

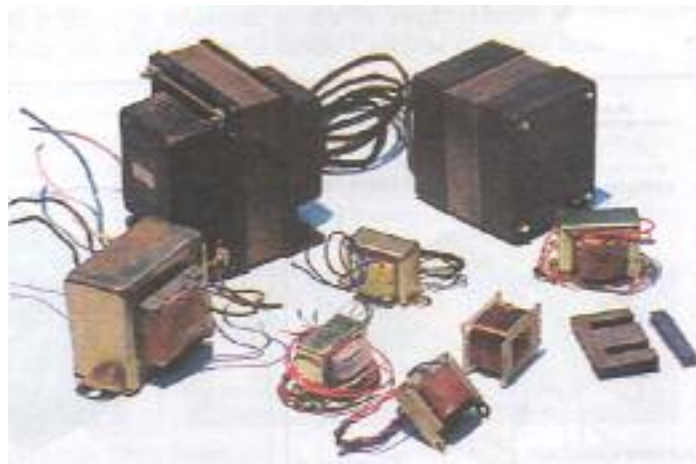
CALCULO SIMPLIFICADO DE TRANSFORMADORES DE PEQUEÑA POTENCIA:

El cálculo simplificado de pequeños transformadores (de hasta 400 Watts) se divide en varios pasos:

Recordar siempre:

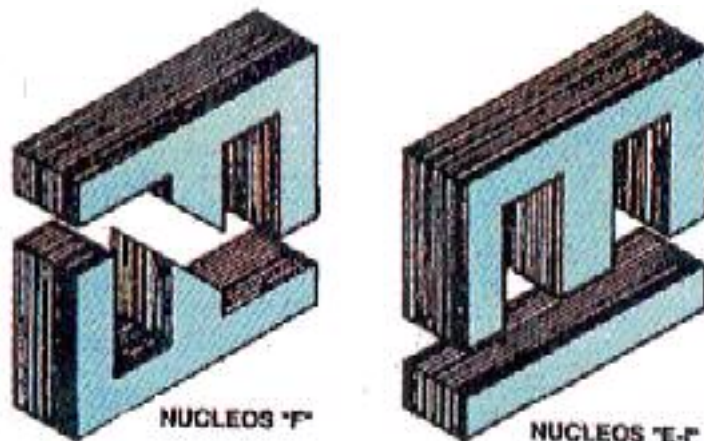
La potencia del transformador depende de la carga conectada a la misma.

- ✓ Elección del núcleo.
- ✓ Potencia del Transformador.
- ✓ Determinación de la sección del núcleo.
- ✓ Determinación del número de espiras para cada bobinado
- ✓ Tipo de alambre para el bobinado.
- ✓ Determinación de las corrientes para cada bobinado.
- ✓ Densidad de corriente eléctrica.
- ✓ Determinación de la sección transversal del conductor para cada bobinado.
- ✓ Determinación de la sección normalizada transversal del conductor para cada bobinado.
- ✓ Ejemplos Prácticos.
- ✓ Formas de armar el Transformador.
- ✓ Preguntas frecuentes.
- ✓ Bibliografía.



Elección del núcleo:

Podemos usar tanto el tipo de núcleo " F " como el tipo " E e I ". Ver figura:



Potencia del Transformador:

La potencia del transformador depende de la carga conectada a la misma. Esta potencia está dada por el producto de la tensión secundaria y la corriente secundaria. Es decir:

$$\text{Potencia útil} = \text{tensión secundaria} \times \text{corriente secundaria}$$

Determinación de la sección del núcleo:

La sección del núcleo del transformador está determinada por la potencia útil conectada a la carga. Esta sección se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sección} = 1,1 \times \sqrt{P}$$

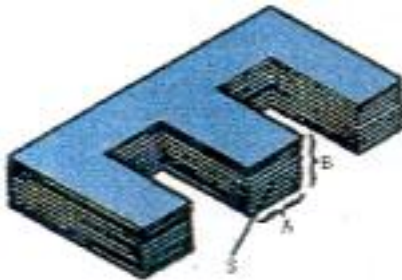
Donde:

S: es la sección del núcleo en cm^2 .

P: es la potencia útil en Watts.

Nota del Autor: Esta expresión empírica ha sido obtenida de la práctica.

La sección del núcleo está dada por el producto de los lados "A x B", ver figura:



$$S = A \times B$$

Donde:

A: es uno de los lados en cm.

B: es el otro lado en cm.

Determinación del Número de Espiras para cada bobinado:

Para la determinación del número de espiras se utiliza la siguiente expresión:

$$N = V / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8})$$

Para el bobinado primario tenemos:

$$N1 = V1 / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8})$$

Y para el bobinado secundario tenemos:

$$N2 = V2 / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8})$$

Donde:

N1: es el número de espiras del bobinado primario.

