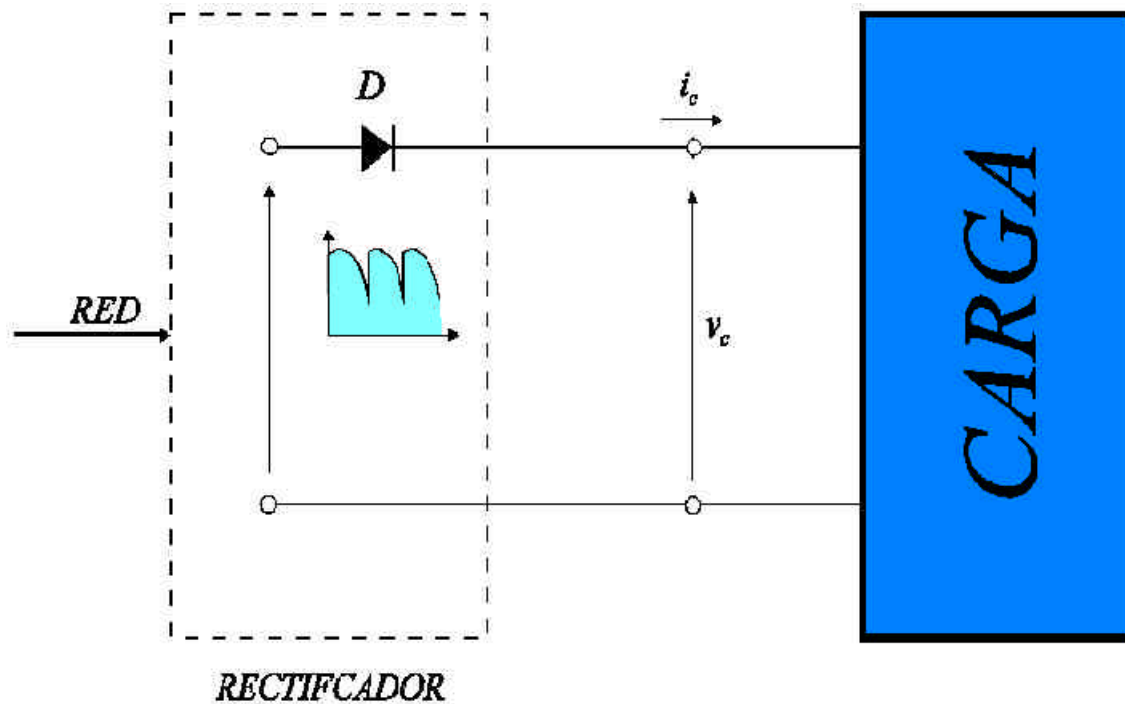


Alimentación de una carga RL

estudio general

EL RECTIFICADOR CON TIRISTORES ES EQUIVALENTE A :



▪Una fuente de tensión, de periodo T/p , cuya tensión es:

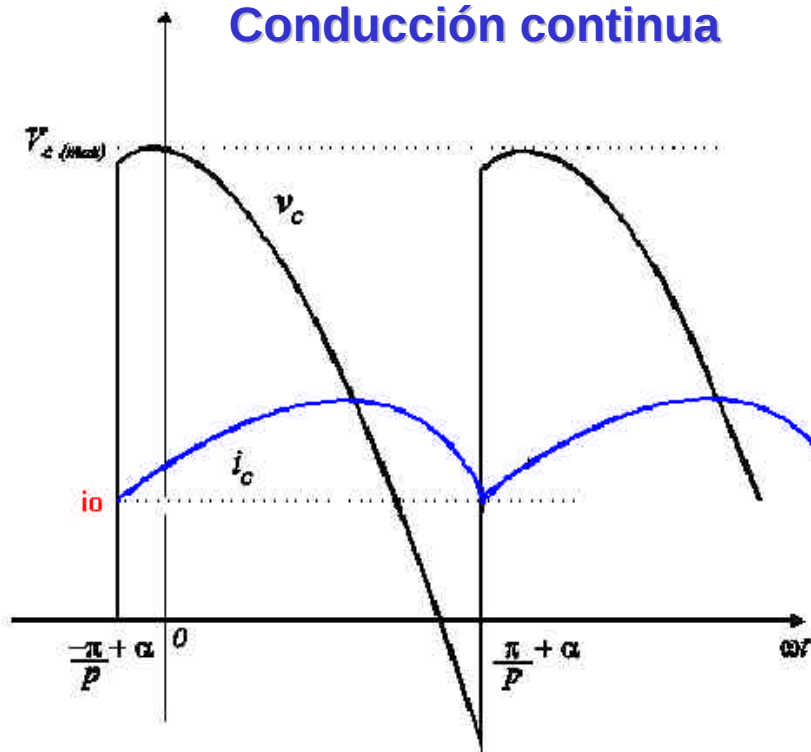
$$V = V_{c(\max)} \cdot \cos \omega t \quad \text{para} \quad \left(-\frac{p}{p} + a \right) < \omega t < \left(\frac{p}{p} + a \right)$$

▪Un diodo D conectado en serie

Veamos como en las cargas de tipo RL, el aumento del ángulo α permite anular U' do pero no invertirla.

