

UNIDAD II

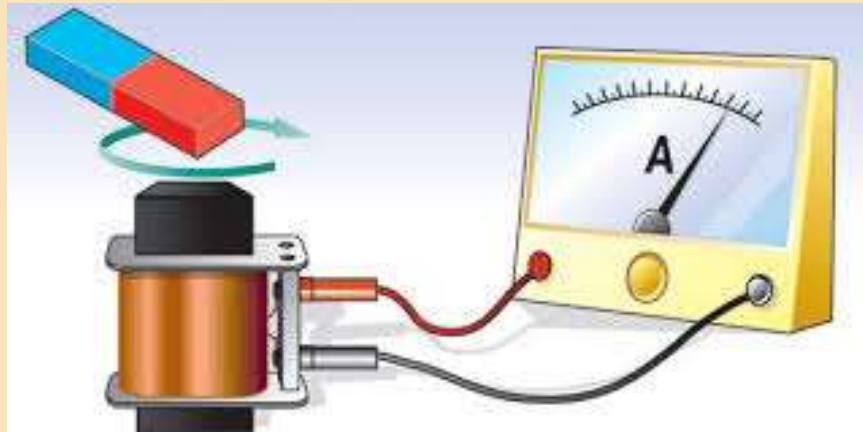
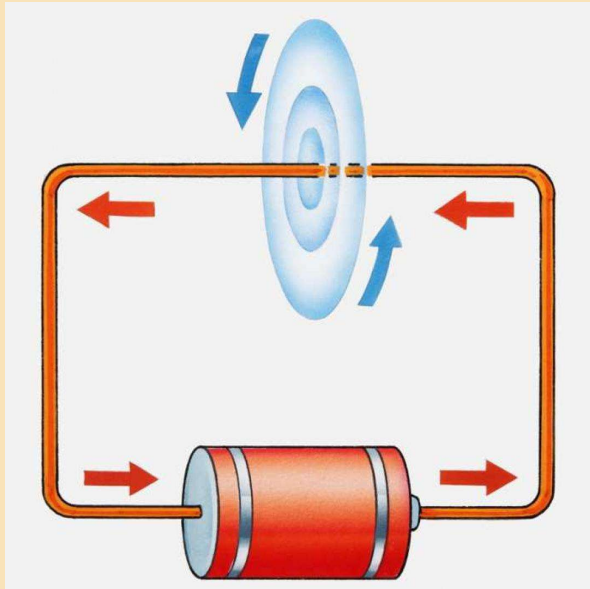
TRANSFORMADORES



DEFINICIÓN

Dispositivo eléctrico que **CONVIERTE** la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de la acción de un **CAMPO MAGNÉTICO**.

La Potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de **PÉRDIDAS**, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.



FUNCIONAMIENTO

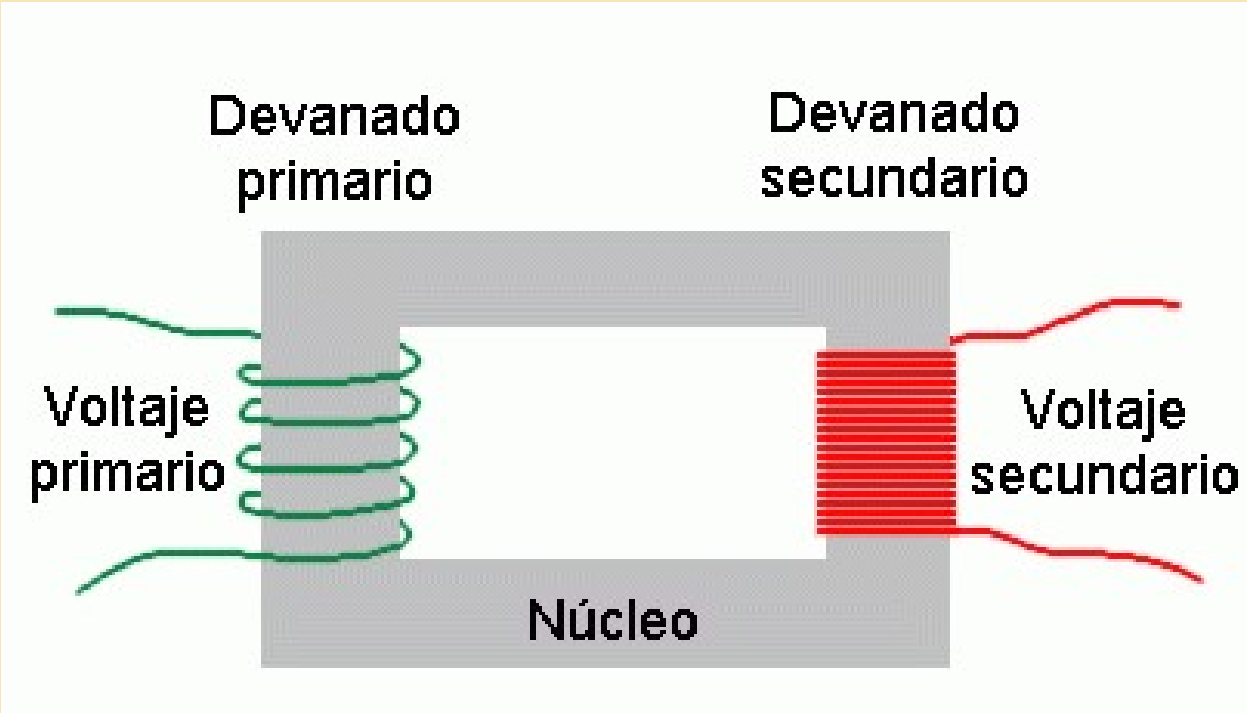
Uno de los devanados, denominado **PRIMARIO** (ω_1), se conecta a la fuente de corriente alterna cuyo voltaje se necesita variar.

La corriente del devanado primario crea en el núcleo un flujo magnético alterno Φ , que se expresa en Weber (Wb).

FUNCIONAMIENTO

El núcleo del transformador se fabrica formando un **CIRCUITO CERRADO** de manera que el flujo en todo su recorrido cruce por dentro del mismo y no se disperse.

El flujo magnético variable Φ induce en el devanado secundario ω_2 una fuerza electromotriz (FEM) variable, cuyo valor depende del **NÚMERO DE VUELTAS** de este devanado y de la **VELOCIDAD DE VARIACIÓN** del flujo magnético, según establecen las leyes de la inducción electromagnética.



PARTES DEL TRANSFORMADOR

General mente son 3

- **DEVANADO PRIMARIO:** (o bobina primaria) está conectado a la fuente de energía y transporta la corriente alterna desde la línea de suministro. Puede ser un devanado de bajo o alto voltaje, dependiendo de la aplicación del transformador.
- **NÚCLEO DE MATERIAL MAGNÉTICO:** es el circuito magnético en el que se enrollan los devanados y donde se produce el flujo magnético alterno. Comúnmente es laminado para reducir ciertas pérdidas.

