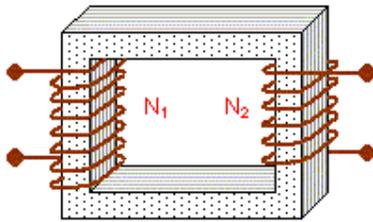


## Principio de funcionamiento del transformador



**Un transformador se compone de dos arrollamientos aislados eléctricamente entre sí y devanados sobre un mismo núcleo de hierro.**

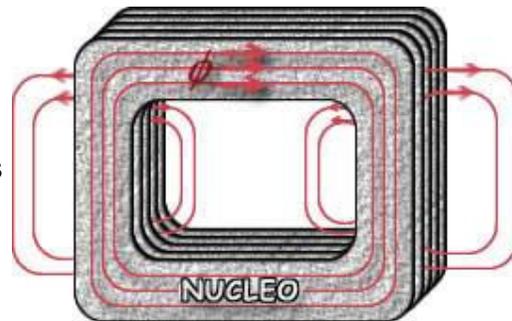
Una corriente alterna que circule por uno de los arrollamientos crea en el núcleo un campo magnético alterno. La mayor parte de este flujo atraviesa el otro arrollamiento e induce en él una fuerza electromotriz (fem) alterna.

La potencia es transmitida de un arrollamiento a otro por medio del flujo magnético del núcleo.

El arrollamiento al que se suministra potencia se denomina **primario** y el que cede potencia **secundario**.

En un transformador real, las líneas del flujo magnético no están confinadas enteramente en el hierro, sino que algunas de ellas se cierran a través del aire.

- La parte del flujo que atraviesa los dos arrollamientos se llama **flujo común** o útil.
- La parte del flujo que se cierra a través del aire se denomina **flujo de dispersión**.



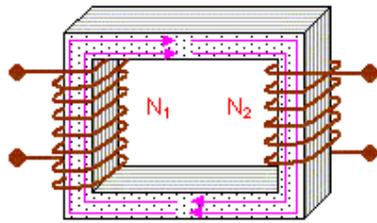
La potencia obtenida de un transformador es inferior a la potencia suministrada al mismo:

**Pérdidas en el cobre:** pérdidas en forma de calor que se producen por *efecto Joule* en la resistencia de los arrollamientos primario y secundario.

**Pérdidas en el hierro:** pérdidas por *histéresis* y *corrientes de Foucault* en el núcleo.

La histéresis se reduce al mínimo utilizando hierro que tenga un ciclo de histéresis estrecho, y las corrientes de Foucault se reducen construyendo el núcleo con láminas muy finas apiladas y aisladas entre sí.

## El transformador ideal en vacío



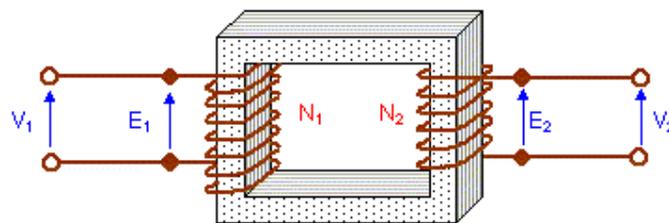
**IDEAL:** Los arrollamientos no tienen resistencia y no hay flujo de dispersión.

**EN VACÍO:** El circuito del secundario está abierto, es decir, sin carga.

Puesto que el mismo flujo atraviesa el primario y el secundario, la fuerza electromotriz inducida por espira es la misma en ambos:

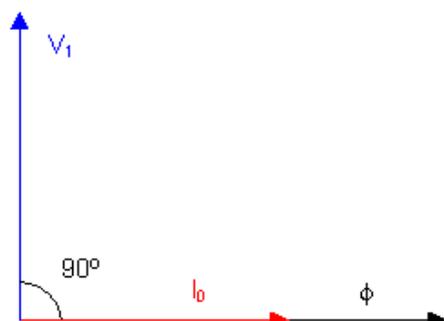
$$\begin{aligned} E_1 &= 4,44 \cdot \Phi_{MAX} \cdot f \cdot N_1 \\ E_2 &= 4,44 \cdot \Phi_{MAX} \cdot f \cdot N_2 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\text{Como } V_1 = E_1 \text{ y } V_2 = E_2 \Rightarrow m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$



### RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

**Eligiendo adecuadamente la relación entre el número de espiras del primario y del secundario, puede obtenerse en el secundario cualquier tensión que se desee, partiendo de una tensión dada en el primario.**



El arrollamiento primario se comportará como una autoinducción. La corriente en el primario que es pequeña, está retrasada 90° respecto a la tensión del primario.

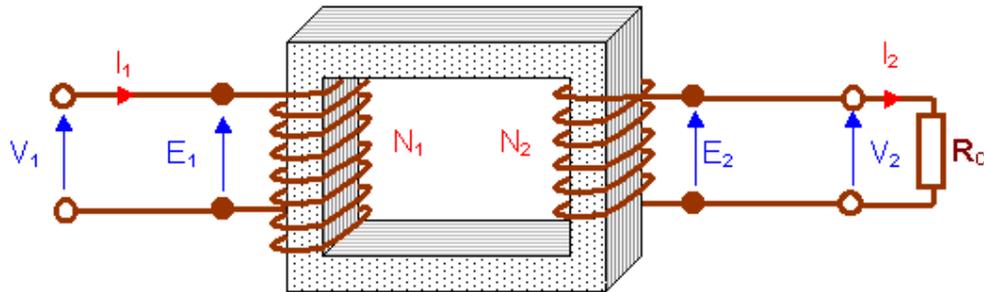
Se denomina corriente de vacío y crea el flujo en el núcleo por lo que también se denomina magnetizante.

