

Diseño de RAA basados en RAI con rectificadores de onda completa TIPO (1) ALIMENTACIÓN ASIMÉTRICA

1. Funcionamiento de las RAI basadas en rectificadores de onda completa del tipo (1) y alimentación asimétrica.

1.1 Obtención de las ecuaciones de funcionamiento.

1.2 Obtención de las características tensión-corriente (CTC)

1.3 Corriente de entrada al RAA

1.4 Potencia de entrada al RAA

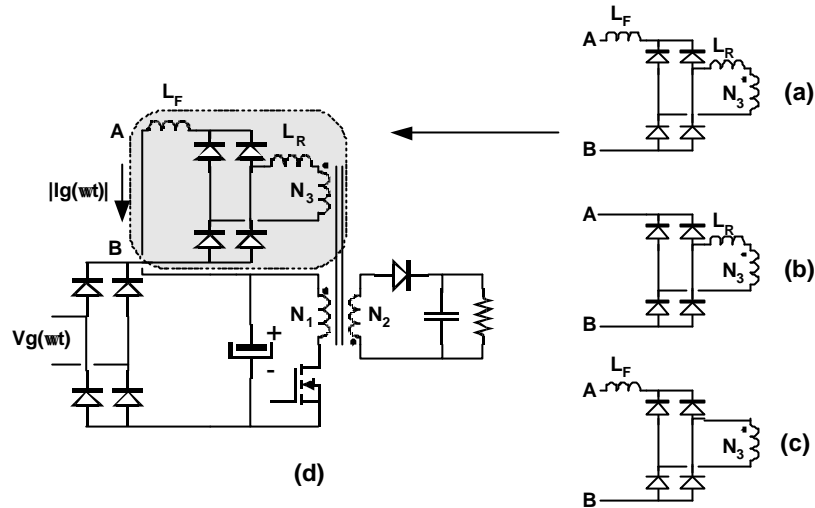
1.5 Corriente instantánea de entrada (para cálculos de rizado).

1.6 Evolución de la tensión en el condensador de almacenamiento al modificar el funcionamiento del RAA

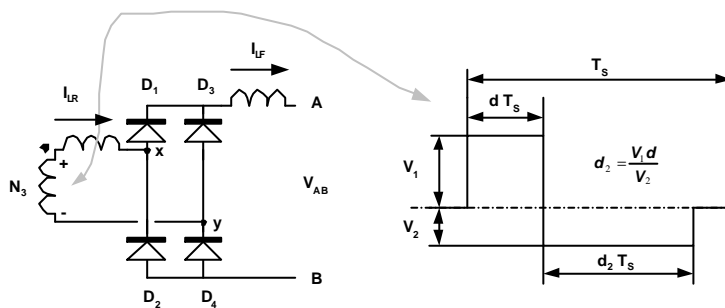
1.7 Máxima tensión en el condensador de almacenamiento.

ÍNDICE

1.1. Obtención de las ecuaciones de funcionamiento.



Este programa será utilizado como herramienta de diseño de los RAA con RAI basadas en salidas auxiliares con rectificadores de onda completa, tales como muestra la figura anterior (a, b, c). Esta topología está especialmente aconsejada para el convertidor de retroceso (d).



Los valores de la tensión que aparecen en la salida del devanado N_3 se representarán de una forma general según la figura situada a la izquierda. V_{AB} será llamada V_o por comodidad

Se supondrá en todos los cálculos que el convertidor de retroceso está funcionando en MCC. Por tanto, la tensión de alimentación anteriormente mostrada solo tendrá dos niveles V_1 y V_2 que deberán cumplir el balance voltios-segundo.

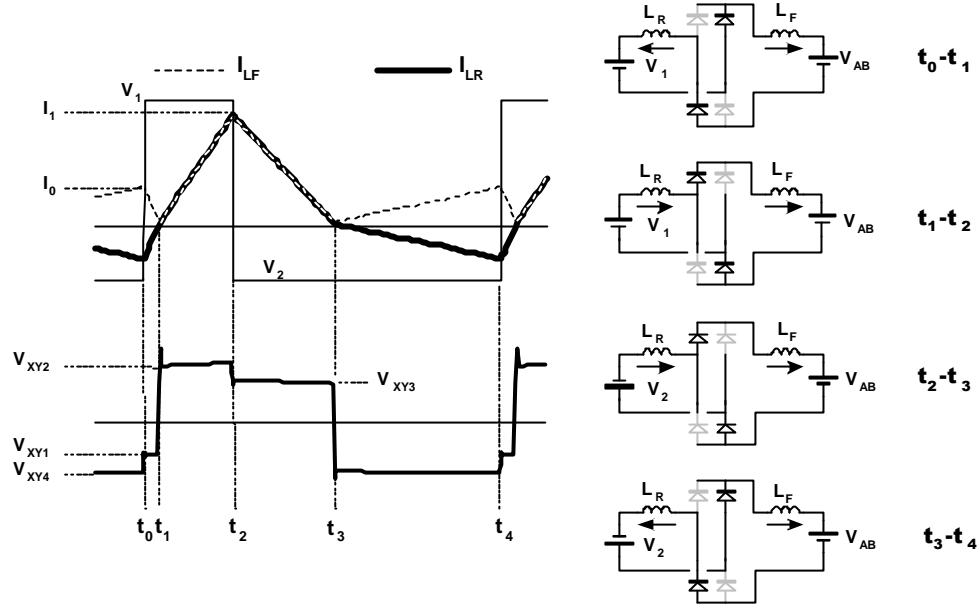
Las expresiones aquí planteadas serán utilizadas en otras hojas de cálculo en función de los diseños que se pretendan obtener:

Cumplir en Clase A

Cumplir en Clase D

Determinar el contenido armónico de alta frecuencia.

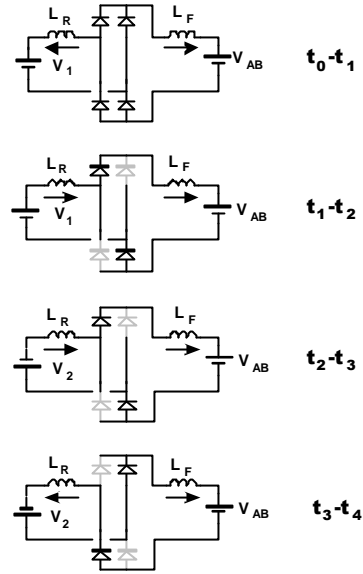
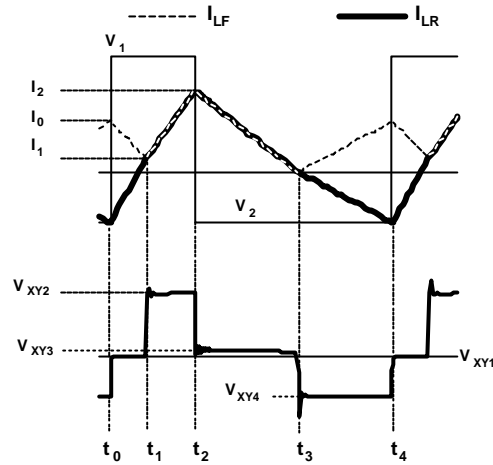
MOD0 1) $V_2 > V_o$
 $V_o L_r - V_2 L_f > 0$
 $V_o L_r - V_1 L_f > 0$



