



SEMANA:

TEMAS: 11 – 12 Transformadores

MATERIAL ELABORADO POR: Luis Miguel Cerdá

EJERCICIOS. Cálculo de transformadores monofásicos.**Ejercicio 1**

Calcular el transformador monofásico con los siguientes datos:

Potencia: 75 VA	Inducción magnética. β : 1,3 T
V primario: 230 V	Calidad: $K_{CHAPA} = 1,1$
V secundario: 100 V	Espesor chapas. e : 0,35 mm
Frecuencia: 50 Hz	

Solución:1.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_n = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1,1 \cdot \sqrt{75} = 9,526 \text{ cm}^2$$

2.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N = 4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S$$

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 9,53 \cdot 10^{-4}} = 3,637 \text{ espiras/v}$$

3.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 230 \cdot 3,637 = 836,58 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 100 \cdot 3,637 = 363,73 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (75VA) = 1,09)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,09 \cdot 863,58 = 911,87 \approx \mathbf{912 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,09 \cdot 363,73 = 396,46 \approx \mathbf{396 \text{ espiras}}$$

4.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario., teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (75VA) =86,5%)



$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{75}{230} = 0,326 A$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,865 \cdot \frac{75}{100} = 0,648 A$$

5.- Se calculan las secciones de los conductores.

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,326}{3,5} = 0,093 mm^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{0,648}{3,5} = 0,199 mm^2$$

6.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1}{\pi}} = 0,35 mm \rightarrow d_1 = 0,35 mm$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,199}{\pi}} = 0,5 mm \rightarrow d_2 = 0,5 mm$$

7.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{9,526}{0,9} = 10,584 cm^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = lado^2 \rightarrow lado = \sqrt{S_R} = \sqrt{10,584} = 3,25 cm$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores monofásicos) una chapa, por ejemplo la de 33 mm.

Se verifica:

$$S_R = lado \cdot alto \rightarrow alto = \frac{S_R}{lado} = \frac{10,584 cm^2}{3,3 cm} = 3,2 cm = 32 mm$$

Se busca en la tabla un carrete apropiado para este núcleo de 33 x 32 mm y observando un carrete de 33 x 33 mm, lo que deja una holgura por el alto de 1mm siendo aceptable. Por tanto:

Chapa de 33 mm de columna central

Carrete de 33 x 33 mm



8.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del nucleo}}{\text{espesor}} = \frac{32 \text{ mm}}{0,35 \text{ mm}} = 9,16 = \mathbf{92 \text{ chapas}}$$

10.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario

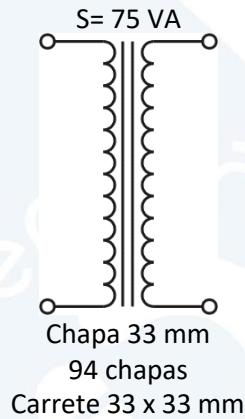
$$V_1 = 320 \text{ V}$$

$$I_1 = 0,326 \text{ A}$$

$$N_1 = 912 \text{ espiras}$$

$$d_1 = 0,35 \text{ mm}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$



Secundario

$$V_2 = 100 \text{ V}$$

$$I_2 = 0,648 \text{ A}$$

$$N_2 = 396 \text{ espiras}$$

$$d_2 = 0,5 \text{ mm}$$

Ejercicio 2

Calcular el transformador monofásico con los siguientes datos:

Potencia: 200 VA

V primario: 180 V

V secundario: 60 V

Frecuencia: 50 Hz

Inducción magnética. β : 1,3 T

Calidad: $K_{\text{CHAPA}} = 1$

Espesor chapas. e : 0,5 mm

Solución:

1.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_N = k_{\text{chapa}} \cdot \sqrt{S} = 1 \cdot \sqrt{200} = 14,14 \text{ cm}^2$$

2.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N = 4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S$$

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 14,14 \cdot 10^{-4}} = 2,45 \text{ espiras/v}$$

3.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 180 \cdot 2,45 = 441,09 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 60 \cdot 2,45 = 147 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (200 VA) \approx 1,06)



$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,06 \cdot 441,09 = 467,55 \approx \mathbf{468 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,06 \cdot 147 = 155,82 \approx \mathbf{156 \text{ espiras}}$$

4.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (200 VA) \approx 92%)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{200}{180} = \mathbf{1,11 \text{ A}}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,92 \cdot \frac{200}{60} = \mathbf{3,06 \text{ A}}$$

5.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (200 VA) = 2,5 A/mm²)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{1,11}{2,5} = \mathbf{0,44 \text{ mm}^2}$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{3,06}{2,5} = \mathbf{1,22 \text{ mm}^2}$$

6.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,44}{\pi}} = 0,748 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{d_1 = 0,75 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,22}{\pi}} = 1,248 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{d_2 = 1,5 \text{ mm}}$$

7.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{14,14}{0,9} = \mathbf{15,71 \text{ cm}^2}$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{15,71} = 3,96 \text{ cm} = \mathbf{39,6 \text{ mm}}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores monofásicos) una chapa, por ejemplo la de 40 mm.