El flujo del núcleo está en fase con la corriente del primario.

## El transformador ideal en carga

**IDEAL:** Los arrollamientos no tienen resistencia y no hay flujo de dispersión.

**EN CARGA:** El circuito del secundario tiene conectada una impedancia.



Cuando el circuito secundario está abierto, el flujo del núcleo sólo es producido por la corriente del primario, pero cuando se cierra el secundario, tanto la corriente de primario como la de secundario crean flujo en el núcleo.

**Según la ley de Lenz, la corriente del secundario, oponiéndose a la causa que la produce, tiende a debilitar el flujo del núcleo y, por consiguiente, a disminuir la fuerza contraelectromotriz en el primario. Como en ausencia de pérdidas, la f.c.e.m. en el primario ha de ser igual a la tensión en bornes del primario, que suponemos constante, la corriente en el primario aumenta, por tanto, hasta que el flujo del núcleo se restablece en su valor inicial(sin carga).**

Como el transformador es ideal y no tiene pérdidas, la potencia en el primario y en el secundario serán iguales.

$$\begin{aligned} S_1 &= S_2 \\ V_1 \cdot I_1 &= V_2 \cdot I_2 \\ \frac{V_1}{V_2} &= \frac{I_2}{I_1} \end{aligned}$$

Para una determinada potencia aparente, si crece la tensión es a costa de disminuir la intensidad y viceversa



- $I_a$  representa las pérdidas que se manifestarán en calentamiento del transformador.

## Diagramas vectoriales del transformador

Conocidos o medidos los valores de tensión y corriente de la carga y su desfase ( $V_2$ ,  $I_2$  y  $\varphi_2$ ), podemos construir los diagramas vectoriales a partir de las ecuaciones vectoriales si conocemos además su relación de transformación y sus resistencias y reactancias.

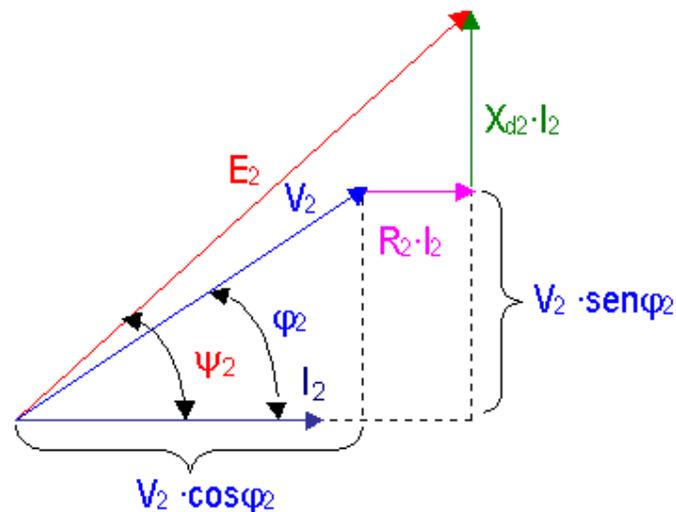
$V_2$        $I_2$        $\varphi_2$        $R_1$        $X_1$        $R_2$        $X_2$        $m$

Tomamos como referencia las intensidades, teniendo en cuenta que las caídas de tensión en las resistencias están en fase con ellas y las caídas en las reactancias a  $90^\circ$  en adelante.

### Diagrama vectorial del secundario

$$\vec{E}_2 = R_2 \cdot \vec{I}_2 + X_{d2} \cdot \vec{I}_2 + \vec{V}_2$$

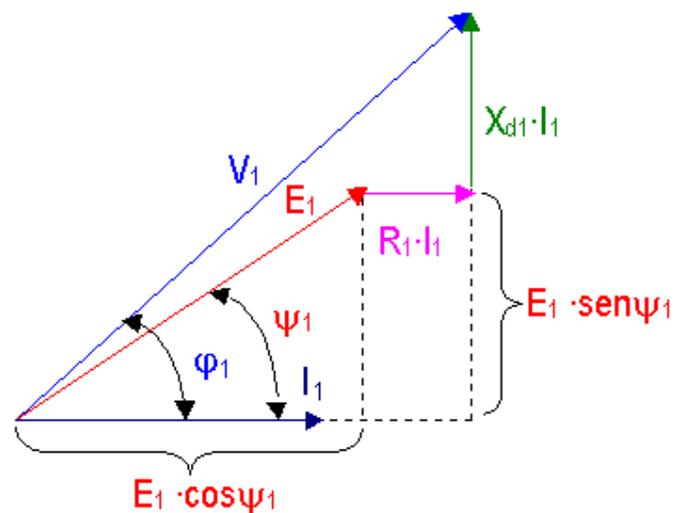
Se construye a partir de los datos de la carga en módulo y ángulo, sumando vectorialmente las caídas de tensión en la resistencia y la reactancia del secundario, a  $0^\circ$  y  $90^\circ$  de la intensidad respectivamente para calcular el módulo y ángulo de la f.e.m. del secundario.



### Diagrama vectorial del primario

$$\vec{V}_1 = R_1 \cdot \vec{I}_1 + X_{d1} \cdot \vec{I}_1 + \vec{E}_1$$

Se construye a partir de la f.e.m. y de la intensidad del primario con su desfase (ver a continuación su cálculo), sumando vectorialmente las caídas de tensión en la resistencia y la reactancia del primario, a  $0^\circ$  y  $90^\circ$  de la intensidad respectivamente para calcular la tensión del



primario en módulo y ángulo.

### Paso del diagrama vectorial del secundario al primario

Suelen ser conocidos los datos de la **CARGA** así como las *resistencias* y *reactancias* del transformador, con lo que es posible construir el diagrama vectorial del secundario.