Donde:

N_2 : es el número de espiras del bobinado secundario.

f : es la frecuencia de la red domiciliaria en Hertz (Hz).

V_1 : es la tensión en el bobinado primario en Voltios (V).

V_2 : es la tensión en el bobinado secundario en Voltios (V).

B : es la inducción magnética en el núcleo elegido en Gauss. Este valor puede variar entre 4.000 y 12.000 Gauss.

S : es la sección del núcleo en cm^2 .

10^{-8} : Es una constante para que todas las variables estén en el Sistema M.K.S.

La inducción magnética en Gauss está dada por la siguiente expresión

$$B = \mu \times H$$

Donde:

B : es la inducción magnética en el núcleo elegido en Weber/ m^2 .

μ : es la permeabilidad del acero usado en el núcleo en Weber/A x m.

H : es la intensidad del campo magnético en A/m (Amper/metro).

Nota del Autor: Se sugiere utilizar en forma práctica un valor de inducción magnética de:

$$B = 10.000 \text{ Gauss}$$

Tipo de alambre para el bobinado:

La sección de los alambres que se usarán dependen **directamente de la intensidad de la corriente eléctrica** que circula por ella (alambre).

Los alambres usados pueden ser: aluminio ó cobre **recocido**. Se usa más el cobre que el aluminio por ser este mucho más dúctil, maleable y flexible.

El cobre **recocido** posee sobre su superficie un barniz aislante.

Determinación de las corrientes para cada bobinado:

Teniendo en cuenta la potencia del transformador y la tensión aplicada podemos hallar la corriente eléctrica.

$$\text{Potencia eléctrica} = \text{Tensión aplicada} \times \text{Corriente eléctrica}$$

Despejando la corriente eléctrica de la expresión anterior tenemos que:

$$\text{Corriente} = \text{Potencia} / \text{Tensión}$$

Suponiendo que nuestro transformador posee únicamente dos bobinados. Para el bobinado primario tenemos:

$$I_1 = P / V_1$$

Donde:

I_1 : es la corriente eléctrica del bobinado primario.

P : es la potencia eléctrica del transformador.

V_1 : es la tensión aplicada en el bobinado primario.

Y para el bobinado secundario tenemos:

$$I_2 = P / V_2$$

Donde:

I_2 : es la corriente eléctrica del bobinado secundario.

P : es la potencia eléctrica del transformador.

V_2 : es la tensión aplicada en el bobinado secundario.

Nota del Autor: para lo anterior consideramos un transformador ideal (no posee pérdidas) por lo que la potencia en el primario es idéntica en el secundario.

Densidad de Corriente eléctrica:

Definimos densidad de corriente eléctrica como la corriente eléctrica que atraviesa un conductor por unidad de superficie.

$$D = I / S$$

Donde:

D : es la densidad de corriente eléctrica.

I : es la corriente eléctrica que circula por un conductor.

S : es la sección transversal del conductor.

Determinación de la sección transversal del conductor para cada bobinado:

Despejando la sección de la expresión anterior tenemos que:

$$S = I / D$$

Para la sección del bobinado primario tenemos que:

$$S_1 = I_1 / D$$

Y para la sección del bobinado secundario tenemos que:

$$S_2 = I_2 / D$$

La densidad de corriente se obtiene de la siguiente tabla:

Corriente (Amper)	Densidad (A/mm ²)
0.005	2.5
0.007-319	3

Observando la tabla anterior vemos que a medida que aumenta la corriente eléctrica aumenta también la densidad de corriente eléctrica.

El valor de Densidad se obtiene haciendo el cociente entre la Capacidad máxima de corriente del alambre y la sección del mismo.

Determinación de la sección normalizada transversal del conductor para cada bobinado:

La sección que obtenemos de cálculo generalmente no es normalizada, por lo que debemos tomar la sección más próxima superior de la dada, de la siguiente tabla:

Tabla 1 - Características para el Cálculo de Transformadores

(1) AWG	(2) diámetro	(3) sección	(4) Nº espiras	(5) kg por km	(6) Resistencia	(7) Cap.
0000	11,86	107,2	-	-	0,158	319
000	10,40	85,3	-	-	0,197	240
00	9,226	67,43	-	-	0,252	190
0	8,252	53,48	-	-	0,317	150
1	7,348	42,41	-	375	0,40	120
2	6,544	33,63	-	295	0,50	96
3	5,827	26,67	-	237	0,63	78
4	5,189	21,15	-	188	0,80	60
5	4,621	16,77	-	149	1,01	48
6	4,115	13,30	-	118	1,27	38
7	3,665	10,55	-	94	1,70	30
8	3,264	8,36	-	74	2,03	24
9	2,906	6,63	-	58,9	2,56	19
10	2,588	5,26	-	46,8	3,23	15
11	2,305	4,17	-	32,1	4,07	12
12	2,053	3,31	-	29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63	-	23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,05
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	64,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	50,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,3	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	156,4	0,022	6800,0	0,007
44	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005

(1) Número AWG (American Wire Gauge)

(2) Diámetro en milímetros.

