

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

3. Diseños para cumplir en Clase D.

3.1 Máximo contenido armónico permitido según Clase D.

3.2 Condiciones de diseño.

3.3 Corriente/Potencia de entrada nominal base

3.4 Contenido armónico base en mA/W

3.5 Potencia normalizada y valor de KLF.

3.6 Tensión mínima en el condensador y corriente de pico

3.7 Tensión máxima en el condensador de almacenamiento.

3.8 Proceso automatizado para la obtención de ábacos de diseño

ÍNDICE

3.1 Máximo contenido armónico permitido según Clase D.

El contenido armónico límite es relativo, los valores aquí mostrados están dados en mArms/W

Normativa de Armónicos en clase D

$$\begin{array}{lll} ID_3 := 3.4 & ID_9 := .5 & j := 15, 17..39 \\ ID_5 := 1.9 & ID_{11} := .35 & ID_j := \frac{3.85}{j} \\ ID_7 := 1.0 & ID_{13} := .296 & \end{array}$$

3.2 Condiciones de diseño.

1. El RAA diseñado deberá cumplir la normativa a tensión nominal y plena carga
2. La RAI deberá mantener su condición de alta impedancia durante todas las tensiones de funcionamiento.
3. Deberá reciclarse la menor energía posible, lo que lleva a que a V_{gmin} le corresponde V_{cmin} .

Características de los diseños:

$$V_{gmin} := 190 \cdot \sqrt{2} \quad V_{gnom} := 220 \cdot \sqrt{2} \quad V_{gmax} := 265 \cdot \sqrt{2} \quad d_{max} := .45 \quad PLMCD := \frac{1}{3}$$

$$K := 1$$

$F_{red} := 50$ Se considerará en el ejemplo que la topología principal es un convertidor directo, por tanto N_r dependerá el trafo de desmagnetización supondremos que $N_r = N_{13}$

$$L_r := \begin{cases} 10^{-9} & \text{if } K > 1000 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad L_f := \begin{cases} 1 & \text{if } K > 1000 \\ K & \text{otherwise} \end{cases}$$

Relaciones de transformación a estudiar: $N_{13inicial} := 1.5$ $\Delta N_{13} := .5$ $PuntosN_{13} := 15$

$$i := 0..PuntosN_{13} - 1 \quad N_i := N_{13inicial} + i \cdot \Delta N_{13}$$

Para estudiar el contenido armónico de baja frecuencia solo es necesario tomar 41 puntos en un semiciclo de red:

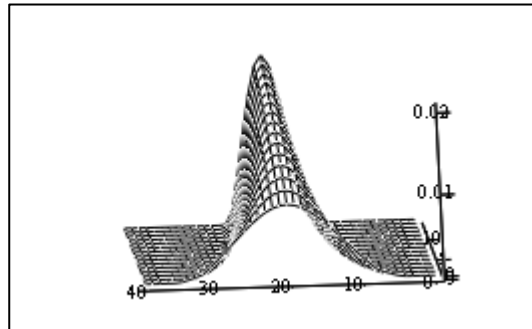
$$j := 0..40$$

3.3 Corriente/Potencia de entrada nominal base

$$VCNOM_i := VCaVG(Vgnom, Vgmin, dmax, N_i, K)$$

$$D1_i := D(VCNOM_i, Vgmin, dmax, N_i, K) \quad PNOMBASE_i := Pot(Vgnom, VCNOM_i, N_i, D1_i, Lr, Lf, 1)$$

$$IGNOMBASE_{i,j} := \frac{I_{gmedia} \left(Vgnom, VCNOM_i, N_i, D1_i, Lr, Lf, 1, \frac{j \cdot \pi}{40} \right)}{PNOMBASE_i}$$



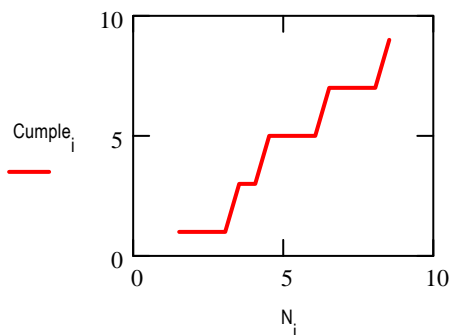
IGNOMBASE

3.4 Contenido armónico normalizado en mA/W

$$I_{arm_{i,j}} := \left| \frac{2}{\sqrt{2 \cdot 40}} \cdot \sum_{k=0}^{40} IGNOMBASE_{i,k} \cdot \sin \left(\left(\frac{k}{40} \cdot \pi \cdot j \right) \right) \right| \cdot 1000$$