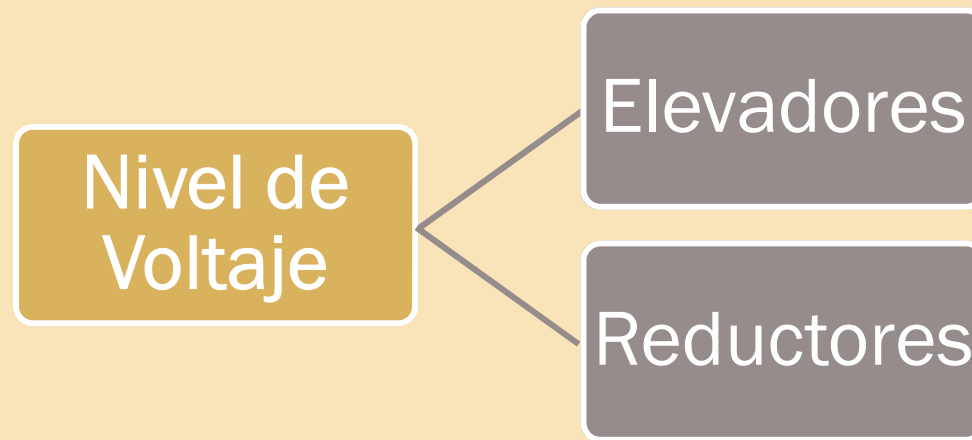
PARTES DEL TRANSFORMADOR

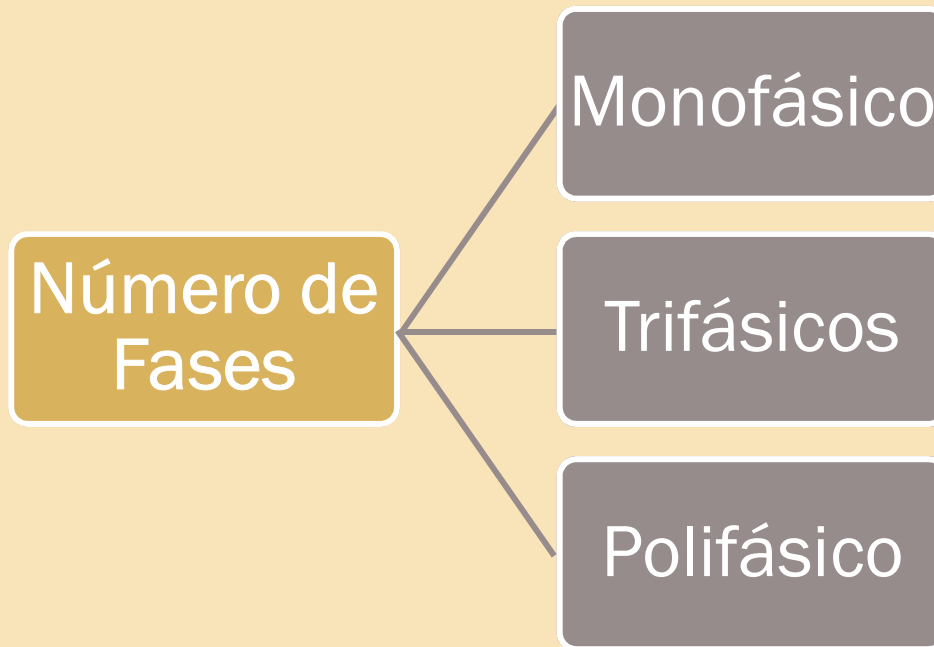
- **DEVANADO SECUNDARIO:** (o bobina secundaria) es el que suministra energía a la carga y es donde se genera la fuerza electromotriz (f.e.m.) por la variación del campo magnético en el núcleo al cual rodea. Puede ser un devanado de bajo o alto voltaje, dependiendo de la aplicación del transformador.

NOTA: a veces, el transformador puede tener sólo un devanado que cumplirá el doble propósito de bobina primaria y secundaria.

CLASIFICACIÓN

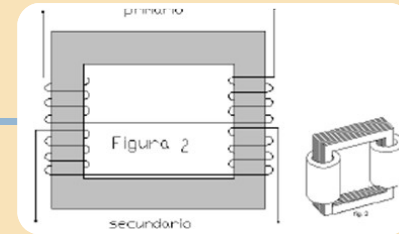
Los transformadores se pueden clasificar por diferentes parámetros, los más comunes y evidentes los veremos a continuación:



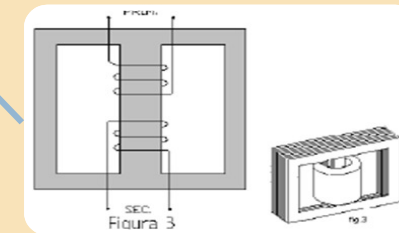


Tipo de Núcleo

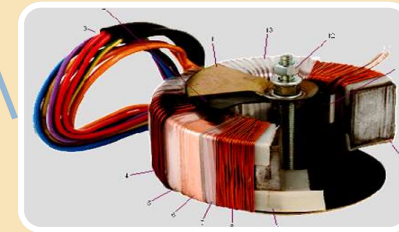
Simple o de columnas



Acorazado



Toroidal



Grano Orientado

Aire

Envolvente

Piezoeléctrico

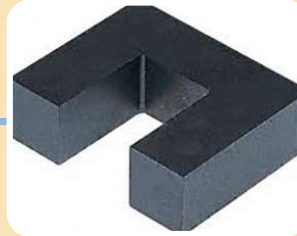


Forma del Núcleo

Tipo I



Tipo C



Tipo E

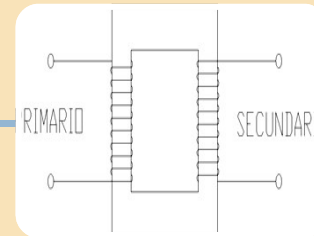


Toroidal

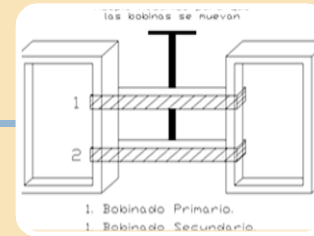


Diseño de los Devanados

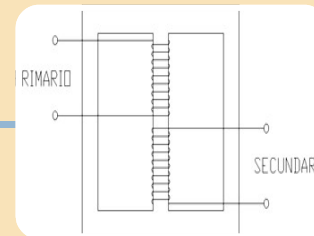
Separados



Concéntricos

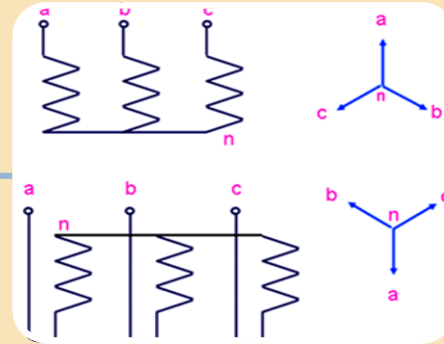


Alternados

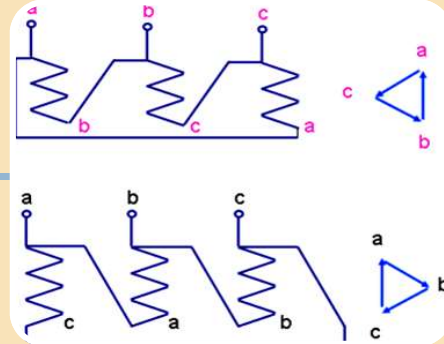


Conexión de Bobinas

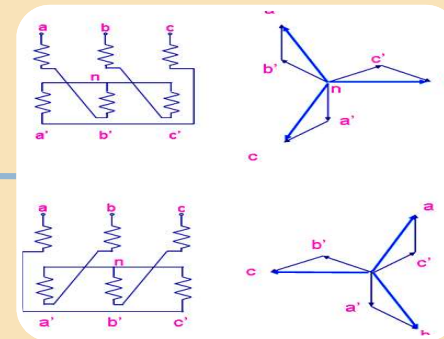
Estrella (Y)

