



UNIVERSIDADE
DE VIGO

TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Manuel Pérez Donsión

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Universidad de Vigo

TRANSFORMADORES DE MEDIDA

INTRODUCCION.- Entre los transformadores con fines especiales, los más importantes son los transformadores de medida para instalar instrumentos (amperímetros, voltímetros,...), contadores y relés protectores en circuitos de alta tensión o de elevada corriente. Los transformadores de medida aíslan los circuitos de medida o de protección, permitiendo una mayor normalización en la construcción de contadores, instrumentos y relés.

Los transformadores de medida traducen las intensidades y tensiones de las líneas de A.T. a valores medibles por los instrumentos, contadores y protecciones. De forma resumida, los objetivos principales de los transformadores de medida son:

- ➡ 1º. Aislar o separar los circuitos y aparatos de medida, protección, etc, de la alta tensión.
- ➡ 2º. Evitar perturbaciones electromagnéticas de las corrientes fuertes y reducir corrientes de cortocircuito a valores admisibles en delicados aparatos de medida.
- ➡ 3º. Obtener intensidades de corriente, o tensiones, proporcionales (por los menos en determinada zona) a las que se desea medir o vigilar, y transmitir las a los aparatos apropiados.

Esto pone de manifiesto que una buena elección de un transformador de medida no se limita a una relación de transformación y a una tensión nominal (aislamiento). Debe, además de proporcionar la debida precisión, garantizar la seguridad del personal y de la instalación, así como proteger a los aparatos.

TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Los transformadores de medida están diseñados para reducir intensidades o tensiones a valores manejables por delicados aparatos de medida y proporcionales a las originales.

Dependiendo del uso, se distinguen **dos tipos de transformadores de medida y protección**.

-De tensión-

Su relación de transformación es el cociente entre la tensión primaria (que es la de la propia línea) y la tensión secundaria (que es una tensión reducida p.e. 110 V). Los transformadores de tensión, que se conectan en paralelo como los de potencia, se emplean para alimentar a voltímetros o relés de tensión. Si fuese necesario, estos transformadores pueden disponer de más de un arrollamiento secundario. Dado que los voltímetros tienen una impedancia muy elevada, estos transformadores trabajan con el secundario prácticamente en circuito abierto (vacío).

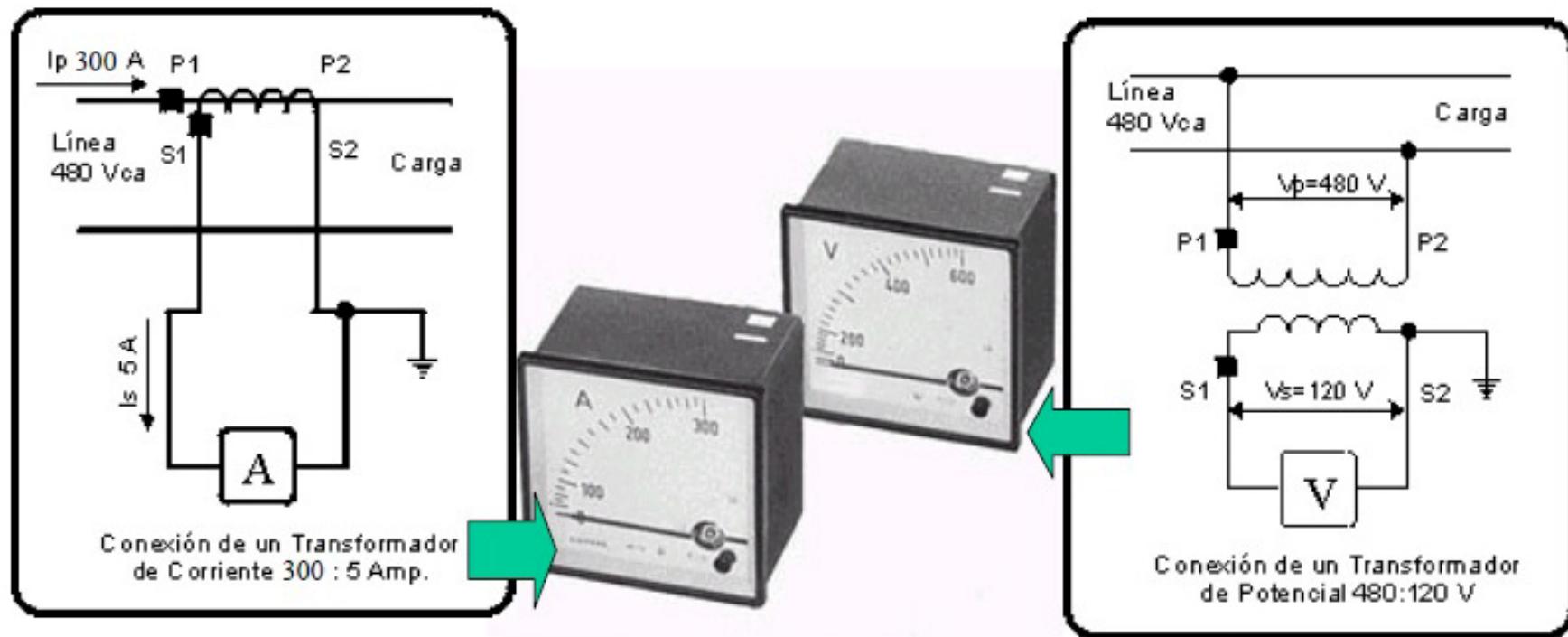
-De intensidad-

Su relación de transformación es el cociente entre la intensidad primaria (la propia intensidad de la línea) y la intensidad del secundario (una intensidad reducida, p.e. 1 o 5 A). Su primario, de una o dos espiras, se conectan en serie con la línea cuya intensidad se pretende medir y al secundario, de muchas más espiras ($N_2 \approx 20 N_1$), se conectan los amperímetros o relés de intensidad. Constructivamente son diferentes a los de tensión. Dado que los amperímetros tienen una impedancia muy pequeña, estos transformadores trabajan con el secundario prácticamente en cortocircuito.

TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Los transformadores de medida están diseñados para reducir intensidades, o tensiones, a valores manejables por delicados aparatos de medida y proporcionales a las originales.

Dependiendo del uso se distinguen **dos tipos de transformadores de medida y protección.**



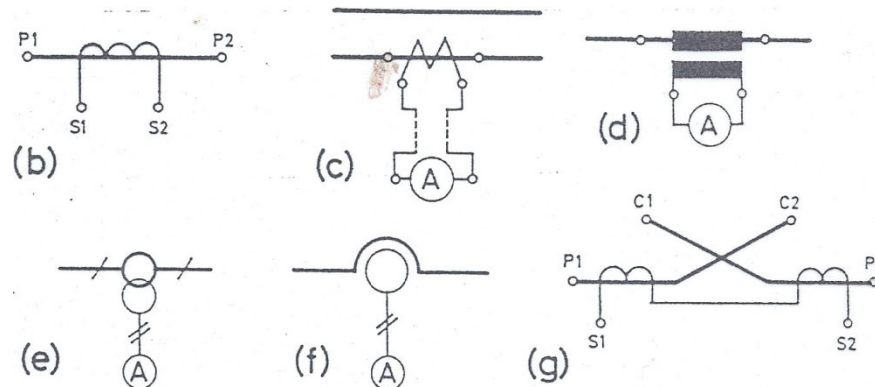
Transformador de intensidad

Transformador de tensión

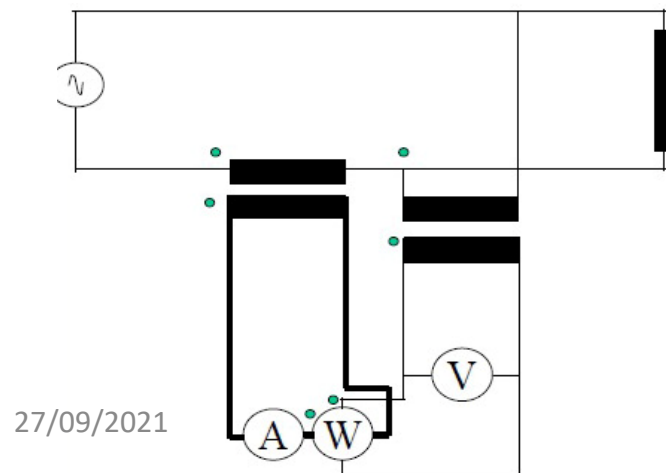
TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Magnitudes básicas a medir

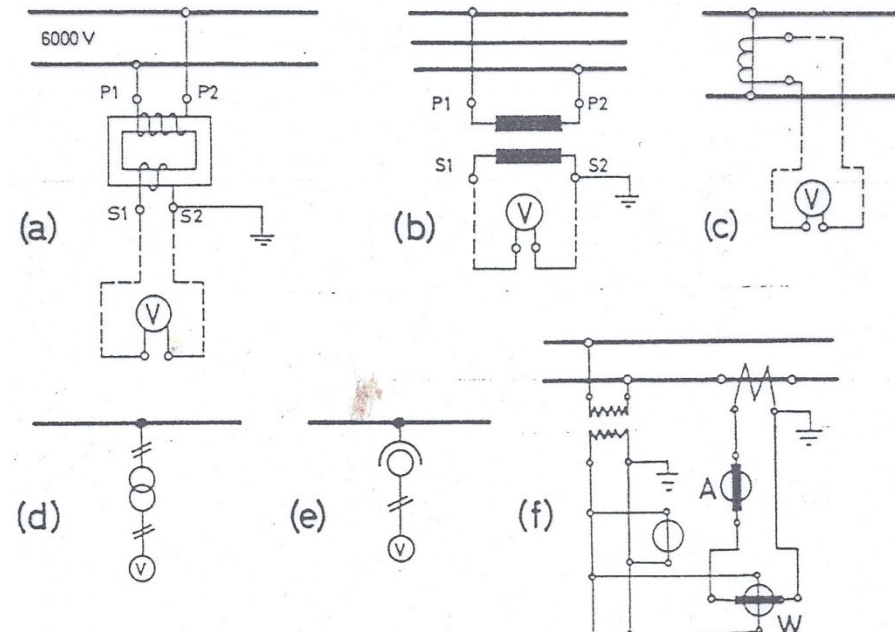
- Corriente
- Tensión
- Potencia
- Factor de potencia
- Frecuencia
- Sincronismo