En este caso no es necesario verificar la altura porque salda similar. No obstante si se desea:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{15,71 \text{ cm}^2}{4,0 \text{ cm}} = 3,93 \text{ cm} = \mathbf{39,3 \text{ mm}}$$

Se busca en la tabla un carrete apropiado para este núcleo de 40 x 40 mm y observando un carrete de 40 x 40 mm. Por tanto:



Chapa de 40 mm de columna central

Carrete de 40 x 40 mm

8.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del nucleo}}{\text{espesor}} = \frac{39,3 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 78,55$$

= 79 chapas (80 chapas considerando 40 mm de altura del nucleo)

10.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario

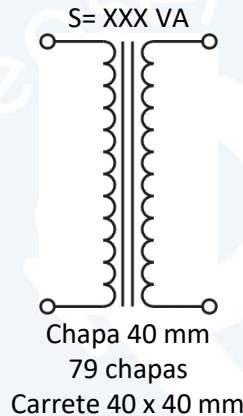
$$V_1 = 100 \text{ V}$$

$$I_1 = 1,11 \text{ A}$$

$$N_1 = 468 \text{ espiras}$$

$$d_1 = 0,75 \text{ mm}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$



Secundario

$$V_2 = 60 \text{ V}$$

$$I_2 = 3,06 \text{ A}$$

$$N_2 = 156 \text{ espiras}$$

$$d_2 = 1,5 \text{ mm}$$

Ejercicio 3

Calcular el transformador monofásico con los siguientes datos:

Potencia: 300 VA

Inducción magnética. β : 1,2 T

V primario: 230 V

Calidad: $K_{\text{CHAPA}} = 1$

V secundario: 150 V

Espesor chapas. e : 0,5 mm

Frecuencia: 50 Hz

Solución:

1.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_N = k_{\text{chapa}} \cdot \sqrt{S} = 1 \cdot \sqrt{300} = 17,32 \text{ cm}^2$$

2.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N = 4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S$$

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,2 \cdot 17,32 \cdot 10^{-4}} = 2,167 \text{ espiras/v}$$



3.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 230 \cdot 2,167 = 498,46 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 150 \cdot 2,167 = 325,08 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (300 VA) \approx 1,05)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,05 \cdot 498,46 = 523,38 \approx \mathbf{523 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,05 \cdot 325,08 = 341,38 \approx \mathbf{341 \text{ espiras}}$$

4.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (300 VA) = 95%)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{300}{300} = \mathbf{1,30 \text{ A}}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,95 \cdot \frac{300}{150} = \mathbf{1,86 \text{ A}}$$

5.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (300 VA) \approx 2,4 A/mm²)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{1,3}{2,4} = 0,54 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{1,86}{2,4} = 0,77 \text{ mm}^2$$

6.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,54}{\pi}} = 0,83 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{0,85 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,77}{\pi}} = 0,99 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{1 \text{ mm}}$$

7.- Se determina la chapa a emplear y el carrete.

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{17,32}{0,9} = 19,245 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{19,245} = 4,38 \text{ cm} = 43,8 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores monofásicos) una chapa, por ejemplo la de 42 mm.



Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \quad \rightarrow \quad \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{19,245 \text{ cm}^2}{4,2 \text{ cm}} = 4,58 \text{ cm} = 45,8 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 42 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: 42-42=0 mm y de alto: 50-45,8=4,2 mm, siendo NO ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Se recalcula. Para ello se toma cualquier otra chapa, por ejemplo, la de 40 mm.

