

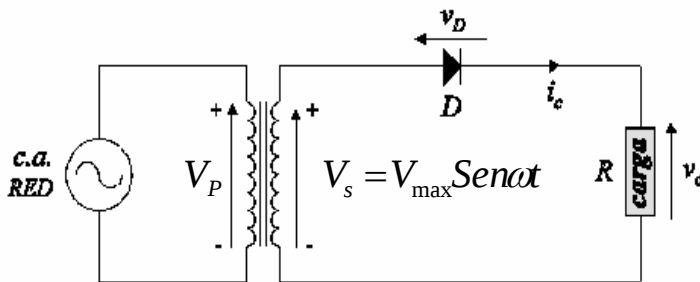
TEMA 2:

RECTIFICACIÓN

NO CONTROLADA

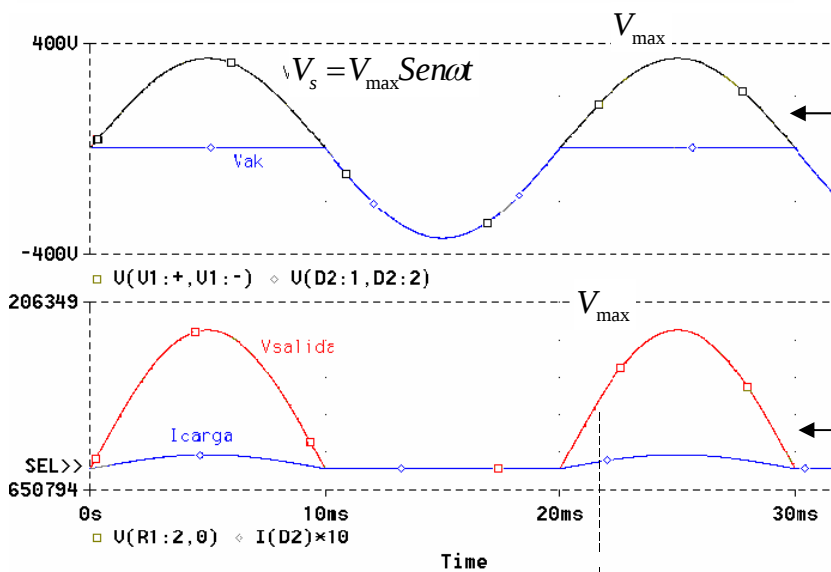
Rectificadores monofásicos

Rectificadores monofásicos de media onda o P1



**RECTIFICADOR MONOFASICO
DE MEDIA ONDA CON
CARGA RESISTIVA**

Formas de onda



**Tensión en el secundario
del transformador V_s**

$$V_c = V_{max} \text{Sen} \omega t \quad 0 \leq \omega t \leq \pi$$

$$V_c = 0 \quad \pi \leq \omega t \leq 2\pi$$

Tensión en la carga V_c

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \text{Sen} \omega t \, d\omega t = \frac{V_{max}}{\pi} = 0,318 V_{max}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (V_m \text{Sen} \omega t)^2 \, d\omega t} = \frac{V_{max}}{2}$$

$$FF = \frac{0,5 V_{max}}{0,318 V_{max}} = 1,57 \quad (157\%)$$

$$FR = \sqrt{FF^2 - 1} = 1,21 \quad (121\%)$$

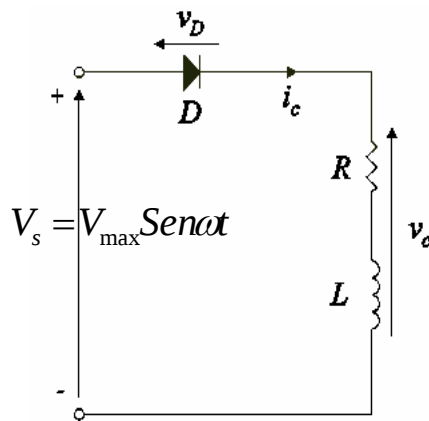
$$\eta = \frac{V_{dc}^2 / R}{V_{rms}^2 / R} = \left(\frac{2}{\pi} \right)^2 = 0.405$$

$$FUS = \frac{V_{dc} \cdot I_{dc}}{V_{sec_rms} \cdot I_{sec_rms}} = \frac{V_{dc}^2 / R}{\frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot V_{rms} / R} = 0.287$$

Selección Diodo:

$$I_{Fav} = \frac{V_m}{\pi \cdot R} \quad I_{rms} = \frac{V_m}{2 \cdot R} \quad V_{RRM} = V_m$$

Rectificadores monofásicos de media onda o P1 con **CARGA INDUCTIVA (RL)**

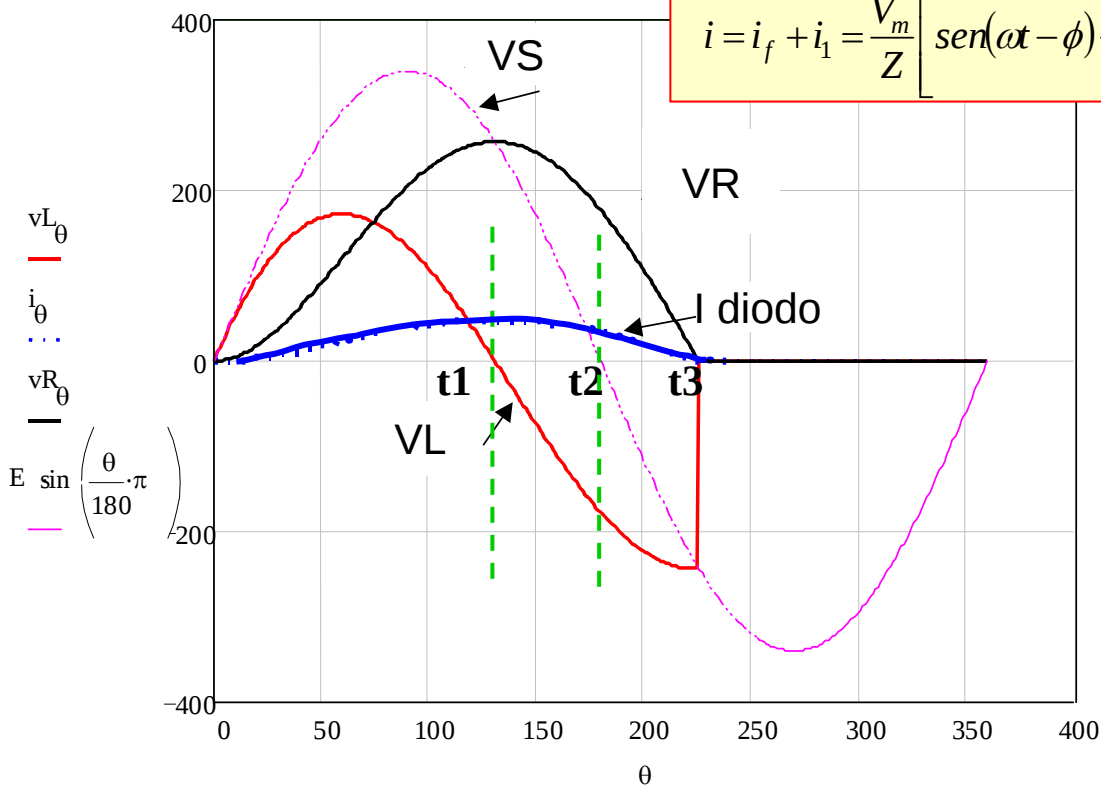


- Para $0 < t < t_1$ V_s es (+) y
D conduce $V_{\text{bobina}} > 0$
L almacena energía