Símbolos de un transformador de intensidad

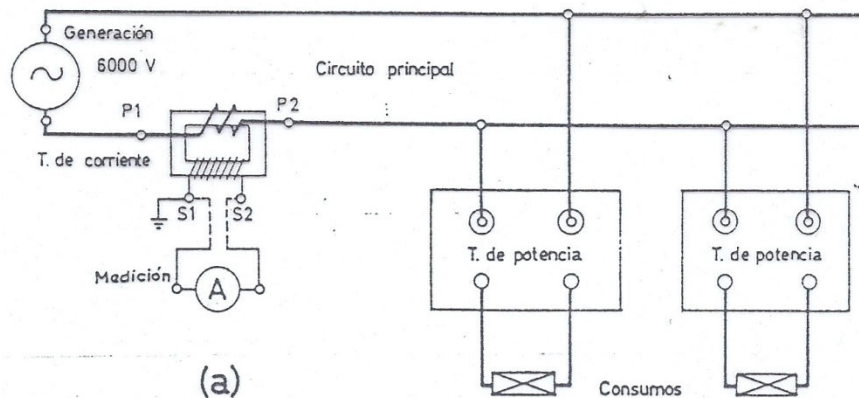


27/09/2021

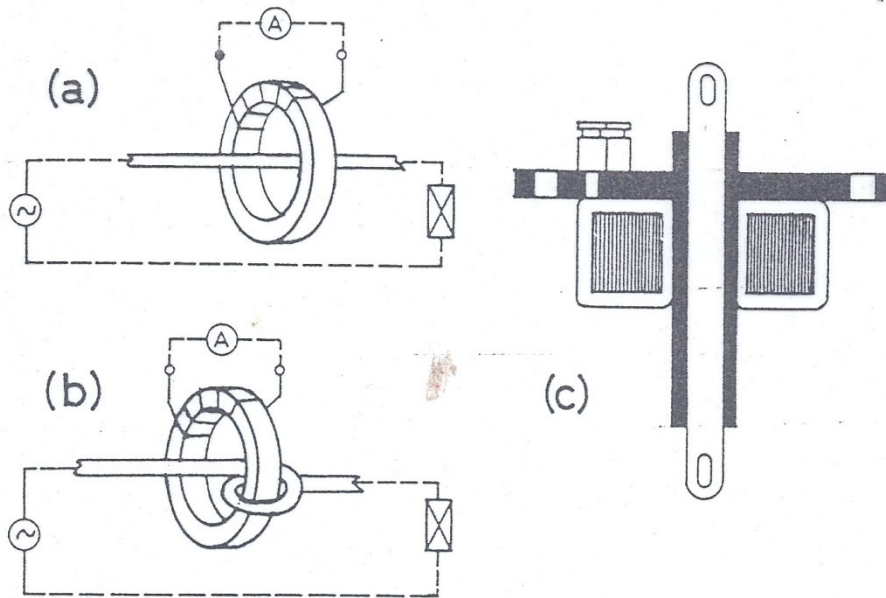


Símbolos de un transformador de tensión

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD



Esquema de conexión de un transformador de corriente en una línea



Diferentes formas constructivas de los transformadores de intensidad

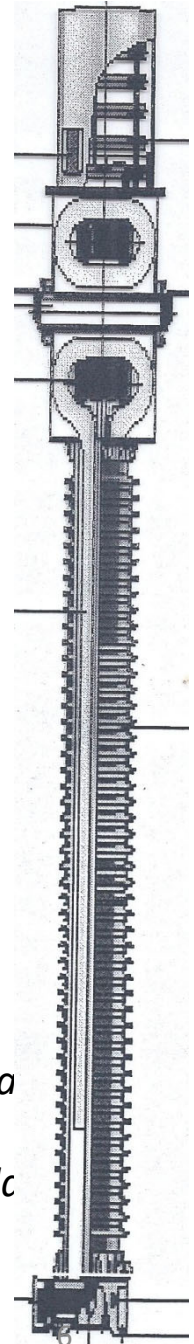
INTRODUCCIÓN. Los transformadores de corriente, o intensidad, se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.



Transformador monoconductor tipo Bushing

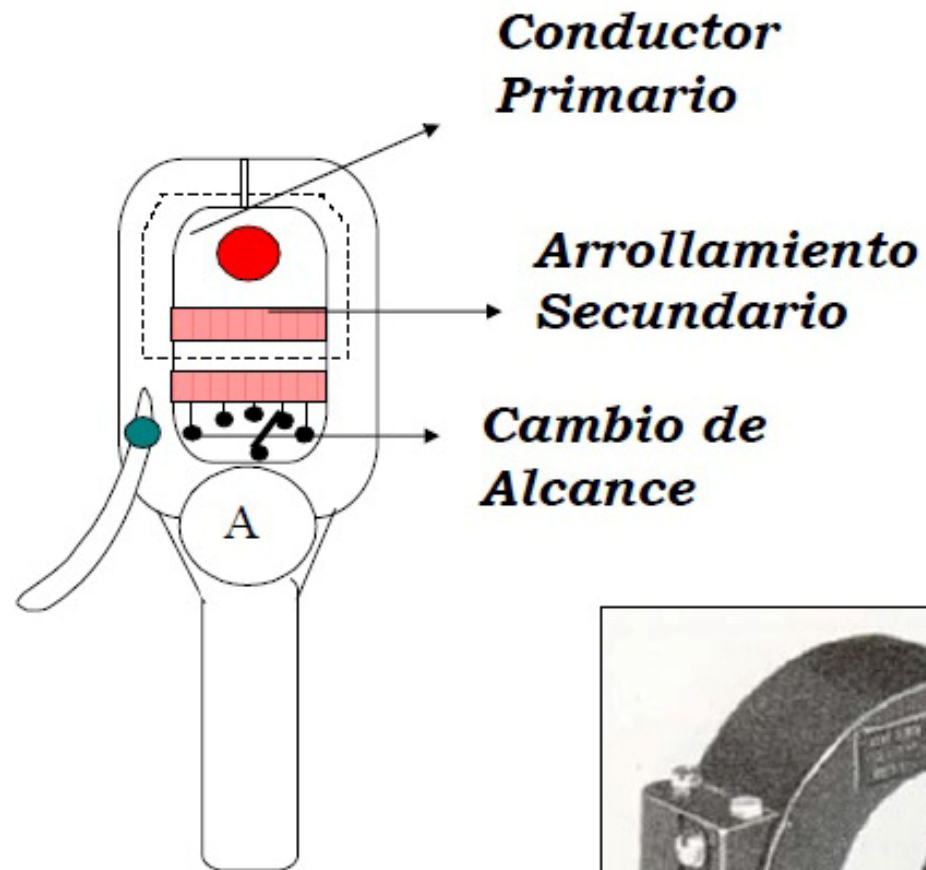
El primario de estos transformadores se conecta en serie con la línea, y la carga de este transformador esta constituida solamente por la impedancia del circuito que se conecta a él.