(3) Sección en milímetros cuadrados.

(4) Número de espiras por centímetros.

(5) Kg. por kilómetro.

(6) Resistencia en ohm por kilómetro.

(7) Capacidad de corriente en amperes.

Ejemplos Prácticos:

¿Qué debemos hacer si tenemos una potencia superior de 400 Watts?

El cálculo simplificado como ya sabemos es para una potencia máxima de 400 Watts, en caso de que se exceda este valor se deberá hacer la diferencia entre el valor dado y el máximo, por ejemplo:

Ejemplo No 1:

Pd :Potencia dada =750 Watts

Pm :Potencia máxima = 400 Watts

Potencia excedente = Pd - Pm = 750 Watts - 400 Watts = 350 Watts

Por lo tanto tendremos que construir 2 transformadores: uno de 400 Watts y el otro de 350 Watts.

$$400 \text{ Watts} + 350 \text{ Watts} = 750 \text{ Watts}$$

Ejemplo No 2:

Pd :Potencia dada =950 Watts

Pm :Potencia máxima = 400 Watts

Potencia excedente 1= Pd - Pm = 950 Watts - 400 Watts = 550 Watts

Como la potencia resultante excedente 1 es de 550 Watts excede los 400 Watts se debe hacer nuevamente la diferencia por lo tanto:

Potencia excedente 2 = Pd - Pm = 550 Watts - 400 Watts = 150 Watts

Por lo tanto tendremos que construir 3 transformadores: dos de 400 Watts y el restante de 150 Watts.

$$400 \text{ Watts} + 400 \text{ Watts} + 150 \text{ Watts} = 950 \text{ Watts}$$

El número de transformadores depende del lugar (espacio) que se dispone, del precio de los materiales para su construcción, y demás condiciones que dependen de cada caso en particular.

Nota del Autor: he tomado la potencia máxima de 400 Watts para facilitar el cálculo en los dos problemas anteriores, pude haber tomado 50 W, 100W, 150.32456 W, etc, el valor lo decide uno.

Ejemplo No 3:

Datos:

Tensión Secundaria: V2: 12 Voltios Inducción magnética: B : 10.000 Gauss

Corriente Secundaria: I2: 2 Amperes frecuencia: f : 50 Hz

Tensión Primaria: V1: 220 Voltios

Incógnitas:

Potencia: P: ?

Corriente Primaria :I1: ?

Sección del núcleo :S: ?

Números de Espiras Primario :N1: ?

Números de Espiras Secundario : N2:?

$P = V_2 \times I_2 = 12 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 24 \text{ VA} = 24 \text{ Watts}$
como consideramos que $\cos\phi=1$

$$P = 24 \text{ Watts}$$

$S = 1,1 \times \sqrt{P} = 1,1 \times \sqrt{24W} = 5,3 \text{ cm}^2$ tomamos

$$S = 6 \text{ cm}^2$$

$L = \sqrt{S} = \sqrt{6 \text{ cm}^2}$

$$L = 2,45 \text{ cm}$$

$N_1 = V_1 / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8})$

$N_1 = 220 \text{ V} / (50 \text{ Hz} \times 6 \text{ cm}^2 \times 10.000 \text{ Gauss} \times 4,4 \times 10^{-8})$ $N_1 = 1666$ espiras

$N_2 = V_2 / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-5})$

$N_2 = 12 \text{ V} / (50 \text{ Hz} \times 6 \text{ cm}^2 \times 10.000 \text{ Gauss} \times 4,4 \times 10^{-8})$ $N_2 = 91$ espiras

Como la corriente es de 2 A tomamos: $D = 3 \text{ A/mm}^2$

$S_2 = I_2 / D$

$S_2 = 2 \text{ A} / 3 \text{ A/mm}^2$ $S_2 = 0,67 \text{ mm}^2$

De tabla $SN_2 : 0,82 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots AWG:18$