$$\text{Modo1}(V_1, V_o, d, L_r, L_f, T_s) := \begin{cases} I_1 \leftarrow \frac{1}{2} \cdot T_s \frac{(V_o^2 \cdot d + V_1^2 \cdot d - 2 \cdot V_1 \cdot V_o \cdot d + V_1 \cdot V_o - V_o^2)}{[V_1 \cdot (L_f + L_r)]} \\ I_0 \leftarrow \frac{1}{2} \cdot T_s \frac{(V_o^2 \cdot d + V_1^2 \cdot d + 2 \cdot V_1 \cdot V_o \cdot d - V_1 \cdot V_o - V_o^2)}{[V_1 \cdot (L_f + L_r)]} \\ T_1 \leftarrow \frac{1}{2} \cdot T_s \frac{(V_o \cdot d + V_1 \cdot d - V_o)}{V_1} \\ T_2 \leftarrow d \cdot T_s \\ T_3 \leftarrow \left[\frac{1}{2} \cdot T_s \frac{[(-1 + d) \cdot (-V_1 + V_o)]}{V_1} \right] + T_2 \\ I_{\text{media}} \leftarrow \frac{\frac{I_1 \cdot (T_3 - T_1)}{2} + I_0 \cdot \frac{T_s - (T_3 - T_1)}{2}}{T_s} \\ C_0 \leftarrow I_0 \\ C_1 \leftarrow I_1 \\ C_2 \leftarrow I_{\text{media}} \\ C_3 \leftarrow T_1 \\ C_4 \leftarrow T_2 \\ C_5 \leftarrow T_3 \\ C_6 \leftarrow \max(I_0, I_1) \\ C \end{cases}$$

Funcionamient

Modo 2) $V_2 > V_o$
 $V_o L_r - V_2 L_o > 0$
 $V_o L_r - V_1 L_o < 0$



$$\begin{aligned} \text{Modo2}(V_1, V_o, d, L_r, L_f, T_s) := & A \leftarrow (-V_1 \cdot d + V_o \cdot d - V_o) \cdot \frac{T_s}{-2} \\ & B \leftarrow (2 \cdot V_o \cdot L_r \cdot d - V_o \cdot L_r + V_o \cdot L_f - 2 \cdot L_f \cdot V_1 \cdot d) \\ & C \leftarrow [(L_f + L_r) \cdot (-V_o \cdot L_r + V_o \cdot L_r \cdot d - L_f \cdot V_1 \cdot d)] \\ & I_2 \leftarrow A \cdot \frac{B}{C} \\ & V_2 \leftarrow \frac{V_1 \cdot d}{1 - d} \\ & I_1 \leftarrow \frac{1}{2} \cdot T_s \cdot V_o \cdot \frac{(V_o \cdot d + V_1 \cdot d - V_o) \cdot (-L_f \cdot V_1 + V_o \cdot L_r)}{(V_o^2 \cdot d \cdot L_r^2 - V_1^2 \cdot d \cdot L_f^2 - V_o \cdot L_r \cdot L_f \cdot V_1 - V_o^2 \cdot L_r^2)} \\ & T_1 \leftarrow \frac{L_r \cdot [(V_1 \cdot d - V_o + V_o \cdot d) \cdot V_o \cdot T_s \cdot L_f]}{(V_1^2 \cdot d \cdot L_f^2 - d \cdot L_r^2 \cdot V_o^2 + V_o \cdot L_r \cdot V_1 \cdot L_f + V_o^2 \cdot L_r^2)} \\ & \text{tr2} \leftarrow \begin{cases} A \leftarrow 2 \cdot d^2 \cdot V_1 \cdot L_f - 2 \cdot V_o \cdot d^2 \cdot L_r - 2 \cdot L_f \cdot V_1 \cdot d - L_f \cdot V_o \cdot d \\ B \leftarrow \frac{-1}{2} \cdot T_s \cdot \frac{(A + 3 \cdot d \cdot V_o \cdot L_r - V_o \cdot L_r + V_o \cdot L_f)}{(L_f \cdot V_1 \cdot d + V_o \cdot L_r - d \cdot V_o \cdot L_r)} \\ B \end{cases} \\ & I_o \leftarrow I_1 + \frac{V_o}{L_f} \cdot T_1 \\ & I_{\text{media}} \leftarrow \begin{cases} A \leftarrow \frac{I_1 + I_o}{2} \cdot T_1 \\ B \leftarrow \frac{I_1 + I_2}{2} \cdot (T_s \cdot d - T_1) \\ C \leftarrow I_2 \cdot \frac{\text{tr2}}{2} + I_o \cdot \frac{T_s - (d \cdot T_s + \text{tr2})}{2} \end{cases} \end{aligned}$$

Funcionamient

$$\begin{array}{l} \frac{A + B + C}{T_s} \\ T_3 \leftarrow d \cdot T_s + t_{r2} \\ C_0 \leftarrow I_0 \\ C_1 \leftarrow I_1 \\ C_2 \leftarrow I_2 \\ C_3 \leftarrow T_1 \\ C_4 \leftarrow T_3 \\ C_5 \leftarrow I_{media} \\ C_6 \leftarrow \max(I_0, I_1, I_2) \\ C \end{array}$$

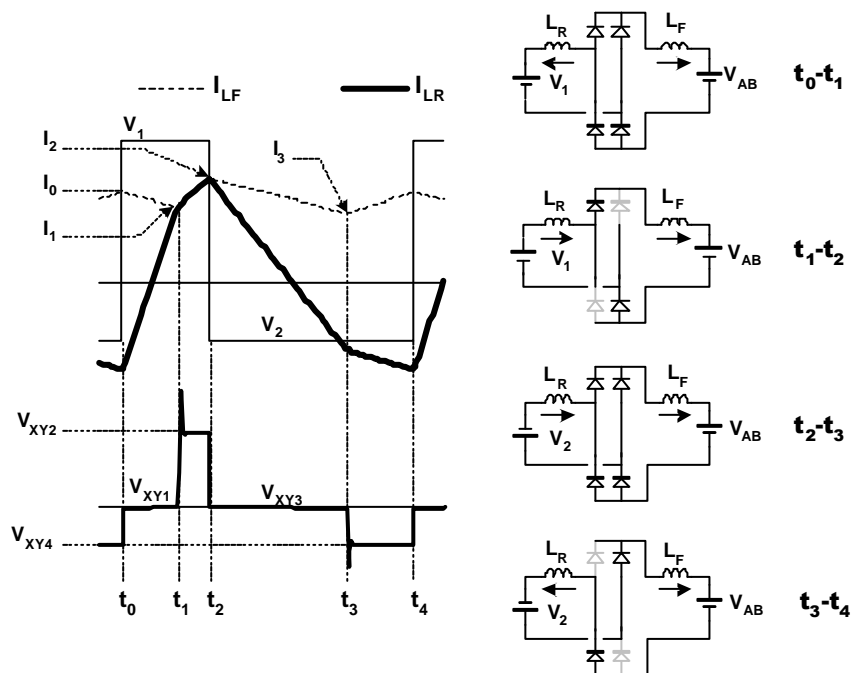
Modo 3)

$$\begin{array}{l} V_2 > V_0 \\ V_{oLr} - V_{2Lo} < 0 \\ V_{oLr} - V_{1Lo} > 0 \end{array}$$

