OpenCourseWare de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea
http://ocw.ehu.es

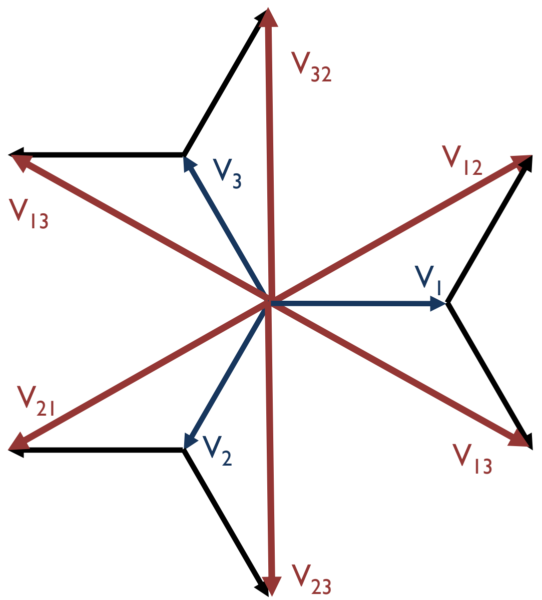
# Estudio de Rectificadores Trifásicos

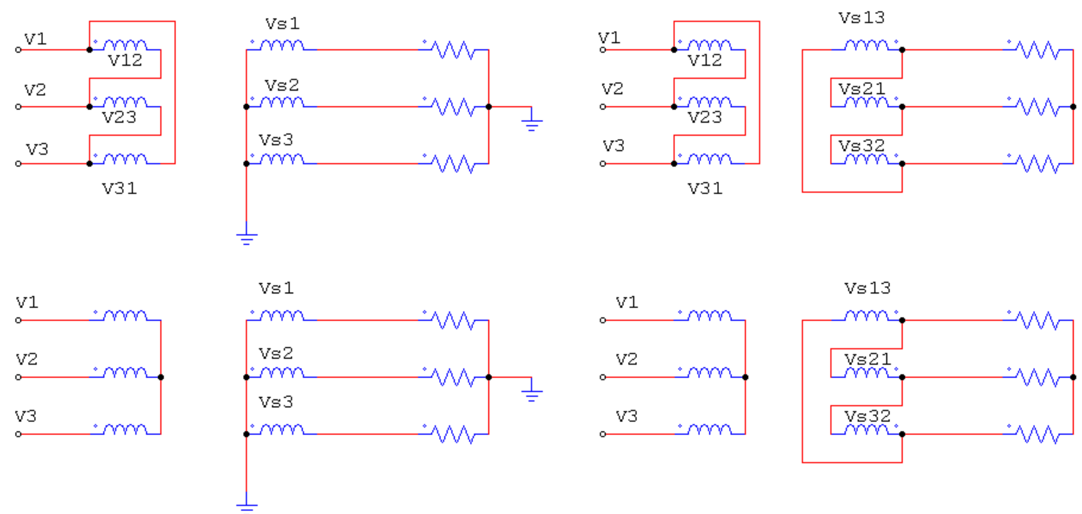
## 8.- Parámetros, triángulos de potencia, corrientes


F. Javier Maseda, Oskar Casquero, Itziar Martija & Jesús Romo

# Representación vectorial de tensiones simples y compuestas

Representación vectorial de tensiones simples y compuestas en los rectificadores trifásicos, dependiendo del tipo de transformador que se utilice




Configuraciones de transformador convenidas

# Calculo de la relación entre espiras de un transformador a partir de la relación entre tensiones compuestas

El cálculo de la relación de transformación se puede hacer a través de la relación entre las tensiones simples o compuestas del primario y secundario del transformador. **Por convenio se realizará mediante la relación de las tensiones compuestas.**

Configuración Y-Y: $$rt = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1 / \sqrt[2]{3}}{U_2 / \sqrt[2]{3}}$$

Configuración D-D: $$rt = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

Configuración Y-D: $$rt = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1 / \sqrt[2]{3}}{U_2}$$

Configuración D-Y: $$rt = \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2 / \sqrt[2]{3}}$$

# Tensión en carga de un rectificador

- El concepto de tensión en vacío, caída de tensión y tensión en carga son conceptos de especial relevancia cuando se trata de rectificadores de potencia y, de manera especial, cuando el rectificador sólo está formado por diodos.

- Los conceptos son claros y la relación que los une también:

$$VLC = VLC_0 - \Delta V_{Total}$$

- Siendo la caída total de tensión la debida a las inductancias, a las resistencias distribuidas y a los interruptores de potencia:

$$\Delta V_{Total} = \Delta V_X + \Delta V_r + \Delta V_d$$

- Nota: Solo consideraremos las pérdidas debida a la conmutación no instantánea en las inductancias por ser, sin duda, las más elevadas

# Factores de potencia en la red

- El factor de potencia es un parámetro de rendimiento energético que relaciona la potencia útil de un sistema con la potencia total del sistema.
- Para el caso de un rectificador:

$$F_{RED} = \frac{VLC \cdot IC}{\sqrt[2]{3}\ U_{RED}\ I_{RED}}$$

- Para el caso de **n** rectificadores acoplados a la misma red eléctrica:

$$F_{RED} = \frac{\sum_1^n (VLC \cdot IC)}{\sqrt[2]{3}\ U_{RED}\ I_{RED}}$$

# Triángulos de potencias en un rectificador no controlado

- Se puede analizar la relación de potencias en un rectificador no controlado y no ideal ($\Delta VX \neq 0$), indicando las expresiones de su potencia aparente total **S**, la potencia aparente del primer armónico $\mathbf{S_1}$ y su potencia activa $\mathbf{P_1}$, así como, el desfase entre la red y su primer armónico.