Alimentación de una carga RL

Conducción continua



$$U'_{do} = U_{do} \cdot \cos a$$

$$U_{do} = \frac{p}{p} \cdot U_{d(\max)} \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p}\right)$$

Para la expresión de la corriente en la carga partimos de:

$$L \left(\frac{di_c}{dt} \right) + R \cdot i_c = V_{c(\max)} \cdot \cos \omega t$$

$$i_c = \frac{V_{c(\max)}}{Z} \cdot \cos(\omega t - j) + \left[i_0 - \frac{V_{c(\max)}}{Z} \cdot \cos\left(-\frac{p}{p} + a - j\right) \right] e^{\frac{-\omega t - \frac{p}{p} + a}{Q}}$$

$$i_0 = i_c \quad \text{para} \quad \omega t = \left(-\frac{p}{p} + a\right) \quad Q = \frac{L\omega}{R} \quad j = \arctg\left(\frac{L\omega}{R}\right) = \arctg Q$$

$$i_0 = i_c \left(\frac{p}{p} + a\right) \quad Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$$

sustituyendo

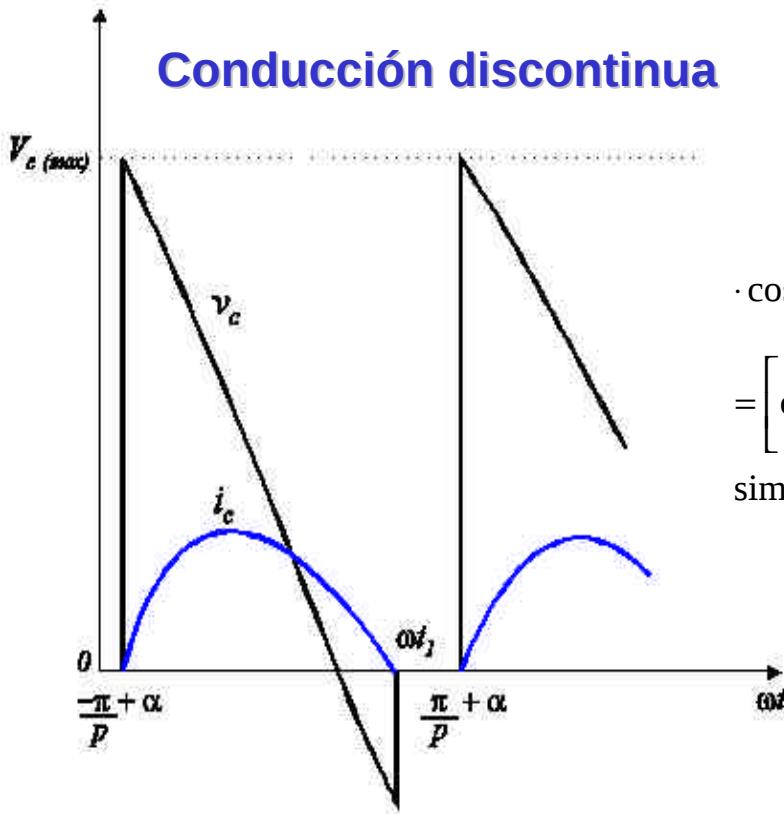
$$i_c = \frac{V_{c(\max)}}{R(1+Q^2)} \left[\cos \omega t + Q \cdot \operatorname{sen} \omega t + \frac{2(Q \cdot \cos a - \operatorname{sen} a) \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p}\right)}{1 - e^{-\frac{2p}{pQ}}} \right] \cdot e^{\frac{-\omega t - \left(\frac{p}{p}\right) + a}{Q}}$$

Con un valor medio:

$$I'_{dc} = \frac{V'_{dc}}{R} = \frac{p}{p} \cdot \frac{V_{c(\max)}}{R} \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p}\right) \cdot \cos a$$

Alimentación de una carga RL

Conducción discontinua



El valor de **a** que hace que la **i_c** se anule se obtiene de:

$$\begin{aligned} & \cdot \cos\left(\frac{p}{p} + a\right) + Q \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p} + a\right) = \\ & = \left[\cos\left(\frac{p}{p} - a\right) - Q \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p} - a\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{2p}{pQ}\right) \end{aligned}$$

simplificando :

$$\operatorname{tg}(a) = \frac{Q \cdot \operatorname{tg}(p / p) + \operatorname{th}(p / pQ)}{\operatorname{tg}(p / p) - Q \cdot \operatorname{th}(p / pQ)}$$

