

# Introducción a los convertidores AC/DC

Hans Alayo

9 de Julio de 2015

# Motivación

- ▶ La energía eléctrica tradicionalmente es generada en AC (50-60Hz).
- ▶ Motores en DC.
- ▶ Motores de inducción AC.
- ▶ Transmisión en corriente continua.
- ▶ Ingreso de fuentes de energía renovable: energía solar (DC), energía eólica (AC, frecuencia variable) .

# Motivación



# Contenido

Principio de funcionamiento

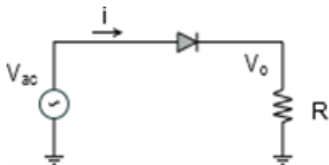
Rectificador controlado

Métodos de análisis

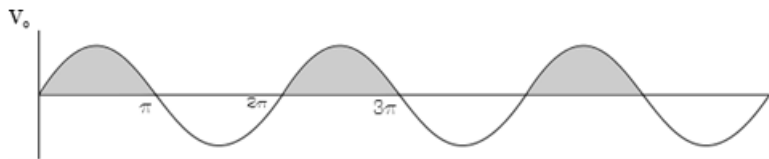
Simulación numérica

# Principio de funcionamiento

- ▶ Obtener una tensión continua a partir de una tensión alterna: rectificador.
- ▶ Los dispositivos electrónicos se modelan por switches ideales (on/off).
- ▶ Rectificador de media onda.



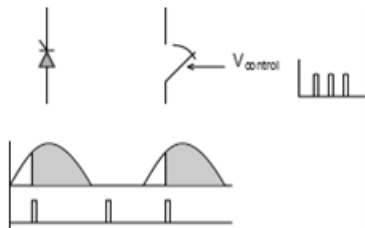
# Principio de funcionamiento



$$V_s = \sqrt{2}V \sin(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}V \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}$$

## Rectificador controlado - media onda



- ▶ Los tiristores permiten controlar el tiempo del disparo.

## Rectificador controlado - media onda

$$V_s = \sqrt{2}V \sin(\omega t)$$

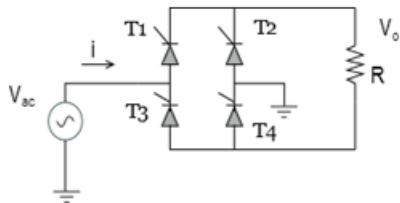
$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2}V \sin(\omega t) d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}V}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

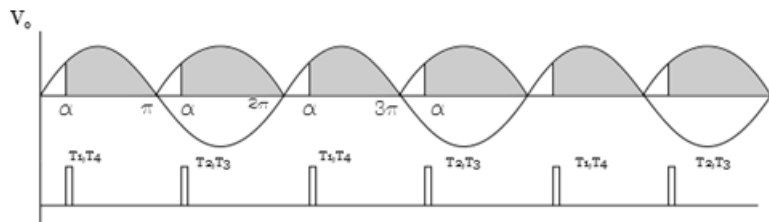
Variando el ángulo  $\alpha$  se puede variar la tensión suministrada a la carga. La forma de onda contiene muchos armónicos.



## Rectificador controlado - onda completa



## Rectificador controlado - onda completa



$$V_s = \sqrt{2}V \sin(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2}V \sin(\omega t) d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{\sqrt{2}V}{\pi} (\cos \alpha + 1)$$

## Rectificador controlado - onda completa

- ▶ Variando el ángulo  $\alpha$  se puede variar la tensión suministrada.
- ▶ El caso más importante es considerar una carga R-L.
- ▶ La forma de onda aún contiene armónicos, en la practica se utilizan filtros.
- ▶ El filtro mas simple es un utilizar un condensador entre los terminales de la carga.

$$i_{cap} = C \frac{dV_{cap}}{dt}$$

# Métodos de análisis

- ▶ Descomposición en series de Fourier, casos pequeños.
- ▶ Solución en el dominio del tiempo.
- ▶ Representación por ecuaciones diferenciales (lineales).
- ▶ Solución numérica: método de integración trapezoidal.
- ▶ Software: EMTP, PSCAD, PSpice.

# Métodos de análisis

- ▶ El método trapezoidal es utilizado para convertir un conjunto de ecuaciones diferenciales (originadas por los componentes de la red) en un conjunto de ecuaciones algebraicas que relacionan tensiones, corrientes y valores pasados.

$$x = \frac{dy}{dt}$$

$$y(t) = \int_{t-\Delta t}^t x dt + y(t - \Delta t)$$

$$y(t) = \frac{\Delta t}{2} (x(t) + x(t - \Delta t)) + y(t - \Delta t)$$

## Métodos de análisis

$$v = L \frac{di}{dt}$$

$$i(t) = \frac{\Delta t}{2} \cdot \frac{v(t) - v(t - \Delta t)}{L} + i(t - \Delta t)$$