Este caso con $d < 0.5$ no puede darse ya que V_1 será mayor que V_2

Modo 4)

$$\begin{array}{l} V_2 > V_0 \\ V_{oLr} - V_{2Lo} < 0 \\ V_{oLr} - V_{1Lo} < 0 \end{array}$$



Funcionament

Modo4(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts) :=

$$I_0 \leftarrow \frac{1}{4} \cdot Ts \frac{(2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot d + 2 \cdot Vo \cdot Lr \cdot d - Vo \cdot Lr - Vo \cdot Lf)}{(Lr \cdot Lf)}$$

$$I_1 \leftarrow \frac{-1}{4} \cdot Ts \frac{(-Lf \cdot V1 + Vo \cdot Lr) \cdot (2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot d + 2 \cdot Vo \cdot Lr \cdot d - Vo \cdot Lr - Vo \cdot Lf)}{[Lr \cdot [Lf \cdot (Vo \cdot Lr + Lf \cdot V1)]]}$$

$$I_2 \leftarrow \frac{-1}{4} \cdot Ts \frac{(2 \cdot Vo \cdot Lr \cdot d - Vo \cdot Lr + Vo \cdot Lf - 2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot d)}{(Lr \cdot Lf)}$$

$$I_3 \leftarrow \begin{cases} A \leftarrow (-Vo \cdot Lr + Vo \cdot Lr \cdot d + Lf \cdot V1 \cdot d) \\ \frac{A \cdot Ts \cdot (2 \cdot Vo \cdot Lr \cdot d - Vo \cdot Lr + Vo \cdot Lf - 2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot d)}{(Lr \cdot Lf) \cdot [4 \cdot (-Vo \cdot Lr + Vo \cdot Lr \cdot d - Lf \cdot V1 \cdot d)]} \end{cases}$$

$$T1 \leftarrow \frac{1}{2} \cdot Ts \frac{(2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot d + 2 \cdot Vo \cdot Lr \cdot d - Vo \cdot Lr - Vo \cdot Lf)}{(Vo \cdot Lr + Lf \cdot V1)}$$

$$T2 \leftarrow d \cdot Ts$$

$$tr2 \leftarrow \frac{-1}{2} \cdot (-1 + d) \cdot \frac{Ts \cdot (2 \cdot Vo \cdot Lr \cdot d - Vo \cdot Lr + Vo \cdot Lf - 2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot d)}{(-Vo \cdot Lr + Vo \cdot Lr \cdot d - Lf \cdot V1 \cdot d)}$$

$$T3 \leftarrow T2 + tr2$$

$$I_{media} \leftarrow \begin{cases} A \leftarrow \frac{I_0 + I_1}{2} \cdot T1 \\ B \leftarrow \frac{I_1 + I_2}{2} \cdot (Ts \cdot d - T1) \\ C \leftarrow \frac{I_2 + I_3}{2} \cdot tr2 \\ D \leftarrow \frac{I_3 + I_0}{2} \cdot (Ts - T3) \\ \frac{A + B + C + D}{Ts} \end{cases}$$

$$C_0 \leftarrow I_0$$

$$C_1 \leftarrow I_1$$

$$C_2 \leftarrow I_2$$

$$C_3 \leftarrow I_3$$

$$C_4 \leftarrow T1$$

$$C_5 \leftarrow T3$$

$$C_6 \leftarrow I_{media}$$

$$C_7 \leftarrow \max(I_0, I_1, I_2, I_3)$$

C

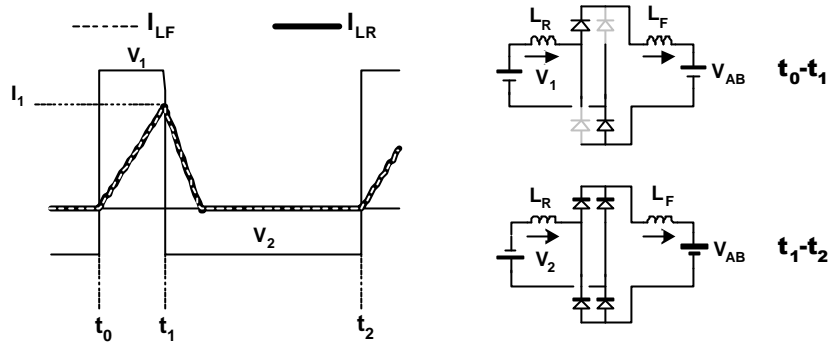
Modo 5)

V2 < Vo

VoLr - V2Lf > 0

MCD

Funcionamient



Modo5($V_1, V_o, d, L_r, L_f, T_s$) :=

$$T1 \leftarrow T_s \cdot d$$

$$I1 \leftarrow T1 \cdot \frac{(V1 - V_o)}{(L_f + L_r)}$$

$$tr1 \leftarrow -T1 \cdot \frac{(V1 - V1 \cdot d - V_o + V_o \cdot d)}{(-V1 \cdot d + V_o \cdot d - V_o)}$$

$$T2 \leftarrow T1 + tr1$$

$$I_{media} \leftarrow \frac{I1 \cdot T2}{2 \cdot T_s}$$

$$C_0 \leftarrow I1$$

$$C_1 \leftarrow T2$$

$$C_2 \leftarrow I_{media}$$

Modo 6)

$$V2 < V_o$$

$$V_o L_r - V2 L_f > 0$$

MCC

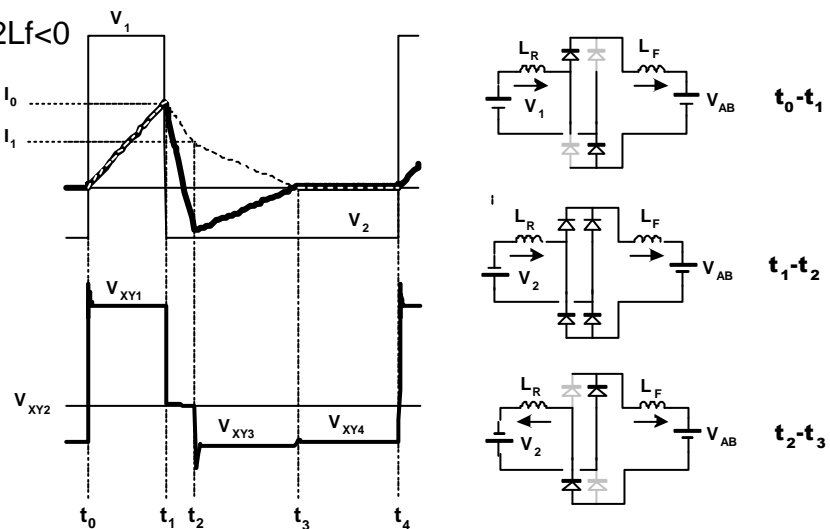
no puede darse a no ser que V_o sea menor de 0 (y esto es imposible)