Cumple_i := $\left\{ \begin{array}{l} \text{MargenSeguridad} \leftarrow 1.05 \\ \text{for } j \in 3, 5 \dots 39 \\ A_j \leftarrow \frac{I_{arm_{i,j}} \cdot \text{MargenSeguridad}}{ID_j} \\ C \leftarrow 1 \text{ if } \max(A) < 1 \\ C \leftarrow \text{match}(\max(A), A)_0 \text{ otherwise} \\ C \end{array} \right.$

Comparando los armónicos obtenidos con los de la norma, podrá determinarse a partir de que valor de relación de transformación podrá cumplirse la normativa.



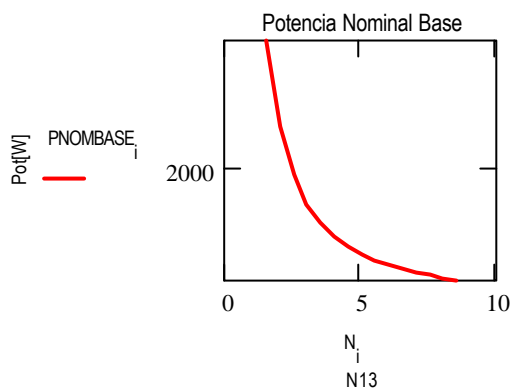
Si "cumple" devuelve un 1, la función cumplirá la norma, en caso contrario indica el armónico que hace no cumplir la norma.

$N_{maxima} := \left\{ \begin{array}{l} \text{for } i \in 0 \dots \text{PuntosN13} - 1 \\ A_i \leftarrow N_i \text{ if } \text{Cumple}_i = 1 \\ \max(A) \end{array} \right. \quad N_{maxima} = 3$

3.5 Potencia base y valor de KLF

Una vez determinada la relación de transformación, deberá obtenerse el valor de la bobina en función de la frecuencia de conmutación seleccionada. La potencia no influye en el cumplimiento de la norma ya que el contenido armónico seleccionado es relativo.

$$PNOMBASE_i := Pot(V_{gnom}, V_{CNOM_i}, N_i, D1_i, L_r, L_f, 1)$$



Para el valor máximo de N admisible se tendrá:

$$PNOMBASE_{sol} := PNOMBASE_{match}(N_{maxima}, N)_0$$

$$PNOMBASE_{sol} = 1.462 \times 10^3$$

Para todos los valores de $PNOMBASE$ se cumplirá:

$$\frac{PNOMBASE}{PotenciaDiseño} = KLF$$

Donde KLF es el producto de la bobina significativa por la frecuencia de conmutación.

3.6 Tensión mínima en el condensador y corriente de pico

$$VCMIN_i := VCmin(V_{gmin}, d_{max}, N_i, K)$$

$$I_{gmaximaBase}(V_{gmin}, d_{max}, N13, K) := VC \leftarrow VCmin(V_{gmin}, d_{max}, N13, K)$$

for $j \in 0..40$

$$IGN_j \leftarrow I_{gpico} \left(V_{gmin}, VC, N13, d_{max}, L_r, L_f, 1, \frac{j \cdot \pi}{40} \right)$$

max(IGN)

$$IGPICOMAX = \frac{IGPICOBASE}{KLF}$$

El valor correspondiente a cada potencia podrá calcularse utilizando esta fórmula

Para la solución de $N_{máxima}$ se tiene :

$$IGPICOBASE_{sol} := I_{gmaximaBase}(V_{gmin}, d_{max}, N13, K)$$

$$IGPICOBASE_{sol} = 20.138$$

Ejemplo.