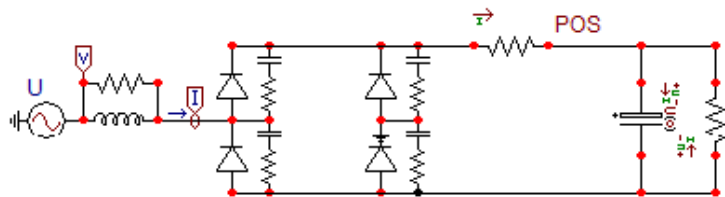
$$\frac{\Delta t}{2L} \cdot v(t) = i(t) + \frac{\Delta t}{2L} \cdot v(t - \Delta t) - i(t - \Delta t)$$

$$G \cdot v(t) = i(t) + \text{Hist}(t - \Delta t)$$

# Simulaciones en ATPDraw

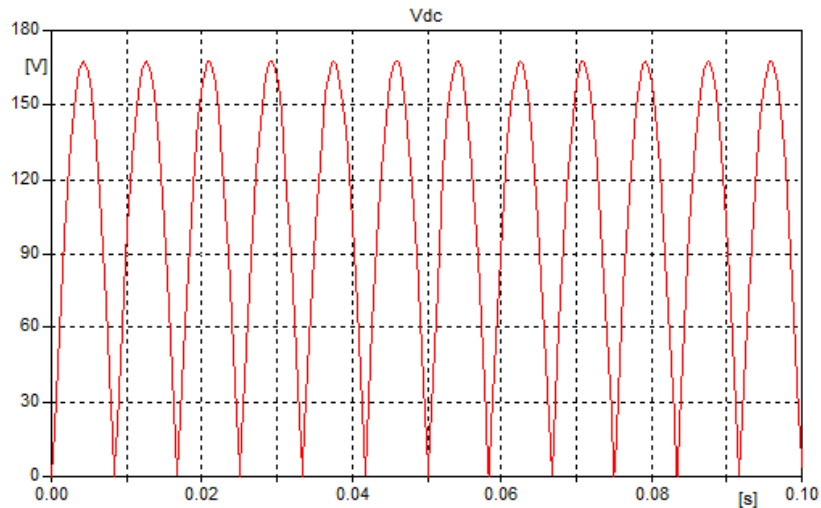
- ▶ Versión gráfica del EMTP, desarrollado por Hermann Dommel.
- ▶ Utiliza el método de integración trapezoidal.
- ▶ Caso práctico: rectificador onda completa,  $V_{ac} (rms)=120\text{ V}$   
 $R=20\text{ ohms}$ ,  $C=1000\text{ microF}$ .

## Simulaciones en ATPDraw

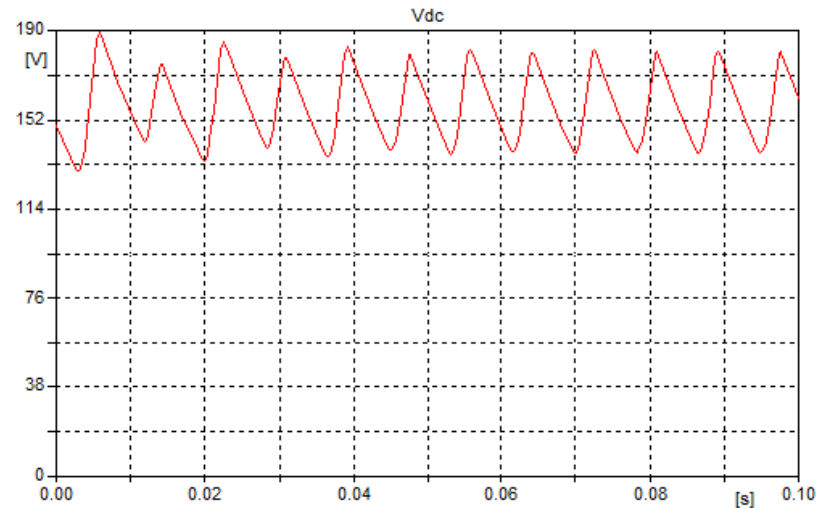




# Simulaciones en ATPDraw

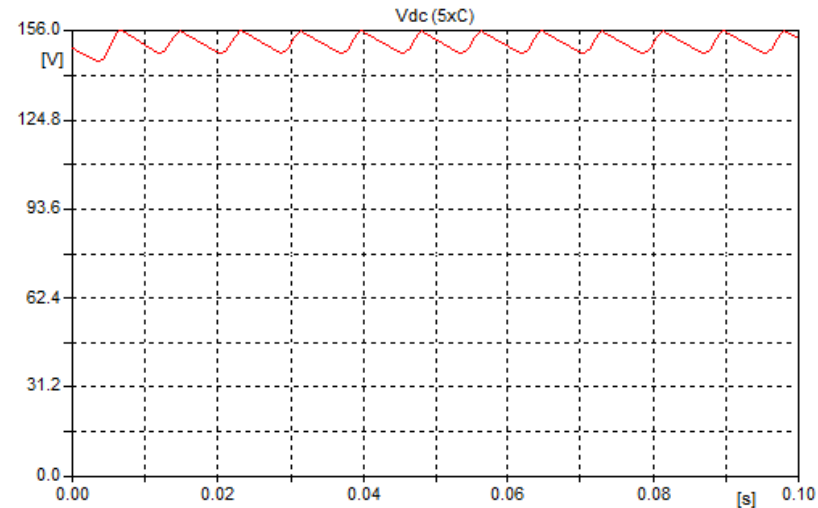


# Simulaciones en ATPDraw



(file Exa\_1.pl4; x-var t) v:POS -NEG

# Simulaciones en ATPDraw



(file Exa\_1.pl4; x-var t) v:POS -NEG

Gracias!