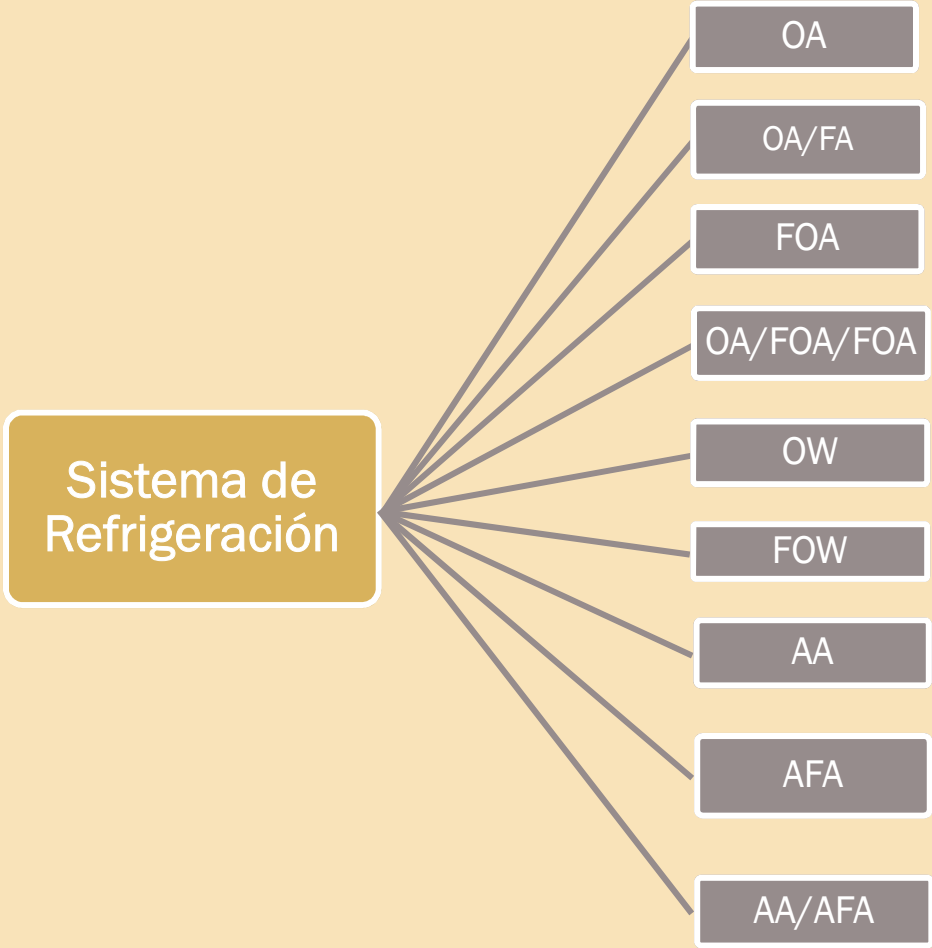


Triángulo (D)



Zig - Zag (Z)