Modo 7)

$$V2 < V_o$$

$$V_o L_r - V2 L_f < 0$$

MCD



Funcionamient

$$\begin{aligned}
 \text{Modo7}(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts) := & \quad lo \leftarrow -(-V1 + Vo) \cdot d \cdot \frac{Ts}{(Lf + Lr)} \\
 & \quad V2 \leftarrow V1 \cdot \frac{d}{1 - d} \\
 & \quad tr1 \leftarrow 2 \cdot \frac{lo}{\left(\frac{Vo}{Lf} + \frac{V2}{Lr} \right)} \\
 & \quad I1 \leftarrow lo - \frac{Vo}{Lf} \cdot tr1 \\
 & \quad tr2 \leftarrow \frac{-I1}{V2 - Vo} \cdot (Lf + Lr) \\
 & \quad T2 \leftarrow d \cdot Ts + tr1 \\
 & \quad T3 \leftarrow T2 + tr2 \\
 & \quad lmedia \leftarrow \frac{A \leftarrow \frac{lo \cdot d \cdot Ts}{2} + I1 \cdot \frac{tr2}{2}}{A + \frac{lo + I1}{2} \cdot tr1} \cdot Ts \\
 & \quad C_0 \leftarrow lo \\
 & \quad C_1 \leftarrow I1 \\
 & \quad C_2 \leftarrow T2 \\
 & \quad C_3 \leftarrow T3 \\
 & \quad C_4 \leftarrow lmedia \\
 & \quad C
 \end{aligned}$$

Modo 8)

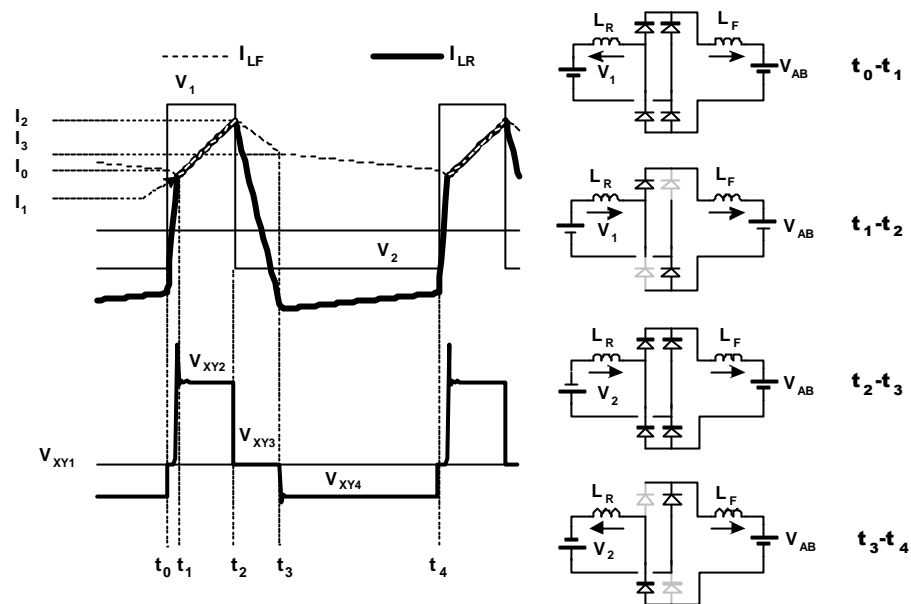
$$V2 < Vo$$

$$VoLr - V2Lf < 0$$

$$VoLr - V1Lf < 0$$

Es equivalente al modo (4)

$$\text{Modo8}(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts) := \text{Modo4}(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts)$$



1.2. Obtención de las características tensión-corriente (CTC)

En función de la tensión V_o se determinará en que modo se encuentra trabajando la RAI.
Posteriormente podrá determinarse el valor de corriente deseado para obtener la CTC.

```

QueModo(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts) :=
  V2 ← V1 ·  $\frac{d}{1-d}$ 
  if V2 > Vo
    if (Vo · Lr - V2 · Lf) > 0
      if (Vo · Lr - V1 · Lf) > 0
        MODO ← 1
      else
        MODO ← 2
    else
      MODO ← 4
  otherwise
    if (Vo · Lr - V2 · Lf) > 0
      MODO ← 5
    otherwise
      if  $\left[ -2 \cdot Lf \cdot V1 \cdot \frac{d}{(2 \cdot Lr \cdot d - Lr - Lf)} \right] < Vo$ 
        MODO ← 7
      else
        MODO ← 8
  MODO
  
```

La función CTCmedia devolverá el valor de la corriente media en un periodo de conmutación.

```

CTCmedia(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts) :=
Modo ← QueModo(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)
I ← 0 if Modo = 0
I ← Modo1(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)2 if Modo = 1
I ← Modo2(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)5 if Modo = 2
I ← Modo4(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)6 if Modo = 4
I ← Modo5(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)2 if Modo = 5
I ← Modo7(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)4 if Modo = 7
I ← Modo8(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)6 if Modo = 8
I ← 0 if I < 0
I

```

```

CTCpico(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts) :=
Modo ← QueModo(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)
I ← 0 if Modo = 0
I ← Modo1(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)6 if Modo = 1
I ← Modo2(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)6 if Modo = 2
I ← Modo4(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)7 if Modo = 4
I ← Modo5(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)0 if Modo = 5
I ← Modo7(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)0 if Modo = 7
I ← Modo8(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)2 if Modo = 8
I ← 0 if I < 0
I