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \quad \rightarrow \quad \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{19,245 \text{ cm}^2}{4,0 \text{ cm}} = 4,81 \text{ cm} = 48,1 \text{ mm}$$

Se busca un carrete, considerando el de 40 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: 40-40=0 mm y de alto: 50-48,1=1,9 mm, siendo ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Chapa de 40 mm de columna central

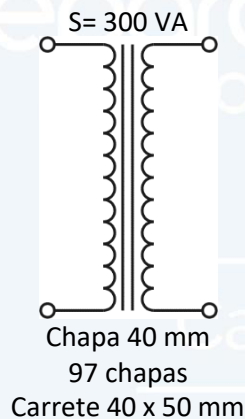
Carrete de 40 x 50 mm

8.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del núcleo}}{\text{espesor}} = \frac{48,1 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 96,2 = \mathbf{97 \text{ chapas}}$$

10.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 230 \text{ V}$
 $I_1 = 1,30 \text{ A}$
 $N_1 = 523 \text{ espiras}$
 $d_1 = 0,85 \text{ mm}$
 $f = 50 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 150 \text{ V}$
 $I_2 = 1,86 \text{ A}$
 $N_2 = 341 \text{ espiras}$
 $d_2 = 1 \text{ mm}$



Ejercicio 4

Calcular el transformador monofásico con los siguientes datos:

- Potencia: 600 VA** **Inducción magnética. β : 1,3 T**
- V primario: 300 V** **Calidad: $K_{CHAPA} = 1,07$**
- V secundario: 100 V** **Espesor chapas. e : 0,5 mm**
- Frecuencia: 60 Hz**

Solución:

1.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_N = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1,07 \cdot \sqrt{600} = 26,209 \text{ cm}^2$$

2.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N = 4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S$$

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 60 \cdot 1,3 \cdot 26,209 \cdot 10^{-4}} = 1,10 \text{ espiras/v}$$

3.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 300 \cdot 1,10 = 330,5 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 100 \cdot 1,10 = 110,17 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (600 VA) \approx 1,03)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,03 \cdot 330,5 = 340,42 \approx \mathbf{340 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,03 \cdot 110,17 = 113,47 \approx \mathbf{113 \text{ espiras}}$$

4.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (600 VA) \approx 95%)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{600}{300} = \mathbf{2 \text{ A}}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,95 \cdot \frac{600}{100} = \mathbf{5,7 \text{ A}}$$

5.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (600 VA) = 2,25 A/mm²)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{2}{2,25} = 0,88 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{5,7}{2,25} = 2,53 \text{ mm}^2$$



6.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,88}{\pi}} = 1,06 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{1,06 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,53}{\pi}} = 1,79 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{1,8 \text{ mm}}$$

7.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{26,209}{0,9} = 29,12 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{29,12} = 5,396 \text{ cm} = 53,96 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores monofásicos) una chapa, por ejemplo la de 50 mm.

Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{29,12 \text{ cm}^2}{5,0 \text{ cm}} = 5,824 \text{ cm} = 58,24 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 50 x 60 mm, lo que deja una holgura de ancho: 50-50=0 mm y de alto: 60-58,2=1,8 mm, siendo ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Chapa de 50 mm de columna central

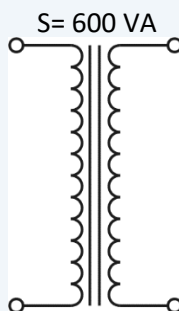
Carrete de 50 x 60 mm

8.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del nucleo}}{\text{espesor}} = \frac{29,12 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 58,24 = \mathbf{59 \text{ chapas}}$$

10.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 300 \text{ V}$
 $I_1 = 2 \text{ A}$
 $N_1 = 340 \text{ espiras}$
 $d_1 = 1,06 \text{ mm}$
 $f = 60 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 100 \text{ V}$
 $I_2 = 5,7 \text{ A}$
 $N_2 = 113 \text{ espiras}$
 $d_2 = 1,8 \text{ mm}$



Chapa 50 mm
51 chapas
Carrete 50 x 60 mm

Ejercicio 5

Calcular el transformador monofásico que alimenta a una carga con los siguientes datos:

Tensión:	Circuito magnético:	Carga:
V primario: 175 V	Inducción magnética. β : 1,3 T	Potencia: 174 W
V secundario: 90 V	Calidad: $K_{CHAPA} = 1,1$	Cos $\phi = 0,87$
Frecuencia: 50 Hz	Espesor chapas. e : 0,5 mm	

Solución:

1.- Se calcula la sección del núcleo (S_n). Para ello se determina su potencia aparente (S)

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{174}{0,87} = 200 \text{ VA}$$

$$S_N = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1,1 \cdot \sqrt{200} = 15,556 \text{ cm}^2$$

2.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N = 4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S$$

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 15,556 \cdot 10^{-4}} = 2,227 \text{ espiras/v}$$

3.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 175 \cdot 2,227 = 389,8 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 90 \cdot 2,227 = 200,46 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (200 VA) $\approx 1,06$)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,06 \cdot 389,8 = 413,19 \approx \mathbf{413 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,06 \cdot 200,46 = 212,49 \approx \mathbf{212 \text{ espiras}}$$

4.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (200 VA) $\approx 92\%$)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{200}{175} = \mathbf{1,14 \text{ A}}$$



$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,92 \cdot \frac{200}{90} = 2,04 \text{ A}$$

5.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (200 VA) = 2,5 A/mm²)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{1,14}{2,5} = 0,456 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{2,04}{2,5} = 0,81 \text{ mm}^2$$

6.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,456}{\pi}} = 0,76 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{0,8 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,81}{\pi}} = 1,0 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{1 \text{ mm}}$$

7.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{15,556}{0,9} = 17,28 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{17,28} = 4,15 \text{ cm} = 41,5 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores monofásicos) una chapa, por ejemplo la de 42 mm.

Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{17,28 \text{ cm}^2}{4,2 \text{ cm}} = 4,11 \text{ cm} = 41,1 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete apropiado para este núcleo, observando un carrete de 42 x 42 mm, lo que deja una holgura aceptable. Por tanto:

Chapa de 42 mm de columna central

Carrete de 42 x 42 mm

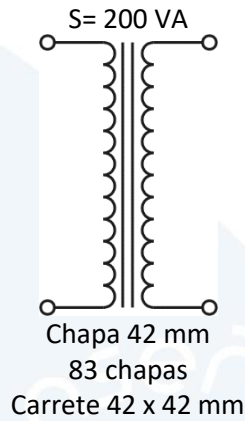
8.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del núcleo}}{\text{espesor}} = \frac{41,1 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 82,2 = \mathbf{83 \text{ chapas}}$$



10.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 175 V$
 $I_1 = 1,14 A$
 $N_1 = 413 \text{ espiras}$
 $d_1 = 0,8 \text{ mm}$
 $f = 50 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 90 V$
 $I_2 = 2,04 A$
 $N_2 = 212 \text{ espiras}$
 $d_2 = 1 \text{ mm}$

EJERCICIOS. Cálculo de transformadores trifásicos.

Ejercicio 1.

Calcular el transformador trifásico con los siguientes datos:

Potencia: 500 VA

Inducción magnética. $\beta : 1,1 \text{ T}$

V primario: 400 V

Calidad: $K_{\text{CHAPA}} = 0,82$

V secundario: 300 V

Espesor chapas. $e : 0,5 \text{ mm}$

Frecuencia: 50 Hz

Densidad de corriente: $J = 2,3 \text{ A/mm}^2$

Conexión: $\Delta - Y$

Rendimiento: $\eta = 95\%$

Perdidas en el cobre: $K_{\text{CU}} = 1,03$

Solución:

1.- Se calcula la potencia por fase:

$$S = \frac{S_{\text{Trifásica}}}{3} = \frac{500}{3} = 166,66 \text{ VA}$$

2.- Se determinan las tensiones:

Primario, Δ Triángulo: $V_1 = 400 \text{ V}, V_{F1} = 400 \text{ V}$

Secundario, Y Estrella:

$$V_2 = 300 \text{ v}, V_{F2} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 132,79 \text{ V}$$

3.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)



$$S_N = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 0,82 \cdot \sqrt{166,66} = 10,586 \text{ cm}^2$$

4.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,1 \cdot 10,586 \cdot 10^{-4}} = 3,868 \text{ espiras/v}$$

5.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 400 \cdot 3,868 = 1547,32 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 132,79 \cdot 3,868 = 513,67 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,03 \cdot 1547,32 = 1593,74 \approx \mathbf{1594 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,09 \cdot 513,67 = 529,08 \approx \mathbf{529 \text{ espiras}}$$

6.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario., teniendo en cuenta el rendimiento

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{166,66}{400} = \mathbf{0,416 \text{ A}}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,95 \cdot \frac{166,66}{132,79} = \mathbf{1,19 \text{ A}}$$

7.- Se calculan las secciones de los conductores.

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,416}{2,3} = 0,18 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{1,19}{2,3} = 0,517 \text{ mm}^2$$

8.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,18}{\pi}} = 0,478 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{0,5 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,517}{\pi}} = 0,81 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{0,85 \text{ mm}}$$

9.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{10,586}{0,9} = 11,76 \text{ cm}^2$$



Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \quad \rightarrow \quad \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{11,76} = 3,429 \text{ cm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores trifásicos) una chapa, por ejemplo la de 35 mm.

Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \quad \rightarrow \quad \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{11,76 \text{ cm}^2}{3,5 \text{ cm}} = 3,36 \text{ cm} = 33,6 \text{ mm}$$

Se busca un carrete, considerando el de 36 x 36 mm, lo que deja una holgura de ancho: 36-35=1 mm y de alto: 35-33,6=1,4 mm, siendo ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Chapa de 35 mm de columna central

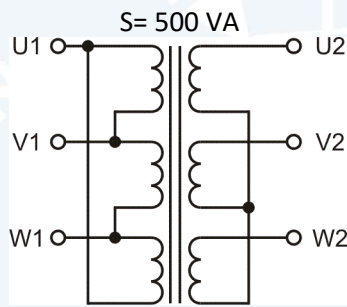
Carrete de 36 x 36 mm

10.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del nucleo}}{\text{espesor}} = \frac{34,29 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 68,58 = \mathbf{69 \text{ chapas}}$$

11.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 400 \text{ V}$
 $V_{F1} = 400 \text{ V}$
 $I_1 = 0,416 \text{ A}$
 $N_1 = 1594 \text{ espiras}$
 $d_1 = 0,5 \text{ mm}$
 $f = 50 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 230 \text{ V}$
 $V_{F2} = 132,79 \text{ V}$
 $I_2 = 1,19 \text{ A}$
 $N_2 = 529 \text{ espiras}$
 $d_2 = 0,85 \text{ mm}$

Chapa 35 mm
 69 chapas
 Carrete 36 x 36 mm

Ejercicio 2.

Calcular el transformador trifásico con los siguientes datos:

Potencia: 1500 VA

Inducción magnética. β : 1,4 T

V primario: 690 V

Calidad: $K_{\text{CHAPA}} = 1$

V secundario: 400 V

Espesor chapas. e : 0,5 mm

Frecuencia: 50 Hz

Conexión: $\Delta - Y$

**Solución:**

1.- Se calcula la potencia por fase:

$$S = \frac{S_{Trifasica}}{3} = \frac{1500}{3} = 500 \text{ VA}$$

2.- Se determinan las tensiones:

$$\text{Primario, } \Delta \text{ Triángulo: } V_1 = 690 \text{ V, } V_{F1} = 690 \text{ V}$$

Secundario, Y Estrella:

$$V_2 = 400 \text{ V, } V_{F2} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

3.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_N = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1 \cdot \sqrt{500} = 22,36 \text{ cm}^2$$

4.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,4 \cdot 22,36 \cdot 10^{-4}} = 1,44 \text{ espiras/v}$$

5.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 690 \cdot 1,44 = 992,87 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 230 \cdot 1,44 = 330,96 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,04 \cdot 992,87 = 1032,59 \approx \mathbf{1033 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,04 \cdot 330,96 = 334,19 \approx \mathbf{334 \text{ espiras}}$$

6.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario., teniendo en cuenta el rendimiento

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{500}{690} = \mathbf{0,725 \text{ A}}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,95 \cdot \frac{500}{230} = \mathbf{2,06 \text{ A}}$$

7.- Se calculan las secciones de los conductores.

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,725}{3,5} = 0,20 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{2,06}{3,5} = 0,59 \text{ mm}^2$$



8.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2}{\pi}} = 0,51 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{0,56 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,59}{\pi}} = 0,87 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{0,9 \text{ mm}}$$

9.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{22,36}{0,9} = 24,87 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{24,84} = 4,98 \text{ cm} \approx 50 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores trifásicos) una chapa, por ejemplo la de 50 mm.

Se busca un carrete, que coincide con uno comercial.

Chapa de 50 mm de columna central

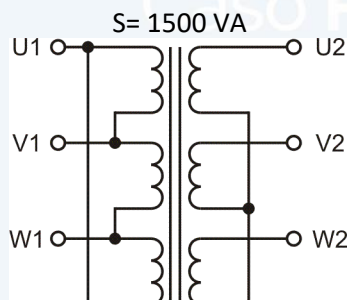
Carrete de 50 x 50 mm

10.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del núcleo}}{\text{espesor}} = \frac{50 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = \mathbf{100 \text{ chapas}}$$

11.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 690 \text{ V}$
 $V_{F1} = 690 \text{ V}$
 $I_1 = 0,725 \text{ A}$
 $N_1 = 1033 \text{ espiras}$
 $d_1 = 0,56 \text{ mm}$
 $f = 50 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 400 \text{ V}$
 $V_{F2} = 230 \text{ V}$
 $I_2 = 2,06 \text{ A}$
 $N_2 = 334 \text{ espiras}$
 $d_2 = 0,90 \text{ mm}$

Chapa 50 mm
 100 chapas
 Carrete 50 x 50 mm



Ejercicio 3.

