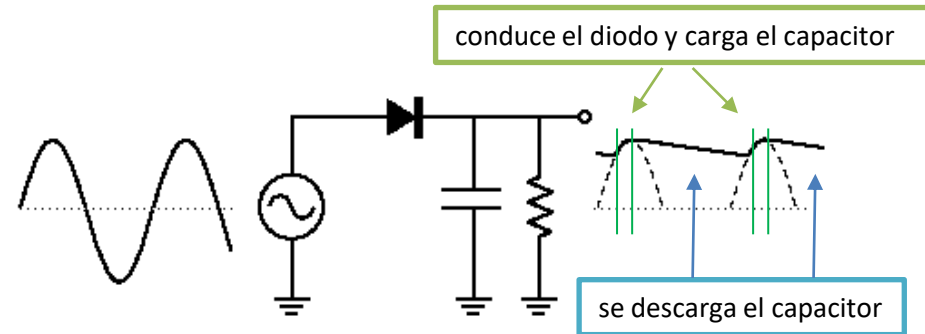
La tensión de salida $V_o(t) = \begin{cases} V_i(t) , & \text{en el semiciclo positivo} \\ 0 , & \text{en el semiciclo negativo.} \end{cases}$



Rectified Output Waveform

RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA (con filtro)

- Al rectificador de media onda se le agregan bobinas o capacitores para lograr un V_{DC} más alto. Estos elementos funcionan como filtros, redondeando la onda de tensión de salida.
- Para un buen funcionamiento, el valor del capacitor debe ser tal que:
 $R.C \gg T$ (período de la onda de entrada).
- Se obtiene un mayor valor de tensión continua de salida.
- Mientras el diodo conduce se carga el capacitor, y se descarga sobre la resistencia de salida cuando el diodo no está en conducción.
- El diodo está más exigido porque disminuye su tiempo de conducción y aumenta su corriente respecto del rectificador sin filtro.
- Para lograr un mayor rendimiento, se emplean circuitos con dos diodos o más.

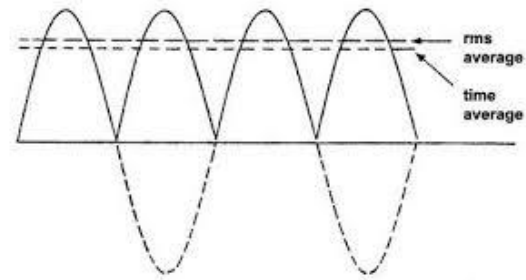
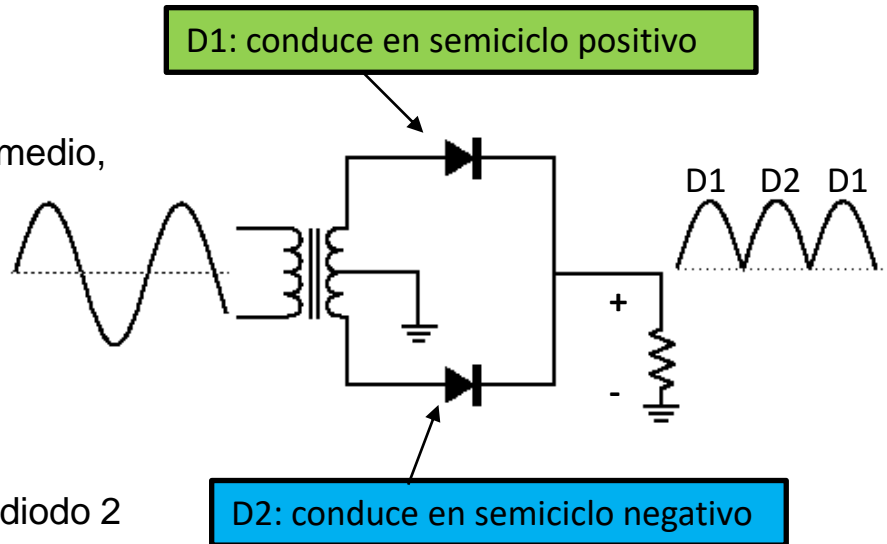


RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

a.1-) RECTIFICADOR DE PUNTO MEDIO

- Este circuito emplea un transformador con punto medio, a potencial de tierra o neutro.
- Durante el semiciclo positivo de la tensión de entrada, conduce corriente el diodo 1, mientras que el diodo 2 permanece bloqueado en polarización inversa.
- Durante el semiciclo negativo sucede al revés, el diodo 2 está en conducción, y el diodo 1 soporta la tensión inversa.
- La onda de salida tiene un mayor valor de continua que en el circuito de media onda.