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V_m \text{Sen} \omega t$$

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \quad \phi = \arctg \frac{L\omega}{R}$$

$$i = i_f + i_1 = \frac{V_m}{Z} \left[\text{sen}(\omega t - \phi) + \text{sen} \phi \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$



- Para $t_1 < t < t_2$

D conduce

$V_s > 0$

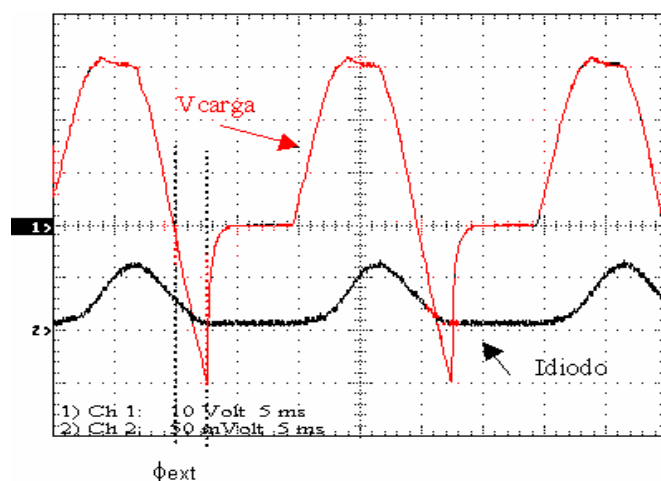
$V_{\text{bobina}} < 0$

(extensión del tiempo de conducción natural $\omega t = \pi$) en $t = t_3$ $i_d = 0$

$\omega t_3 = \phi_{\text{ext}} = \text{ángulo extinción}$

$$\text{sen}(\phi_{\text{ext}} - \phi) = -\text{sen} \phi \cdot e^{-\frac{R \cdot \phi_{\text{ext}}}{L \cdot \omega}}$$

El diodo conduce durante el semiciclo negativo de V_s , reduciendo el valor medio de la tensión continua en la carga



Resistiva pura

$$\frac{L\omega}{R} \rightarrow 0 \quad \frac{L\omega}{R} = \tan(\phi) = 0$$

$$\sin(\phi) = 0 \rightarrow \phi = 0, \pi, 2\pi$$

$$i(t)_{R \gg L\omega} = \frac{V_m}{R} \cdot [\sin(\omega t - 0) + 0]$$

$$i(\phi_{ext})_{R \gg L\omega} = 0 \rightarrow \omega t_3 = \phi_{ext} \rightarrow 0^\circ, 180^\circ = 0, \frac{T}{2}$$

Inductiva pura

$$\frac{L\omega}{R} \rightarrow \infty \quad \tan(\phi) \rightarrow \infty$$

$$\cos(\phi) = 0 \rightarrow \phi = \pi/2, 3\pi/2$$

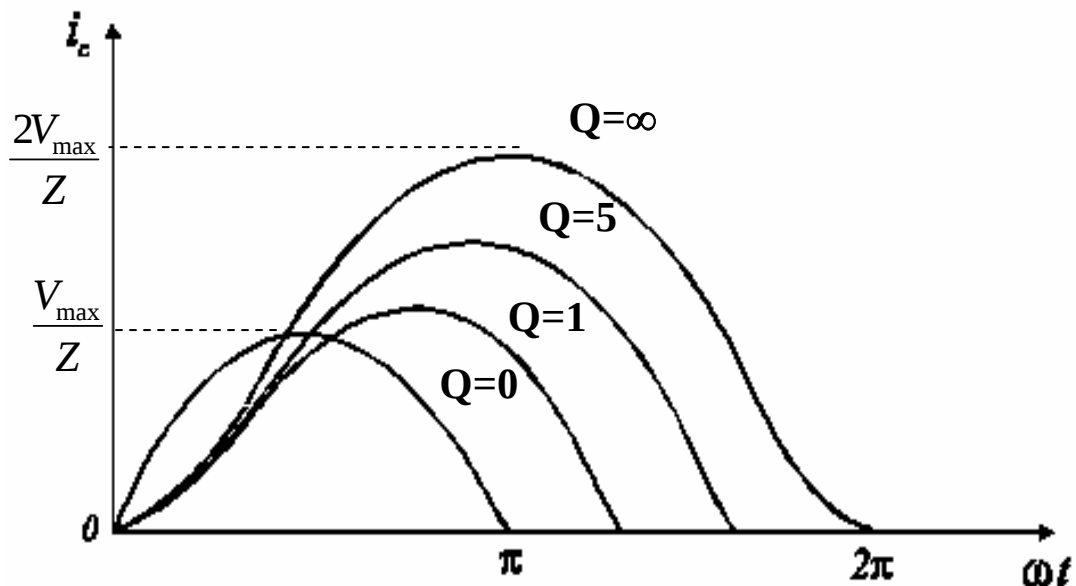
$$i(t)_{L\omega \gg R} = \frac{V_m}{L\omega} [\sin(\omega t - \pi/2) + 1]$$

$$i(t)_{L\omega \gg R} = \frac{V_m}{L\omega} [1 - \cos(\omega t)]$$

$$i(\phi_{ext})_{L\omega \gg R} = 0 \rightarrow \omega t_3 = \phi_{ext} \rightarrow 0^\circ, 360^\circ = 0, T$$

En esta gráfica podemos apreciar la evolución de la intensidad en la carga en función de Q:

$$Q = \text{Factor de calidad} = \frac{L\omega}{R}$$



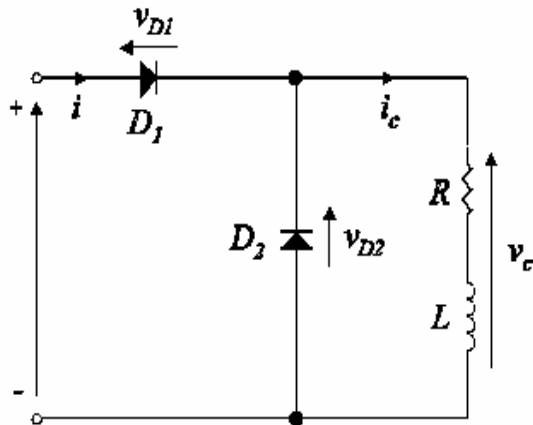
▪ Para $Q = \infty$ CARGA INDUCTIVA PURA

La corriente nunca se anula y la Vdc será igual a cero

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{\omega t_3} V_m \cdot \sin \omega t \cdot d\omega t = \frac{V_m}{2\pi} (1 - \cos \omega t_3)$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{\phi_{ext}}{2} - \frac{\sin(2 \cdot \phi_{ext})}{4} \right)}$$