Tienen formas constructivas diversas

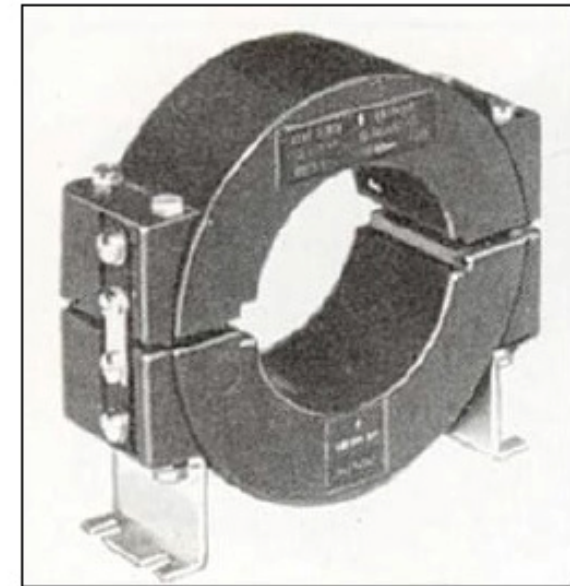


TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Pinza amperimetrica



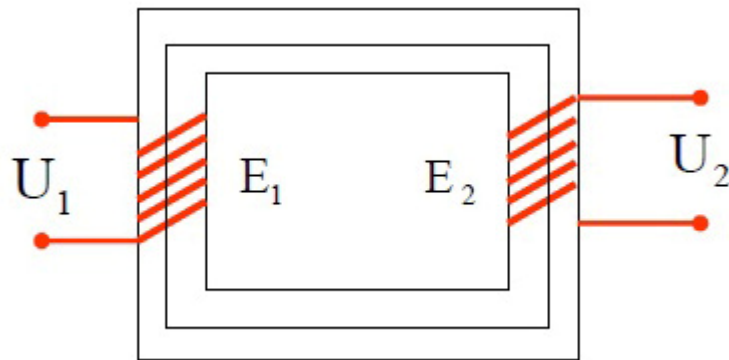
**Transformador de
Núcleo Partido**



TRANSFORMADOR IDEAL

HIPOTESIS

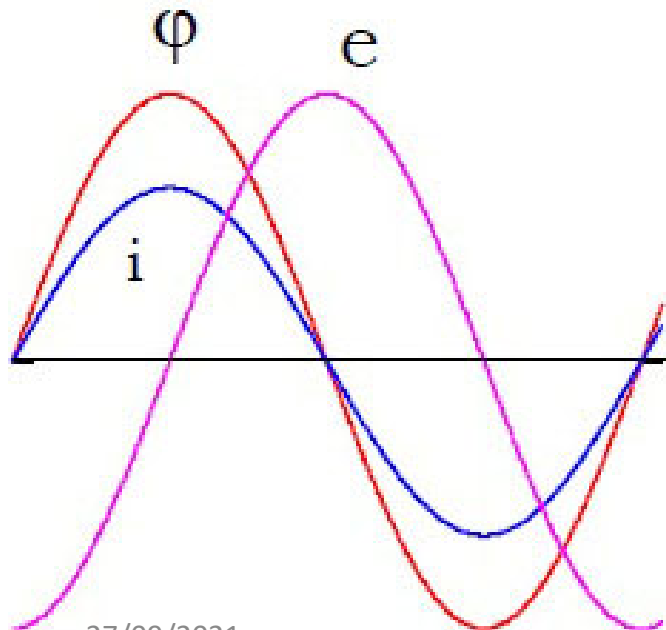
- Arrollamiento primario y secundario sin resistencia óhmica
- Pérdidas en el núcleo por histéresis y corrientes parásitas nulas
- Acoplamiento perfecto (Flujo de dispersión nulo)