Para construir el diagrama vectorial del primario, necesitamos conocer  $E_1$ ,  $I_1$  y el ángulo que forman  $\psi_1$ .

Se cumple:

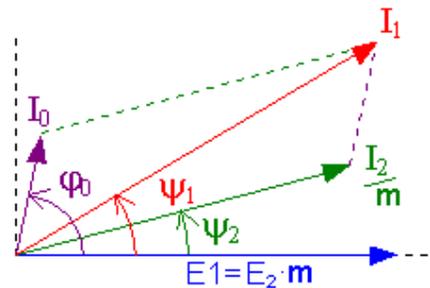
$$E_1 = E_2 \cdot m$$

Si  $I_0$  es despreciable:  
( $I_0 < 5 \cdot I_2/m$ )

$$I_1 = \frac{I_2}{m} ; \quad \psi_1 = \psi_2$$

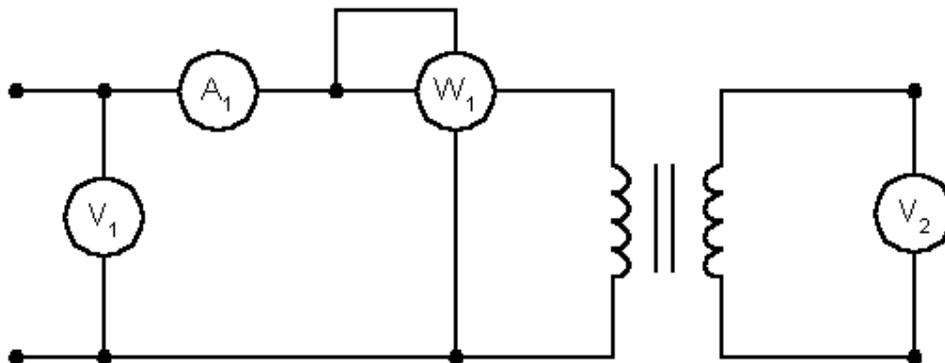
Si  $I_0$  no es despreciable:

$$\vec{I}_1 = \frac{\vec{I}_2}{m} + \vec{I}_0$$



### Ensayo de vacío del transformador

Se realiza aplicando la tensión nominal al primario con el secundario sin carga (abierto).



#### Medidas directas

TENSIÓN NOMINAL DEL PRIMARIO

$$V_{1n} = V_1$$

TENSIÓN NOMINAL DEL SECUNDARIO

$$V_{2n} = V_2$$

CORRIENTE DE VACÍO

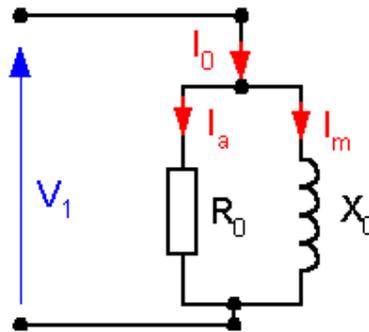
$$I_0 = A$$

POTENCIA EN VACÍO

$$P_0 = W$$

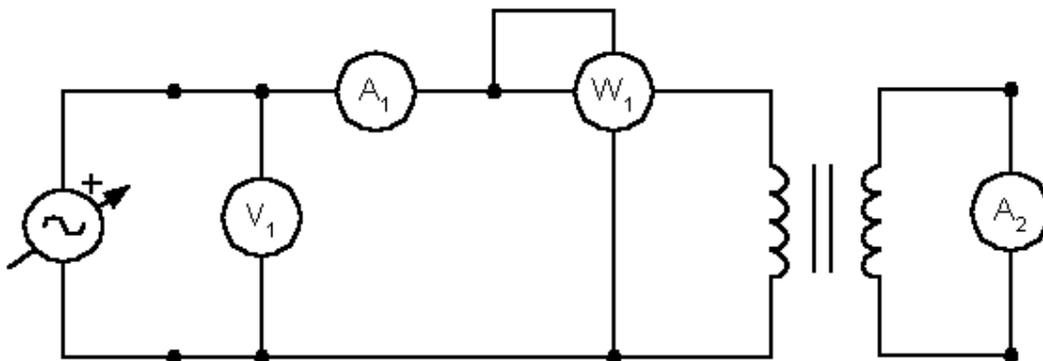
## Medidas indirectas

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	$m = \frac{V_{1n}}{V_{2n}}$
PÉRDIDAS EN EL HIERRO	$P_{Fe} = P_0$
FACTOR DE POTENCIA EN VACÍO	$\cos \mu_0 = \frac{P_0}{V_{1n} \cdot I_0}$
COMPONENTE ACTIVA O DE PÉRDIDAS	$I_a = I_0 \cdot \cos \mu_0$
COMPONENTE REACTIVA O MAGNETIZANTE	$I_m = I_0 \cdot \sin \mu_0$
IMPEDANCIA DE VACÍO	$Z_0 = \frac{V_{1n}}{I_0}$
RESISTENCIA DE VACÍO	$R_0 = \frac{V_{1n}}{I_a}$
REACTANCIA DE VACÍO	$X_0 = \frac{V_{1n}}{I_m}$



## Ensayo de cortocircuito del transformador

Se realiza haciendo circular la intensidad nominal por el primario con el secundario cortocircuitado (para ello basta aplicar una tensión reducida mucho menor que la nominal).