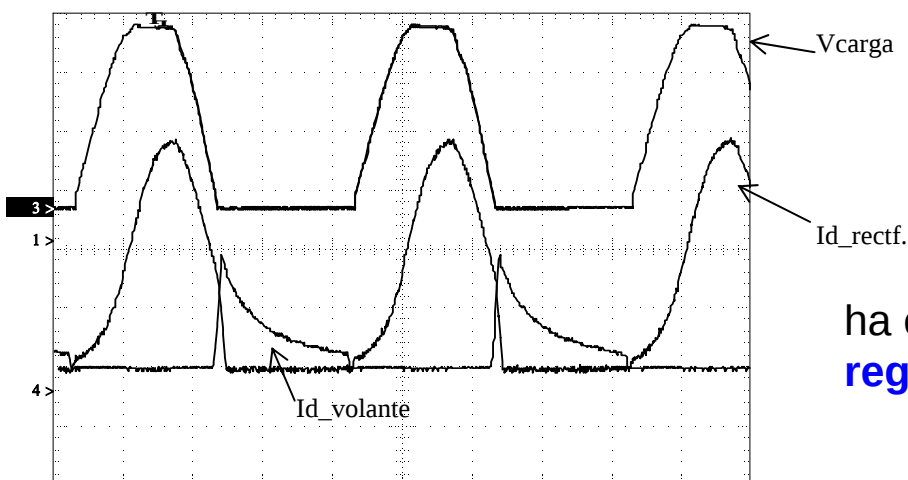
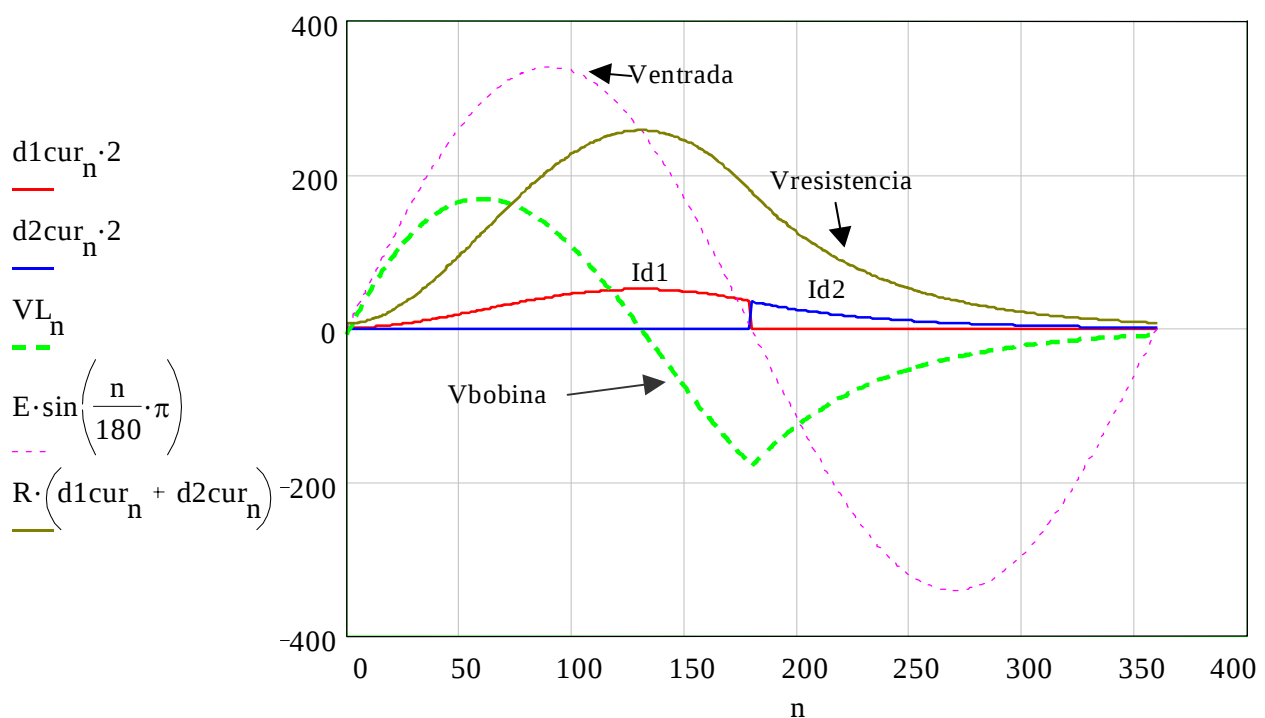
Rectificadores monofásicos de media onda o P1 con **CARGA INDUCTIVA (RL) + DIODO VOLANTE**



Para $0 < \omega t < \pi$ conduce D1

Para $\pi < \omega t < \phi_{ext}$ conduce D2

Para $\phi_{ext} < \omega t < 2\pi$ No conduce nadie

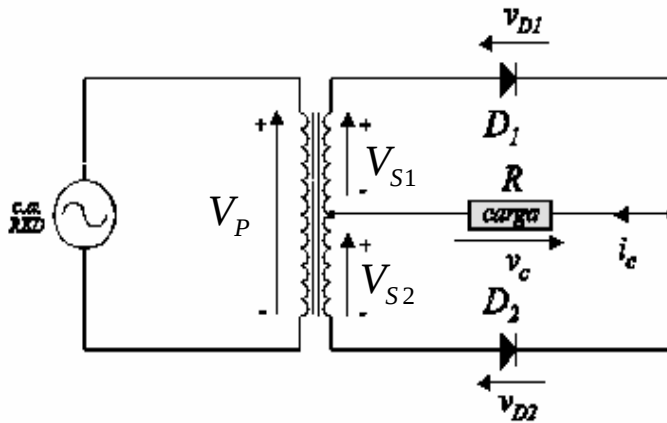


ha eliminado la **regulación de carga**

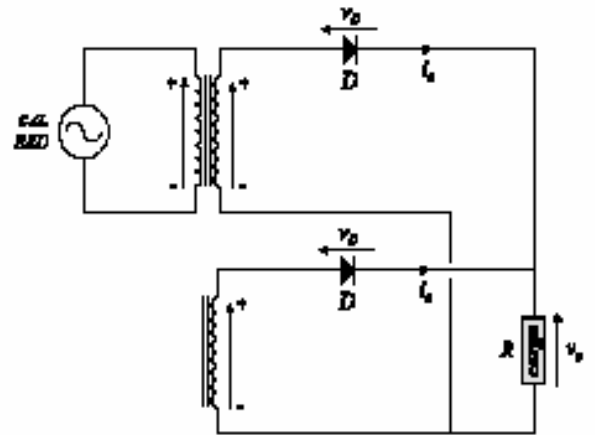
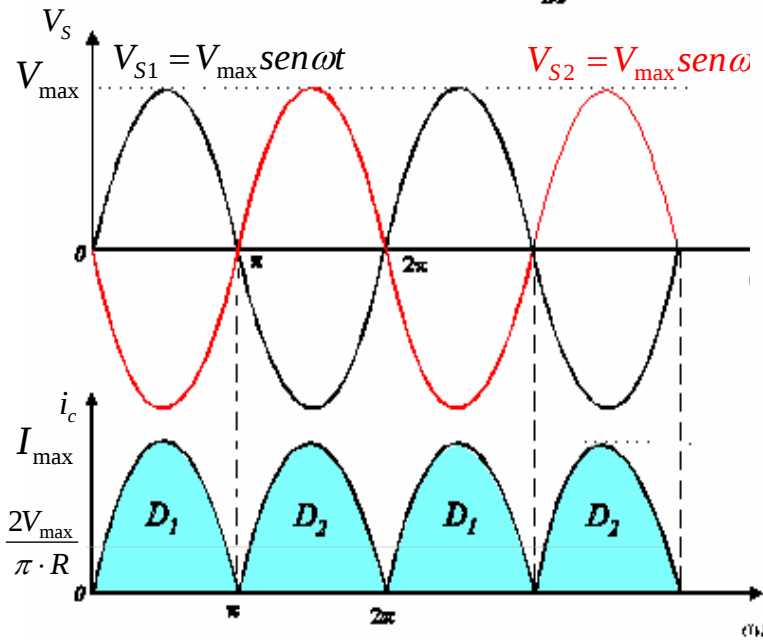
$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_m \cdot \sin \alpha \, d\alpha = \frac{V_{\max}}{\pi}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (V_m \cdot \sin \alpha)^2 \, d\alpha} = \frac{V_{\max}}{2}$$