```

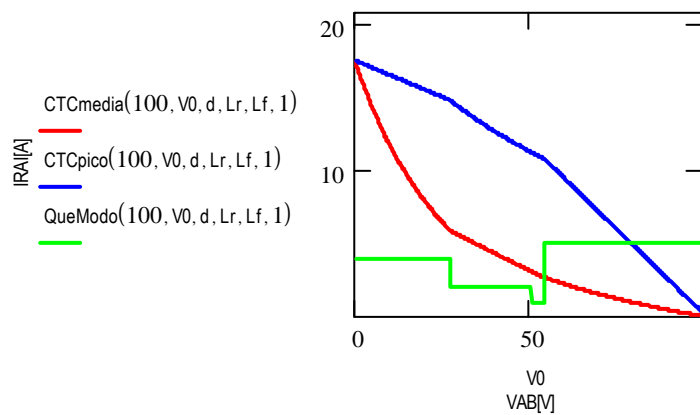
Ejemplos

V0 := .1,.3..99

Lr := 1

Lf := .5

d := .35



Funcionament

1.3. Corriente de entrada al RAA.

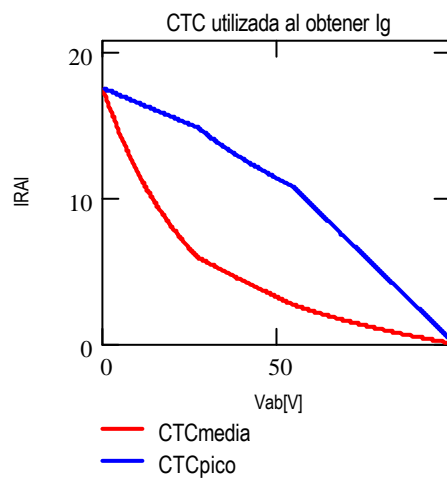
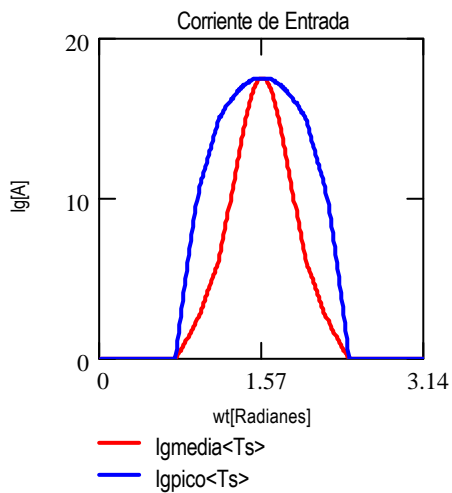
El valor de la tensión de entrada depende de V_g , V_c y RAI .

Debe recordarse que $N13$ es la relación de transformación $N1/N3$

$$I_{gmedia}(V_g, V_c, N13, d, L_r, L_f, T_s, \omega t) := \left| \begin{array}{l} V1 \leftarrow \frac{V_c}{N13} \\ V_o \leftarrow V_c - V_g \cdot \sin(\omega t) \\ I_g \leftarrow CTCmedia(V1, V_o, d, L_r, L_f, T_s) \\ I_g \leftarrow 0 \text{ if } I_g < 0 \\ I_g \end{array} \right.$$

$$I_{gpico}(V_g, V_c, N13, d, L_r, L_f, T_s, \omega t) := \left| \begin{array}{l} V1 \leftarrow \frac{V_c}{N13} \\ V_o \leftarrow V_c - V_g \cdot \sin(\omega t) \\ I_g \leftarrow CTCpico(V1, V_o, d, L_r, L_f, T_s) \\ I_g \leftarrow 0 \text{ if } I_g < 0 \\ I_g \end{array} \right.$$

Ejemplos $\theta := 0, 0.01 \dots \pi$ $V_g := 300$ $V_c := 300$ $N13 := 3$ $d := .35$ $L_r := 1$ $L_f := 0.5$



1.4. Potencia de entrada al RAA

$$Pot(V_g, V_c, N13, d, L_r, L_f, T_s) := \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_{gmedia}(V_g, V_c, N13, d, L_r, L_f, T_s, \omega t) \cdot V_g \cdot \sin(\omega t) d\omega t$$

Funcionamient

1.5. Corriente instantánea de entrada (para cálculos de rizado)

Recordamos que Pppc son los puntos por periodo de conmutación.
Valor recomendado entre 10 y 20.

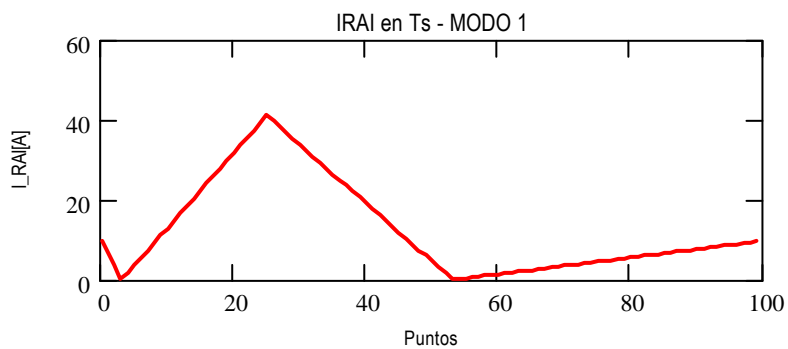
Modo 1

```

Forma1(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts,Pppc) :=
  C ← Modo1(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)
  lo ← C0
  l1 ← C1
  T1 ← C3
  T2 ← C4
  T3 ← C5
  for j ∈ 0..Pppc - 1
    t ← j ·  $\frac{T_s}{Pppc}$ 
    Inj ← lo -  $\frac{lo}{T1} \cdot t$  if (t < T1)
    Inj ←  $\frac{l1}{(T2 - T1)} \cdot (t - T1)$  if (T1 ≤ t < T2)
    Inj ←  $l1 - \frac{l1}{(T3 - T2)} \cdot (t - T2)$  if (T2 ≤ t < T3)
    Inj ←  $\frac{lo}{(Ts - T3)} \cdot (t - T3)$  if (T3 ≤ t < Ts)
  In
  
```

Pppc := 100

Dibujo1 := Forma1(40,10,.25,150·10⁻⁶,10·10⁻⁶,10⁻³,Pppc) k := 0..Pppc - 1



Funcionamient

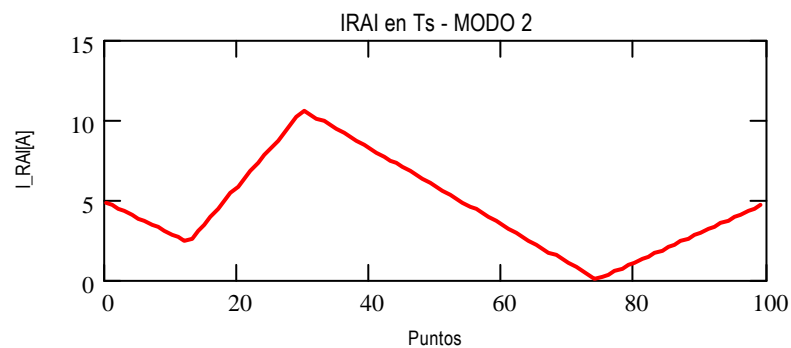
Modo 2)

```

Forma2(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc) :=
  C ← Modo2(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts)
  lo ← C0
  l1 ← C1
  l2 ← C2
  T1 ← C3
  T2 ← d·Ts
  T3 ← C4
  for j ∈ 0.. Pppc - 1
    t ← j· $\frac{Ts}{Pppc}$ 
    lnj ← lo +  $\frac{l1 - lo}{T1} \cdot t$  if (t < T1)
    lnj ← l1 +  $\frac{l2 - l1}{T2 - T1} \cdot (t - T1)$  if (T1 ≤ t < T2)
    lnj ← l2 -  $\frac{l2}{T3 - T2} \cdot (t - T2)$  if (T2 ≤ t < T3)
    lnj ←  $\frac{lo}{(Ts - T3)} \cdot (t - T3)$  if (T3 ≤ t < Ts)
  ln