Para un convertidor de 250W se tendrán las siguientes características.

$$KLFejemplo := \frac{PNOMBASEsol}{250} \quad IGpico := \frac{IGPICOBASEsol}{KLFejemplo} \quad IGpico = 3.443$$

3.7 Tensión máxima en el condensador de almacenamiento.

$$VCMAXsol := \begin{cases} Nr \leftarrow Nmaxima \\ Vcmax(Vgmax, Vgmin, dmax, Nmaxima, K, PLMCD) \end{cases} \quad VCMAXsol = 431.338$$

3.8 Proceso automatizado para la obtención de ábacos de diseño

Para una determinada configuración se obtendrán de una sola vez todos los parámetros necesarios para realizar un diseño en Clase D. La precisión del cálculo y el margen de seguridad podrán definirse en el programa. Para convertidores de Retroceso $Nr=0$

$$\text{MargenSeguridad} := 1.05$$

$$\Delta N13 := 0.05$$

Características de los diseños:

$$Vgmin := 190\sqrt{2} \quad Vgnom := 220\sqrt{2} \quad Vgmax := 265\sqrt{2} \quad dmax := .45 \quad PLMCD := \frac{1}{3} \quad Fred := 50$$

$$\text{ClaseD}(Vgmin, Vgnom, Vgmax, dmax, K, PLMCD) := \begin{cases} Lf \leftarrow \begin{cases} 1 & \text{if } K > 1000 \\ K & \text{otherwise} \end{cases} \\ Lr \leftarrow \begin{cases} 10^{-9} & \text{if } K > 1000 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \\ Na \leftarrow 1.1 \\ Nb \leftarrow 7 \\ Nba \leftarrow Nb - Na \\ \text{while } Nba > \Delta N13 \\ \quad N13 \leftarrow \frac{Nb + Na}{2} \\ \quad VC \leftarrow VCaVG(Vgnom, Vgmin, dmax, N13, K) \\ \quad D1 \leftarrow D(VC, Vgmin, dmax, N13, K) \\ \quad PBASE \leftarrow Pot(Vgnom, VC, N13, D1, Lr, Lf, 1) \\ \quad \text{for } j \in 0..40 \\ \quad \quad Igmedial \left(Vgnom, VC, N13, D1, Lr, Lf, 1, \frac{j \cdot \pi}{40} \right) \end{cases}$$

Diseño en Clase D

```

IGNj ←  $\frac{\text{PBASE}}{\text{PBASE}}$ 
for j ∈ 3,5..39
    Iarmj ←  $\left| \frac{2}{\sqrt{2 \cdot 40}} \sum_{k=0}^{40} \text{IGN}_k \cdot \sin\left(\left(\frac{k}{40} \cdot \pi \cdot j\right)\right) \right| \cdot 1000$ 
    Cumple ← for j ∈ 3,5..39
        Aj ←  $\frac{\text{Iarm}_j \cdot \text{MargenSeguridad}}{\text{ID}_j}$ 
        C ← 1 if max(A) < 1
        C ← match(max(A),A)0 otherwise
        C
    Na ← N13 if Cumple = 1
    Nb ← N13 otherwise
    Nba ← Nb – Na
Sol0 ← N13
Sol1 ← PBASE
Sol2 ← VCmin(Vgmin,dmax,N13,K)
for j ∈ 0..40
    Igpicoj ←  $\frac{\text{Igpico}\left(\text{Vgmin},\text{Sol}_2,\text{N13},\text{dmax},\text{Lr},\text{Lf},1,\frac{j \cdot \pi}{40}\right)}{\text{PBASE}}$ 
Sol3 ← max(IGpico)
Sol4 ← Vcmax(Vgmax,Vgmin,dmax,N13,K,PLMCD)
Sol5 ← VC
Sol6 ← D1
Sol

```

dmax := .35

$$\begin{array}{lcl}
 k := 1 & \text{ClaseD}(\text{Vgmin}, \text{Vgnom}, \text{Vgmax}, \text{dmax}, 1, \text{PLMCD}) = & \begin{pmatrix} 2.898 \\ 1.074 \times 10^3 \\ 268.801 \\ 0.015 \\ 418.202 \\ 316.222 \\ 0.314 \end{pmatrix} \\
 & & \begin{array}{l} n13 = 2.898 \\ \text{PotenciaBase} = 1074 \\ \text{Vcmin} = 268 \\ \text{A/W} = 0.015 \\ \text{Vcmax} = 418.266 \\ \text{Vcnom} = 316.426 \\ \text{dnom} = 0.314 \end{array}
 \end{array}$$

Diseño en Clase D

$$k := 2$$

$$\text{ClaseD}(V_{gmin}, V_{gnom}, V_{gmax}, d_{max}, k, PLMCD) = \begin{pmatrix} 2.898 \\ 1.143 \times 10^3 \\ 268.801 \\ 0.014 \\ 419.742 \\ 317.101 \\ 0.313 \end{pmatrix}$$