$$V_{DC} = 2 \cdot V_{DC}(\text{rect. media onda}) = 0,6 \cdot V_{\text{máx}}$$

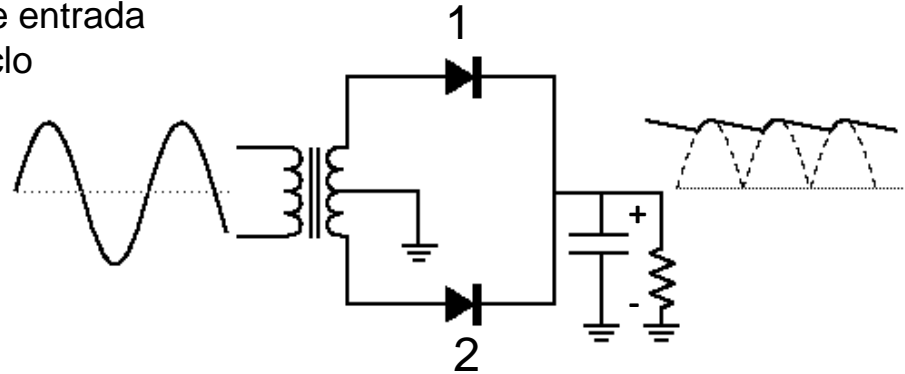


RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

a.2-) RECTIFICADOR DE PUNTO MEDIO (con filtro)

- Durante el semiciclo positivo de la tensión de entrada conduce el diodo 1, mientras que en el semiciclo negativo, conduce el diodo 2.

- El capacitor se carga durante el tiempo de conducción de los diodos, y se descarga sobre la resistencia mientras los diodos quedan polarizados con tensión inversa.

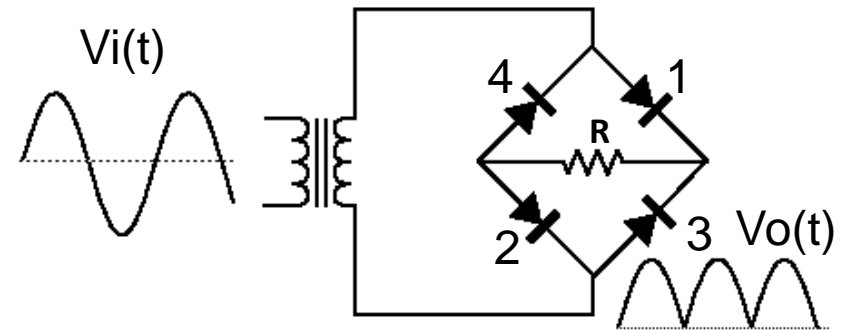


- El proceso de descarga del capacitor suaviza la onda de salida, obteniéndose un mayor valor de tensión continua en la carga.
- Para obtener un buen funcionamiento, la constante de tiempo, $R.C$, debe ser mucho mayor que el período de la onda de entrada, ($RC \gg T$).
- El costo de un mayor V_{DC} lo sufren los diodos, que deben soportar una mayor corriente a la vez que se reducen sus tiempos de conducción.

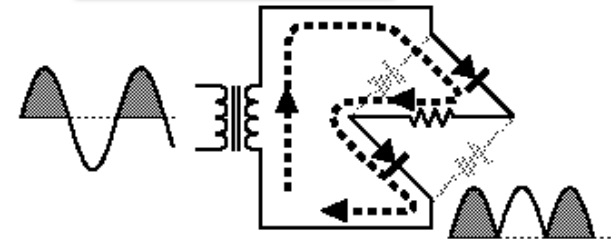
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

b) RECTIFICADOR PUENTE

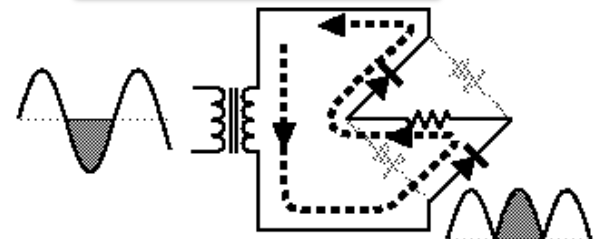
- Este circuito emplea cuatro diodos. Los diodos 1 y 2 conducen en el semiciclo positivo, mientras que en el semiciclo negativo conducen los diodos 3 y 4.
- La tensión de salida sobre la resistencia tiene siempre la misma polaridad, y la corriente por la resistencia en ambos semiciclos tiene el mismo sentido.
- El pico de tensión de entrada es mayor al pico de tensión de salida en 1,2 V aproximadamente, debido a la caída de tensión en los dos diodos que conducen corriente.
- Los diodos que no conducen, soportan la tensión inversa.