Para la expresión de la corriente en la carga partimos de:

$$L \left(\frac{di_c}{dt} \right) + Ri_c = V_{c(\max)} \cdot \cos \omega t$$

Como ahora i_0 es nulo, tenemos que:

$$i_c = \frac{V_{c(\max)}}{R(1+Q^2)} \left[\cos \omega t + Q \operatorname{sen} \omega t + \left(\cos\left(\frac{p}{p} - a\right) - Q \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p} - a\right) \right) e^{\frac{-\omega t - p/p + a}{Q}} \right]$$

Haciendo $i_c=0$ para $\omega t = \omega t_1$, determinaremos el punto de corte de la corriente:

$$(\cos \omega t_1 + Q \cdot \operatorname{sen} \omega t_1) \cdot e^{\frac{\omega t_1 + p/p - a}{Q}} = \cos\left(\frac{p}{p} - a\right) - Q \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{p}{p} - a\right)$$

Tensión rectificada en la carga:

$$U'_{dc} = \frac{p}{2p} \int_{-\frac{p}{p}+a}^{wt_1} V_{c(\max)} \cdot \cos wt \, dwt = \frac{p}{2p} \cdot V_{c(\max)} \cdot \left[\operatorname{sen} wt_1 - \operatorname{sen} \left(-\frac{p}{p} + a \right) \right]$$

O bien:

$$U'_{dc} = U_{dc} \left(\frac{\operatorname{sen} wt_1 + \operatorname{sen} \left(a - \frac{p}{p} \right)}{2 \cdot \operatorname{sen} \left(\frac{p}{p} \right)} \right)$$

$$I'_{dc} = \frac{V'_{dc}}{R}$$

Cuando a
toma un valor
tal que:

$$wt = \left(-\frac{p}{p} + a \right) \rightarrow V_{c(\max)} \cos wt = 0$$

Los tiristores ya no pueden cebarse

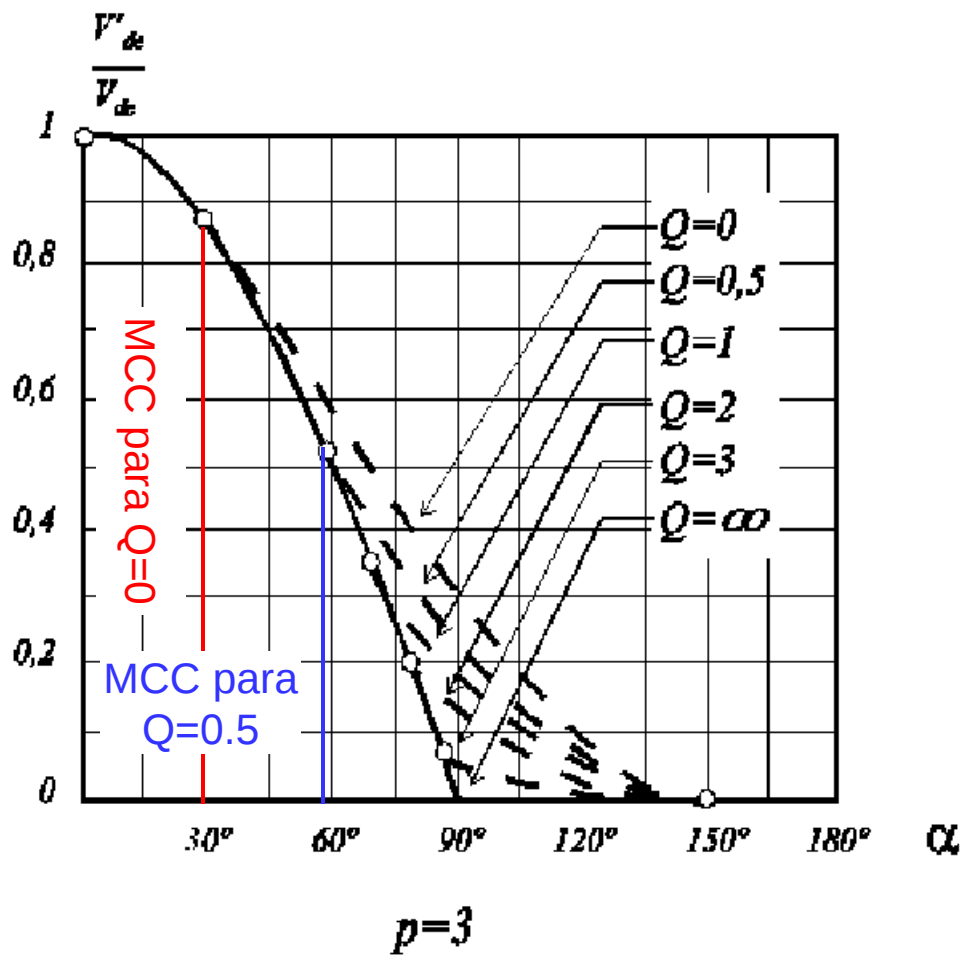
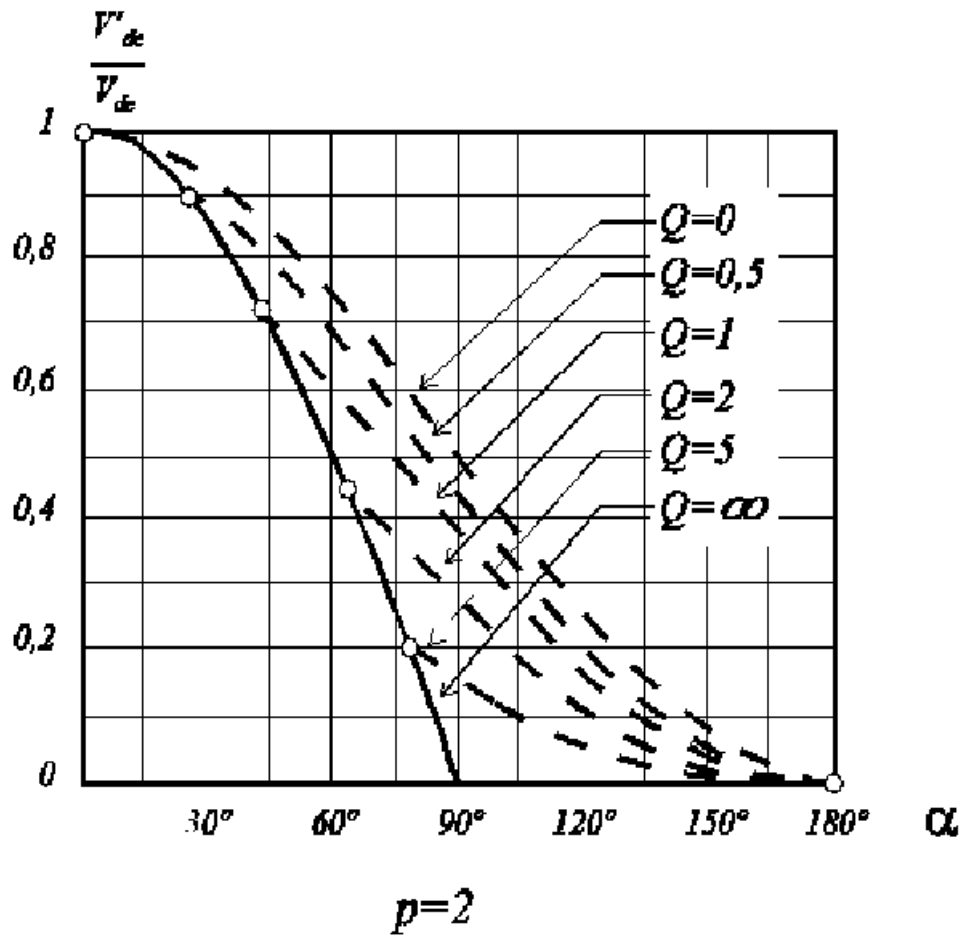
Para: $\left(-\frac{p}{p} + a \right) > \left(\frac{p}{2} \right) \quad \text{ó} \quad a > \left(\frac{p}{2} + \frac{p}{p} \right)$