```

Dibujo2 := Forma2(40, 2, .3, $700 \cdot 10^{-6}$, $100 \cdot 10^{-6}$, 10^{-3} , Pppc)



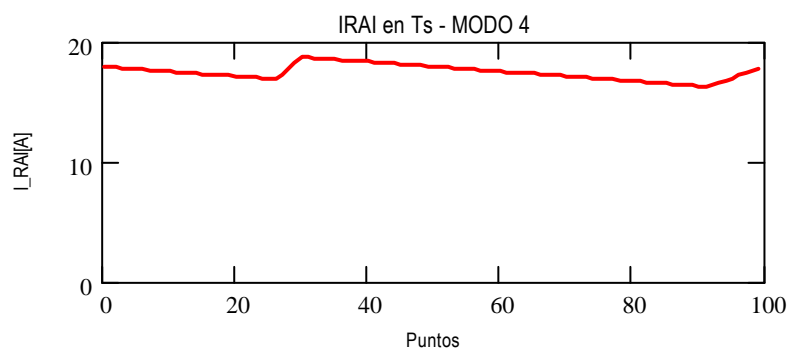
Funcionamient

Modo 4)

```

Forma4(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc) :=
  C ← Modo4(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts)
  lo ← C0
  l1 ← C1
  l2 ← C2
  l3 ← C3
  T1 ← C4
  T3 ← C5
  T2 ← d·Ts
  for j ∈ 0.. Pppc - 1
    t ← j· $\frac{Ts}{Pppc}$ 
    Inj ← lo +  $\frac{l1 - lo}{T1} \cdot t$  if (t < T1)
    Inj ← l1 +  $\frac{l2 - l1}{T2 - T1} \cdot (t - T1)$  if (T1 ≤ t < T2)
    Inj ← l2 +  $\frac{l3 - l2}{T3 - T2} \cdot (t - T2)$  if (T2 ≤ t < T3)
    Inj ← l3 +  $\frac{lo - l3}{Ts - T3} \cdot (t - T3)$  if (T3 ≤ t < Ts)
  In
  
```

Dibujo4 := Forma4(40, 2, 0.3, $300 \cdot 10^{-6}$, $500 \cdot 10^{-6}$, 10^{-3} , Pppc)



Modo 5)

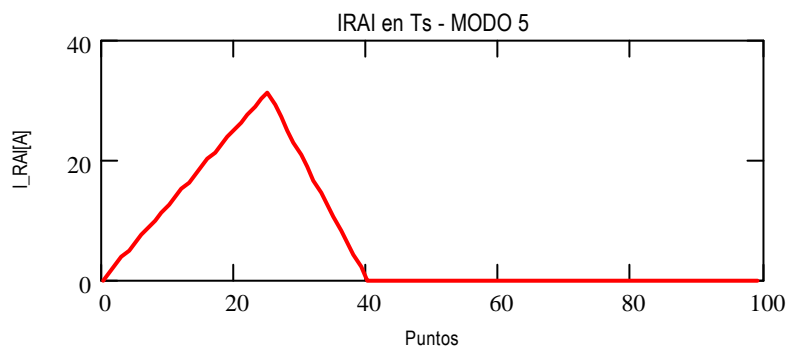
Funcionamient

```

Forma5(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts,Pppc) :=
| C ← Modo5(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)
| I1 ← C0
| T2 ← C1
| T1 ← d·Ts
| for j ∈ 0..Pppc - 1
|   | t ← j· $\frac{Ts}{Pppc}$ 
|   |  $I_{nj} \leftarrow \frac{I1}{T1} \cdot t$  if (t < T1)
|   |  $I_{nj} \leftarrow I1 + \frac{-I1}{T2 - T1} \cdot (t - T1)$  if (T1 ≤ t < T2)
|   |  $I_{nj} \leftarrow 0$  if (T2 ≤ t < Ts)
| In

```

Dibujo5 := Forma5(40,20,.25,150·10⁻⁶,10⁻⁵,10⁻³,Pppc)



Modo 7)

```

Forma7(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts,Pppc) :=
| C ← Modo7(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts)
| Io ← C0
| I1 ← C1
| T2 ← C2
| T3 ← C3
| T1 ← d·Ts
| for j ∈ 0..Pppc - 1
|   | t ← j· $\frac{Ts}{Pppc}$ 
|   | Io

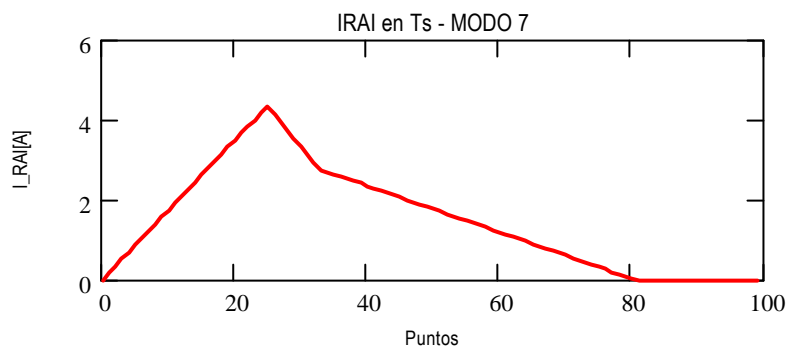
```

Funcionamient

$$I_{nj} \leftarrow \begin{cases} \frac{I_1}{T_1} \cdot t & \text{if } (t < T_1) \\ I_0 + \frac{I_1 - I_0}{T_2 - T_1} \cdot (t - T_1) & \text{if } (T_1 \leq t < T_2) \\ I_1 + \frac{-I_1}{T_3 - T_2} \cdot (t - T_2) & \text{if } (T_2 \leq t < T_3) \\ 0 & \text{if } (T_3 \leq t < T_s) \end{cases}$$