Semiciclo positivo

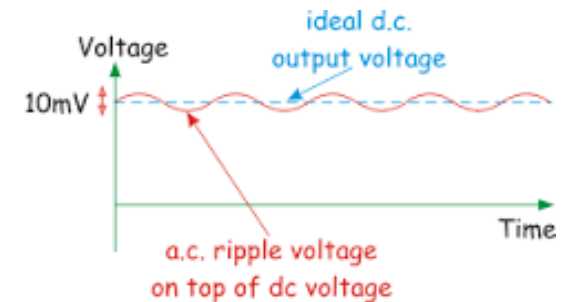


Semiciclo negativo



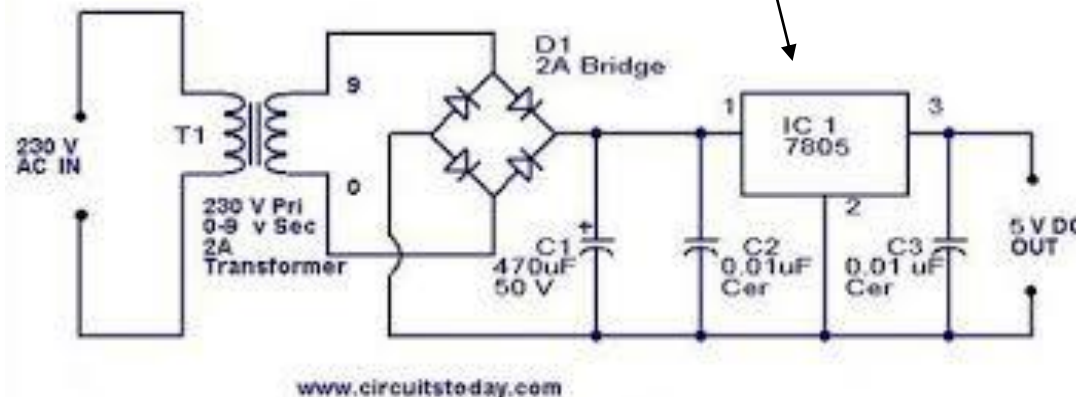
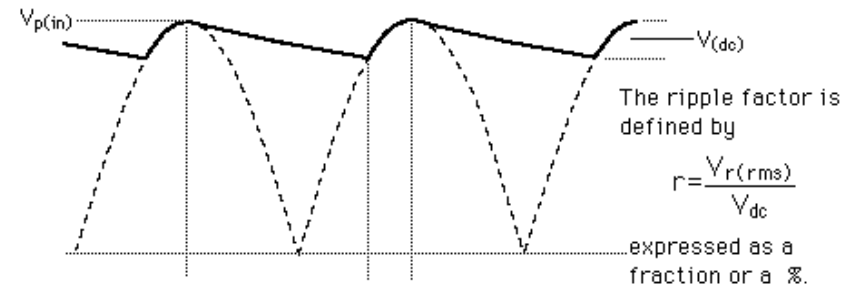
TENSIÓN DE RIPPLE (con filtros RC)

- En un circuito rectificador se desea obtener un alto valor de tensión continua. La pequeña tensión alterna residual que permanece a la salida se denomina tensión de ripple, y es una medida de la calidad de la rectificación. Cuanto mejor es la rectificación, menor es la tensión de ripple.



- El factor de ripple se define como: $FR = V_{r(rms)} / V_{DC}$

- Para bajar el valor de ripple se pueden emplear un zener, después del filtro RC. Para bajar aún más el ripple se utilizan circuitos integrados llamados **reguladores de voltaje**, que se conectan a la salida del rectificador. Ejemplo: LM7805



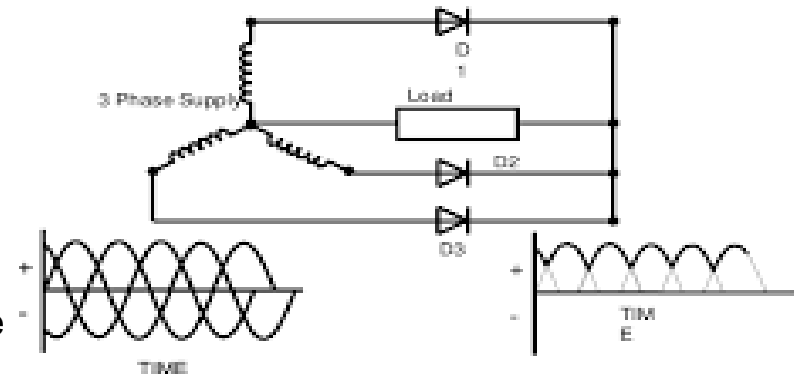
RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA (con diodos)

- En las industrias es común utilizar rectificadores trifásicos, ya que se logra un mejor factor de ripple.

a). RECTIFICADOR TRIFÁSICO DE MEDIA ONDA:

- Cada diodo conduce 120°
- El ripple es menor que en el rectificador monofásico.
- Cuanto más fases tenga el rectificador, menor es el ripple
- Sin filtros se logra $V_{dc} = 0,8 V_{m\acute{a}x}$