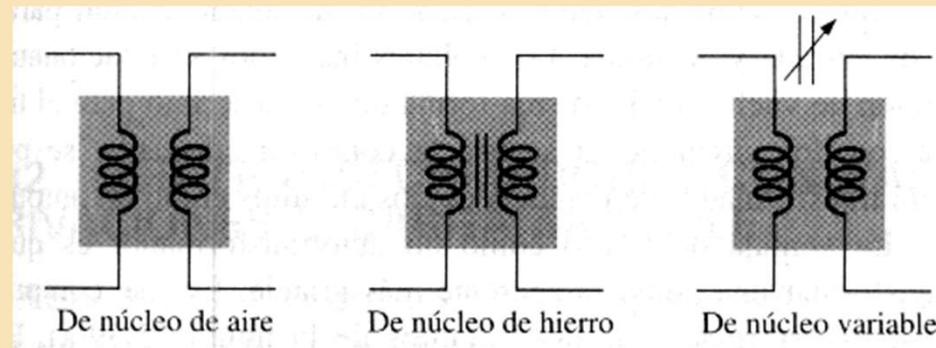


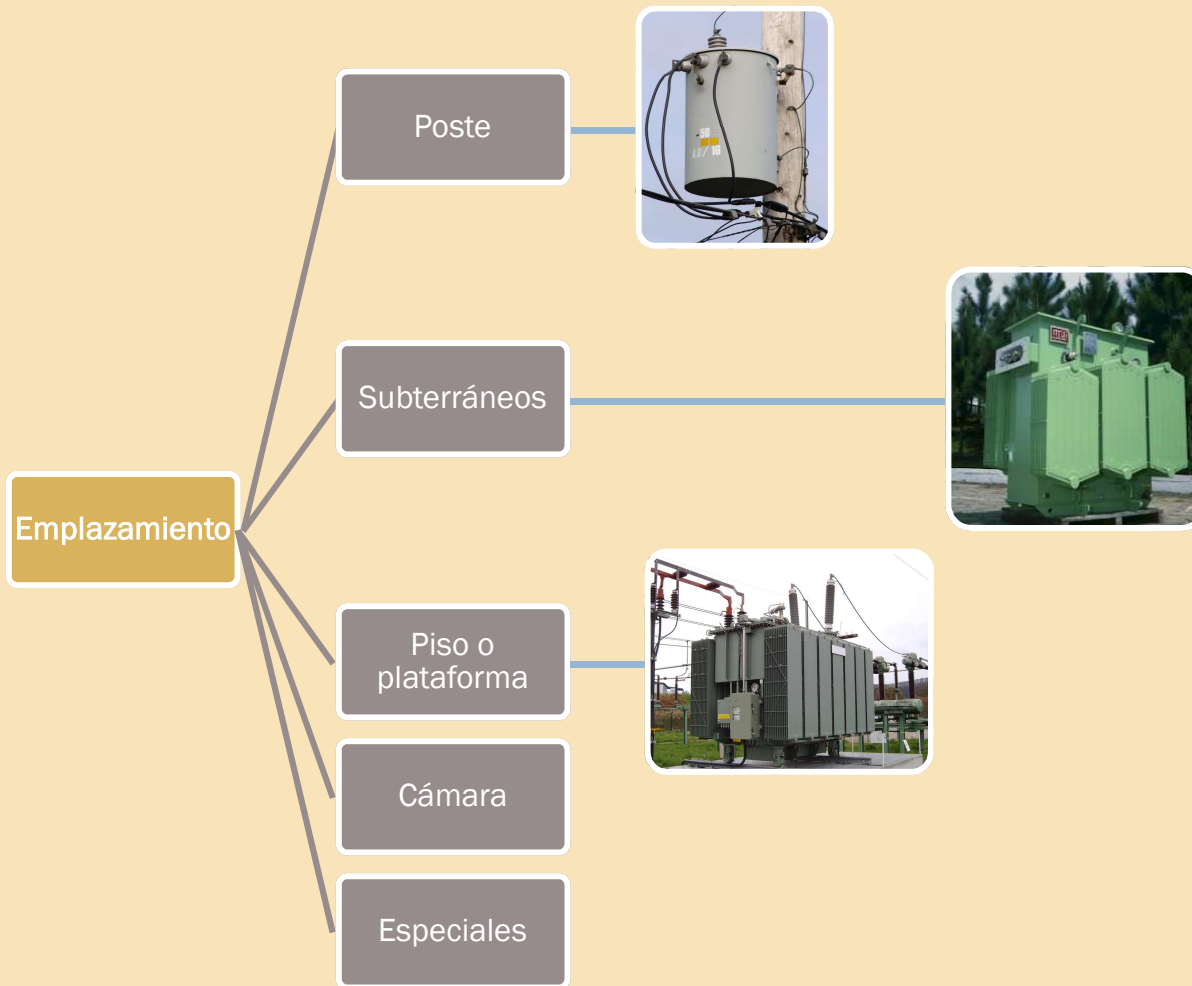
Material del Núcleo

Aire

Hierro

Variable





Condición de Servicio

Exterior



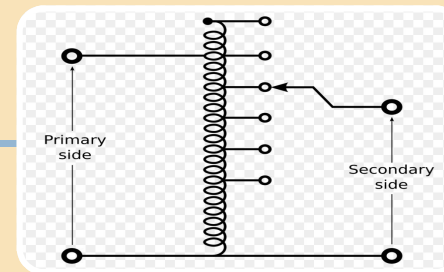
Interior

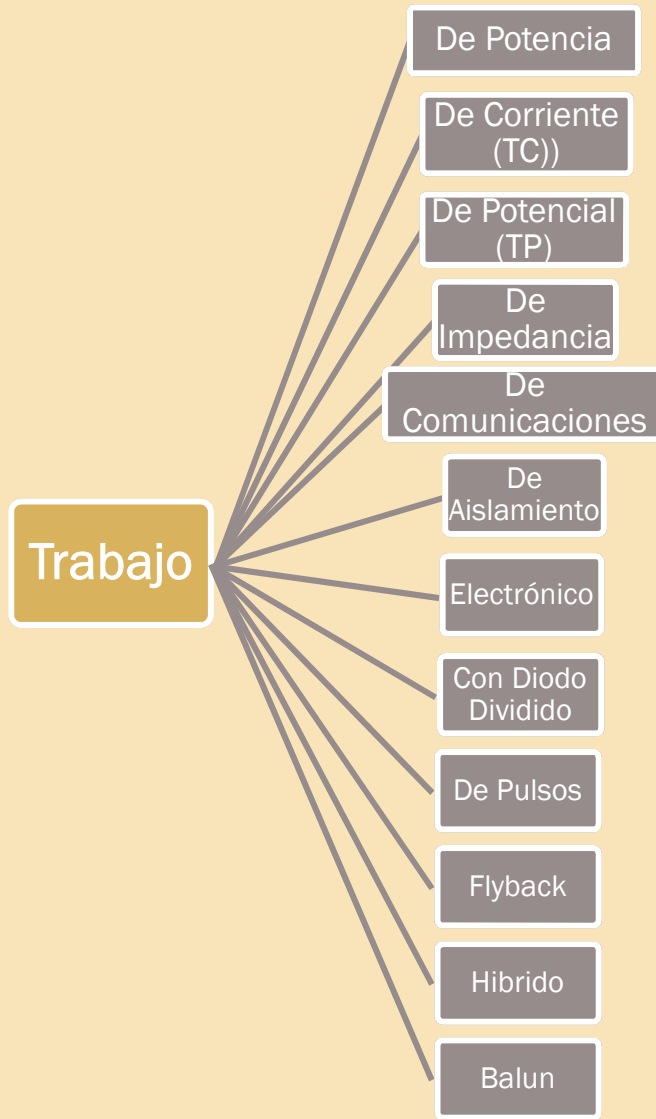


Aislamiento de sus Devanados

Aislados entre si

Autotransformador







DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN: Existe una relación directa entre el voltaje del bobinado primario y secundario de un transformador, este depende siempre del número de vueltas de alambre que tengan las dos o más bobinas del transformador.

$$n = \frac{N_p}{N_s}$$

En donde “*n*” es la relación de transformación y es igual al número de vueltas del primario sobre el número de vueltas del secundario.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Los voltajes de las bobinas son directamente proporcionales al número de vueltas de la bobina:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Los voltajes son inversamente proporcionales a las intensidades de las corrientes eléctricas:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Para los transformadores ideales la potencia que entra es la misma que sale, por tanto:

$$P_p = P_s$$

EJEMPLO

Datos:

$$V_p = 110 \text{ V} \quad V_s = 9 \text{ V} \quad N_p = 200 \text{ esp} \quad I_s = 5 \text{ A}$$

$$n = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

EJEMPLO

Paso 1: identificar cuales son los datos que se debe calcular, y separar las partes de la ecuación general, para despejar las fórmulas.

$$n = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

EJEMPLO

Paso 2: Se calcula el numero de espiras del secundario.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \quad \rightarrow \quad \frac{200 \text{ esp}}{N_s} = \frac{110 \text{ v}}{9 \text{ v}} \quad \rightarrow \quad \text{Despejando}$$

$$N_s = \frac{N_p * V_s}{V_p} \quad \rightarrow \quad N_s = \frac{200 \text{ esp} * 9 \text{ v}}{110 \text{ v}} = 16,36 \text{ esp}$$

EJEMPLO

Paso 3: Se calcula la corriente del primario.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \Rightarrow \frac{110 \text{ v}}{9 \text{ v}} = \frac{5 \text{ amp}}{I_p} \Rightarrow \text{Despejando}$$

$$I_p = \frac{V_s * I_s}{V_p} \Rightarrow I_p = \frac{9 \text{ v} * 5 \text{ amp}}{110 \text{ v}} = 0,409 \text{ amp}$$

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Son aquellos transformadores cuya finalidad es la de incrementar o reducir el voltaje que ingresa al primario, obteniendo un nuevo nivel de voltaje en el secundario, dependiendo del requerimiento que se tenga en la cara a alimentar.

Existen dos tipos de transformadores de potencia:

- Transformadores Elevadores
- Transformadores Reductores

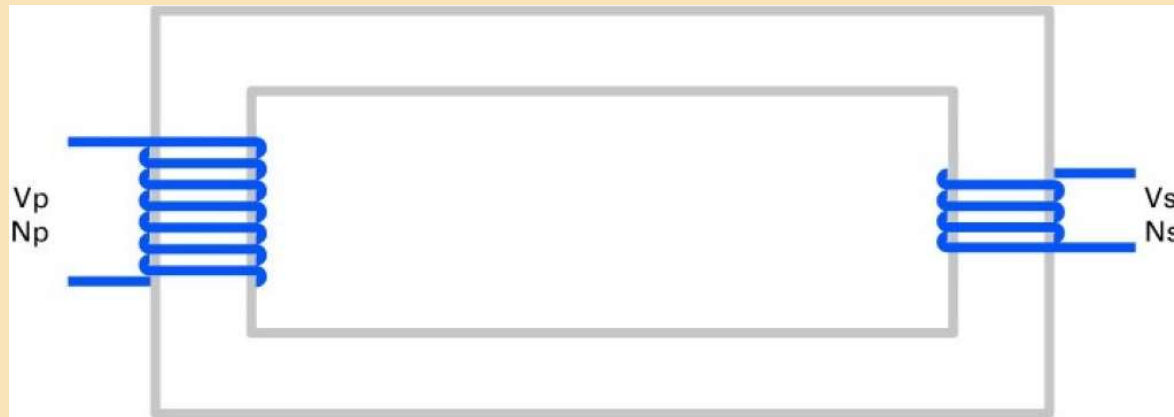
TRANSFORMADORES DE POTENCIA

TRANSFORMADORES ELEVADORES: Tienen la capacidad de aumentar el voltaje de salida en relación al voltaje de entrada. En estos transformadores el número de espiras del devanado secundario es mayor a las del devanado primario.



TRANSFORMADORES DE POTENCIA

TRANSFORMADORES REDUCTORES: Los transformadores eléctricos reductores tienen la capacidad de disminuir el voltaje de salida en relación al voltaje de entrada. En estos transformadores el número de espiras del devanado primario es mayor al secundario.



TRANSFORMADORES DE MEDIDA

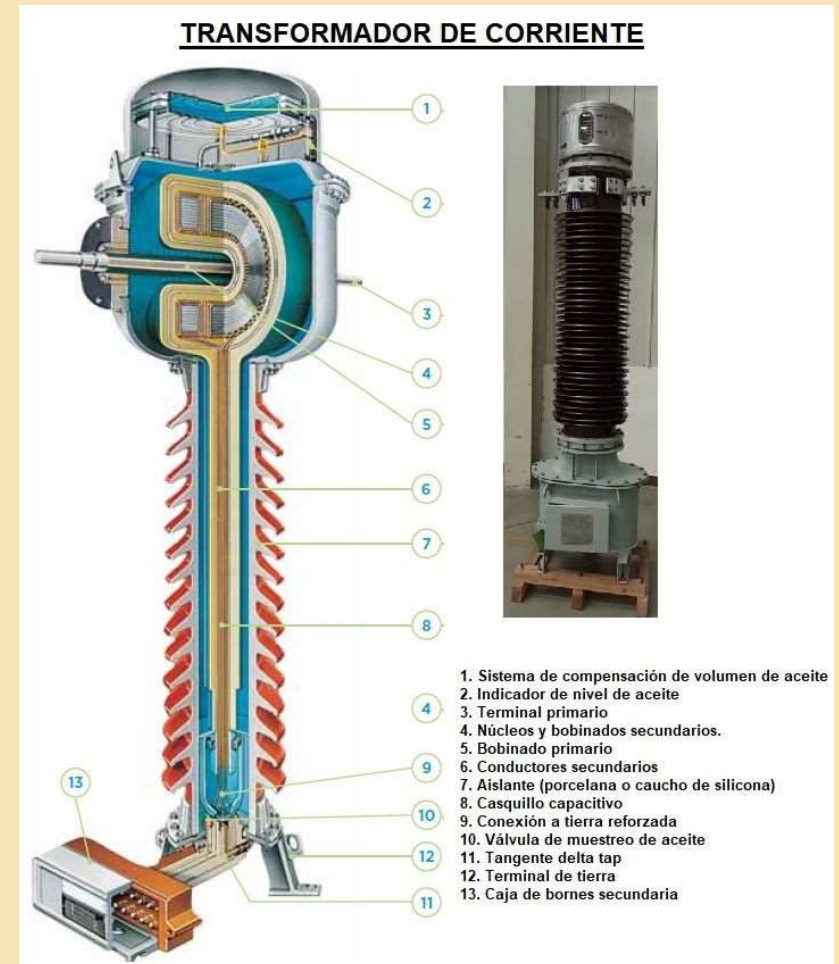
Sirven para variar los valores de grandes tensiones o intensidades para poderlas medir sin peligro. Se clasifican en:

- Transformadores de Corriente (TC)
- Transformadores de Potencial (TP)

TRANSFORMADORES DE MEDIDA

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE: Toma una muestra de la corriente de la línea a través del devanado primario y lo reduce hasta un nivel seguro para medirlo. Su devanado secundario está enrollado alrededor de un anillo de material ferromagnético y su primario está formado por un único conductor, que pasa por dentro del anillo.

El anillo recoge una pequeña muestra del flujo magnético de la línea primaria, que induce una tensión y hace circular una corriente por la bobina secundaria.



TRANSFORMADORES DE MEDIDA

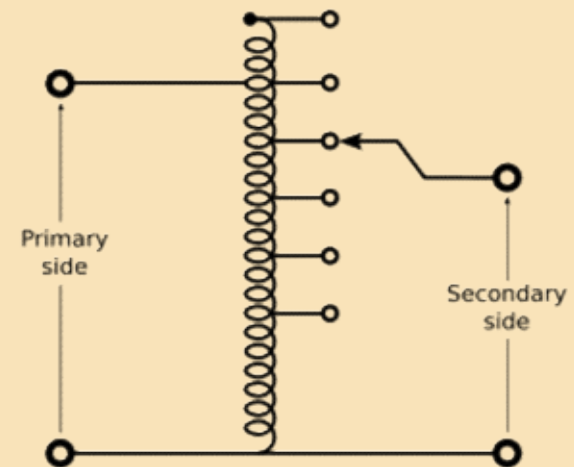
TRANSFORMADORES DE POTENCIAL:
Se trata de una máquina con un devanado primario de alta tensión y uno secundario de baja tensión. Su única misión es facilitar una muestra del primero que pueda ser medida por los diferentes aparatos.



AUTOTRANSFORMADORES

Se utilizan cuando es necesario cambiar el valor de un voltaje, pero en cantidades muy pequeñas. La solución consiste en montar las bobinas de manera sumatoria. La tensión, en este caso, no se introduciría en el devanado primario para salir por el secundario, sino que entra por un punto intermedio de la única bobina existente.

Esta tensión de entrada (V_p) únicamente recorre un determinado número de espiras (N_p), mientras que la tensión de salida (V_s) tiene que recorrer la totalidad de las espiras (N_s).



ENSAYOS DE TRANSFORMADORES

Los ensayos en los transformadores son fundamentales, tanto para determinar como verificar los parámetros de fabricación en equipos nuevos, así como para determinar la vida útil y el mantenimiento de equipos que ya han sido utilizados. Las pruebas mas comunes a realizar son:

- Ensayo en vacío.
- Ensayo en cortocircuito.

ENSAYOS DE TRANSFORMADORES

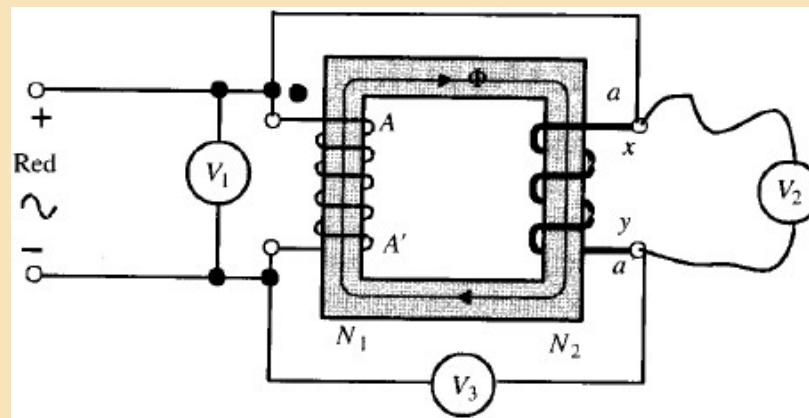
Ensayo en Vacío: Consiste en aplicar al primario un voltaje asignado, mientras el secundario permanece en circuito abierto. Esta prueba de laboratorio sirve para determinar las **PÉRDIDAS EN EL HIERRO**, denominadas así ya que son todas las pérdidas que se originan en el circuito magnético del transformador o lo que es lo mismo en el núcleo de este.

Las pérdidas en el hierro se producen por tres causas diferentes que son:

- Histéresis magnética.
- Flujos dispersos.
- Corrientes parásitas.

ENSAYOS DE TRANSFORMADORES

Ensayo en Vacío.



ENSAYOS DE TRANSFORMADORES

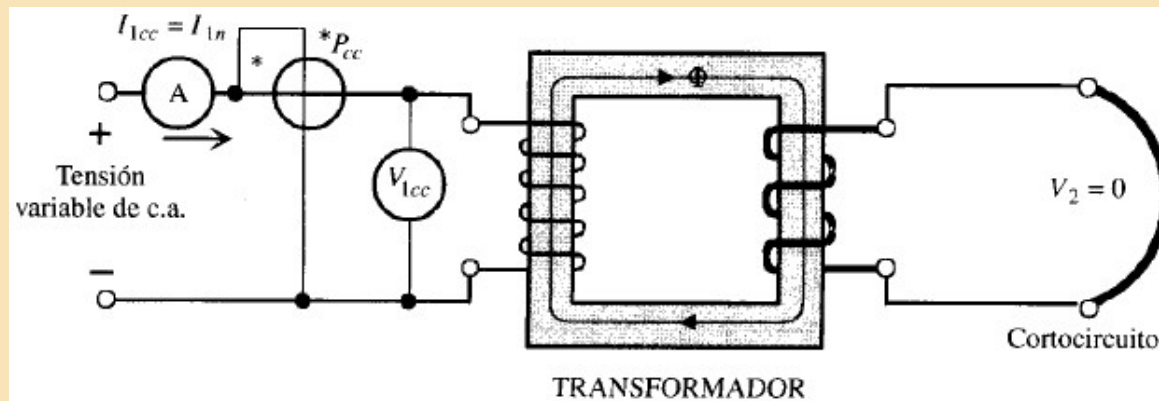
Ensayo en Cortocircuito: Consiste en cortocircuitar el lado de baja, sin importar si es el primario o el secundario y posteriormente debemos alimentar el lado de alta con un voltaje que se va incrementando gradualmente desde cero hasta que fluya por el circuito del lado de baja la corriente nominal. Esta prueba de laboratorio sirve para determinar las **PÉRDIDAS EN EL COBRE**, denominadas así ya que son aquellas pérdidas que se originan en el circuito eléctrico del transformador o lo que es lo mismo en las bobinas de este.

Las pérdidas en el hierro se producen por tres causas diferentes que son:

- Efecto Joule.

ENSAYOS DE TRANSFORMADORES

Ensayo en Cortocircuito.



CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

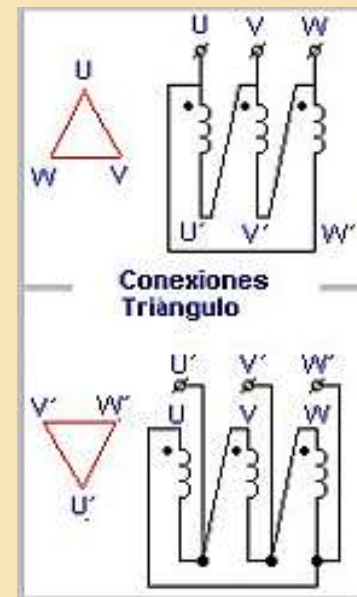
Los transformadores trifásicos ofrecen la posibilidad de conectar sus devanados de diversas formas, esto según la aplicación, ya que cada variante presenta sus beneficios particulares.

Las opciones de conexión de los transformadores son:

- Triangulo (D)
- Estrella (Y)
- zigzag (Z)

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN EN TRIÁNGULO: Conocida también como conexión en delta y se puede representar por la letra D o la letra griega Δ . En la conexión en triángulo se unen sucesivamente los extremos de polaridad opuesta de cada dos devanados hasta cerrar el circuito. Según sea el orden de sucesión se obtienen dos configuraciones.



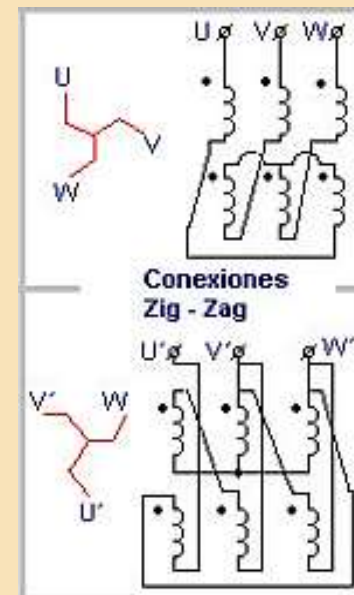
CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN EN ESTRELLA: Conocida también como conexión Y. En la conexión estrella se unen en un mismo punto los tres extremos de los devanados que poseen la misma polaridad, existiendo dos formas básicas según se unan, (U, V, W) o bien (U', V', W').



CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN EN ZIG ZAG: La conexión zig-zag en la práctica sólo se emplea en el lado de menor tensión. Consiste en subdividir en dos partes iguales los devanados secundarios, una parte se conecta en estrella y luego cada rama se une en serie con las bobinas invertidas de las fases adyacentes, siguiendo un determinado orden cíclico.



CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Dd: Esta conexión se utiliza frecuentemente para alimentar sistemas de alumbrado monofásicos y carga de potencia trifásica simultáneamente, presenta la ventaja de poder conectar los devanados primario y secundario sin desfaseamiento, y no tiene problemas de cargas desbalanceadas o armónicas. Sin embargo, circulan altas corrientes a menos que todos los transformadores sean conectados con el mismo tap de regulación y tengan la misma razón de tensión.

La relación entre los voltajes de línea primario y secundario es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{V_{FS}} = n$$

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Dd

Ventajas

- No tiene desplazamiento de fase.
- No tiene problemas con cargas desequilibradas o armónicas.
- Se puede quitar un transformador para mantenimiento o reparación y queda funcionando con dos transformadores pero como banco trifásico.
- Los desequilibrios motivados por las cargas en el secundario se reparten igualmente entre las fases del primario, evitando los desequilibrios de flujos magnéticos.

Desventajas

- Cuando las cargas están desequilibradas, los voltajes en las fases del transformador pueden desequilibrarse bastante.
- No dispone de salida de neutro, tanto en el primario como en el secundario, con la consiguiente limitación en su utilización.
- Cada bobinado debe soportar la tensión de red, con el consiguiente aumento del número de espiras.
- No se puede suministrar energía con 4 conductores.
- Cuando opera con altas tensiones de línea, los costos de diseño de las bobinas son mayores.

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Yy: El voltaje primario de cada fase se expresa por:

$$V_{FP} = \frac{V_{LP}}{\sqrt{3}}$$

El voltaje de la primera fase se enlaza con el voltaje de la segunda fase por la relación de espiras del transformador. El voltaje de fase secundario se relaciona, entonces, con el voltaje de la línea en el secundario por:

$$V_{LS} = \sqrt{3} * V_{FS}$$

Por tanto, la relación de voltaje en el transformador es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3} * V_{FP}}{\sqrt{3} * V_{FS}} = n$$

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Yy

Ventajas

- Es posible sacar un neutro del lado de baja tensión en el de alta tensión, permitiendo obtener dos tensiones (230/400 V) o bien conectarlo con tierra como medida de seguridad en cierto tipo de instalaciones.
- El aumento de sección de conductores favorece la resistencia mecánica a los esfuerzos de cortocircuito.
- Si una fase en cualquier bobinado funciona defectuosa, las dos fases restantes pueden funcionar resultando una transformación monofásica. La carga que podría suministrar sería del 58% de la potencia normal trifásica.

Desventajas

- Si las cargas en el circuito del transformador no están desequilibradas, entonces los voltajes de las fases en el transformador pueden llegar a desequilibrarse severamente.
- Los voltajes de terceros armónicos son grandes, debido a la no linealidad del circuito magnético del hierro.
- Los neutros negativos son muy inestables, a menos que sean sólidamente conectados a una toma a tierra.
- Las unidades trifásicas de polaridad opuesta no pueden funcionar en paralelo, a no ser que la conexión de las fases del primario o del secundario de un transformador se invierta.

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Yd: En esta conexión el voltaje primario de línea se relaciona con el voltaje primario de fase mediante:

$$V_{LP} = \sqrt[2]{3} * V_{FP}$$

Mientras que el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de fase secundario

$$V_{LS} = V_{FS}$$

La relación de voltaje de cada fase es:

$$\frac{V_{FP}}{V_{FS}} = n$$

De tal manera que la relación total entre el voltaje de línea en el lado primario del grupo y el voltaje de línea en el lado secundario del grupo es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt[2]{3} * V_{FP}}{V_{FS}} = \sqrt[2]{3} * n$$

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Yd

Ventajas

- Esta conexión no presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos, puesto que se consume una corriente circulante en el lado de la delta.
- Es conveniente para los transformadores reductores de tensión, debido a las características inherentes de los enrollamientos en estrella para altas tensiones y de los enrollamientos en triángulo para las bajas voltajes.
- El neutro del primario se mantiene estable por el secundario en triángulo
- Es estable con respecto a cargas desequilibradas, debido a que la delta redistribuye cualquier desequilibrio que se presente.

Desventajas

- Esta conexión tiene como desventaja que el voltaje secundario se desplaza en retraso de 30° con respecto al voltaje primario del transformador, lo cual ocasiona problemas en los secundarios si se desea conectar en paralelo otro transformador, siendo uno de los requisitos para conectar en paralelo, que los ángulos de fase de los secundarios del transformador deben ser iguales.
- No se puede disponer de un neutro en el secundario para conectar con la tierra o para una distribución de 4 cables, a menos que se disponga de un aparato auxiliar.
- Un defecto en una fase hace que no pueda funcionar la unidad trifásica hasta que se le repare.
- El arrollamiento en el delta puede resultar débil mecánicamente en el caso de un transformador elevador con una tensión en el secundario muy alta, o con una tensión secundaria medianamente alta y potencia pequeña.