ÍNDICE

Ejemplo de diseño con 100W con K=1

$$\begin{array}{llll} K = 1 & V_{gnom} = 311.127 & PLMCD = 0.333 & \\ d_{max} = 0.35 & V_{gmin} = 268.701 & V_{gmax} = 374.767 & PotDiseño := 100 \end{array}$$

$$\text{Resultados} := \text{ClaseD}(V_{gmin}, V_{gnom}, V_{gmax}, d_{max}, K, PLMCD)$$

$$\begin{array}{llll} N13 := \text{Resultados}_0 & PotBase := \text{Resultados}_1 & AmporW := \text{Resultados}_3 & fs := 100000 \\ VC := \text{Resultados}_5 & d := \text{Resultados}_6 & & \end{array}$$

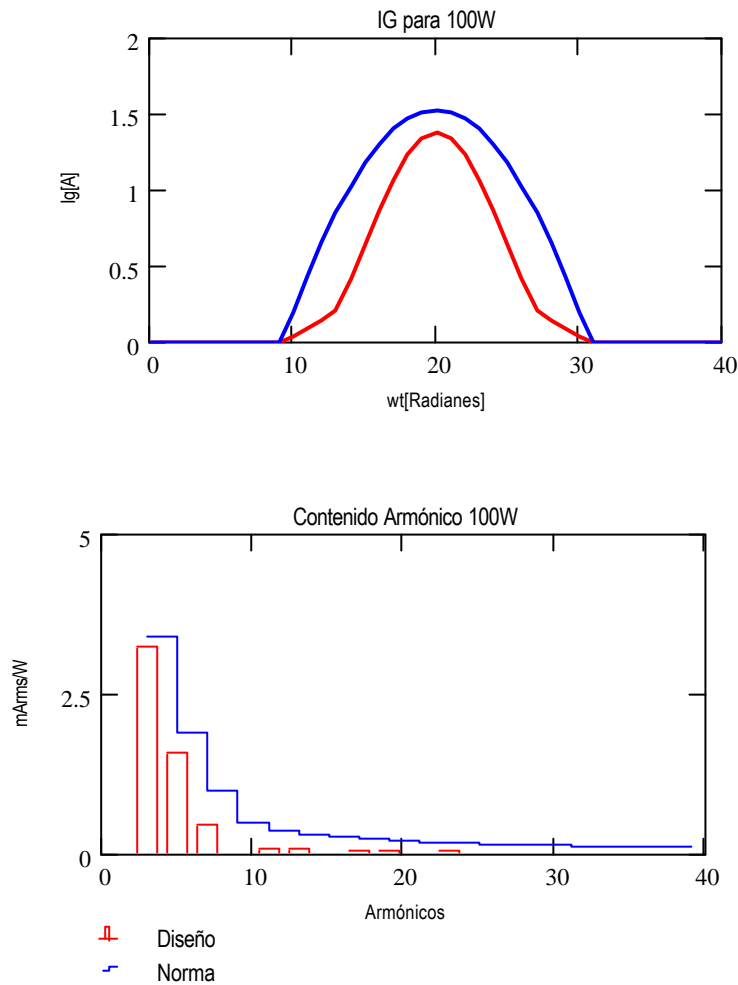
$$KLF := \frac{PotBase}{PotDiseño} \quad Lr := \frac{KLF}{fs} \quad Lf := Lr \cdot K \quad Ipico := AmporW \cdot PotDiseño$$

$$N13 = 2.898 \quad KLF = 10.743 \quad Lr = 1.074 \times 10^{-4} \quad Ipico = 1.509$$

$$i := 0..40 \quad j := 3, 5..39$$

$$IG_i := Ig_{medial} \left(V_{gnom}, VC, N13, d, Lr, Lf, \frac{1}{fs}, \frac{i \cdot \pi}{40} \right) \quad IG_{pico_i} := Ig_{pico} \left(V_{gnom}, VC, N13, d, Lr, Lf, \frac{1}{fs}, \frac{i \cdot \pi}{40} \right)$$

$$ARM_j := \left| \frac{2}{\sqrt{2 \cdot 40}} \sum_{k=0}^{40} IG_k \sin \left(\left(\frac{k}{40} \cdot \pi \cdot j \right) \right) \right| \quad Potencia := Pot \left(V_{gnom}, VC, N13, d, Lr, Lf, \frac{1}{fs} \right) \quad Potencia = 100$$