Three phase half wave



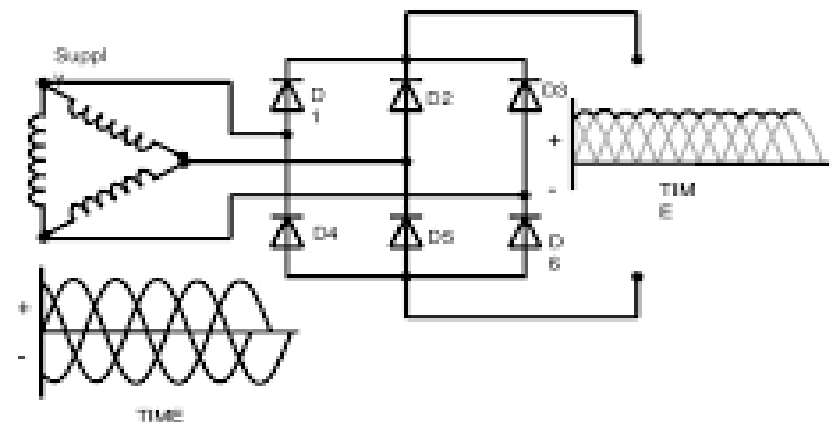
Revision 01

34

b). RECTIFICADOR TRIFÁSICO DE ONDA COMPLETA (Puente Trifásico):

- Conduce el diodo más positivo de los 6 y retorna por el diodo más negativo.
- Sin filtros se obtiene $V_{dc} = 1,7 V_{m\acute{a}x}$ (mayor a $V_{m\acute{a}x}$).

Three phase full wave

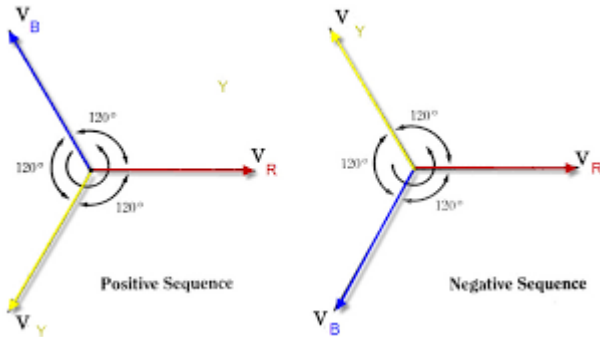


Revision 01

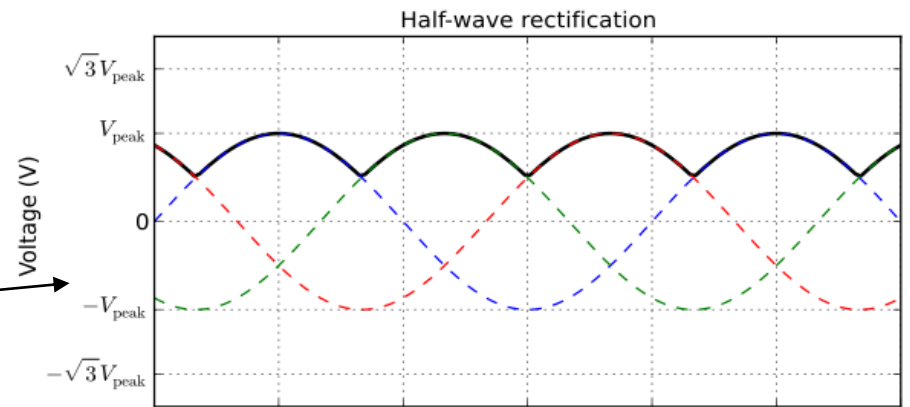
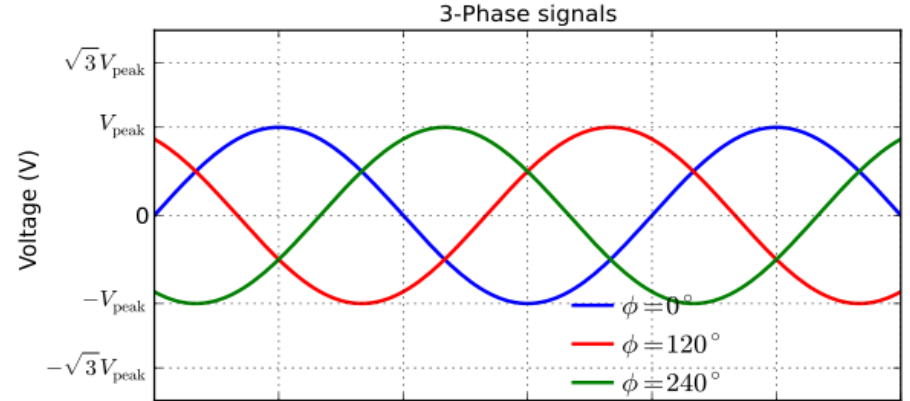
35