U_{dc} es constantemente nula y **$U'_{dc}=0$** .

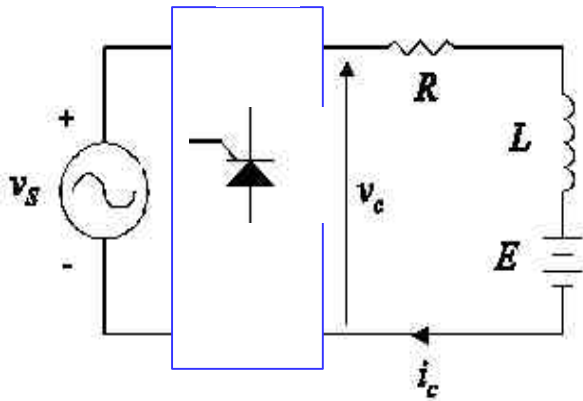
Podemos apreciar que, dado p , el valor de a que anula **U'_{dc}** es independiente de Q

Alimentación de una carga RL

Características de control



Alimentación de una carga RLE (baterías o Motores de DC)



$$u'_d = R \cdot i_d + L \cdot \frac{di_d}{dt} + E.$$

En régimen permanente $\langle v_L \rangle = 0$ así:

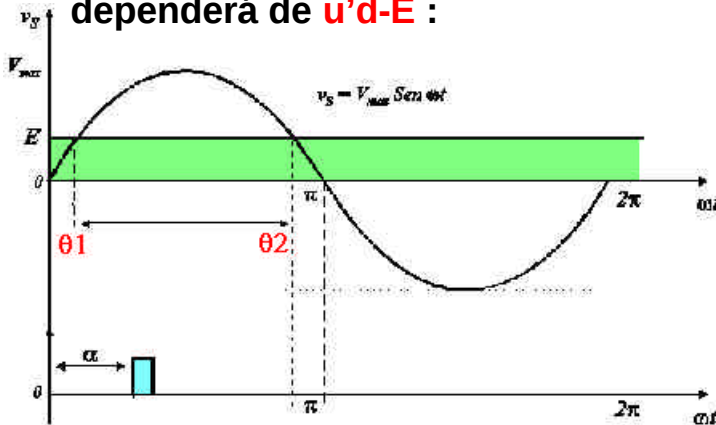
$$U'_{do} = R \cdot I_d + E$$

$$m = \frac{E}{V_{\max}}$$

$$q = \arcsen\left(\frac{E}{V_{\max}}\right) = \arcsen(m)$$

$$a \geq \arcsen(m)$$

La conducción de los TIRISTORES dependerá de $u'_d - E$:



Cuando se produce el disparo se cumple:

$$j = \arctg\left(\frac{Lw}{R}\right) = \arctg Q$$

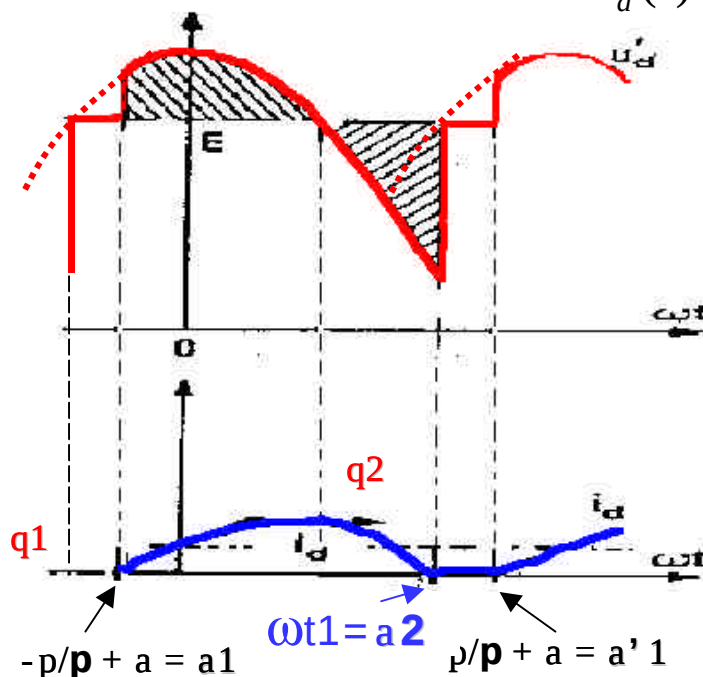
$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 w^2}$$

$$V_{\max} \cdot \text{sen} wt - E = Ri_c + L \left(\frac{di_c}{dt} \right)$$

$$i_d(t) = A \cdot e^{-\left(\frac{Rt}{L}\right)} + \frac{V_m}{Z} \cdot \text{sen}(wt - f) - \frac{E}{R}$$

Conducción discontinua

Depende del modo de funcionamiento:



$a_2 < a'_1$ → Ángulo de cebado del siguiente th
↓
Ángulo de extinción

$$I_d(a_1) = 0$$

Alimentación de una carga RLE (baterías o Motores de DC)