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Dy: El voltaje de línea primario es igual al voltaje de fase primario:

$$V_{LP} = V_{FP}$$

En tanto que los voltajes secundarios se relacionan por:

$$V_{LS} = \sqrt{3} * V_{FS}$$

Por tanto la relación de voltaje línea a línea de esta conexión es

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{\sqrt{3} * V_{FS}} = \frac{\sqrt{3}}{n}$$

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

CONEXIÓN Dy

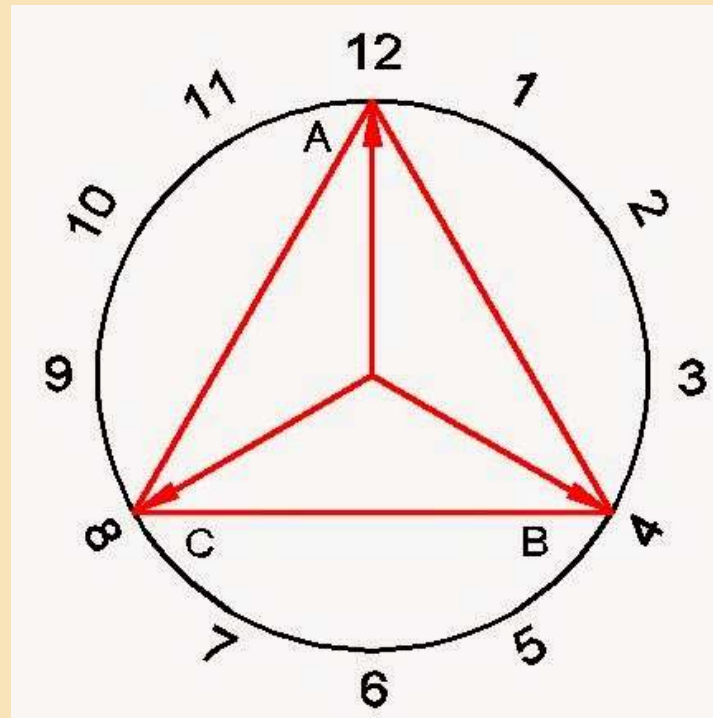
Ventajas

- No presenta problemas en sus voltajes de terceros armónicos.
- Es muy útil para elevar el voltaje a un valor muy alto.
- Utilizando esta conexión en el lado de alta, se puede poner a tierra el neutro permitiendo que quede limitado el potencial sobre cualquier carga.
- Al producirse un desequilibrio en la carga, no motiva asimetría del flujo, por producirse un reparto entre las tres columnas del primario.

Desventajas

- La falla de una fase deja fuera de operación al transformador.
- El devanado en delta puede ser mecánicamente débil.
- Debido al desplazamiento que existe en las fases entre las mitades de los arrollamientos, que están conectados en serie para formar cada fase, los arrollamientos que están en estrella interconectadas, requieren de un 15.5% más en el cobre, con el consiguiente aumento de aislamiento total.
- El tamaño del armazón, debido a las razones expuestas anteriormente, es mayor con el aumento consiguiente del coste del transformador.

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS



CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

GRUPOS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS							
Índice de conexión	Grupo de conexión		Diagrama vectorial		Esquema de conexiones		Relación de transformación V_{uy} / V_{uv}
	VDE	CEI	Alta tensión	Baja tensión	Alta tensión	Baja tensión	
0	A1	Dd0					$\frac{n_1}{n_2}$
	A2	Yy0					$\frac{n_1}{n_2}$
	A3	Dz0					$\frac{2}{3} \times \frac{n_1}{n_2}$

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

GRUPOS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS							
Índice de conexión	Grupo de conexión		Diagrama vectorial		Esquema de conexiones		Relación de transformación V_{uy} / V_{uv}
	VDE	CEI	Alta tensión	Baja tensión	Alta tensión	Baja tensión	
5	C1	Dy5					$\frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{n_1}{n_2}$
	C2	Yd5					$\sqrt{3} \times \frac{n_1}{n_2}$
	C3	Yz5					$\frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{n_1}{n_2}$

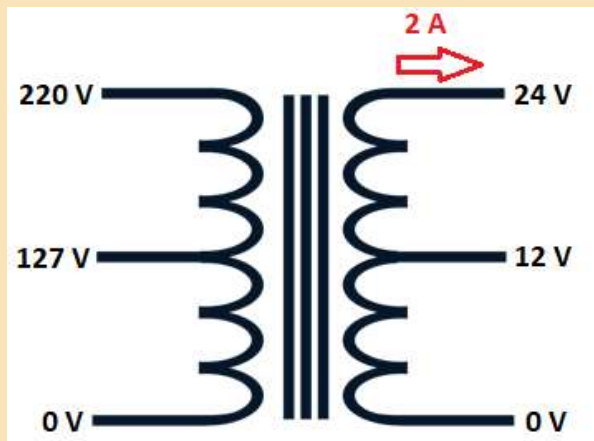
CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

GRUPOS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS							
Índice de conexión	Grupo de conexión		Diagrama vectorial		Esquema de conexiones		Relación de transformación V_{uy} / V_{uv}
	VDE	CEI	Alta tensión	Baja tensión	Alta tensión	Baja tensión	
6	B1	Dd6					$\frac{n_1}{n_2}$
	B2	Yy6					$\frac{n_1}{n_2}$
	B3	Dz6					$\frac{2}{3} \times \frac{n_1}{n_2}$

CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

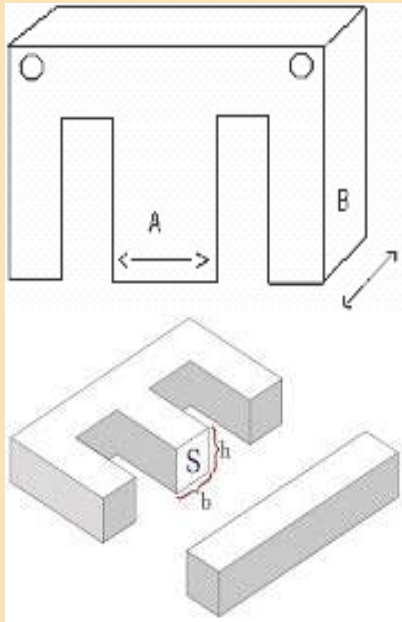
GRUPOS DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS							
Índice de conexión	Grupo de conexión		Diagrama vectorial		Esquema de conexiones		Relación de transformación V_{uy} / V_{uv}
	VDE	CEI	Alta tensión	Baja tensión	Alta tensión	Baja tensión	
11	D1	Dy11					$\frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{n_1}{n_2}$
	D2	Yd11					$\sqrt{3} \times \frac{n_1}{n_2}$
	D3	Yz11					$\frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{n_1}{n_2}$

DISEÑO DE TRANSFORMADORES



1. DIMENSIONAMIENTO DEL NÚCLEO
2. NÚMERO DE ESPIRAS
3. CALIBRE DE CONDUCTORES
4. LONGITUD (MASA)

DIMENSIONAMIENTO DEL NÚCLEO

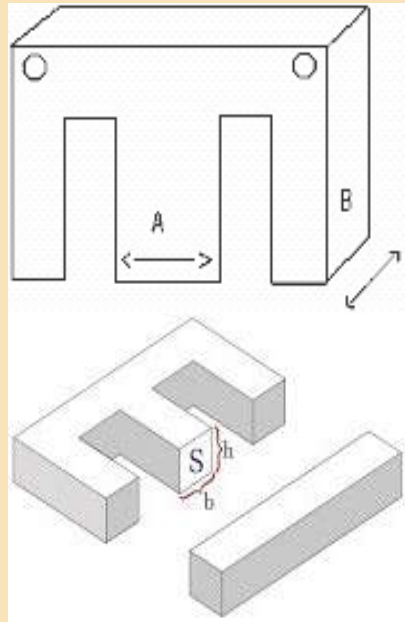


$$S_n = a * \sqrt{P}$$

- S_n : sección transversal de la columna central
- a : constante de rendimiento del núcleo (0,9)
- P : potencia eléctrica que debe soportar el núcleo