Detalle de las formas de ondas

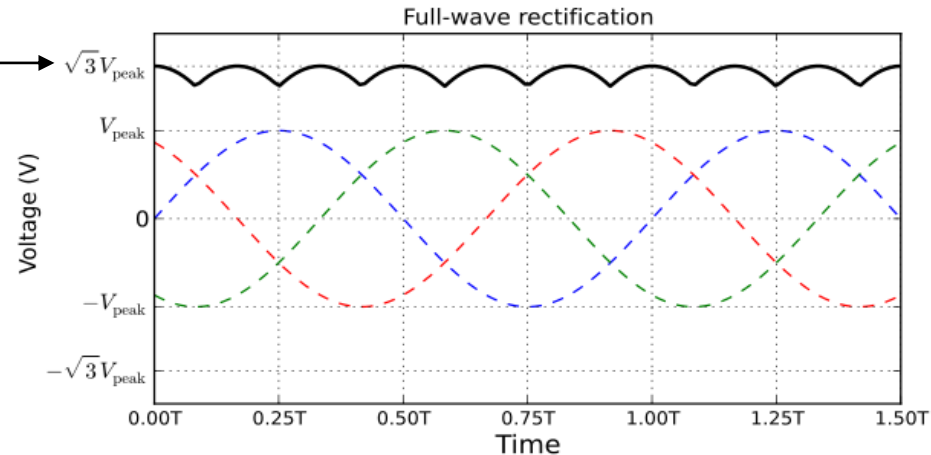
- Tensiones trifásicas de entrada: \longrightarrow
Cada fase está desfasada 120° respecto de las otras fases.



- Tensión rectificada de media onda \longrightarrow
 $V_{dc} = 0,8 V_{m\acute{a}x}$



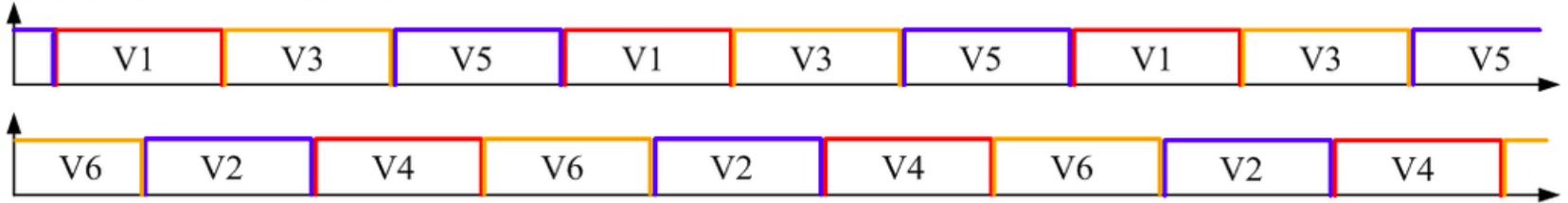
- Tensión rectificada de onda completa \longrightarrow
 $V_{dc} = 1,6 V_{m\acute{a}x}$



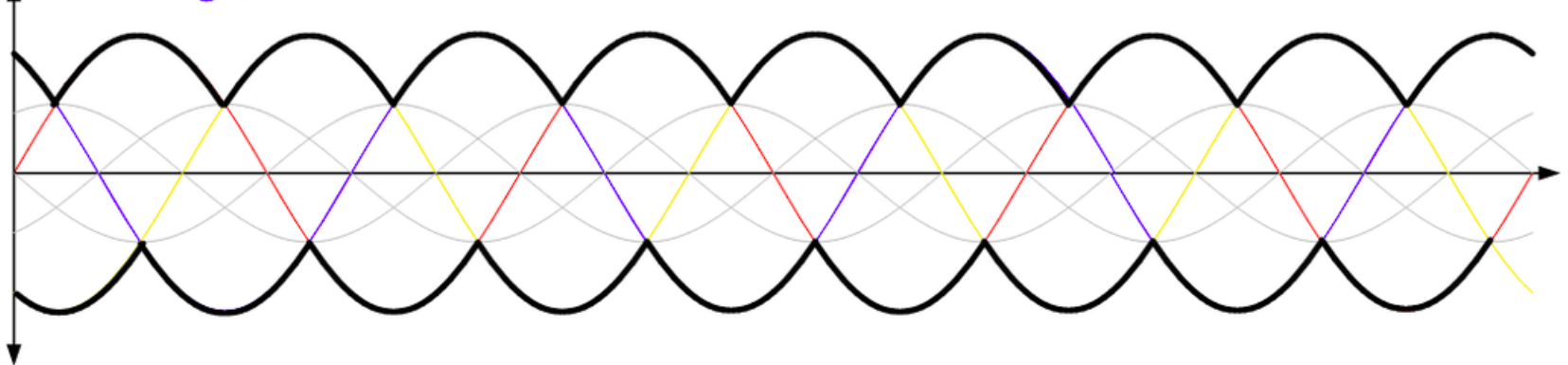
- Una UPS trifásica, por ejemplo, rectifica la tensión de la red y almacena en baterías la tensión continua obtenida. Ante un corte de energía eléctrica, automáticamente genera el sistema trifásico de tensiones que reemplaza a la red eléctrica.