Rectificadores monofásicos de onda completa o P2



RECTIFICADOR CON TRANSFORMADOR DE TOMA INTERMEDIA Y CARGA RESISTIVA
(Bifásico de media onda)



$$V_{dc} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max} \cdot \sin \omega t \, d\omega t = \frac{2V_{\max}}{\pi} = 0,636V_{\max}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (V_{\max} \cdot \sin \omega t)^2 \, d\omega t} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707V_{\max}$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{(0,636V_{\max})^2 / R}{(0,707V_{\max})^2 / R} = 0,81$$

$$FF = 111\%$$

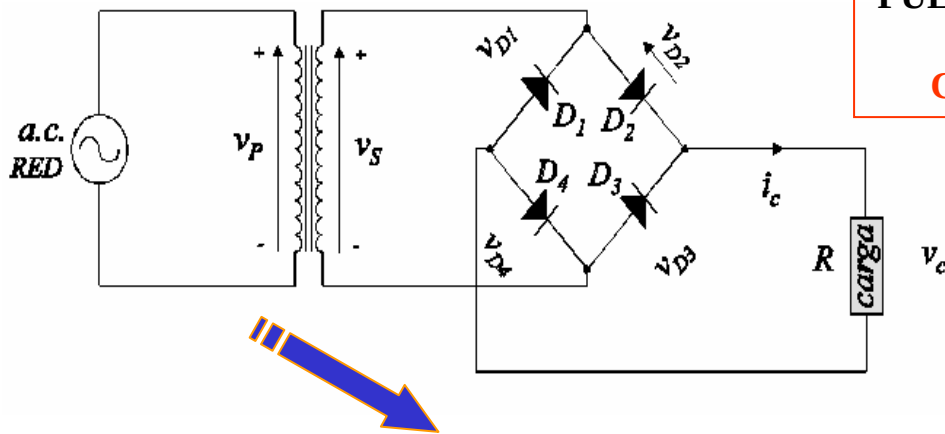
$$FR = 48.3\%$$

$$TUF = \frac{P_{dc}}{S} = 57,32\%$$

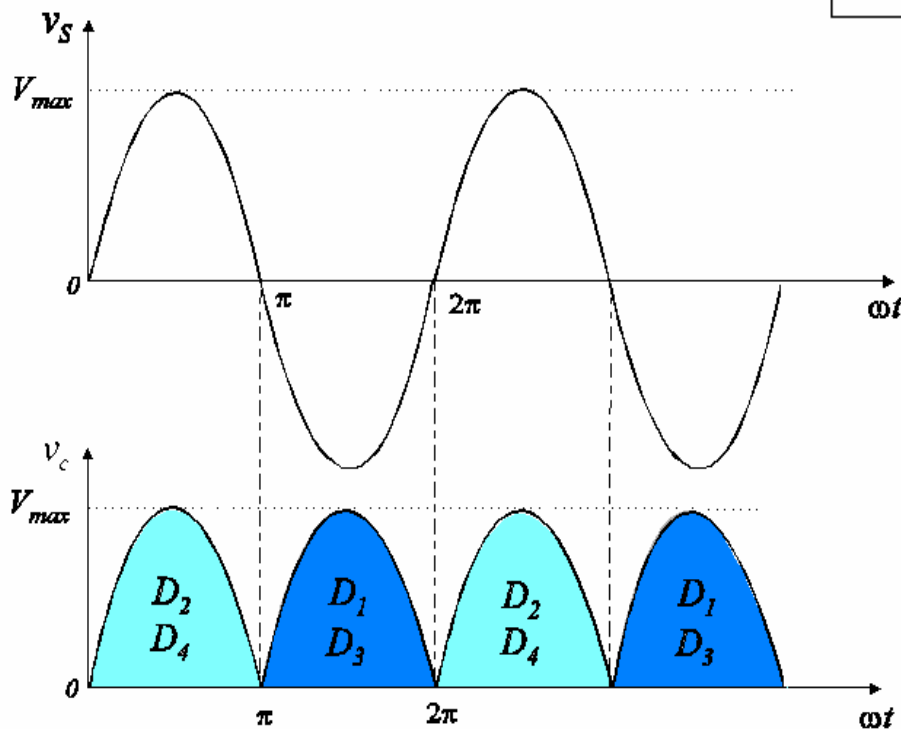
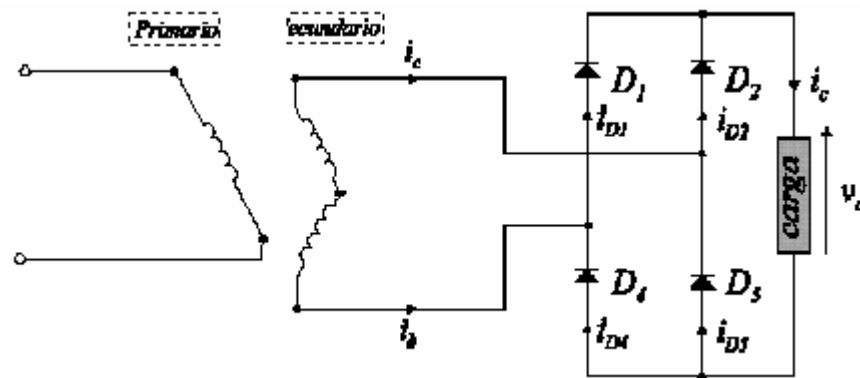
Selección Diodo:

$$I_{Fav} = \frac{2V_m}{\pi \cdot R} \quad I_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2} \cdot R} \quad V_{RRM} = 2V_m$$