Calcular el transformador trifásico con los siguientes datos:

Potencia: 1000 VA	Inducción magnética. β : 0,95 T
V primario: 690 V	Calidad: $K_{CHAPA} = 1,02$
V secundario: 500 V	Espesor chapas. e : 0,5 mm
Frecuencia: 50 Hz	
Conexión: $\Delta - \Delta$	

Solución:

1.- Se calcula la potencia por fase:

$$S = \frac{S_{Trifasica}}{3} = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ VA}$$

2.- Se determinan las tensiones:

$$\text{Primario, } \Delta \text{ Triángulo: } V_1 = 690 \text{ V, } V_{F1} = 690 \text{ V}$$

$$\text{Secundario, } \Delta \text{ Triángulo: } V_2 = 500 \text{ V, } V_{F2} = 500 \text{ V}$$

3.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_n = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1,02 \cdot \sqrt{333,33} = 18,622 \text{ cm}^2$$

4.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 0,95 \cdot 18,622 \cdot 10^{-4}} = 2,546 \text{ espiras/v}$$

5.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 690 \cdot 2,546 = 1756,84 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 500 \cdot 2,546 = 1273,07 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (333 VA) $\approx 1,05$)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,05 \cdot 1756,84 = 1844,68 \approx \mathbf{1845 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,05 \cdot 1273,07 = 1336,72 \approx \mathbf{1337 \text{ espiras}}$$

6.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (333 VA) $\approx 94\%$)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{333,33}{690} = \mathbf{0,483 \text{ A}}$$



$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,94 \cdot \frac{333,33}{500} = 0,626 \text{ A}$$

7.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (333 VA) $\approx 2,4 \text{ A/mm}^2$)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,483}{2,4} = 0,20 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{0,626}{2,4} = 0,26 \text{ mm}^2$$

8.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2}{\pi}} = 0,50 \text{ mm} \rightarrow d_1 = 0,50 \text{ mm}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,26}{\pi}} = 0,576 \text{ mm} \rightarrow d_2 = 0,58 \text{ mm}$$

9.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{18,622}{0,9} = 20,69 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{20,69} = 4,548 \text{ cm} = 45,48 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores trifásicos) una chapa, por ejemplo la de 44 mm.

Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{20,69 \text{ cm}^2}{4,4 \text{ cm}} = 4,7 \text{ cm} = 47 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 45 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: $45-44=1 \text{ mm}$ y de alto: $50-47=3 \text{ mm}$, siendo ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Es valido, pero se prueba otro, por ejemplo de 50 mm

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{20,69 \text{ cm}^2}{5,0 \text{ cm}} = 4,13 \text{ cm} = 41,3 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 50 x 42 mm (es indiferente si se gira el carrete), lo que deja una holgura de ancho: $50-50=0 \text{ mm}$ y de alto: $42-41,3=0,7 \text{ mm}$, lo que permite una menor holgura respecto al anterior. Por tanto:



Chapa de 50 mm de columna central

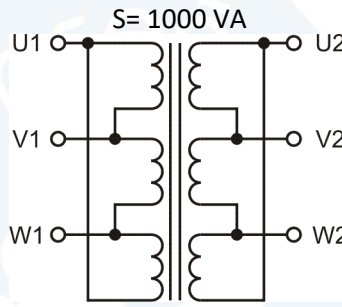
Carrete de 50 x 42 mm

10.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del nucleo}}{\text{espesor}} = \frac{41,38 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = \mathbf{83 \text{ chapas}}$$

11.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 690 \text{ V}$
 $V_{F1} = 690 \text{ V}$
 $I_1 = 0,483 \text{ A}$
 $N_1 = 1845 \text{ espiras}$
 $d_1 = 0,50 \text{ mm}$
 $f = 50 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 500 \text{ V}$
 $V_{F2} = 500 \text{ V}$
 $I_2 = 0,626 \text{ A}$
 $N_2 = 1337 \text{ espiras}$
 $d_2 = 0,58 \text{ mm}$

Chapa 50 mm
 83 chapas
 Carrete 42 x 50 mm

Ejercicio 4.

Calcular el transformador trifásico con los siguientes datos:

- Potencia: 800 VA
- Inducción magnética. $\beta : 1,1 \text{ T}$
- V primario: 400 V
- Calidad: $K_{\text{CHAPA}} = 1,1$
- V secundario: 300 V
- Espesor chapas. $e : 0,5 \text{ mm}$
- Frecuencia: 50 Hz
- Conexión: $\Delta - \Delta$

Solución:

1.- Se calcula la potencia por fase:

$$S = \frac{S_{\text{Trifasica}}}{3} = \frac{800}{3} = 266,67 \text{ VA}$$

2.- Se determinan las tensiones:

Primario, Y Estrella:

$$V_1 = 200 \text{ V}, \quad V_{F1} = \frac{200}{\sqrt{3}} = 115,47 \text{ V}$$



Secundario, Y Estrella:

$$V_2 = 400 V, \quad V_{F2} = \frac{150}{\sqrt{3}} = 86,60 V$$

3.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_N = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1,03 \cdot \sqrt{266,67} = 16,82 \text{ cm}^2$$

4.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 0,97 \cdot 16,82 \cdot 10^{-4}} = 2,76 \text{ espiras/v}$$

5.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 115,47 \cdot 2,76 = 318,80 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 86,6 \cdot 2,76 = 239,09 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (266 VA) \approx 1,05)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,05 \cdot 318,8 = 334,7 \approx \mathbf{345 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,05 \cdot 239,09 = 251,05 \approx \mathbf{251 \text{ espiras}}$$

6.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (266 VA) \approx 93%)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{266,67}{115,47} = \mathbf{2,3 \text{ A}}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,93 \cdot \frac{266,67}{86,6} = \mathbf{2,86 \text{ A}}$$

7.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (266 VA) \approx 2,5 A/mm²)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{2,3}{2,5} = 0,92 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{2,86}{2,5} = 1,145 \text{ mm}^2$$

8.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,92}{\pi}} = 1,08 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{1,12 \text{ mm}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,145}{\pi}} = 1,2 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{1,25 \text{ mm}}$$



9.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{16,82}{0,9} = 18,68 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{18,68} = 4,32 \text{ cm} = 43,2 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores trifásicos) una chapa, por ejemplo la de 40 mm.

Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{18,68 \text{ cm}^2}{4,0 \text{ cm}} = 4,67 \text{ cm} = 46,7 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 40 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: 40-40=0 mm y de alto: 50-46,7=3,3 mm, siendo NO ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Se selecciona otra chapa, por ejemplo la de 38 mm de ancho de columna

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{18,68 \text{ cm}^2}{3,8 \text{ cm}} = 4,91 \text{ cm} = 49,1 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 38 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: 38-38=0 mm y de alto: 50-49,1=0,9 mm, siendo ACEPTABLE (máximo 3 mm). Por tanto:

Chapa de 38 mm de columna central

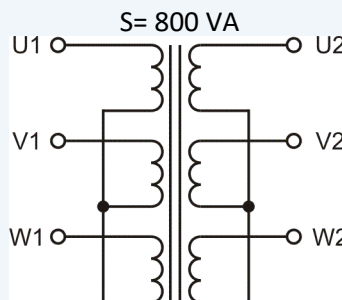
Carrete de 38 x 50 mm

10.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del núcleo}}{\text{espesor}} = \frac{49,1 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 98,2 = \mathbf{99 \text{ chapas}}$$

11.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario
 $V_1 = 200 \text{ V}$
 $V_{F1} = 115,47 \text{ V}$
 $I_1 = 2,3 \text{ A}$
 $N_1 = 345 \text{ espiras}$
 $d_1 = 1,12 \text{ mm}$
 $f = 50 \text{ Hz}$



Secundario
 $V_2 = 150 \text{ V}$
 $V_{F2} = 86,6 \text{ V}$
 $I_2 = 2,86 \text{ A}$
 $N_2 = 251 \text{ espiras}$
 $d_2 = 1,25 \text{ mm}$

Chapa 38 mm
 99 chapas
 Carrete 38 x 50 mm



Ejercicio 5.

Calcular el transformador trifásico con los siguientes datos:

Potencia: 750 VA	Inducción magnética. β : 1,1 T
V primario: 400 V	Calidad: $K_{CHAPA} = 1,05$
V secundario: 230 V	Espesor chapas. e : 0,5 mm
Frecuencia: 50 Hz	
Conexión: $\Delta - Y$	

Solución:

1.- Se calcula la potencia por fase:

$$S = \frac{S_{Trifasica}}{3} = \frac{750}{3} = 250 \text{ VA}$$

2.- Se determinan las tensiones:

$$\text{Primario, } \Delta \text{ Triángulo: } V_1 = 400 \text{ V, } V_{F1} = 400 \text{ V}$$

Secundario, Y Estrella:

$$V_2 = 230 \text{ V, } V_{F2} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 132,79 \text{ V}$$

3.- Se calcula la sección del núcleo (S_n)

$$S_n = k_{chapa} \cdot \sqrt{S} = 1,05 \cdot \sqrt{250} = 16,60 \text{ cm}^2$$

4.- Se calcula el número de espiras por voltio.

$$N = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot S} = \frac{1}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,1 \cdot 16,6 \cdot 10^{-4}} = 2,467 \text{ espiras/v}$$

5.- Se calcula el número de espiras teóricos por devanado.