I_n

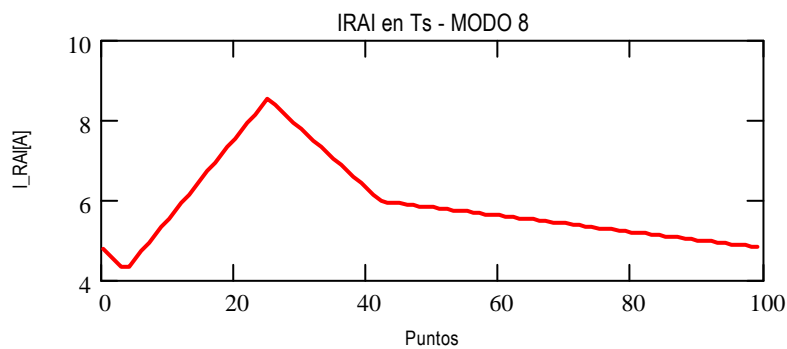
Dibujo7 := Forma7(40, 20, .25, 150·10⁻⁶, 10⁻³, 10⁻³, Pppc)



Modo 8)

Forma8(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc) := Forma4(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc)

Dibujo8 := Forma8[38, 15, .25, 150·10⁻⁶, 10⁻³, (10)⁻³, Pppc]



Para trabajar con valores "base" igual que en los casos anteriores se considerará Ts=1 aunque fs sea distinto de 1. Para determinar el número de conmutaciones será necesario indicar la frecuencia de red (Fred)

Funcionamient


```

lgReal(Vg, Vc, N13, d, Lr, Lf, Ts, fs, Pppc, Fred) :=
  Conmuta  $\leftarrow \text{ceil}\left(\frac{1}{2 \cdot \text{Fred}} \cdot \text{fs}\right)$ 
  Puntos  $\leftarrow \text{Conmuta} \cdot \text{Pppc}$ 
  for j  $\in$  0.. Conmuta - 1
    Vo  $\leftarrow Vc - Vg \cdot \sin\left(\pi \cdot \frac{j}{\text{Conmuta}}\right)$ 
    V1  $\leftarrow \frac{Vc}{N13}$ 
    Modo  $\leftarrow$  0 if Vo < 0
    (Modo  $\leftarrow$  QueModo(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts)) otherwise
    for i  $\in$  0.. Pppc - 1 if Modo = 0
      x  $\leftarrow$  Pppc · j + i
      ITx  $\leftarrow$  0
    if Modo = 1
      A  $\leftarrow$  Forma1(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc)
      for i  $\in$  0.. Pppc - 1
        x  $\leftarrow$  Pppc · j + i
        ITx  $\leftarrow$  Ai
    if Modo = 2
      A  $\leftarrow$  Forma2(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc)
      for i  $\in$  0.. Pppc - 1
        x  $\leftarrow$  Pppc · j + i
        ITx  $\leftarrow$  Ai
    if Modo = 4
      A  $\leftarrow$  Forma4(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc)
      for i  $\in$  0.. Pppc - 1
        x  $\leftarrow$  Pppc · j + i
        ITx  $\leftarrow$  Ai
    if Modo = 5
      A  $\leftarrow$  Forma5(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc)
      for i  $\in$  0.. Pppc - 1
        x  $\leftarrow$  Pppc · j + i
        ITx  $\leftarrow$  Ai
    if Modo = 7
      A  $\leftarrow$  Forma7(V1, Vo, d, Lr, Lf, Ts, Pppc)

```

Funcionamient

```

for i ∈ 0..Pppc-1
  x ← Pppc-j+i
  ITx ← Ai
if Modo = 8
  A ← Forma8(V1,Vo,d,Lr,Lf,Ts,Pppc)
  for i ∈ 0..Pppc-1
    x ← Pppc-j+i
    ITx ← Ai
for i ∈ 0..Puntos-1
  ITi ← 0 if ITi < 0
for i ∈ Puntos..2.Puntos-1
  ITi ← -ITi-Puntos
IT

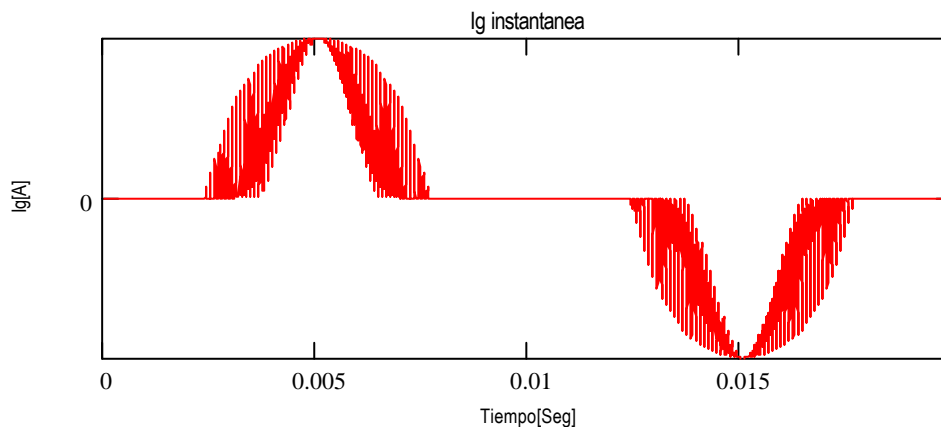
```

Ejemplos.

Fred := 50 fs := 10000

IGREAL := IgReal(Vg,Vc,N13,d,Lr,Lf,1,fs,Pppc,Fred)

i := 0..rows(IGREAL)



1.6. Evolución de la tensión en el condensador de almacenamiento al modificar las condiciones de trabajo.

La tensión en el condensador de almacenamiento variará si cambia la tensión de red o el valor de la potencia demandada por la carga, esto implica añadir nuevos parámetros de diseño. Si el valor de pico de la tensión de red es modificado, deberá acotarse esta variación introduciendo los valores de V_{gmin} y V_{gmax} . Por otra parte y como consecuencia del cambio en el funcionamiento del convertidor CC/CC será importante introducir a partir de que valor de carga y tensión en el condensador (V_c) inicia su funcionamiento en MCC, este valor será introducido en tanto por uno de la potencia nominal considerada y medido a V_{cmin} .