$$\varphi = \Phi_0 \text{ sen } \omega t$$

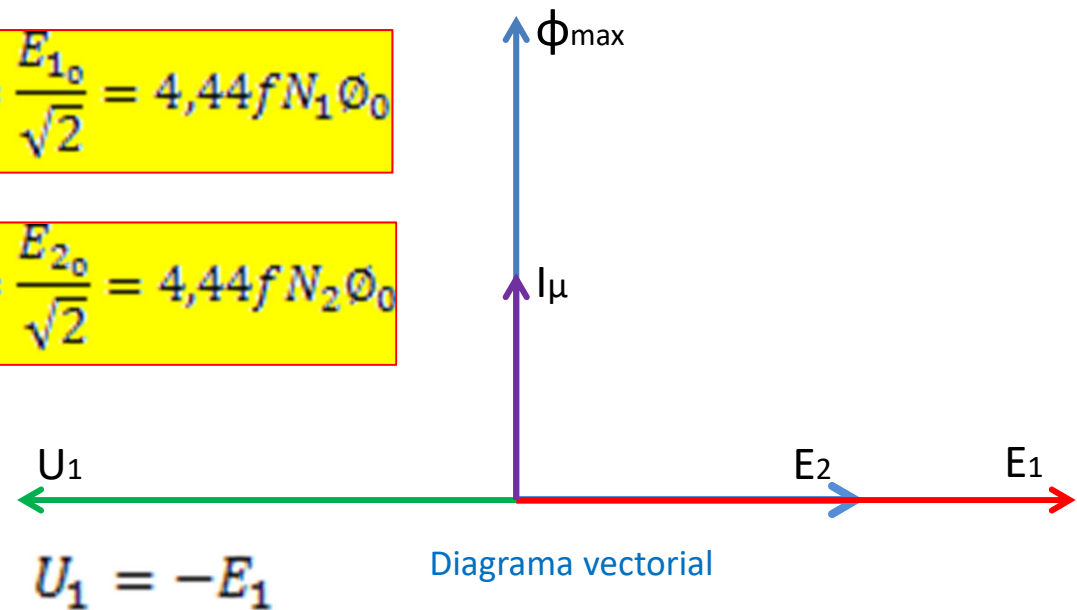
$$e_1 = -N_1 \frac{d\varphi}{dt} = -N_1 \omega \Phi_0 \cos \omega t$$

$$E_{1_0} = -N_1 \omega \Phi_0 = -2\pi f N_1 \Phi_0$$



$$E_1 = \frac{E_{1_0}}{\sqrt{2}} = 4,44 f N_1 \Phi_0$$

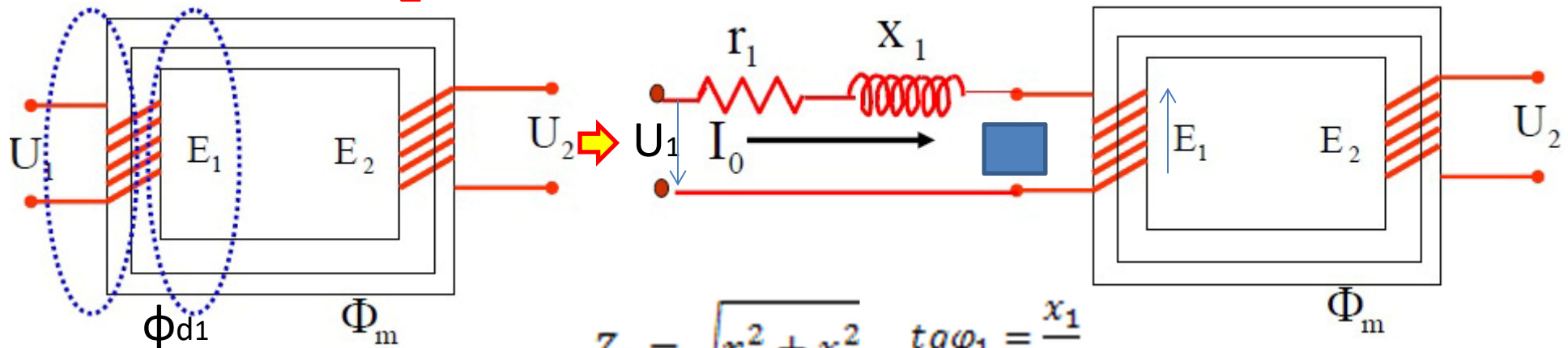
$$E_2 = \frac{E_{2_0}}{\sqrt{2}} = 4,44 f N_2 \Phi_0$$



TRANSFORMADOR REAL EN VACÍO

HIPOTESIS

- Arrollamiento primario y secundario con resistencia óhmica
- Pérdidas en el núcleo por histéresis y por Foucault
- Acoplamiento no perfecto (Flujo de dispersión)