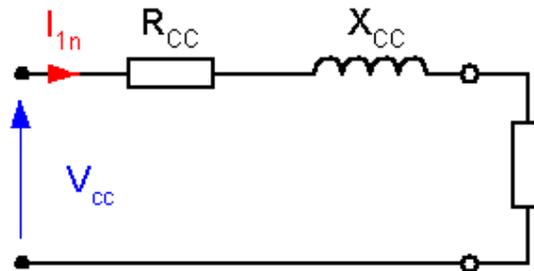


### Medidas directas

TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO	$V_{cc} = V$
INTENSIDAD NOMINAL DEL PRIMARIO	$I_{1n} = A_1$
INTENSIDAD NOMINAL DEL SECUNDARIO	$I_{2n} = A_2$
POTENCIA EN CORTOCIRCUITO	$P_{cc} = W$

### Medidas indirectas

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	$m = \frac{I_{2n}}{I_{1n}}$
TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO EN %	$u_{cc} = \frac{V_{cc}}{V_{1n}} \cdot 100$
FACTOR DE POTENCIA EN CORTOCIRCUITO	$\cos \varphi_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{cc} \cdot I_{1n}}$
IMPEDANCIA DE C.C.	$Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{I_{1n}}$
RESISTENCIA DE C.C.	$R_{cc} = Z_{cc} \cdot \cos \varphi_{cc}$
REACTANCIA DE C.C.	$X_{cc} = Z_{cc} \cdot \sin \varphi_{cc}$

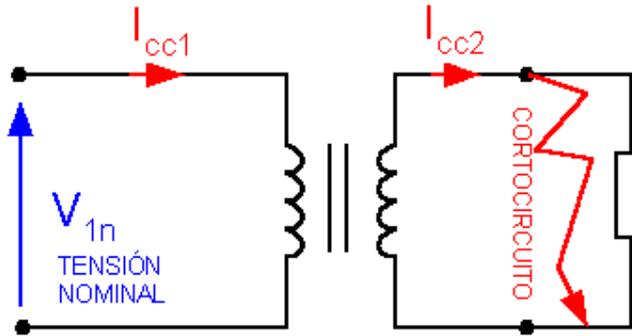


## Corriente de cortocircuito accidental

Es la intensidad que absorbe de la red si trabajando a la tensión nominal el secundario se pone accidentalmente en cortocircuito.

$$I_{cc1} = \frac{V_{1n}}{Z_{cc}} = \frac{100 \cdot I_{1n}}{u_{cc}} = \frac{S_{1n}}{V_{cc}}$$

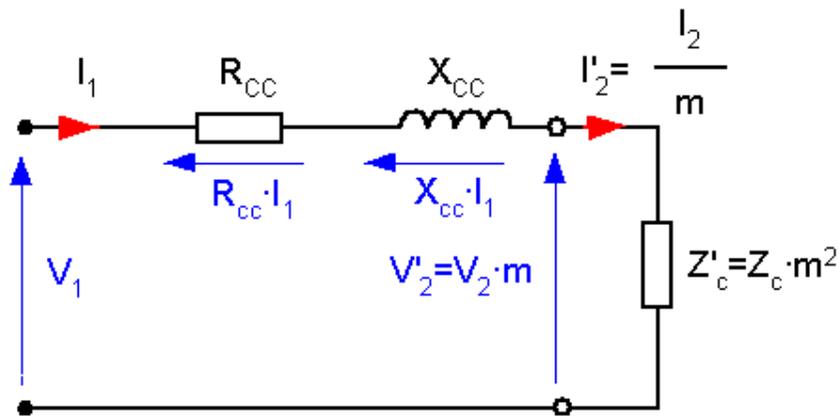
No debe confundirse con la intensidad del ensayo de cortocircuito, normalmente la nominal, que se realiza aplicando una tensión reducida.



### Circuito equivalente simplificado

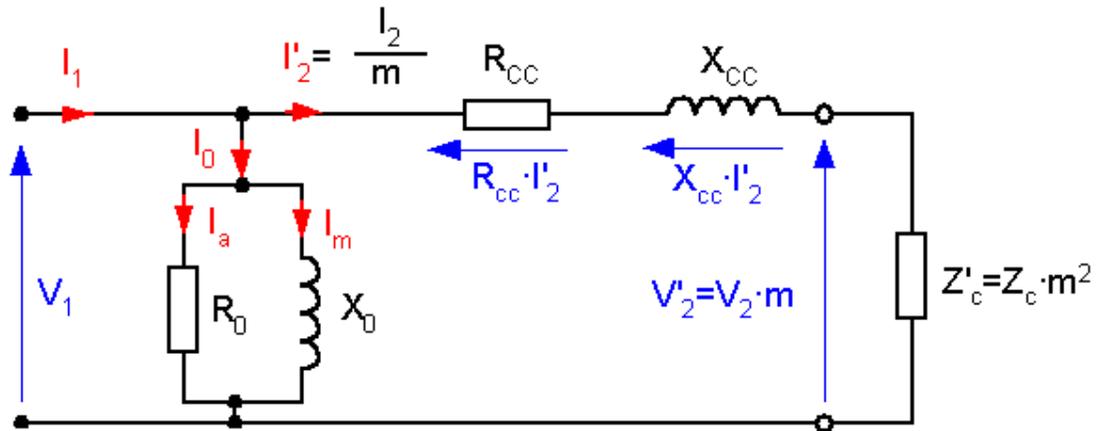
El transformador puede aproximarse por el circuito de la figura, donde:

$$I_1 = I'_2 = \frac{I_2}{m} \quad V'_2 = m \cdot V_2 \quad Z'_c = m^2 \cdot Z_c$$



Los valores del secundario se han *reducido* al primario y los ángulos y las potencias se conservan.

Cuando no se quiere despreciar  $I_0$  y, no obstante, se desean emplear los prácticos conceptos de  $R_{cc}$  y  $X_{cc}$ , se puede utilizar el circuito equivalente siguiente:



Donde  $R_{cc}$  y  $X_{cc}$  se calculan en el ensayo de cortocircuito y  $R_0$  y  $X_0$  en el ensayo de vacío.