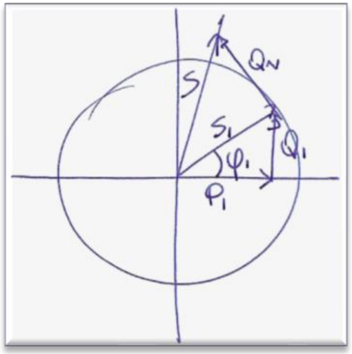
a. Se puede deducir la siguiente expresión :

$$\cos\varphi_1 = 1 - \frac{\Delta V_X}{V_{LC0}}$$

b. Calcular el factor de potencia en la red

Nota: Analizar también el caso para un rectificador ideal ($\Delta V_X = 0$)

# Triángulos de potencias en un rectificador no controlado




$$S = 3 \cdot V_R \cdot I_{red}$$

$$\begin{cases} S_1 = 3 \cdot V_R \cdot I_1 \\ S_1 = V_{LC0} \cdot I_C \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_1 = S_1 \cdot \cos\varphi_1 = (V_{LC0} \cdot I_C) \cdot \cos\varphi_1 \; [1] \\ P_1 = V_{LC} \cdot I_C = (V_{LC0} - \Delta V_X) \cdot I_C \; [2] \end{cases}$$

Igualando [1] y [2] queda la expresión buscada: $\cos\varphi_1 = 1 - \dfrac{\Delta V_X}{V_{LC0}}$

El factor de potencia en la red :

$$F_{red} = \frac{P_1}{P_{red}} = \frac{S_1 \cdot \cos\varphi_1}{P_{red}} = \frac{(3 \cdot V_R \cdot I_1) \cdot \cos\varphi_1}{3 \cdot V_R \cdot I_{red}} = \frac{I_1}{I_{red}} \cdot \cos\varphi_1$$

Para el caso de $\Delta V_X$=0:

$$\cos\varphi_1 = 1 - \frac{\Delta V_X}{V_{LC0}} = 1 - \frac{0}{V_{LC0}} \Rightarrow \cos\varphi_1 = 1$$

$$F_{red} = \frac{I_1}{I_{red}} \cdot \cos\varphi_1 = \frac{I_1}{I_{red}} \cdot 1 = \frac{I_1}{I_{red}} \Rightarrow \left[ \frac{I_1}{I_{red}} = \frac{3}{\pi} \right]$$

# Cálculo analítico de corrientes en un rectificador: absorbida de la red $J_1$, armónico principal $I_1$, armónicos $I_{\approx}$

## A.- Caso en el no está especificado el valor de los armónicos

- Se calcula $J_1$ mediante su forma de onda o mediante cálculo matemático, a través, de la potencia aparente total. Mediante su forma onda por ejemplo:

$$J_1\Big|_{\substack{PD3\\ pri\lambda}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot IC$$

- Se calcula $I_1$ a través de la potencia total en la carga, por ejemplo:

$$I_1\Big| = \frac{V_{LCO} \cdot IC}{\sqrt{3} \cdot U_1}$$

- El cálculo de los armónicos será:

$$I_{\approx} = \sqrt{J_1^{\,2} - I_1^{\,2}}$$

# Cálculo analítico de corrientes en un rectificador: absorbida de la red $J_1$, armónico principal $I_1$, armónicos $I_{\approx}$

## B.- Caso en el que desprecia el valor de los armónicos $I_{\approx}$

- Se calcula $I_1$ a través de la potencia total en la carga, por ejemplo:

$$\left.I_1\right| = \frac{V_{LCO} \cdot IC}{\sqrt{3} \cdot U_1}$$

- La corriente en la red

$$J_1 = \sqrt{I_1^{\,2} + I_{\approx}^{\,2}} \approx \sqrt{I_1^{\,2}} = I_1$$

## C.- Caso en el que se dan los armónicos simples hasta un determinado nivel $I_{\approx}$

- Armónicos

$$I_{\approx} = \sqrt{\sum_h I_h^{\,2}} \Leftarrow \begin{cases} h = kp \pm 1 \\ I_h = \dfrac{I_1}{h} \end{cases}$$