Rectificadores monofásicos de onda completa o PD2



**PUENTE RECTIFICADOR
CON DIODOS Y
CARGA RESISTIVA**



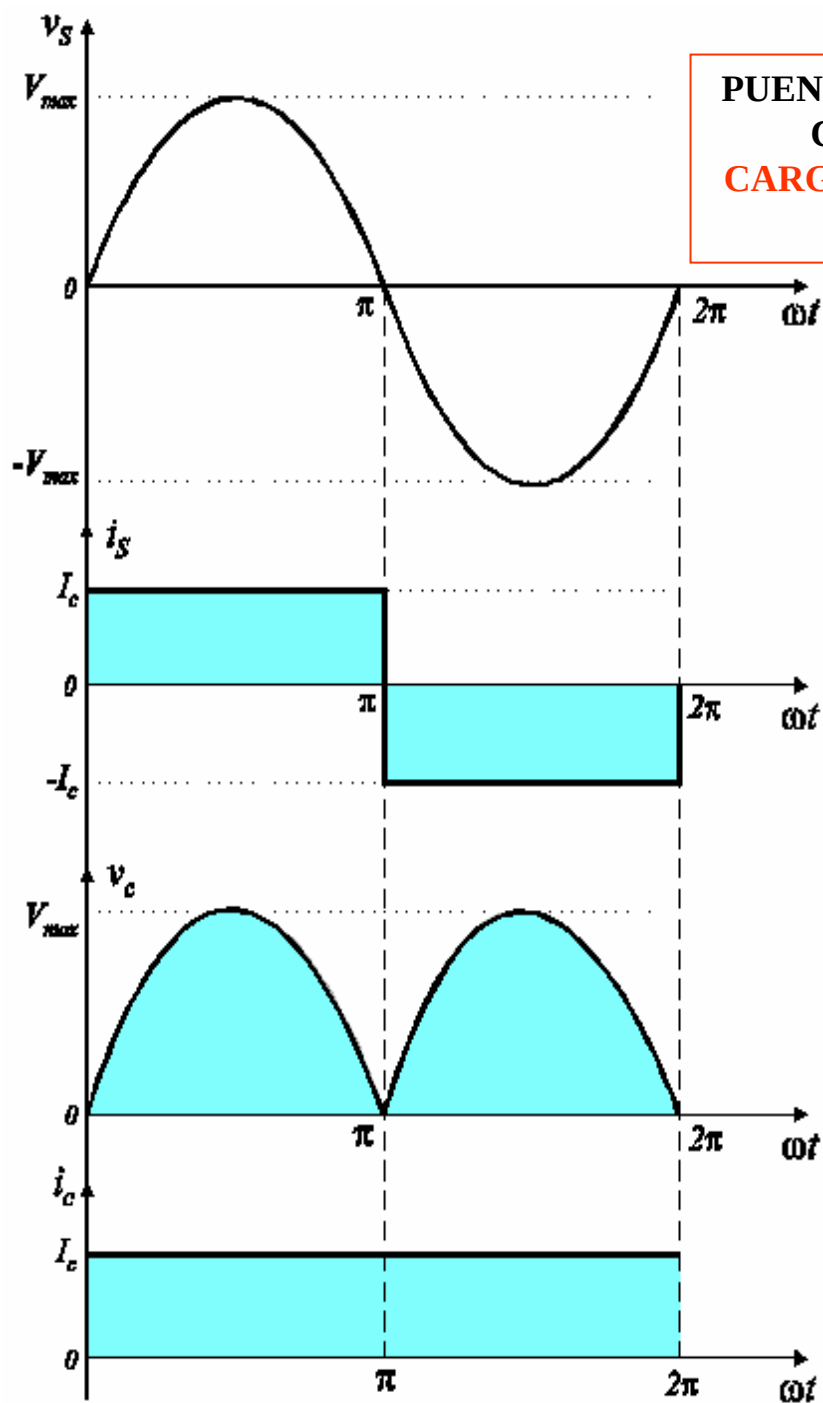
VENTAJAS

- Tensión inversa que soporta cada diodo, la mitad respecto al otro montaje.
- Transformador sin toma intermedia en el secundario + $\langle I_{sec} \rangle = 0$

INCONVENIENTES:

- Usa cuatro diodos.
- La caída de tensión que se produce en los diodos será doble.

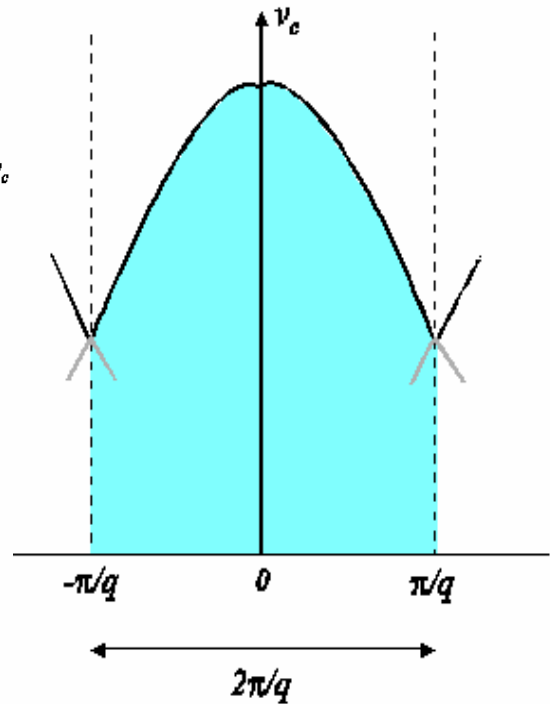
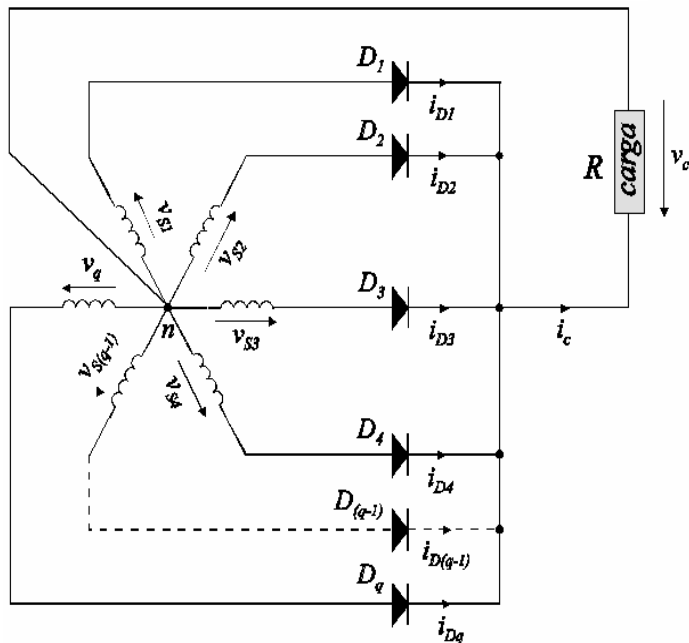
Rectificadores monofásicos



$$I_{rms} = I_{dc}$$

Rectificadores polifásicos

Rectificadores polifásicos de media onda



Indice de conmutación (Q) =
Número de conmutaciones por grupo de conmutación durante un periodo de la señal de entrada.

Si tomamos el origen de tiempos con el valor máximo positivo de V_{s1} , es decir, como una onda cosenoidal:

$$V_{s1} = V_{\max} \cos \omega t$$

$$V_{s2} = V_{\max} \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{q} \right)$$