$$\Phi_{d1} (\text{aire}) \Rightarrow \mathfrak{R} = \text{cte}$$

$$X_1 = \omega L_1$$

$$E_1 = -N_1 \omega \Phi_{max} = -2\pi f N_1 \Phi_{max}$$

$$E_2 = -N_2 \omega \Phi_{max} = -2\pi f N_2 \Phi_{max}$$

$$Z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$$

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_p + \vec{I}_\mu$$

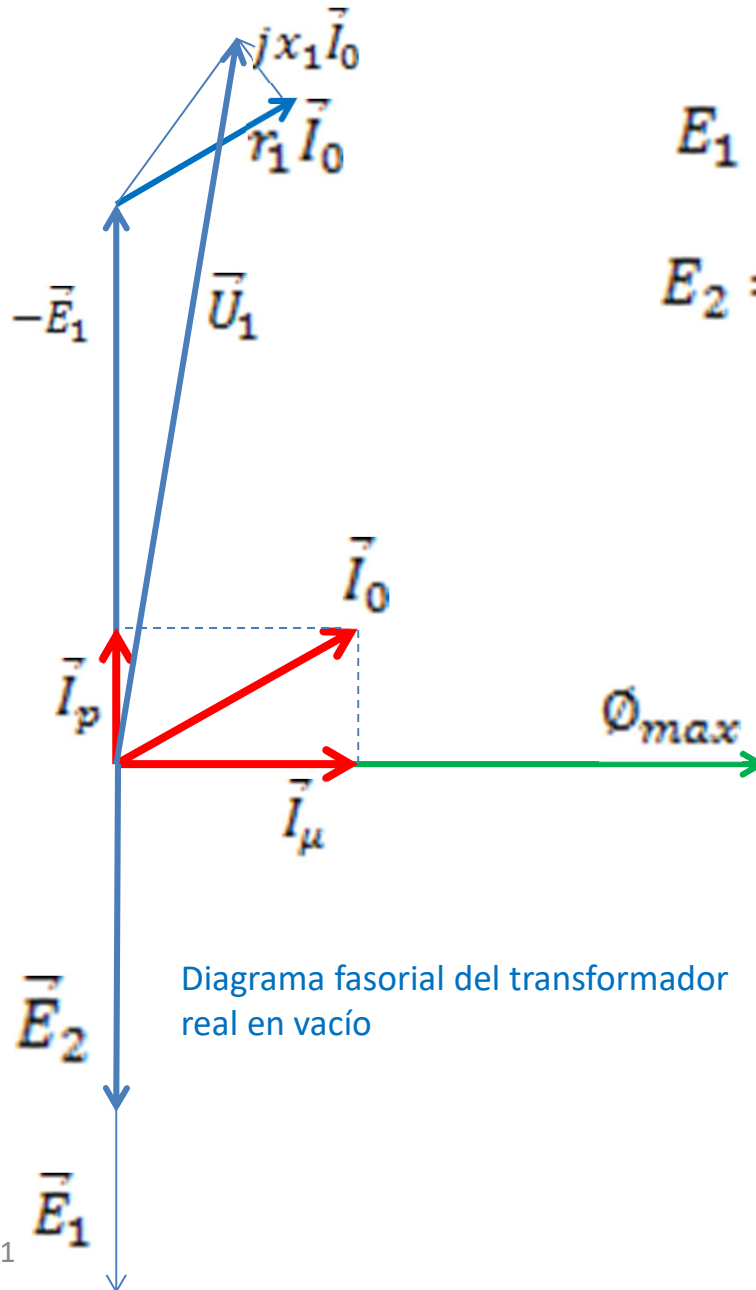
$$\tan \varphi_1 = \frac{x_1}{r_1}$$

$$E_1 I_p = P_{Fe}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K_T$$

$$\vec{U}_1 = -\vec{E}_1 + r_1 \vec{I}_0 + j x_1 \vec{I}_0$$

TRANSFORMADOR REAL EN VACÍO



$$E_1 = -N_1 \omega \Phi_{max} = -2\pi f N_1 \Phi_{max}$$

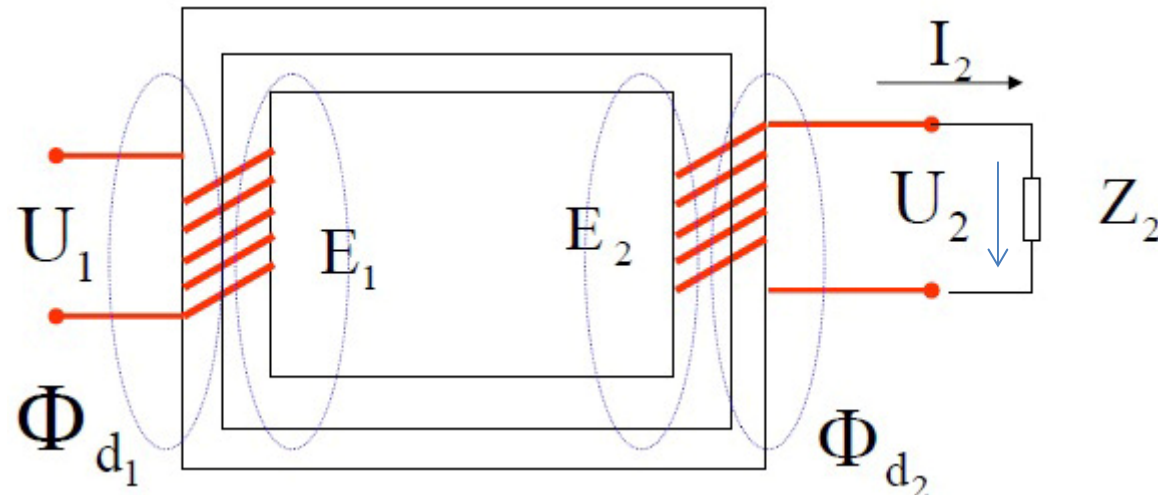
$$E_2 = -N_2 \omega \Phi_{max} = -2\pi f N_2 \Phi_{max}$$

$$\vec{I}_p + \vec{I}_\mu = \vec{I}_0$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K_T$$