$$N_1 = V_1 \cdot N = 400 \cdot 2,467 = 986,75 \text{ espiras}$$

$$N_2 = V_2 \cdot N = 132,79 \cdot 2,467 = 327,57 \text{ espiras}$$

Y se aplican las pérdidas en el cobre (por tablas: K_{cu} (250 VA) \approx 1,05)

$$N_{1R} = K_{CU} \cdot N_1 = 1,05 \cdot 986,75 = 1036,08 \approx \mathbf{1036 \text{ espiras}}$$

$$N_{2R} = K_{CU} \cdot N_2 = 1,05 \cdot 327,57 = 343,94 \approx \mathbf{334 \text{ espiras}}$$



6.- Se calculan las corrientes del primario y del secundario, teniendo en cuenta el rendimiento (por tablas: η (250 VA) \approx 93%)

$$I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{250}{400} = \mathbf{0,625 A}$$

$$I_2 = \eta \cdot \frac{S}{V_2} = 0,95 \cdot \frac{250}{132,79} = \mathbf{1,75 A}$$

7.- Se calculan las secciones de los conductores, teniendo en cuenta la densidad de corriente (por tablas: J (250 VA) \approx 2,4 A/mm²)

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,625}{2,4} = 0,26 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{1,75}{2,4} = 0,729 \text{ mm}^2$$

8.- Y con ellos los diámetros de los conductores. Se redondean al inmediato superior comercial (tablas).

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,26}{\pi}} = 0,57 \text{ mm} \rightarrow d_1 = \mathbf{0,6 mm}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,729}{\pi}} = 0,96 \text{ mm} \rightarrow d_2 = \mathbf{1 mm}$$

9.- Se determina la chapa a emplear y el carrete

Se obtiene la sección teniendo en cuenta el factor de apilamiento: $K_{ap} = 0,9$

$$S_R = \frac{S_N}{K_{ap}} = \frac{16,6}{0,9} = 18,446 \text{ cm}^2$$

Considerando un carrete cuadrado:

$$S_R = \text{lado}^2 \rightarrow \text{lado} = \sqrt{S_R} = \sqrt{18,446} = 4,29 \text{ cm} = 42,9 \text{ mm}$$

Con este valor del lado del núcleo, que correspondería con el ancho de columna de la chapa, se selecciona (tabla de chapas transformadores trifásicos) una chapa, por ejemplo la de 40 mm.

Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \rightarrow \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{18,446 \text{ cm}^2}{4,0 \text{ cm}} = 4,6 \text{ cm} = 46 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 40 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: 40-40=0 mm y de alto: 50-46=4 mm, siendo NO ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Se selecciona otra chapa, por ejemplo la de 38 mm de ancho de columna



Se verifica:

$$S_R = \text{lado} \cdot \text{alto} \quad \rightarrow \quad \text{alto} = \frac{S_R}{\text{lado}} = \frac{18,446 \text{ cm}^2}{3,8 \text{ cm}} = 4,85 \text{ cm} = 48,5 \text{ mm}$$

Se busca en la tabla un carrete para este núcleo y se observa que el carrete inmediato superior es de 38 x 50 mm, lo que deja una holgura de ancho: 38-38=0 mm y de alto: 50-48,5=1,5 mm, siendo ACEPTABLE (máximo 3 mm).

Por tanto

Chapa de 38 mm de columna central

Carrete de 38 x 50 mm

10.- Se determina el número de chapas

$$N \text{ chapas} = \frac{\text{Altura del nucleo}}{\text{espesor}} = \frac{48,5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = \mathbf{97 \text{ chapas}}$$

11.- Se realiza un resumen con los datos obtenidos.

Primario

$V_1 = 400 \text{ V}$

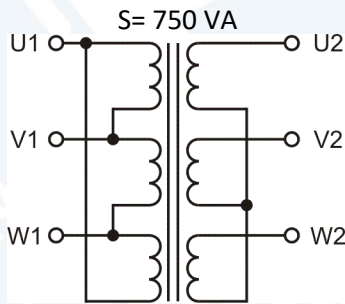
$V_{F1} = 400 \text{ V}$

$I_1 = 0,625 \text{ A}$

$N_1 = 1036 \text{ espiras}$

$d_1 = 0,6 \text{ mm}$

$f = 50 \text{ Hz}$



Secundario

$V_2 = 230 \text{ V}$

$V_{F2} = 132,79 \text{ V}$

$I_2 = 1,75 \text{ A}$

$N_2 = 344 \text{ espiras}$

$d_2 = 1 \text{ mm}$

Chapa 38 mm
97 chapas
Carrete 38 x 50 mm