En este caso:  $\vec{I}_1 = \vec{I}_0 + \vec{I}'_2$  en forma vectorial o compleja.

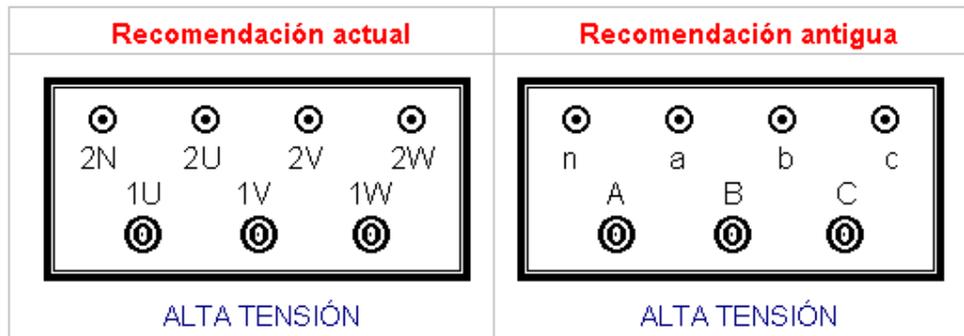
## Transformadores trifásicos



Se puede decir que un transformador trifásico está constituido por tres transformadores monofásicos montados en un núcleo magnético común. La constitución más común es la de tres columnas, con los arrollamientos primarios y secundarios alternados o concéntricos.

El estudio del transformador trifásico se puede reducir al monofásico a condición de trabajar con los valores por fase. En este sentido, habrá que tener en cuenta que la fórmula de potencia a aplicar, en vacío, en carga o en cortocircuito, será trifásica y no monofásica.

## Denominación normalizada de los bornes del transformador



## Designación

Conexión en alta tensión

**Mayúsculas:** Y, D, Z (estrella, triángulo y zig-zag respectivamente).

Conexión en baja tensión

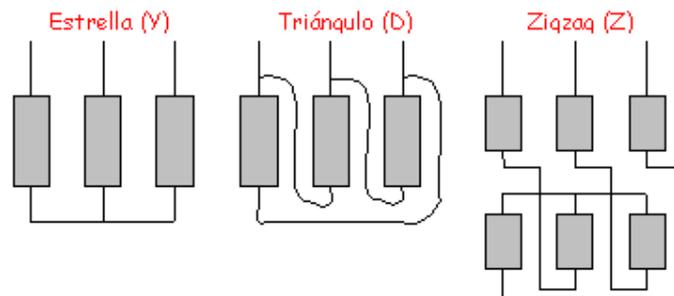
**Minúsculas:** y, d, z (estrella, triángulo y zig-zag respectivamente).

Índice horario

Desfase entre la tensión del primario y la correspondiente del secundario.

El ángulo se da por la posición de las agujas en la esfera de un reloj.

Cada hora representa  $30^\circ = 360^\circ/12h$ .

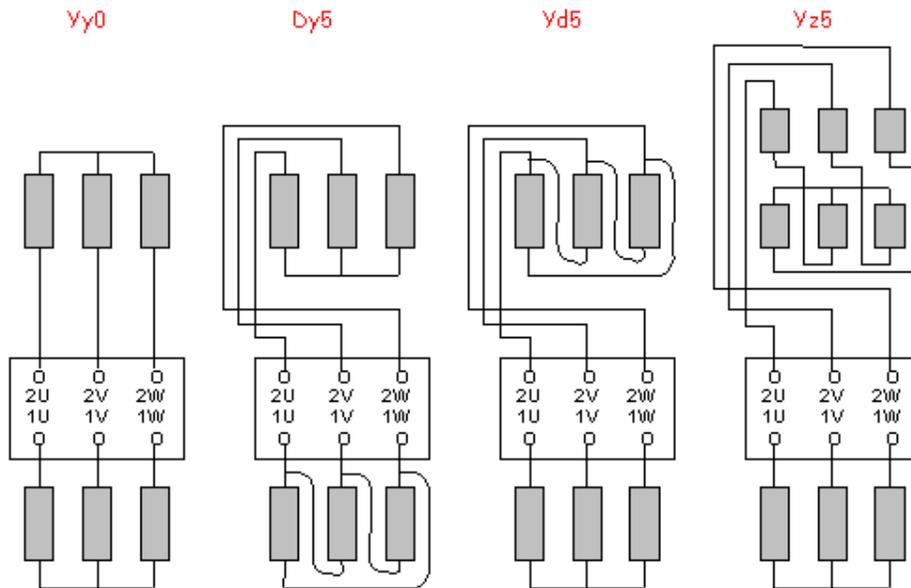


Ejemplo: **Dy11**

Primario en triángulo, secundario en estrella y desfase de  $-30^\circ$  entre las tensiones de primario y secundario.

## Conexiones típicas de transformadores trifásicos

Los devanados de alta tensión y los de baja tensión pueden conectarse en estrella, triángulo o zigzag, dando lugar a una amplia gama de combinaciones posibles. Las más utilizadas son:



## Acoplamiento en paralelo

En ciertas ocasiones es necesario acoplar transformadores en paralelo para conseguir así aumentar la potencia de salida. Para hacerlo, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Tener las mismas tensiones nominales.
- Tener el mismo índice horario.
- Tener igual (o parecida) tensión de cortocircuito.

En la práctica se realizan primero las conexiones de alta tensión y a continuación se comprueba la tensión entre los bornes y las fases a las que se van a conectar. Si estas tensiones son nulas, la conexión es posible.