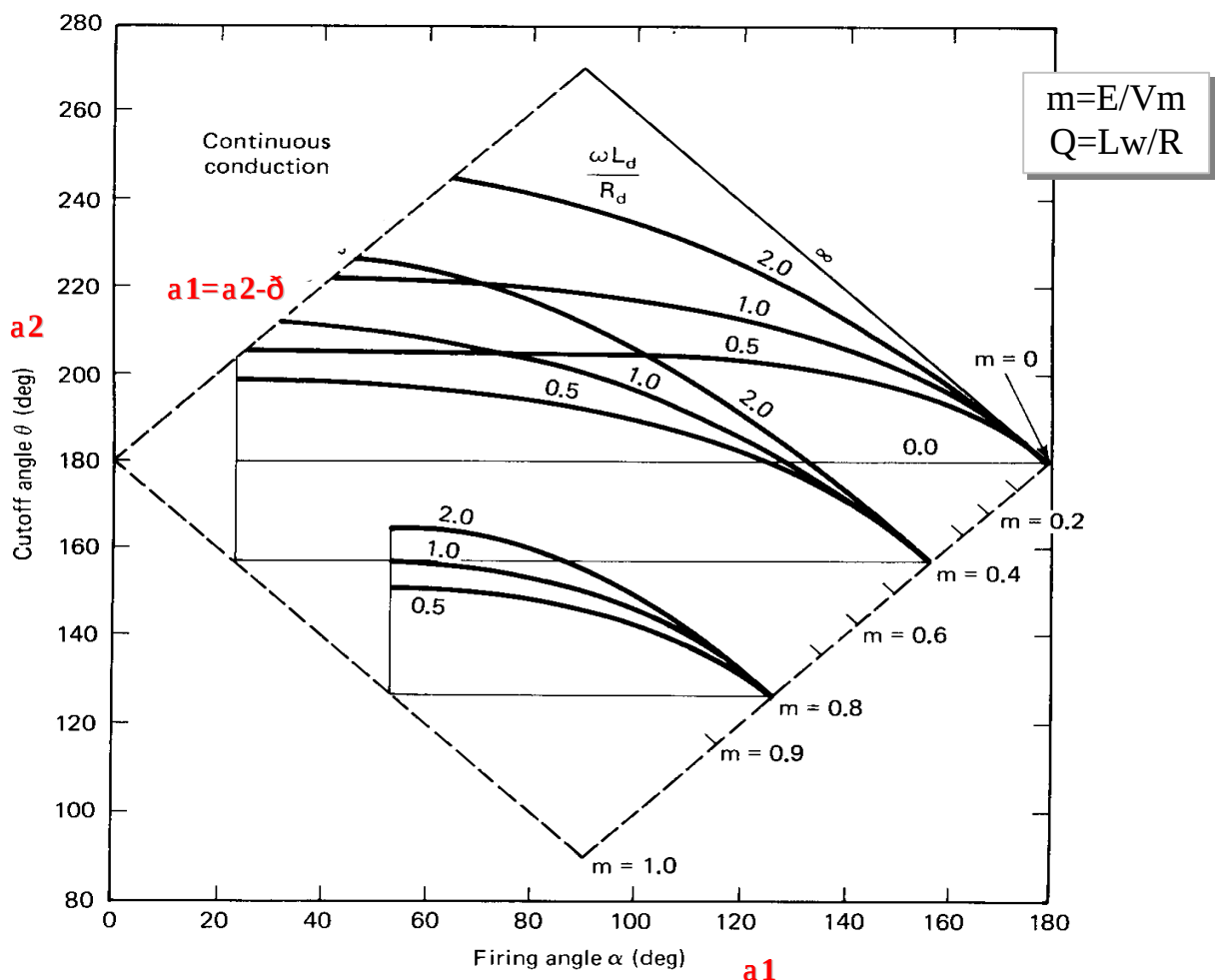
Conducción discontinua

$$i_d = \frac{V_m}{R} \cdot \left[\frac{R}{|Z|} \cdot \sin(\omega t - f) - m + \left(m - \frac{R}{|Z|} \cdot \sin(a_1 - f) \right) \cdot e^{-\left(\frac{R(\omega t - a_1)}{L\omega} \right)} \right] \text{ para } a_1 \leq \omega t \leq a_2$$

Además $i_d = 0$ para $\omega t = a_2$, condición de la cual obtenemos:

$$e^{\left(\frac{Ra_2}{\omega L} \right)} \cdot \frac{\cos(f) \cdot \sin(a_2 - f) - m}{\cos(f) \cdot \sin(a_1 - f) - m} = e^{\left(\frac{Ra_1}{\omega L} \right)}$$