$$\vec{U}_1 = -\vec{E}_1 + r_1 \vec{I}_0 + jx_1 \vec{I}_0$$

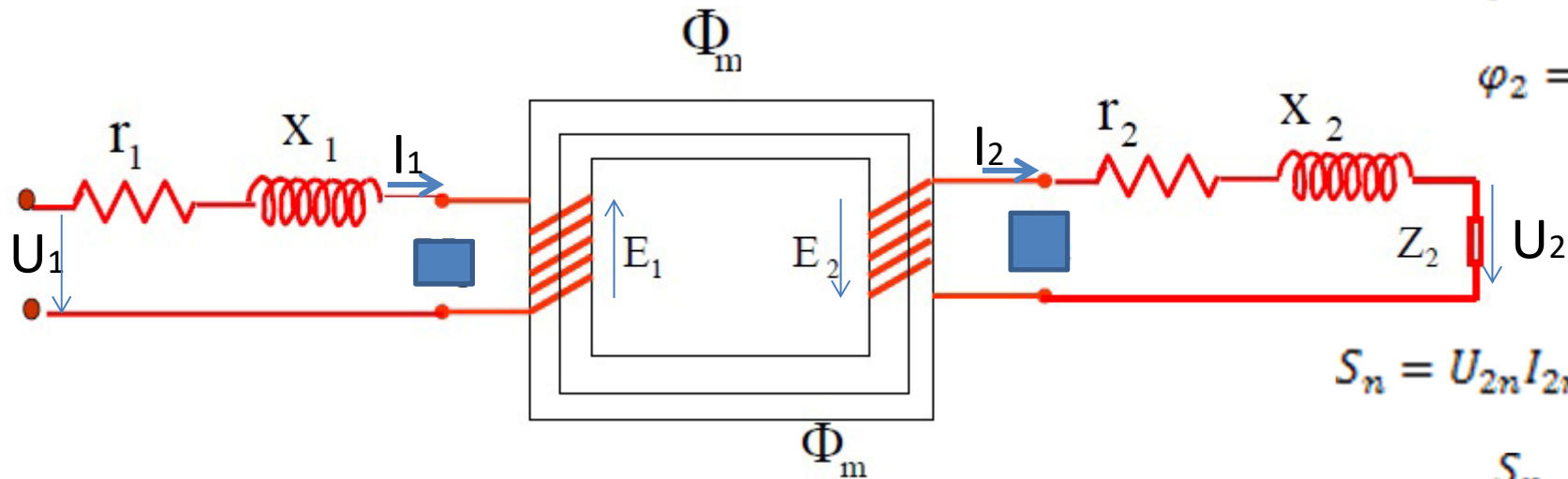
TRANSFORMADOR REAL EN CARGA



Esquema básico del transformador real en carga

$$Z_2 = \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{x_2}{r_2}$$

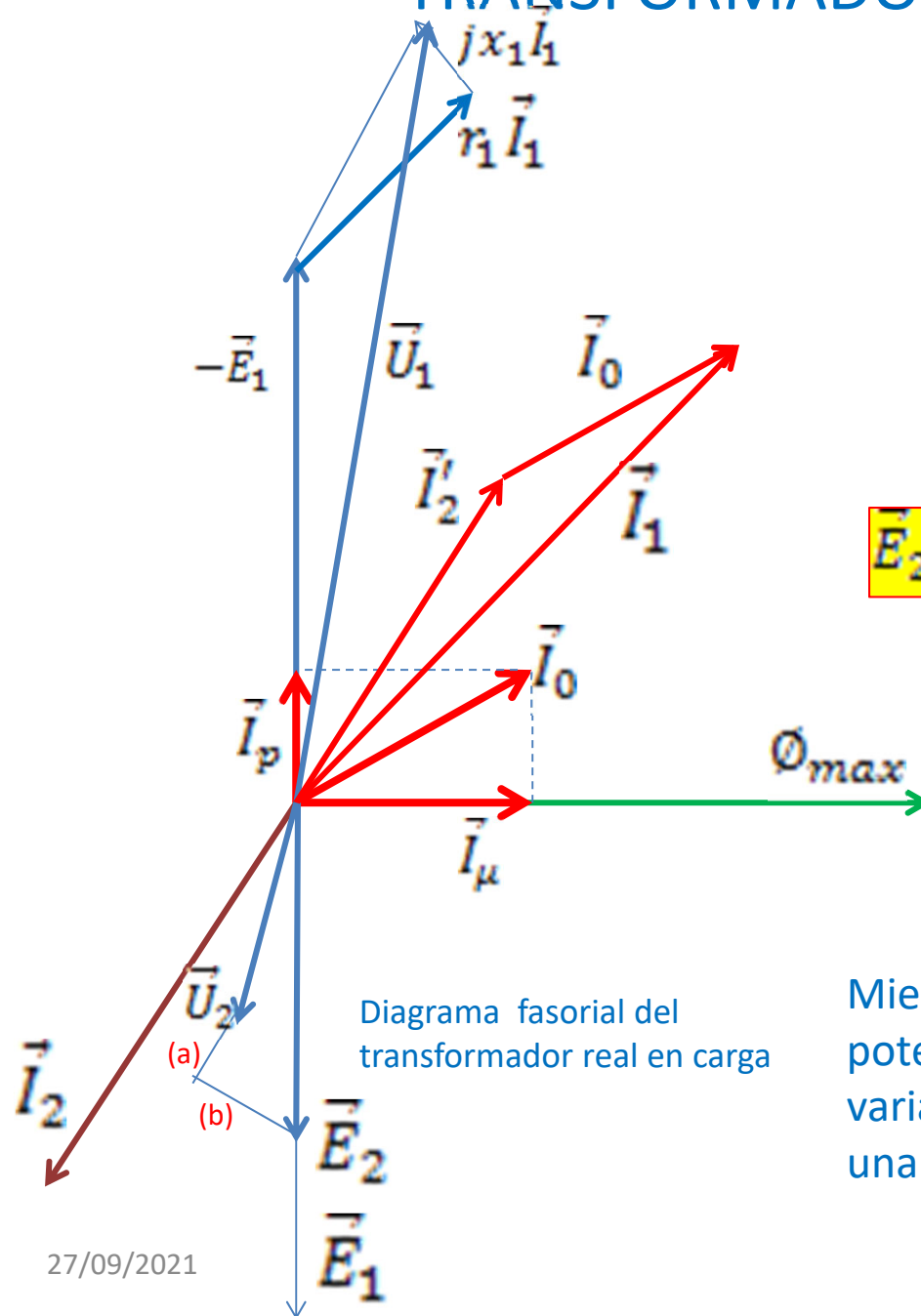


$$S_n = U_{2n} I_{2n} = Z_2 I_{2n}^2$$

$$Z_2 = \frac{S_n}{I_{2n}^2}$$

Circuito aproximado del transformador real en carga

TRANSFORMADOR REAL EN CARGA



$$N_1 \vec{I}_1 = N_2 \vec{I}_2$$

$$\vec{I}'_2 = \frac{N_2}{N_1} \vec{I}_2 = K_T \vec{I}_2$$

$$\vec{E}_2 = \overbrace{\vec{U}_2}^{(a)} + \overbrace{r_2 \vec{I}_2 + jx_2 \vec{I}_2}^{(b)} = \vec{U}_2 + Z_2 \vec{I}_2$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_0 + \vec{I}'_2$$