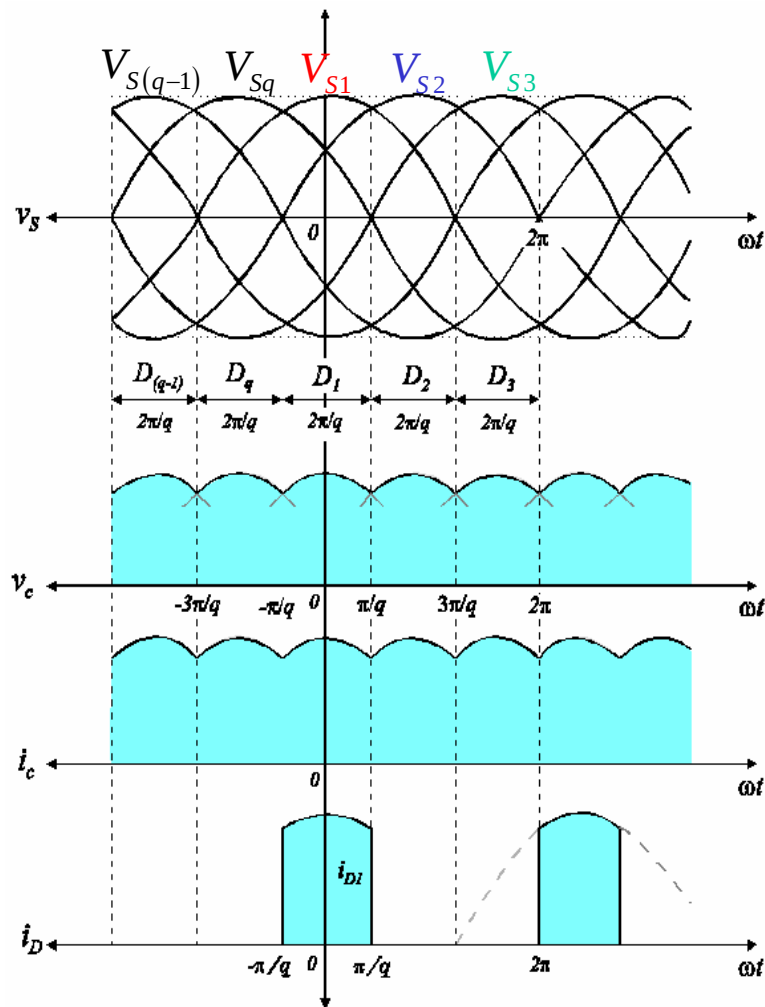
$$V_{s3} = V_{\max} \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{q} \right)$$

$$V_{sq} = V_{\max} \cos(\omega t - 2\pi)$$

$$V_{s(q-1)} = V_{\max} \cos \left[\omega t - \frac{2\pi(q-1)}{q} \right]$$

$2\pi/q$ = El desfase que existe entre dos fases consecutivas

Rectificadores polifásicos



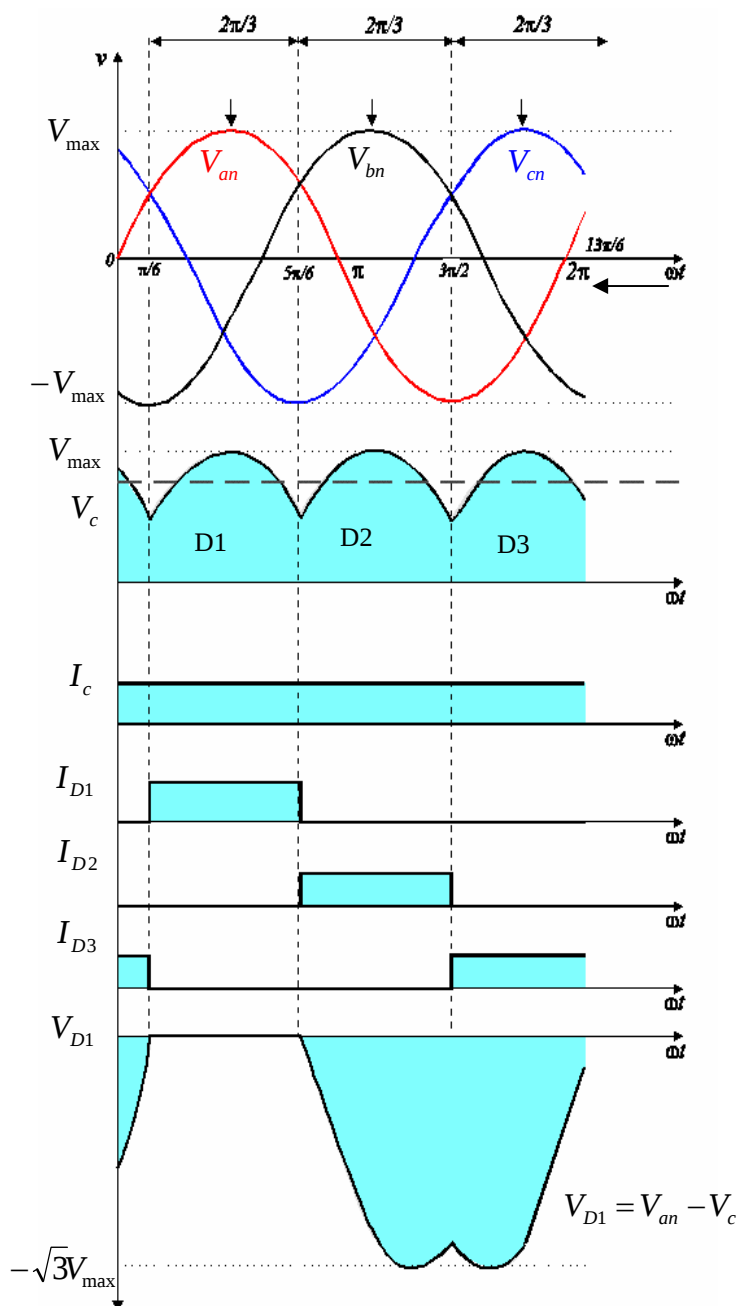
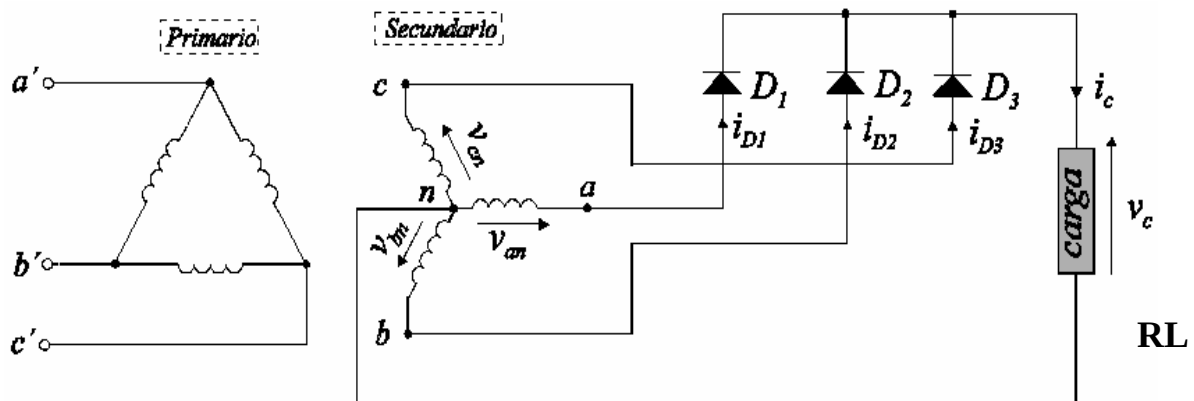
En un periodo
conducirán **q**
diodos

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi/q} \int_{-\pi/q}^{\pi/q} V_{\max} \cos \omega t d\omega t = \frac{q}{\pi} V_{\max} \text{Sen}\left(\frac{\pi}{q}\right)$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi/q}^{\pi/q} I_{\max} \cos \omega t d\omega t = I_{\max} \frac{1}{\pi} \text{Sen}\left(\frac{\pi}{q}\right) \rightarrow I_{D(dc)} = \frac{I_{dc}}{q}$$

TOTAL EN CADA DIODO

Rectificadores trifásicos de media onda o P3



Formas de onda para una carga altamente inductiva.