---

## Problemas

## Transformadores

1. Determina el valor eficaz de la fem que se produce en el primario de un transformador de 1000 espiras cuando se le somete a un flujo máximo de 2,5 mWb a una frecuencia de 50 Hz. ¿Cuál será el valor de la fuerza electromotriz en el secundario del transformador si el número de espiras del secundario es de 2000?

$$E_1 = 555 \text{ V} \quad E_2 = 1110 \text{ V}$$

2. Un transformador ideal con 1500 espiras en el primario y 100 en el secundario se conecta a una red de CA de 3300 V, 50 Hz. Averigua la relación de transformación y la tensión del secundario.

$$M = 15 \quad V_2 = 220 \text{ V}$$

3. Un transformador tiene 8640 espiras en el primario y 132 espiras en el secundario. ¿Cuál será la tensión en el primario si en el secundario es de 110 V? ¿cuál será el flujo magnético máximo en el núcleo si trabaja a una frecuencia de 50 Hz?

$$V_1 = 7200 \text{ V} \quad \phi_{\text{MAX}} = 3,75 \text{ mWb}$$

4. Un transformador reductor de 380/127 V proporciona energía a un motor monofásico de 3 kW, 127 V, fdp 0,71. Suponiendo la corriente de vacío y las pérdidas despreciables, determina la intensidad del primario, la relación de transformación y el número de espiras del secundario si el primario posee 3000.

$$m = 3 \quad I_1 = 11,1 \text{ A} \quad N_2 = 1000 \text{ espiras}$$

5. Un transformador tiene 2500 espiras en el primario y 1000 espiras en el secundario. Si se cortocircuita el secundario y se mide una corriente a la salida de dicho devanado de 24 A, ¿cuál será la corriente del primario?

$$I_1 = 9,6 \text{ A.}$$

6. Un transformador elevador de 127 /220 V proporciona energía a un grupo de 100 lámparas de 40 W, 220 V, fdp 0,6. Suponiendo la corriente de vacío y las pérdidas despreciables, determina la intensidad por el primario y por el secundario, así como la relación de transformación y el número de espiras del primario si el secundario posee 1225.

$$I_2 = 30,3 \text{ A} \quad I_1 = 52,51 \text{ A} \quad m = 0,577$$

$N_1 = 707$  espiras

7. Por un transformador monofásico de 12000/380 V circula una intensidad de vacío de 1,2 A retrasada un ángulo de  $80^\circ$  respecto de la tensión aplicada de 12000 V. Calcula las componentes activa y reactiva de la corriente de vacío y dibuja el correspondiente diagrama vectorial.

$I_a = 0,2$  A

$I_m = 1,18$  A

8. Se somete a un ensayo de vacío a un transformador monofásico de 10 kVA, 500/220 V, 50 Hz, obteniendo los siguientes resultados: tensión del primario 500 V, tensión del secundario 220 V, Intensidad de vacío 1 A, potencia en vacío 45 W. Determina:

- La relación de transformación.
- Las pérdidas en el hierro.
- La corriente de vacío y sus componentes.

$m = 2,27$

$P_{Fe} = 45$  W

$I_0 = 1$  A

$I_a = 0,09$  A

$I_m = 0,996$  A

9. Se somete a un ensayo en vacío a un transformador monofásico de 10 kVA, 10000/398 V, 50 Hz, obteniendo los siguientes resultados: tensión del primario 10000 V, tensión del secundario 398 V, intensidad de vacío 0,3 A, potencia en vacío 35 W. Determina:

- La relación de transformación.
- Las pérdidas en el hierro.
- La corriente de vacío y sus componentes.
- El diagrama vectorial.

$m = 25,12$

$P_{Fe} = 35$  W

$I_0 = 0,3$

$I_a = 0,035$  A

$I_m = 0,29998$  A

10. Al realizar el ensayo de cortocircuito a un transformador monofásico de 100 kVA, 6000/230 V, 50 Hz, haciendo circular la intensidad nominal por el primario, se han obtenido los siguientes resultados: tensión de cc 250 V, potencia de cc 1571 W. Determina:

- Las corrientes nominales del primario y del secundario.
- Las pérdidas en el cobre para la potencia nominal.

- La tensión de cc en %.
- La impedancia, resistencia y reactancia de cc.

$$I_{1n} = 16,66 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 434,78 \text{ A}$$

$$P_{Cun} = 1571 \text{ W}$$

$$u_{cc} = 4,16\%$$

$$Z_{cc} = 15 \Omega$$

$$R_{cc} = 5,658 \Omega$$

$$X_{cc} = 13,89 \Omega$$

- 11.** Al realizar el ensayo de cc a un transformador monofásico de 25 kVA, 1000/398 V, 50 Hz, a la intensidad nominal, se ha medido una tensión de cc de 40 V y una potencia de cc de 800 W. Determina:

- La corriente nominal del primario y del secundario.
- Las pérdidas en el cobre a la potencia nominal.
- La tensión porcentual de cortocircuito.
- El triángulo de impedancias de cc.

$$I_{1n} = 25 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 62,8 \text{ A}$$

$$P_{Cun} = 800 \text{ W}$$

$$u_{cc} = 4\%$$

$$Z_{cc} = 1,6 \Omega$$

$$R_{cc} = 1,28 \Omega$$

$$X_{cc} = 0,96 \Omega$$

- 12.** Determina la intensidad de cortocircuito accidental de un transformador monofásico de 20 kVA, 1000/400 V, si la tensión de cortocircuito del transformador es del 4%.