RECTIFICADOR TRIFÁSICO DE ONDA COMPLETA: Corriente por cada diodo

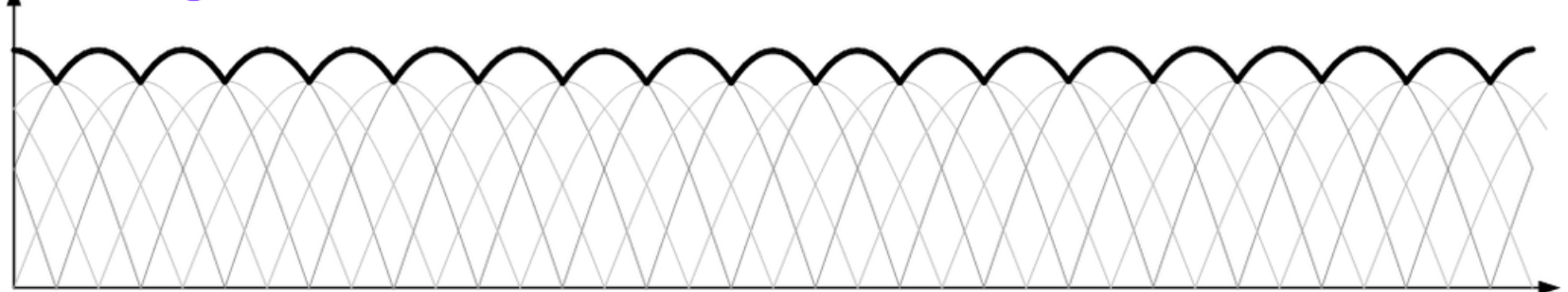
Currents in each valve



DC voltage, line to neutral

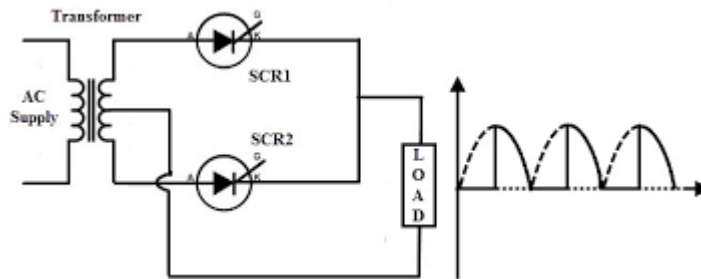


DC voltage, line to line

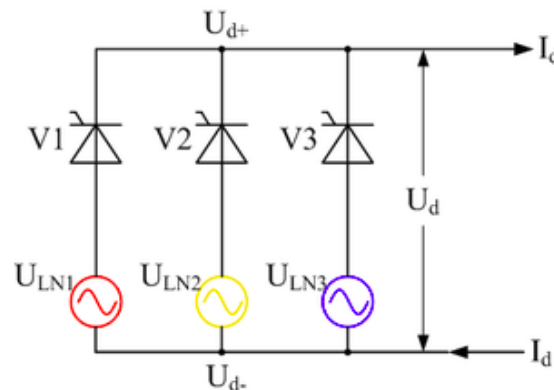


RECTIFICACIÓN TRIFÁSICA CONTROLADA (con Tiristores)

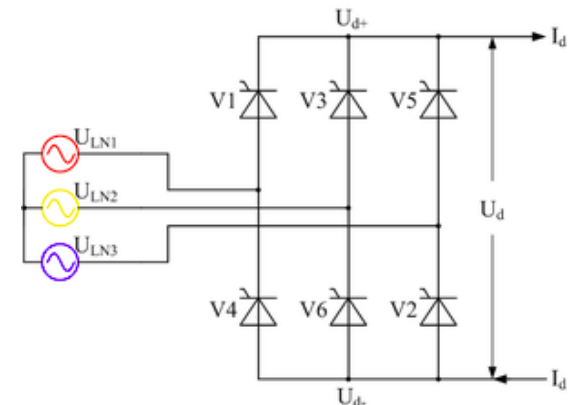
- Podemos controlar el momento en el que se encienden los Tiristores (ángulo de encendido). De esta manera se controla la energía que va a la carga.
- Cuanto menor es el ángulo de encendido, mayor es la potencia entregada a la carga. El circuito necesita circuitos auxiliares de encendido y apagado de los tiristores.