$$S_n = 0,9 * \sqrt{48} = 6,23 \text{ cm}^2$$

DIMENSIONAMIENTO DEL NÚCLEO



➤ $P = V * I$

$$P = 24 * 2 = 48 \text{ w}$$

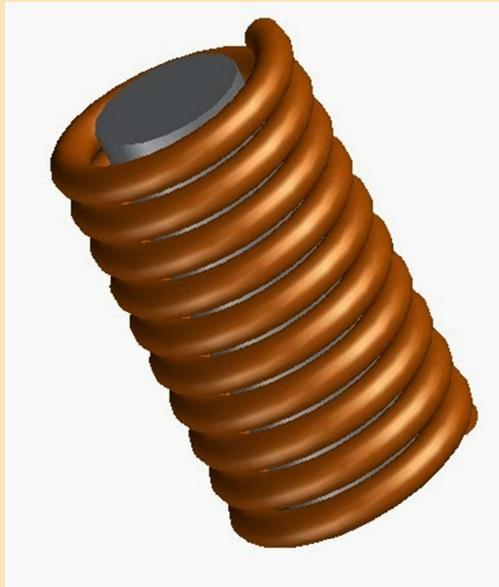
➤ $S = A * B$

$$S = 3,2 * 2,4 = 7,68 \text{ cm}^2$$

➤ $P = S_n^2 / a^2$

$$P = \frac{(7,68)^2}{(0,9)^2} = 72,81 \text{ w}$$

NÚMERO DE ESPIRAS

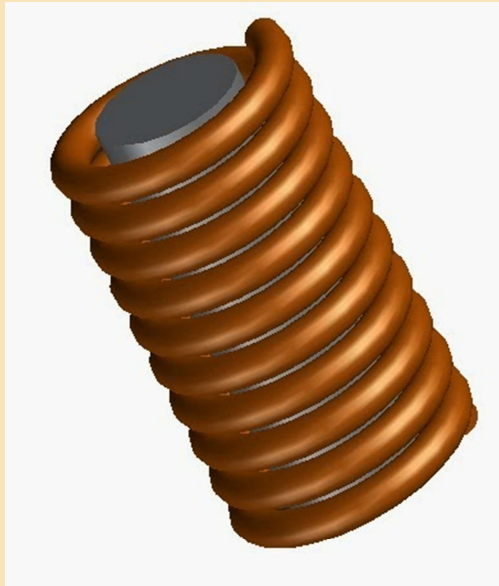


$$\frac{N}{v} = \frac{1 * 10^8}{4,44 * \beta * S_n * f}$$

- B : campo magnético (10000 Gauss)
- f : frecuencia de la red (60 Hz)
- S_n : sección del núcleo, medida

$$\frac{N}{v} = \frac{1 * 10^4}{4,44 * 7,68 * 60} = 4,88 \frac{esp}{v}$$

NÚMERO DE ESPIRAS



$$N = v * \frac{N}{v}$$

$$N_{P1} = (127 - 0) * 4,88 = 620 \text{ esp}$$
$$N_{P2} = (220 - 127) * 4,88 = 454 \text{ esp}$$
$$N_{PT} = 1074 \text{ esp}$$

$$N_{S1} = (12 - 0) * 4,88 = 59 \text{ esp}$$
$$N_{S1} = (24 - 12) * 4,88 = 59 \text{ esp}$$
$$N_{PT} = 118 \text{ esp}$$

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES

POTENCIA (VA)	DENSIDAD (A/mm ²)
10 a 50	4
51 a 100	3,5
101 a 200	3
201 a 500	2,5
501 a 1000	2

➤ $C_1 = \# 28$

➤ $C_2 = \# 20$

➤ $D_{max} = 4 \frac{amp}{mm^2}$

➤ $I = P/V$

$I_P = 48/127 = 0,377 amp$

$I_S = 2 amp$

➤ $S = I/D_{max}$

$S_P = I_P/D_{max} = 0,377/4 = 0,0945 mm^2$

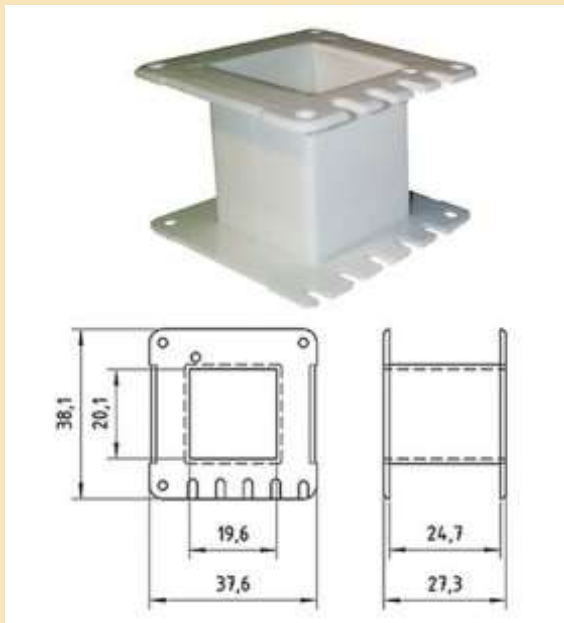
$S_S = I_S/D_{max} = 2/4 = 0,5 mm^2$

TABLA DE CONDUCTORES

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
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	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	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	2,5
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

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
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	56,4	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	56,0	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	2696,0	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

LONGITUD



➤ $P = 2 * (a + b)$

$$P = 2 * (2,8 + 3,5) = 12,8 \text{ cm} \cong 13 \text{ cm}$$

➤ $L = N * P * \text{fac. comp.}$

$$L_1 = 1074 * 13 * 1,1 = 15358,2 \text{ cm}$$

$$L_1 = 153,58 \text{ m} \cong 154 \text{ m}$$

$$L_2 = 118 * 13 * 1,1 = 1687,4 \text{ cm}$$

$$L_2 = 16,87 \text{ m} \cong 17 \text{ m}$$

$$C_1 = 110,88 \text{ g} \cong 111 \text{ g}$$

$$C_2 = 78,37 \text{ g} \cong 78 \text{ g}$$

USO DE TRANSFORMADORES PARA ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

Cuando se desea hacer una adaptación de impedancias con transformador, lo que se pretende es que la impedancia de salida de la fuente sea la misma que la impedancia de entrada de la carga. Con esto se logra una maximizar la transferencia de potencia entre ambas partes.

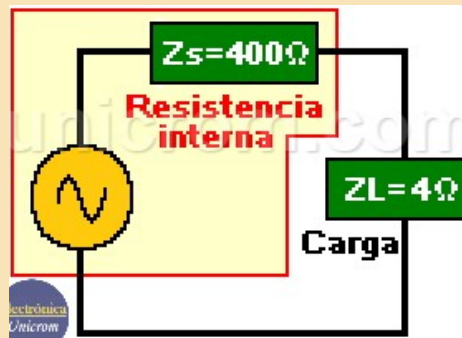
$$\frac{Z_P}{Z_S} = n^2 = \left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2$$

- **Z_p**: impedancia reflejada al primario cuando en el secundario la carga es **Z_s**.
- **Z_s**: impedancia reflejada al secundario cuando la impedancia conectada en el primario es **Z_p**.
- **n**: es la relación de vueltas entre el bobinado primario y el secundario. $n = V_s/V_p = I_p/I_s$

USO DE TRANSFORMADORES PARA ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

Supongamos que tenemos una fuente de voltaje (VAC) con una *resistencia interna* de 400 ohmios y esta debe alimentar una carga de 4 ohmios.

Si conectamos la carga directamente a la fuente no habrá una *máxima transferencia de potencia* debido a que la resistencia interna de la fuente (400 ohmios) es diferente a la resistencia de carga (4 ohmios).



USO DE TRANSFORMADORES PARA ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

Para resolver el problema se incluye un *transformador* entre la fuente y la carga. Este debe de tener la relación de vueltas adecuada para lograr que la resistencia de 4 ohmios de la carga se refleje como si fuera de 400 ohmios a la fuente.



USO DE TRANSFORMADORES PARA ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

El circuito equivalente se muestra a continuación:

En este caso la resistencia interna y la resistencia reflejada del secundario al primario de transformador son iguales y hay máxima transferencia de potencia.

$$n^2 = \frac{Z_P}{Z_S} = \frac{4}{400} = 0,01$$

Lo que significa que $n = 0,1$



USO DE TRANSFORMADORES PARA ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

Usando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{V_P}{V_S}$$

Si despejamos tenemos:

$$V_P = nV_S$$

Reemplazando tenemos:

$$V_P = 0,1V_S \rightarrow V_S = 10V_P$$

Se puede deducir que se necesita un transformador con un número de espiras en el primario 10 veces mayor que en el secundario.