$$I_{cc} = 500 \text{ A.}$$

- 13.** Se desea determinar el valor efectivo de la tensión de salida de un transformador monofásico a plena carga con un fdp de 0,85. Las características del mismo son: 50 kVA, 1000/230 V. En el ensayo de cortocircuito ha consumido 1440 W a una tensión de 40 V, circulando por el primario una corriente de 50 A. Averigua también las pérdidas en el cobre cuando circule por el primario una intensidad de 12,5 A, y el valor efectivo de la tensión en la carga cuando el transformador trabaje a la mitad de su potencia nominal con fdp 0,85 inductivo.

$$V_2 = 221 \text{ V}$$

$$P_{Cu} = 90 \text{ W}$$

$$V_{2(1/2)} = 225,5 \text{ V}$$

- 14.** Un transformador monofásico de 10 kVA, 7200/398 V da una potencia de 90 W en el ensayo de vacío y 360 W en el de cortocircuito. Calcula:

- El rendimiento a plena carga y fdp 0,8.
- El rendimiento cuando el transformador trabaje a la mitad de su potencia nominal con fdp 0,8.
- La potencia a la que debe trabajar para que su rendimiento sea

máximo.

$$\eta = 94,6\%$$

$$\eta_{1/2} = 95,7\%$$

$$S_{\text{rend\_max}} = 5 \text{ kVA}$$

- 15.** Determina la impedancia de cortocircuito de un transformador monofásico de 20 kVA, 1000/400 V, si su tensión de cortocircuito es del 4%.

$$Z_{\text{cc}} = 2 \Omega .$$

- 16.** Se desea determinar el valor efectivo de la tensión de salida y el rendimiento de un transformador monofásico de 100 kVA, 6000/230 V, a plena carga con fdp inductivo de 0,8. En el ensayo de cortocircuito se han medido 360 W al aplicar 125 V, circulando por el primario una corriente de 8 A (distinta a la nominal). En vacío la potencia medida ha sido de 350 W.. Averigua también:

- Las pérdidas en el cobre a plena carga.
- El valor efectivo de la tensión en la carga cuando el transformador trabaje a la mitad de su potencia nominal con fdp 0,8
- La potencia a la que debe trabajar el transformador para conseguir el rendimiento máximo.

$$V_2 = 000 \text{ V}$$

$$\eta = 00\% \quad P_{\text{Cun}} = 1562,5 \text{ W}$$

$$V_{2(1/2)} = 225,8 \text{ V}$$

$$S_{\text{rend\_max}} = 47,3 \text{ kVA}$$

- 17.** Un transformador monofásico **REAL** de 100 kVA, 24000/400 V, 50 Hz, se ensaya en vacío y en cortocircuito con los siguientes resultados:

- **VACIO: 24000 V 0,1661 A 150 W**
- **CORTOCIRCUITO: 737,382 V 4,166 A 1779 W**

CALCULAR para cargas con **f.d.p. 0,8**:

- La relación de transformación.
- La corriente de vacío y el ángulo que forma respecto de la tensión aplicada y sus componentes activa y reactiva.
- El diagrama vectorial en vacío indicando magnitudes, unidades y valores de tensiones, corrientes y ángulos.
- Las pérdidas en el hierro.
- Las intensidades nominales del primario y del secundario.

- Las pérdidas en el cobre a plena carga.
- Las pérdidas en el cobre a media carga.
- La tensión de cortocircuito en %.
- La impedancia, resistencia y reactancia de cortocircuito.
- La caída de tensión en % a plena carga.
- El valor efectivo de la tensión de salida a plena carga.
- El rendimiento a plena carga y a media carga.
- El rendimiento máximo y el índice de carga que lo produce.
- La corriente de cortocircuito accidental.
- El circuito equivalente simplificado del transformador, indicando las magnitudes, valores y unidades de las impedancias, intensidades y tensiones que tienen lugar en el funcionamiento a plena carga.

$M = 60$	$I_0 = 0,1661 \text{ A}$	$\varphi_0 = 87,84^\circ$
$I_a = 0,00625 \text{ A}$	$I_m = 0,166 \text{ A}$	$P_{Fe} = 150 \text{ W}$
$I_{1n} = 4,166 \text{ A}$	$I_{2n} = 250 \text{ A}$	$P_{Cun} = 1779 \text{ W}$
$P_{Cu1/2} = 444,75 \text{ W}$	$u_{cc} = 3,07 \%$	$Z_{cc} = 177 \Omega$
$R_{cc} = 102,5 \Omega$	$X_{cc} = 144,3 \Omega$	$u_c = 2,924\%$
$V_2 = 388,3 \text{ V}$	$\eta = 98,1\%$	$\eta_{1/2} = 98,82\%$
$\eta_{\max} = 98,97\%$	$k_{red\_max} = 0,29$	$I_{cc \text{ accidental}} = 135,6$

- 18.** Un transformador monofásico **IDEAL** de **110/220 V** con **1000 espiras** en el secundario alimenta un motor de **1,1 kW, 220 V, con f.d.p. 0,8** inductivo.  
CALCULAR:

- La relación de transformación.
- La intensidad del motor a plena carga.
- La intensidad en el primario del transformador en esas condiciones.
- El número de espiras del primario.
- El número de espiras que habría que poner en el primario para obtener una tensión en el secundario de 230 V.