$I_1 = P / V_1$

$I_1 = 24 \text{ W} / 220 \text{ V}$ $I_1 = 0,109 \text{ A}$

$S_1 = I_1 / D$

$S_1 = 0,109 \text{ A} / 3 \text{ A/mm}^2$ $S_1 = 0,036 \text{ mm}^2$

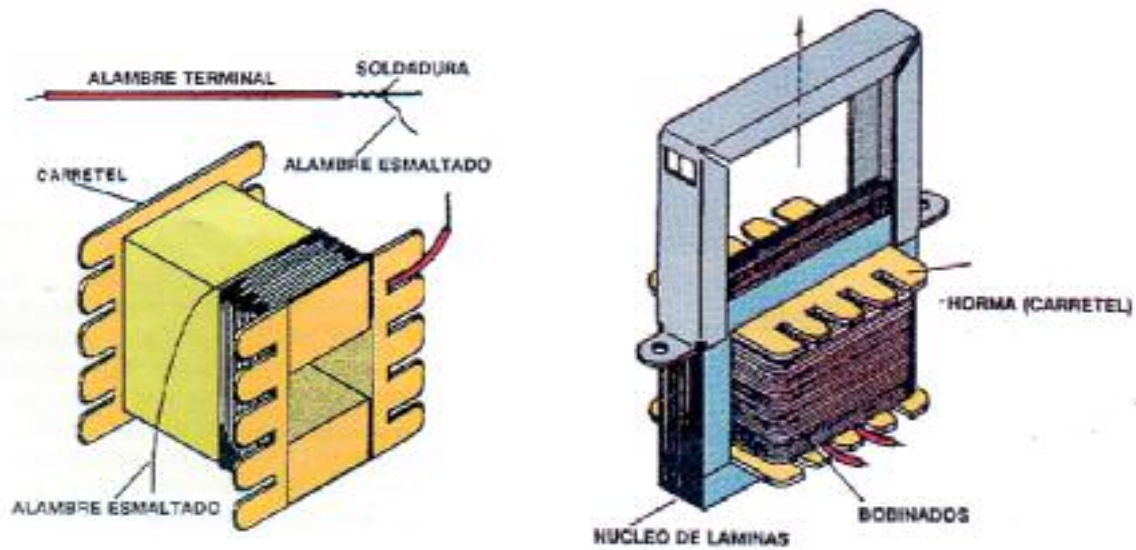
De tabla $SN_1 : 0,040 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots AWG:31$

Formas de armar el Transformador:

Para armar nuestro transformador necesitamos:

- ✓ el núcleo
- ✓ los alambres para armar los bobinados
- ✓ el carretel

- ✓ cartón para aislar el bobinado primario del secundario y para el bobinado exterior
- ✓ spaghetti o plástico aislante de un alambre conductor
- ✓ cinta adhesiva



Nota del Autor: al construir las bobinas se debe tener la precaución de bobinar todas ellas en el mismo sentido.

¿Qué entendemos por el mismo sentido?

Entendemos por el mismo sentido a bobinar de derecha a izquierda o viceversa pero nunca ambos en distinto sentido.

Preguntas frecuentes:

¿De dónde sale el valor 1,1 de la expresión Sección = $1,1 \times \sqrt{P}$?

Sabemos que $S_a = 24 \times \sqrt{(P \cdot J) / (f \cdot B \cdot \alpha)}$ ó $S_b = 36 \times \sqrt{P / (f \cdot J \cdot B)}$

Estas dos expresiones son empíricas.

Tomando :

$f = 50 \text{ Hz}$ $J = 2 \text{ A/mm}^2$ y $B = 10 \text{ KGauss} = 10.000 \text{ Gauss}$ y $\alpha = 2 \text{ Watts/Kg}$

Nota del Autor: B en la fórmula está expresado en KGauss.

Por lo que:

$S_a = 24 \times [(P \times 2 \text{ A/mm}^2) / (50 \text{ Hz} \times 10 \text{ KGauss} \times 2 \text{ Watts/Kg})]^{1/2}$

$$S_a = 1,0733 \times \sqrt{P}$$

$$S_b = 36 \times [P / (50 \text{ Hz} \times 10 \text{ KGauss} \times 2 \text{ Watts/Kg})]^{1/2}$$

$$S_b = 1,1384 \times \sqrt{P}$$

Tomando el promedio de los ambos valores tenemos:

$$S = \frac{S_a + S_b}{2} = \frac{(1,0733 + 1,1384)}{2} = 1.1 \text{ por lo tanto:}$$

$$S = 1,1 \times \sqrt{P}$$

¿Qué es mejor tener en el núcleo una sección transversal: cuadrada o una rectangular?

Es mejor que el núcleo del transformador tenga una sección transversal cuadrada.

Bibliografía:

- ✓ Enciclopedia de Electrónica.....tomo 5
- ✓ Saber ElectrónicaNe 180
- ✓ Vademécum de Radio y Electricidad.....Autor: Emilio N. Packmann
- ✓ Recopilación de Datos del Autor

Nota del Autor: espero que te guste mi informe y suerte en la construcción del transformador. Saludos.....Chau, chauuu

Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto

Para preguntas y críticas te dejo mi correos electrónicos

e-mail: rrivas2003@hotmail.com..... rrivas2003@yahoo.com.ar