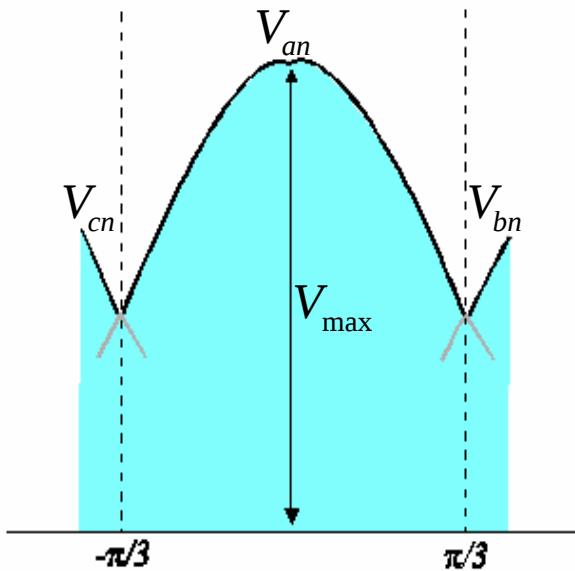
$$V_{an} = V_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$V_{bn} = V_{\max} \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$V_{cn} = V_{\max} \cdot \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

Cada diodo conduce alternativamente durante periodos de 120° ($2\pi/3$).

Rectificadores polifásicos



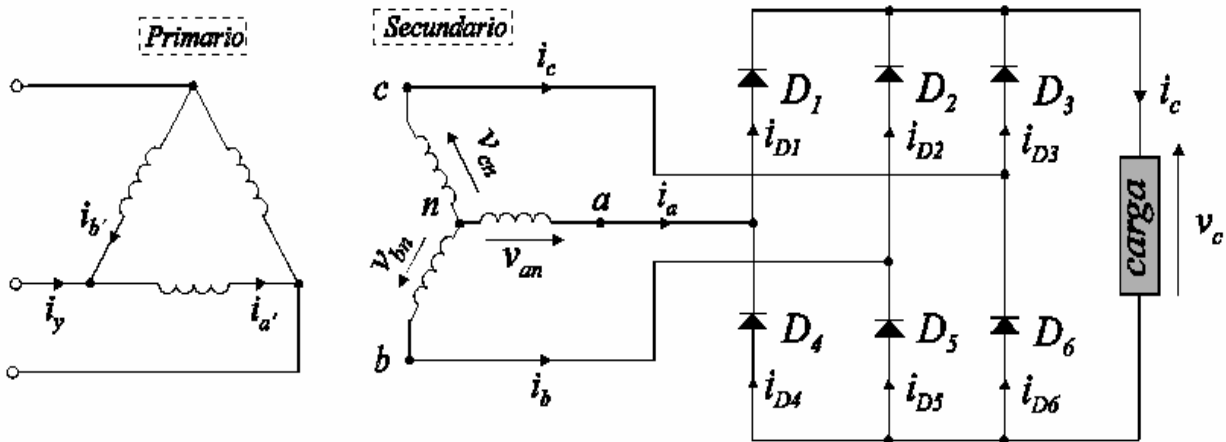
El estudio de la tensión media en la carga, lo haremos tomando como límites de integración los intervalos referidos a una onda cosenoidal:

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3}^{\pi/3} V_{\max} \cos \omega t \, dt = \frac{3}{\pi} V_{\max} \operatorname{Sen}\left(\frac{\pi}{3}\right) = 0,827V_{\max}$$

$$V_{rms} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{-\pi/3}^{\pi/3} (V_{\max} \cos \omega t)^2 \, d\omega t = 0,84068V_{\max}$$

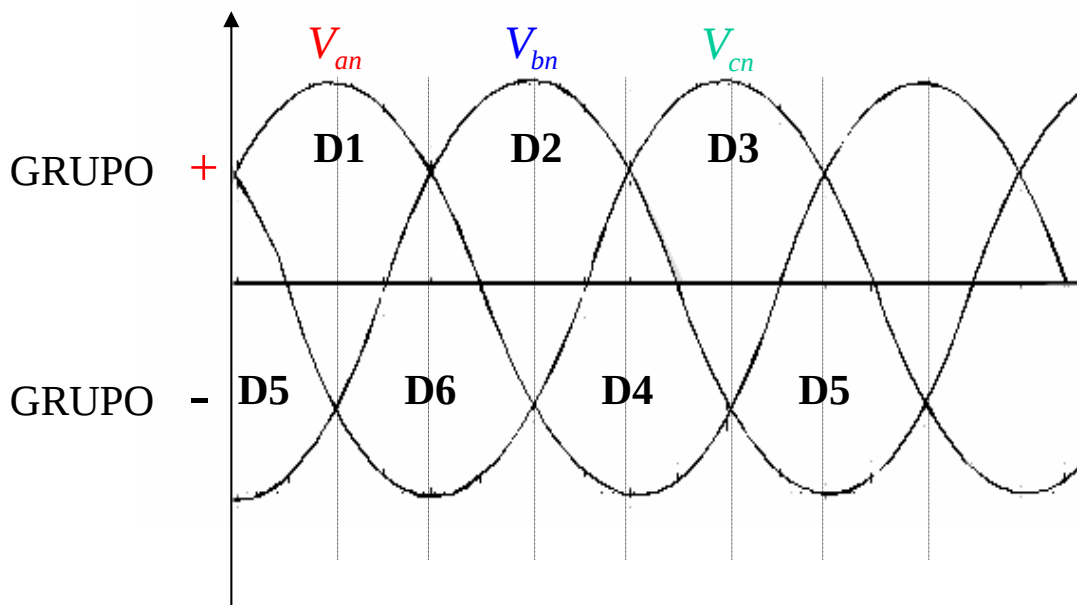
Rectificadores trifásicos de onda completa o PD3

Puente rectificador trifásicos de onda completa



Este tipo de circuitos pueden dividirse en dos partes:

- RECTIFICADOR TIPO P (D_1 , D_2 , D_3).
- RECTIFICADOR TIPO N (D_4 , D_5 , D_6)



Rectificadores trifásicos de onda completa o PD3

Rectificadores polifásicos

Formas de onda para una carga resistiva.