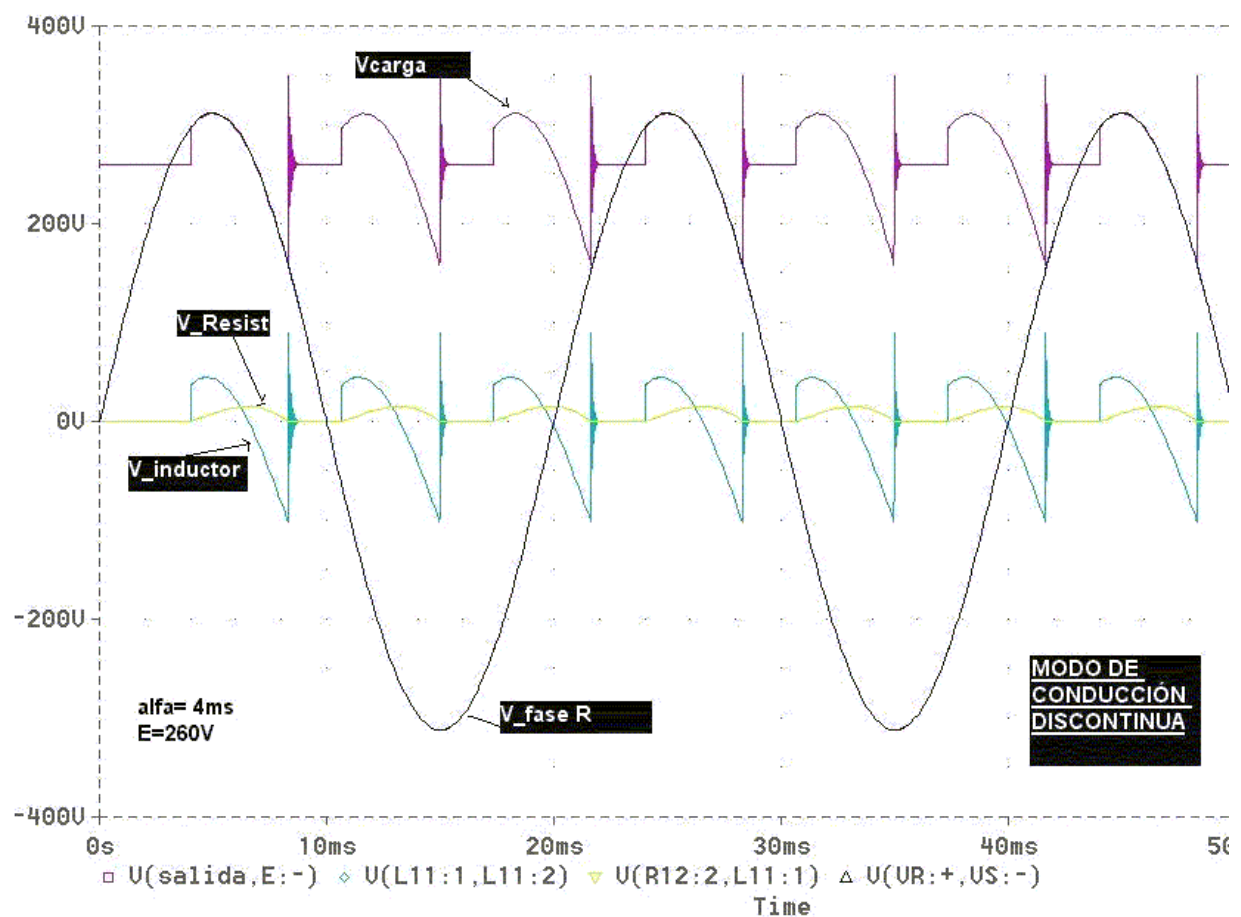
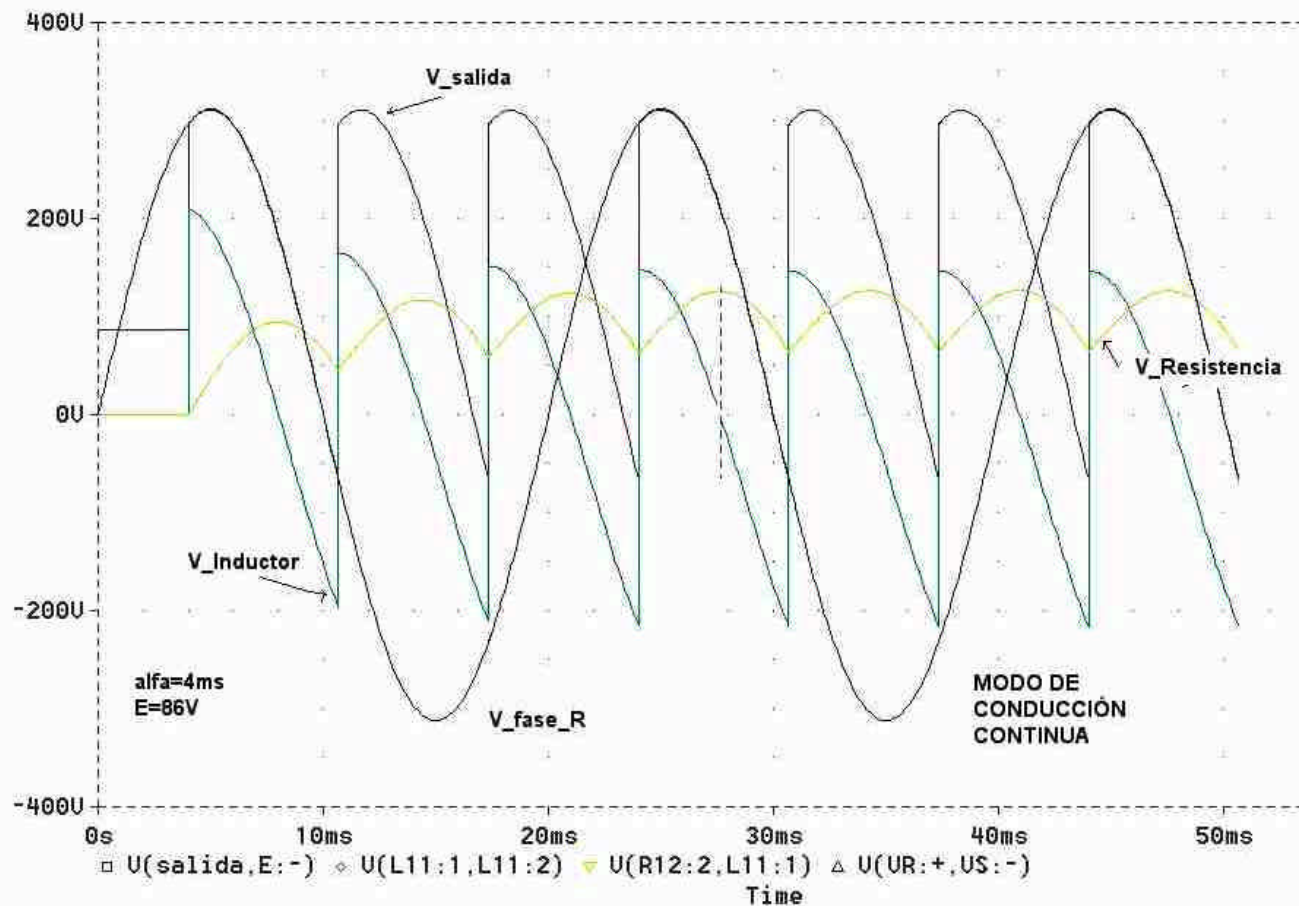
Ecuación trascendental que nos indica el **ángulo de extinción a_2** en función del de encendido **a_1** , de **L** y **E** . resolvamos esta ecuación gráficamente tomando como parámetros **m** y **$\omega L/R$** .