Circuito de Media Onda



Circuito de Onda Completa



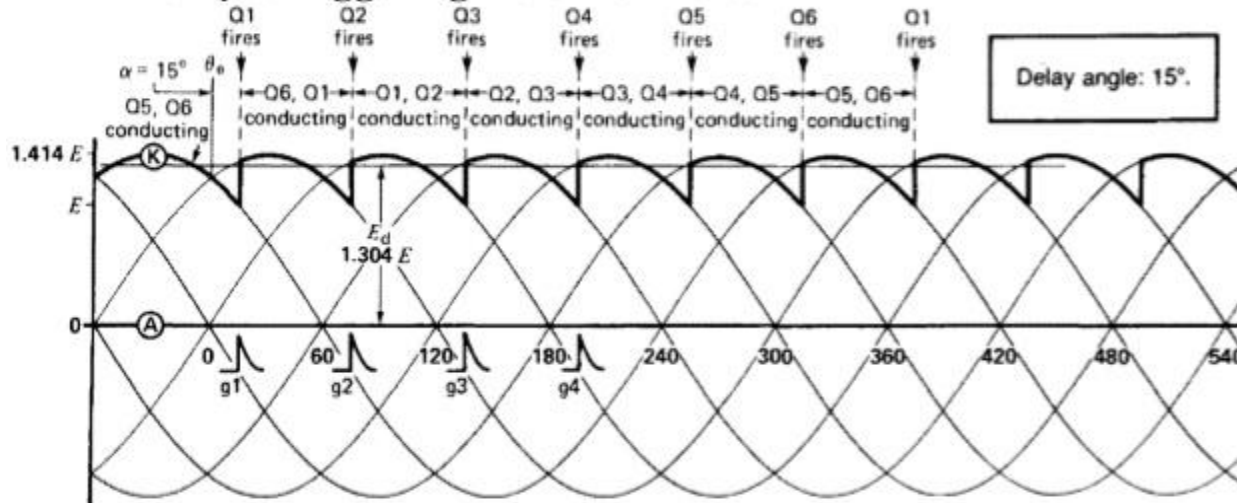
EJEMPLO: Ángulo de disparo = 15°

- La variación brusca de la corriente por los tiristores, produce interferencias por el contenido de armónicos de alta frecuencia ($di/dt \gg 0$)