Funcionamiento

En el momento que se considera la variación de V_c deberá también determinarse la variación del ciclo de trabajo, para independizar este valor de la tensión de salida del convertidor p se relacionará con el ciclo de trabajo máximo d_{max} , este ciclo de trabajo será el correspondiente a la mínima tensión posible en el condensador de almacenamiento. Esta tensión vendrá dada por la mínima tensión en el condensador de almacenamiento que a mínima tensión de red permite funcionar a la RAI como tal, es decir, que esta presente al impedancia y no depende de la topología del convertidor cc/cc.

$$VCmin(Vgmin, dmax, N13, K) := \begin{cases} Vcminima \leftarrow \frac{Vgmin}{1 - \frac{2dmax}{N13}} & \text{if } K > 1000 \\ Vcminima \leftarrow Vgmin & \text{otherwise} \\ Vcminima + .1 \end{cases}$$

Para que la RAI funcione correctamente, para cada valor de la tensión de Red (V_g) existirá un valor mínimo de tensión en el condensador ($V_{cinitial}$) por debajo del cual no podrá trabajar a alta impedancia. Este valor se obtendrá mediante la función **VCINICIAL**.

$$VCINICIAL(Vg, Vgmin, dmax, N13, K) := \begin{cases} \text{if } K > 1000 \\ \quad Vcmin \leftarrow \frac{Vgmin}{1 - \frac{2 \cdot dmax}{N13}} \\ \quad \beta \leftarrow Vcmin \cdot \frac{dmax}{1 - dmax} \\ \quad Vcini \leftarrow \frac{-\beta + \frac{2 \cdot \beta}{N13} + Vg + \sqrt{\left(-\beta + \frac{2 \cdot \beta}{N13} + Vg\right)^2 + 4 \cdot Vg \cdot \beta}}{2} \\ \quad Vcini \leftarrow Vg & \text{otherwise} \\ \quad Vcini + .3 \end{cases}$$

La variación de la tensión en el condensador de almacenamiento tiene un límite superior incluso sin tener en cuenta el paso a funcionamiento discontinuo del convertidor principal. Conocer este valor es muy útil para introducirlo como límite superior en las representaciones y cálculos por iteración.

$$VCFINAL(Vg, N13) := Vg \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{N13}}$$

El ciclo de trabajo a V_c distinta de $V_{c\text{minima}}$ dependerá de la topología del convertidor cc podrá obtenerse mediante la función D

$$D(V_c, V_{g\text{min}}, d_{\text{max}}, N13, K) := \left| \begin{array}{l} B \leftarrow \frac{d_{\text{max}}}{1 - d_{\text{max}}} \cdot VC_{\text{min}}(V_{g\text{min}}, d_{\text{max}}, N13, K) \\ \frac{B}{V_c + B} \end{array} \right|$$

```

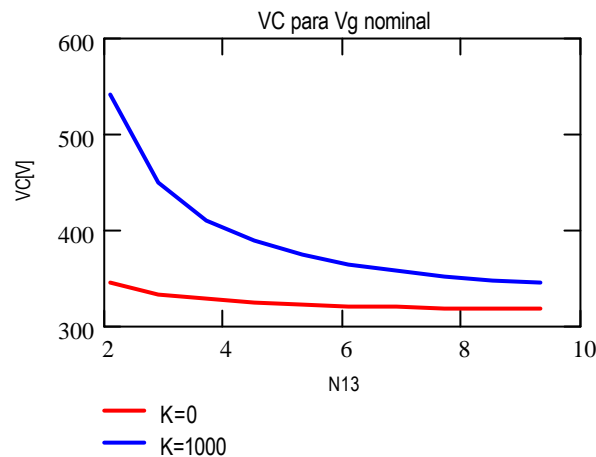
VCaVG(Vg, Vgmin, dmax, N13, K) := if K > 1000
    | Lr ← 10-9
    | Lf ← 1
    otherwise
    | Lr ← 1
    | Lf ← K
    Ts ← 1
    Vcminima ← VCmin(Vgmin, dmax, N13, K)
    a ← VCINICIAL(Vg, Vgmin, dmax, N13, K)
    b ← VCFINAL(Vg, N13)
    P1 ← Pot(Vgmin, Vcminima, N13, dmax, Lr, Lf, Ts)
    ERROR ← 1
    Veces ← 1
    while ERROR > 0.001
        | Veces ← Veces + 1
        | Vcactual ←  $\frac{a + b}{2}$ 
        | d ← D(Vcactual, Vgmin, dmax, N13, K)
        | P2 ← Pot(Vg, Vcactual, N13, d, Lr, Lf, Ts)
        | ERROR ←  $\left| \frac{P1 - P2}{P1} \right|$ 
        | b ← Vcactual if P1 > P2
        | a ← Vcactual otherwise
        | break if Veces > 1000
    Vcactual

```

Ejemplo.

Tensión en el condensador de almacenamiento para diferentes K con tensión nominal 220 V eficaces y tensión mínima 190 V.

$N_{13} := 2.1, 2.9.. 10$ $V_{gmin} := 190\sqrt{2}$ $V_{gnom} := 220\sqrt{2}$ $d_{max} := 0.45$



1.7. Tensión máxima en el condensador de almacenamiento.

```

Vcmax(Vg, Vgmin, dmax, N13, K, PLMCD) :=
    a ← VCINICIAL(Vg, Vgmin, dmax, N13, K)
    b ← VCFINAL(Vg, N13)
    Vcminima ← VCmin(Vgmin, dmax, N13, K)
    if K > 1000
        | Lr ← 10-3
        | Lf ← 1
    otherwise
        | Lr ← 1
        | Lf ← K
    P1 ← Pot(Vgmin, Vcminima, N13, dmax, Lr, Lf, 1) · PLMCD
    ERROR ← 1
    Veces ← 1
    while |ERROR| > .01
        | Veces ← Veces + 1
        | Vcactual ←  $\frac{a + b}{2}$ 
        | d ← D(Vcactual, Vgmin, dmax, N13, K)

```

Funcionamient

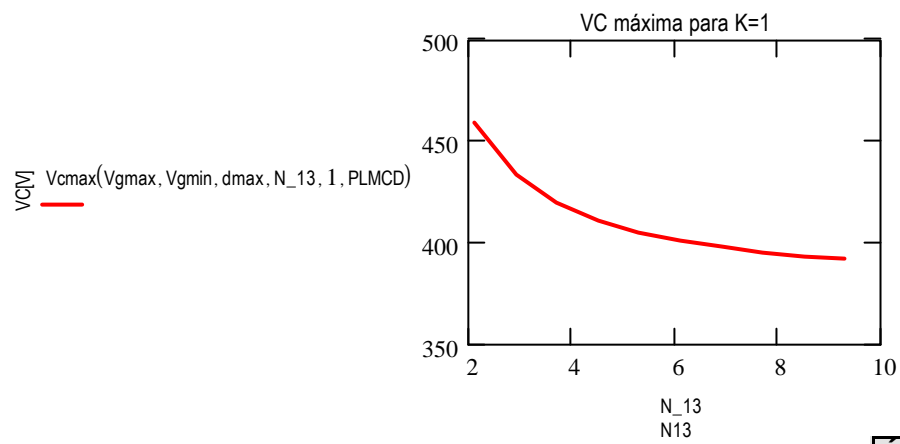
```

P2 ← Pot(Vg, Vcactual, N13, d, Lr, Lf, 1)
ERROR ←  $\frac{P2 - P1}{P1}$ 
a ← Vcactual if ERROR ≥ 0
b ← Vcactual otherwise
break if Veces = 1000
Vcactual

```

$$V_{gmax} := 265\sqrt{2}$$

$$PLMCD := \frac{1}{3}$$



ÍNDICE