Ejemplo de diseño con 100W con K=0

$$K := 10^{-9} \quad V_{gnom} = 311.127 \quad PLMCD = 0.333 \quad d_{max} = 0.35$$

$$d_{max} = 0.35 \quad V_{gmin} = 268.701 \quad V_{gmax} = 374.767 \quad PotDiseño := 100$$

$$Resultados := \text{ClaseD}(V_{gmin}, V_{gnom}, V_{gmax}, d_{max}, K, PLMCD)$$

$$N13 := Resultados_0 \quad PotBase := Resultados_1 \quad AmporW := Resultados_3 \quad fs := 100000$$

$$VC := Resultados_5 \quad d := Resultados_6$$

$$KLF := \frac{PotBase}{PotDiseño} \quad Lr := \frac{KLF}{fs} \quad Lf := Lr \cdot K \quad Ipico := AmporW \cdot PotDiseño$$

$$N13 = 4.096 \quad KLF = 4.701 \quad Lr = 4.701 \times 10^{-5} \quad Ipico = 2.68$$

Diseño en Clase D

$$i := 0..40$$

$$j := 3, 5..39$$

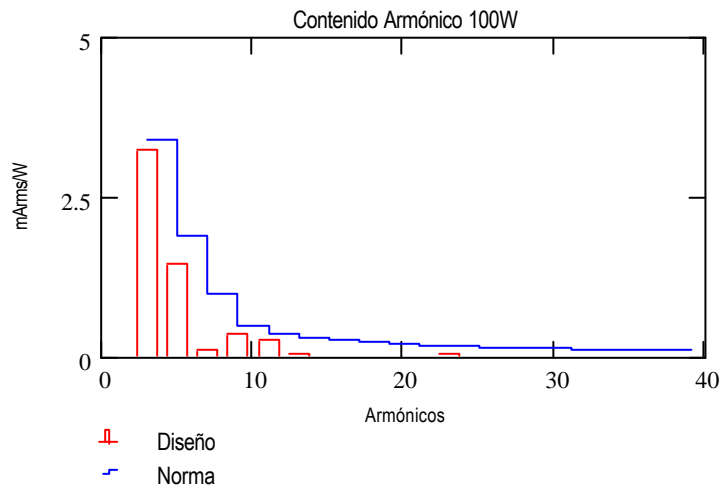
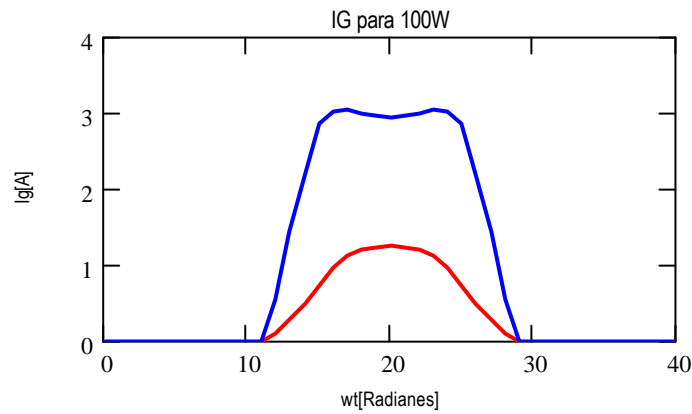
$$IG_i := \text{Igmedial} \left(V_{gnom}, VC, N13, d, Lr, Lf, \frac{1}{f_s}, \frac{i \cdot \pi}{40} \right)$$

$$IGpico_i := \text{Igpico} \left(V_{gnom}, VC, N13, d, Lr, Lf, \frac{1}{f_s}, \frac{i \cdot \pi}{40} \right)$$

$$ARM_j := \left| \frac{2}{\sqrt{2} \cdot 40} \sum_{k=0}^{40} IG_k \sin \left(\left(\frac{k}{40} \cdot \pi \cdot j \right) \right) \right|$$

$$IGpico2_i := \text{Igpico} \left(V_{gmin}, V_{gmin} + .1, N13, d_{max}, Lr, Lf, \frac{1}{f_s}, \frac{i \cdot \pi}{40} \right)$$

$$Potencia := \text{Pot} \left(V_{gnom}, VC, N13, d, Lr, Lf, \frac{1}{f_s} \right) \quad Potencia = 100$$



ÍNDICE