$$I_d = \frac{p}{2p} \cdot \int_{a_1}^{a_2} \left(\frac{V_m \cdot \sin(\omega t) - E}{R} \right) \cdot d\omega t = \frac{p \cdot V_m}{2p \cdot R} \cdot [\cos(a_1) - \cos(a_2) - m(a_2 - a_1)]$$

$$U'_{do} = R \cdot I_d + E = \left[\frac{p \cdot V_m}{2p} \cdot [\cos(a_1) - \cos(a_2) - m(a_2 - a_1)] \right] + E$$

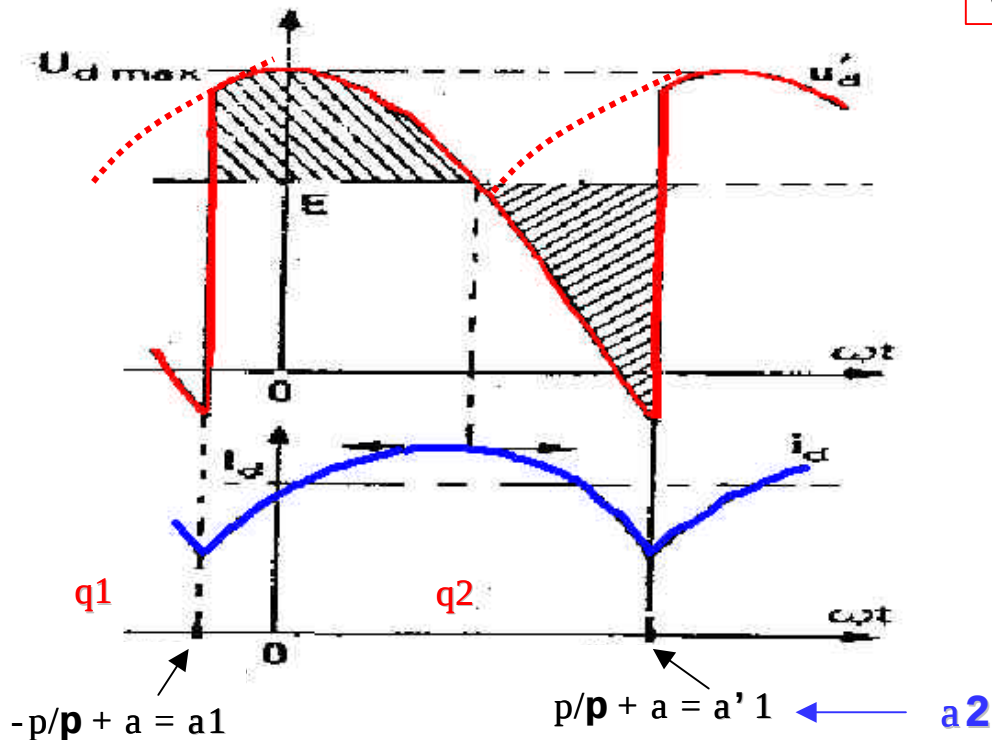
Alimentación de una carga RLE



Alimentación de una carga RLE (baterías o Motores de DC)

Conducción continua

$$a2 = a'1$$



Es igual que el MCD con $i_d(a1) = i_d(a2)$

$$i_d = \frac{V_m}{R} \cdot \left[\cos(f) \cdot \sin(\omega t - f) - m - \frac{2 \cos(f) \cdot \sin(a1 - f)}{1 - e^{-\frac{Rp}{Lw}}} \cdot e^{-\frac{R(\omega t - a1)}{Lw}} \right]$$

$$I_d = \frac{n}{2p} \cdot \int_{a1}^{a2} i_d \cdot d\omega t = \frac{V_m}{p \cdot R} \cdot (2 \cos(a1) - m \cdot p)$$

$$U'_{do} = R \cdot I_d + E = \frac{V_m}{p} \cdot (2 \cos(a1) - m \cdot p) + E$$