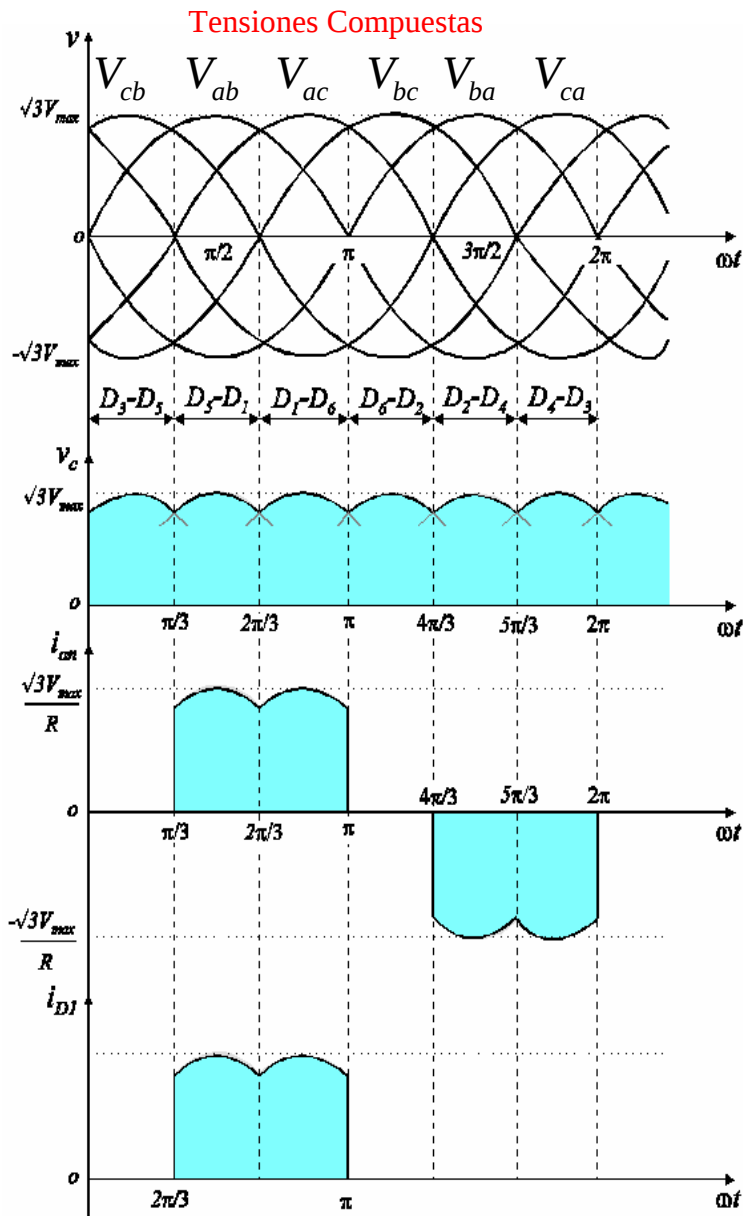
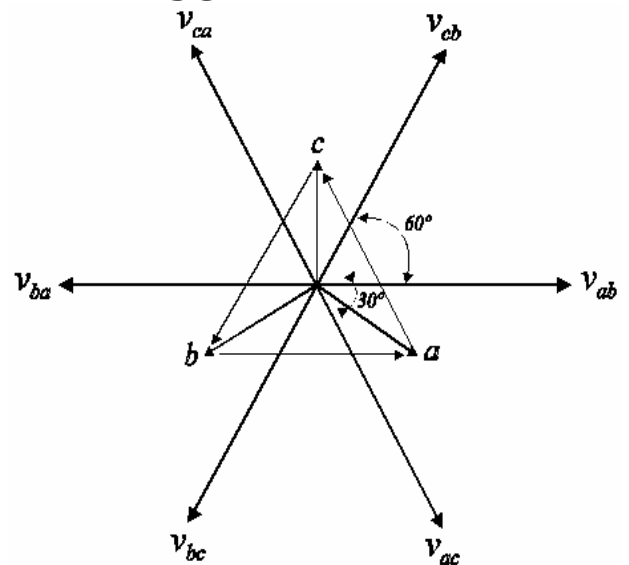


DIAGRAMA FASORIAL

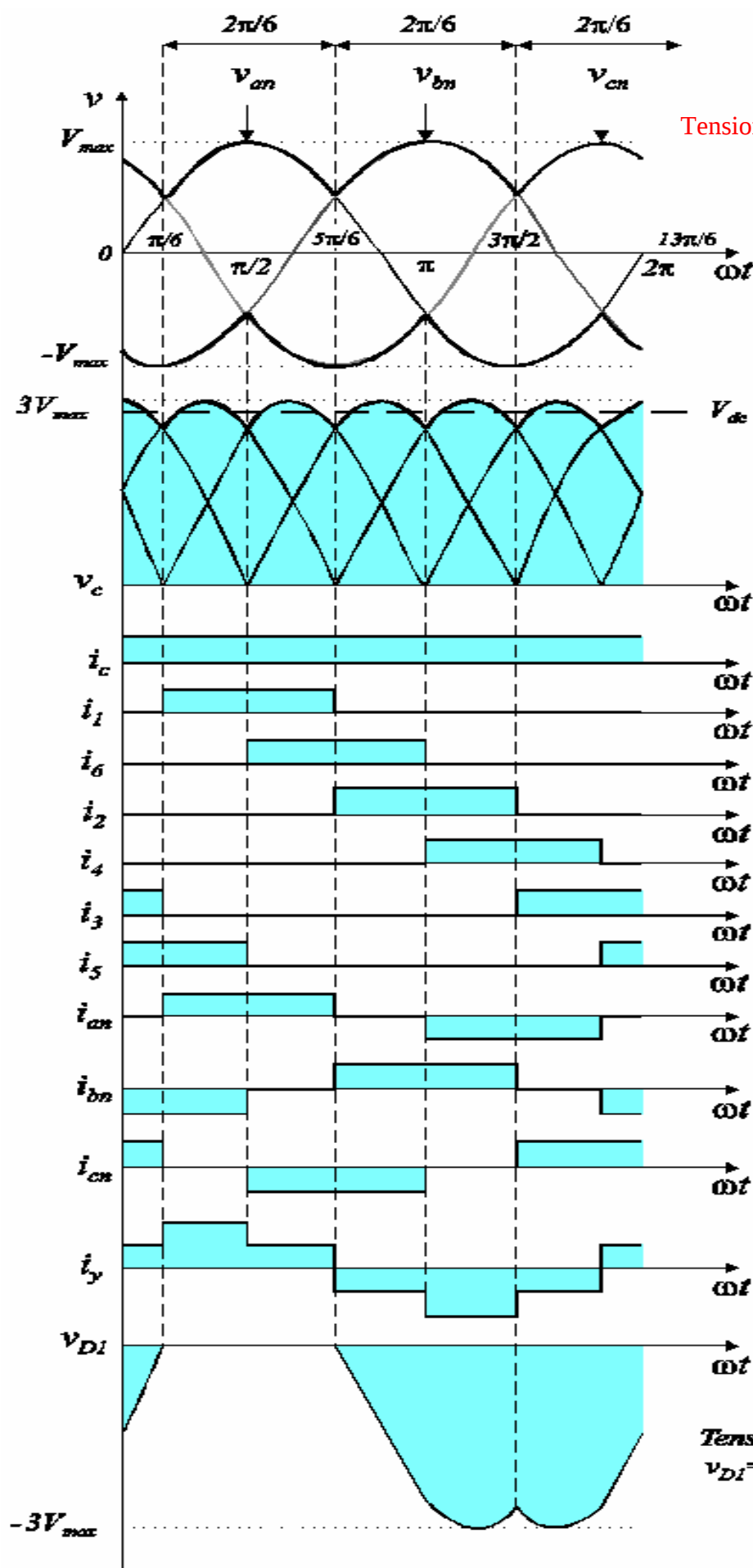


Para la onda de la tensión en la carga tenemos seis pulsos con una duración de $\pi/3$.

La secuencia de conducción que seguirán los diodos por periodo será:

D3D5 - D5D1 - D1D6 - D6D2 - D2D4 - D4D3

Rectificadores trifásicos de onda completa o PD3



Tensiones Simples

Formas de onda para una carga altamente inductiva.

$$I_y = (I_{an} - I_{bn}) \alpha$$

α = relación de transformación

Tensión en los diodos
 $v_{D1} = v_{an}$ - tensión en la carga respecto al neutro "n"