$m = 0,5$	$I_m = 6,25 \text{ A}$	$I_1 = 12,5 \text{ A}$
$N_1 = 500 \text{ espiras}$	$N'_1 = 478 \text{ espiras}$	

- 19.** En el ensayo de cortocircuito de un transformador REAL de 50 kVA, 4400/220 V, 50 Hz, a la intensidad nominal se midió una tensión de

cortocircuito de 100 V y una potencia de 1000 W. Calcular la tensión de cortocircuito y la caída de tensión a plena carga en % y la tensión efectiva en bornes si el f.d.p. era de 0,85 inductivo. Si las pérdidas en el hierro son de 150 W, calcular el rendimiento a plena carga y el índice de carga para que el rendimiento sea máximo.

$$N_2 = 1140 \text{ espiras}$$

$$I_{1n} = 20 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 52,63 \text{ A}$$

**20.** Un transformador monofásico **REAL** de **100 kVA, 2200/220 V, 50 Hz**, se ensaya en vacío y en cortocircuito con los siguientes resultados:

- **VACIO: 2200 V 1,8 A 980 W**
- **CORTO: 70 V 45,45 A 1050 W**

CALCULAR para cargas con **f.d.p. 0,8**:

- La relación de transformación.
- La corriente de vacío y el ángulo que forma respecto de la tensión aplicada y sus componentes activa y reactiva.
- El diagrama vectorial en vacío indicando magnitudes, unidades y valores de tensiones, corrientes y ángulos.
- Las pérdidas en el hierro.
- Las intensidades nominales del primario y del secundario.
- Las pérdidas en el cobre a plena carga.
- Las pérdidas en el cobre a media carga.
- La tensión de cortocircuito en %.
- La impedancia, resistencia y reactancia de cortocircuito.
- La caída de tensión en % a plena carga.
- El valor efectivo de la tensión de salida a plena carga.
- El rendimiento a plena carga y a media carga.
- El rendimiento máximo y el índice de carga que lo produce.
- La corriente de cortocircuito accidental.
- El circuito equivalente simplificado del transformador, indicando las magnitudes, valores y unidades de las impedancias, intensidades y tensiones que tienen lugar en el funcionamiento a plena carga.

$$M = 10 ; I_0 = 1,8 \text{ A} ; \varphi_0 = 75,67^\circ ; I_a = 0,4455 \text{ A}$$

$$I_m = 1,744 \text{ A} ; P_{Fe} = 980 \text{ W} ; I_{1n} = 45,45 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 454,54 \text{ A} ; P_{Cu(n)} = 1050 \text{ W} ; P_{Cu(1/2)} = 262,5 \text{ W}$$

$$u_{cc} = 3,182 \% ; Z_{cc} = 1,54 \ \Omega ; R_{cc} = 0,51 \ \Omega$$

$$X_{cc} = 1,454 \ \Omega ; u_c = 2,64\% ; V_2 = 214,192 \text{ V}$$

$$\eta = 98\% ; \eta_{1/2} = 97,57\% ; \eta_{max} = 98,01\%$$

$$K_{rend\_max} = 0,9661 ; I_{cc \text{ accidental}} = 1428,57 \text{ A}$$

**21.** Un transformador reductor de 5 kVA, 220/125 V proporciona energía a una motobomba de 2 kW, 125 V, f.d.p. 0,6. Suponiendo la corriente de

vacío y las pérdidas despreciables, determinar:

- La intensidad por el primario y el secundario y la relación de transformación.
- La potencia aparente que suministra el transformador y su índice de carga.

$$u_{cc} = 2,27\% ; u_c = 2,266\% ; V_2 = 215 \text{ V}$$
$$\eta = 97,75\% ; k_{red\_max} = 0,3873$$

**22.** Un transformador monofásico **IDEAL** de **440/220 V** con **2600 espiras** en el primario alimenta un motor de **2,2 kW, 220 V, con f.d.p. 0,8** inductivo. **CALCULAR:**

- La relación de transformación.
- La intensidad del motor a plena carga.
- La intensidad en el primario del transformador en esas condiciones.
- El número de espiras del secundario.
- El número de espiras que habría que poner en el secundario para obtener una tensión en el secundario de 230 V.

$$m = 1,76 ; I_2 = 20 \text{ A} ; I_1 = 11,36 \text{ A}$$
$$S_2 = 2500 \text{ VA} ; k = 0,5$$

**23.** Calcula el número de espiras que hay que colocar en el secundario de un transformador monofásico de 20 kVA, 1000/380 V, 50 Hz, si tiene 3000 espiras en el primario. Calcula también las intensidades nominales del primario y el secundario.

$$m = 2 ; I_m = 12,5 \text{ A} ; I_1 = 6,25 \text{ A}$$
$$N_2 = 1300 \text{ espiras} ; N'_2 = 1359 \text{ espiras}$$

**24.** Se somete a un ensayo de vacío a un transformador monofásico de 5 kVA, 1000/380 V, 50 Hz, obteniendo los siguientes resultados:

- Voltímetro en el primario 1000 V.
- Voltímetro en el secundario 380 V.
- Amperímetro en el primario 0,5 A.
- Vatímetro en el primario 30 W.

Determinar:

- La relación de transformación y las pérdidas en el hierro.
- La corriente de vacío y sus componentes activa y reactiva así

como su diagrama vectorial.

$$m = 2,631 ; P_{Fe} = 30 \text{ W} ; I_0 = 0,5 \text{ A}$$
$$I_a = 0,03 \text{ A} ; I_m = 0,4991 \text{ A}$$

**25.** Un transformador monofásico posee las siguientes características:

- 10 kVA.
- 7200/398 V.
- Potencia de ensayo en vacío 125 W.
- Potencia de ensayo en cortocircuito 360 W.

Determinar:

- El rendimiento a plena carga y f.d.p. 0,8.
- El rendimiento cuando el transformador trabaje a la mitad de su potencia nominal y f.d.p. 0,8.
- La potencia a la que debe trabajar el transformador para que lo haga con el rendimiento máximo.

$$\eta = 94,28\% ; \eta_{1/2} = 94,899\% ; S_{rend\_max} = 5892,55 \text{ VA}$$