- Se calcula $I_1$ a través de la potencia total en la carga, por ejemplo:

$$\left.I_1\right| = \frac{V_{LCO} \cdot IC}{\sqrt{3} \cdot U_1}$$

- La corriente en la red:

$$J_1 = \sqrt{I_1^{\,2} + I_{\approx}^{\,2}}$$

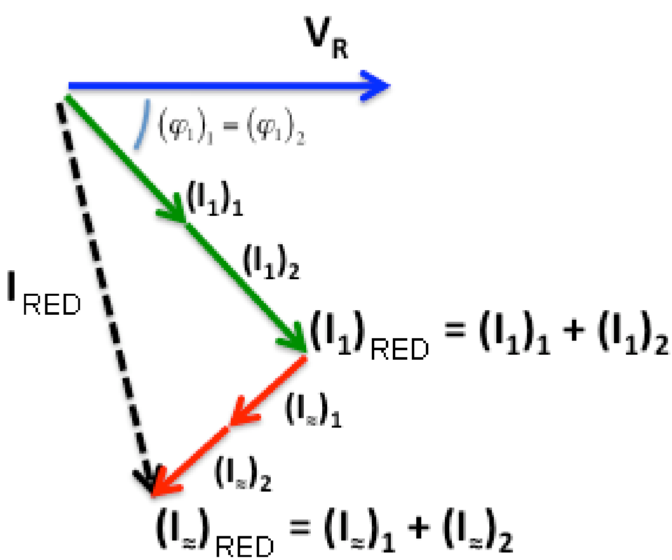
# Red a la que se conectan varios rectificadores: cálculo de la corriente absorbida de la red $I_{RED}$, armónico principal $(I_1)_{RED}$, armónicos $(I_\approx)_{RED}$

- Se pueden dar dos casos de estudio:

A.- $(\varphi_1)_1 = (\varphi_1)_2$

B.- $(\varphi_1)_1 \neq (\varphi_1)_2$

A.- $(\varphi_1)_1 = (\varphi_1)_2$



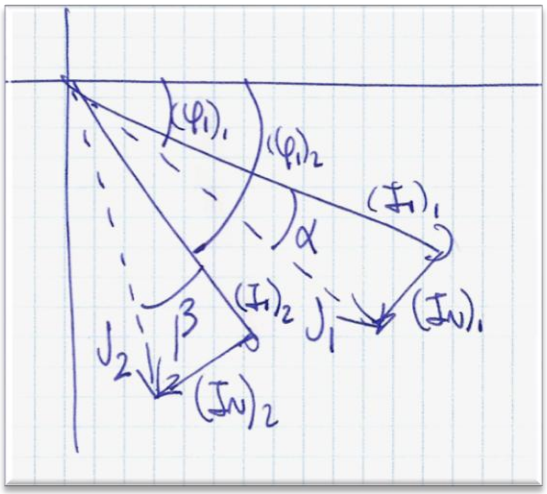

$$I_{RED} = \sqrt{(I_1)_{RED}^{\ 2} + (I_\approx)_{RED}^{\ 2}}$$

$$(I_1)_{RED} = (I_1)_1 + (I_1)_2$$

$$(I_\approx)_{RED} = (I_\approx)_1 + (I_\approx)_2$$

# Red a la que se conectan varios rectificadores: cálculo de la corriente absorbida de la red $I_{RED}$, armónico principal $(I_1)_{RED}$, armónicos $(I_{\approx})_{RED}$

## B.- $(\varphi_1)_1 \neq (\varphi_1)_2$




$$\alpha = arctg\frac{(I_{\approx})_1}{(I_1)_1}$$

$$\beta = arctg\frac{(I_{\approx})_2}{(I_1)_2}$$

$$I_{RED} = \sqrt{I_{RED,X}^{\ 2} + I_{RED,Y}^{\ 2}}$$

$$I_{RED,X} = J_{1,X} + J_{2,X}$$

$$J_{1,X} = J_1 \cdot \cos\left(\alpha + (\varphi_1)_1\right)$$
$$J_{2,X} = J_2 \cdot \cos\left(\beta + (\varphi_1)_2\right)$$

$$I_{RED,Y} = J_{1,Y} + J_{2,Y}$$

$$J_{1,Y} = J_1 \cdot \sin\left(\alpha + (\varphi_1)_1\right)$$
$$J_{2,Y} = J_2 \cdot \sin\left(\beta + (\varphi_1)_2\right)$$

$$(I_1)_{RED} = \sqrt{(I_1)_{RED,X}^{\ 2} + (I_1)_{RED,Y}^{\ 2}}$$

$$(I_1)_{RED,X} = (I_1)_{1,X} + (I_1)_{2,X}$$

$$(I_1)_{1,X} = (I_1)_1 \cdot \cos(\varphi_1)_1$$
$$(I_1)_{2,X} = (I_1)_2 \cdot \cos(\varphi_1)_2$$

$$(I_1)_{RED,Y} = (I_1)_{1,Y} + (I_1)_{2,Y}$$

$$(I_1)_{1,Y} = (I_1)_1 \cdot \sin(\varphi_1)_1$$
$$(I_1)_{2,Y} = (I_1)_2 \cdot \sin(\varphi_1)_2$$

$$(I_{\approx})_{RED} = \sqrt{I_{RED}^{\ 2} - (I_1)_{RED}^{\ 2}}$$