Basic thyristor power circuits

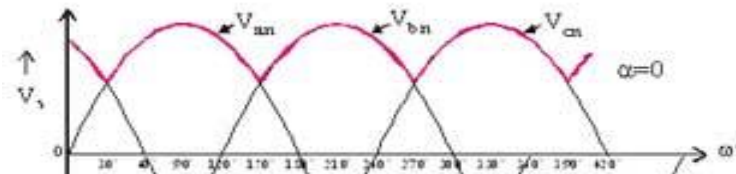
3-phase, 6-pulse controllable converter

Delayed triggering - rectifier mode

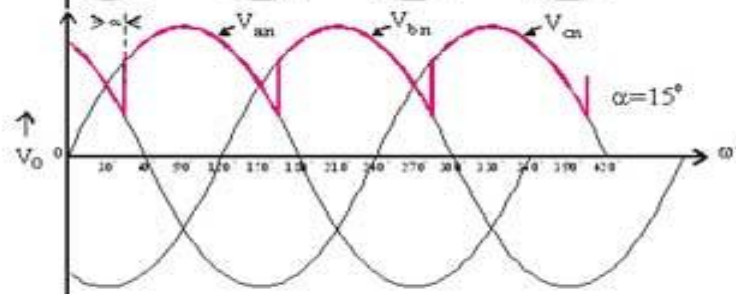


Otros ejemplos de ángulos de disparo

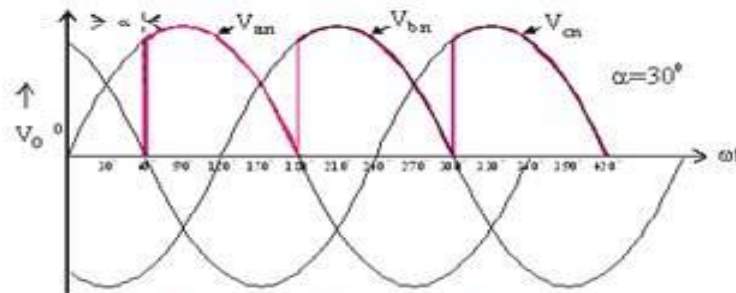
- Ángulo $\alpha = 0^\circ$



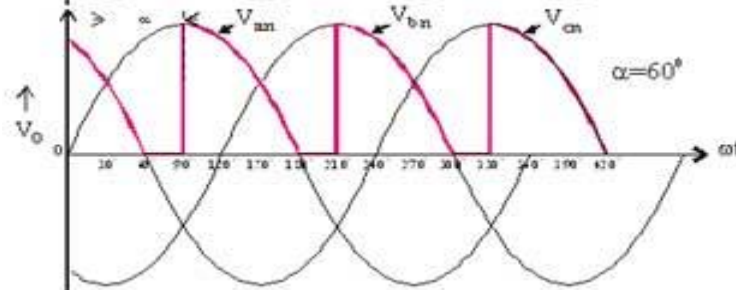
- Ángulo $\alpha = 15^\circ$



- Ángulo $\alpha = 30^\circ$



- Ángulo $\alpha = 60^\circ$

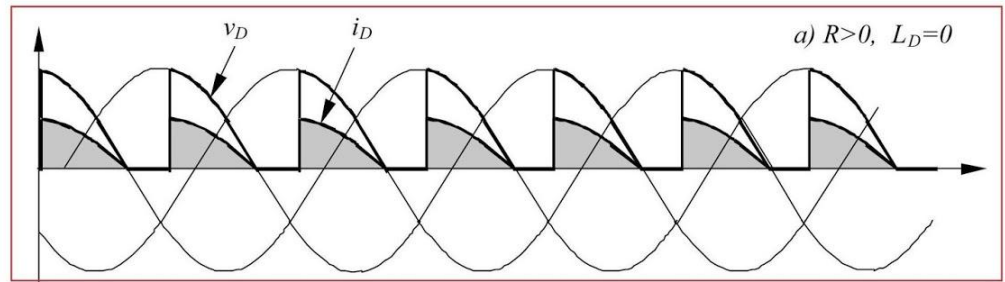


La cantidad de energía es proporcional al área encerrada.

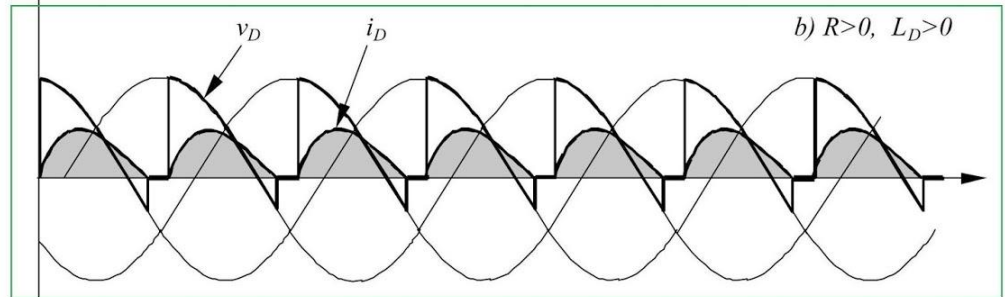
A mayor ángulo, menor energía entregada a la carga.

Distintos Tipos de Cargas

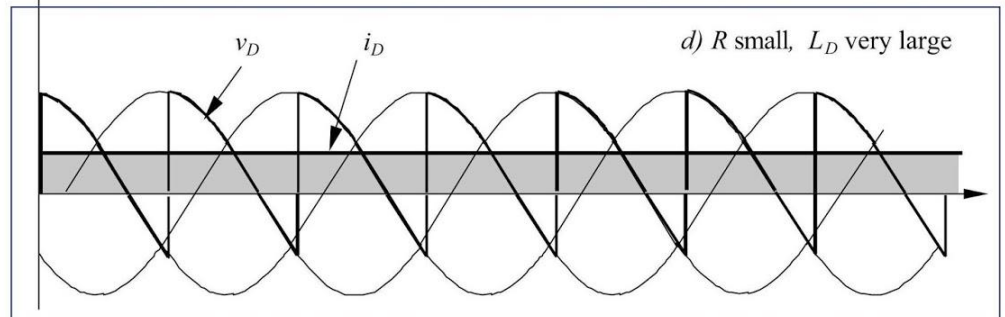
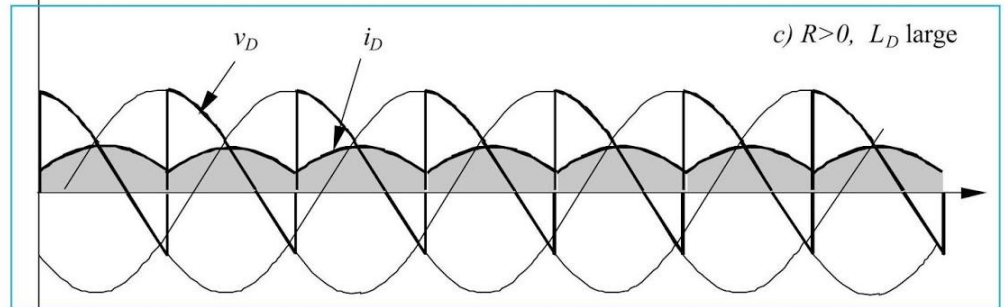
- Un motor es una carga inductiva y de poca resistencia.



- Con cargas muy inductivas aparecen tensiones negativas en la carga. →



- Si la inductancia es grande, también actúa como filtro, suavizando la onda de corriente. ↘



DC current waveforms