$$\vec{U}_1 = -\vec{E}_1 + r_1 \vec{I}_1 + jx_1 \vec{I}_1$$

Mientras que en los transformadores de potencia $U_1 = \text{cte}$, en los de intensidad U_1 suele variar, pues en este caso se trata simplemente de una caída de tensión en el circuito principal.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Error de intensidad, ε_i , también llamado error de relación, es el error que el transformador introduce en la medida de la intensidad cuando su relación de transformación no es igual a la nominal. Así pues, para una corriente primaria I_1 , y una carga secundaria Z_2 , este error viene dado en % por la siguiente expresión:

$$\varepsilon_i(\%) = \frac{I_2 \cdot K_n - I_1}{I_1} \cdot 100$$

Donde K_n es la relación de transformación nominal:

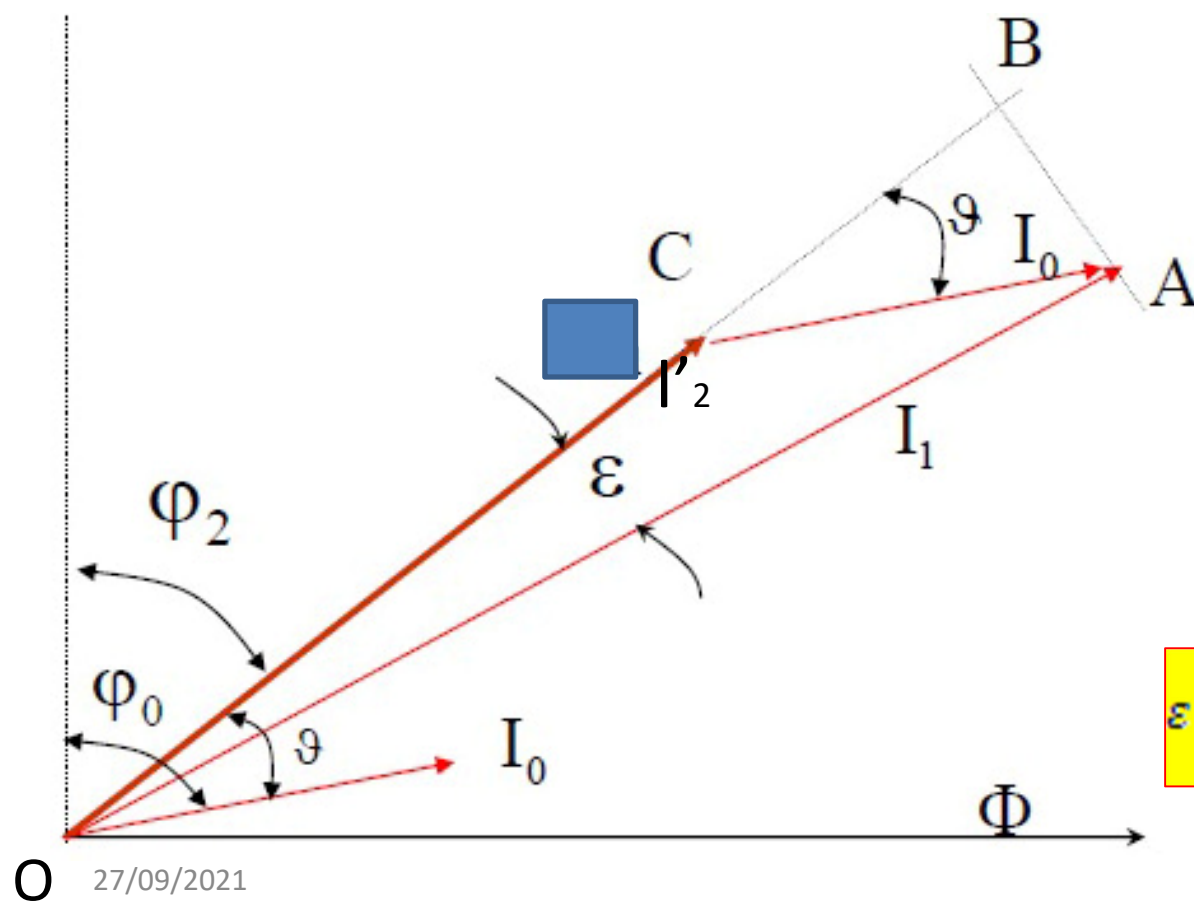
$$K_n = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$$

En ocasiones a I_1 se le llama I_p (la p viene de “primario”) y a I_2 “ I_s ” (“ s ” de “secundario”)

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Error de fase, ε , también llamado desfase o error de ángulo, se aprecia en la figura. Se mide en minutos y da el ángulo de diferencia de fases entre la corriente primaria, I_1 , y la corriente secundaria reducida al primario, I'_2 .

Para tener errores de fase pequeños, los transformadores de intensidad se proyectan con I_0 muy pequeña.



$$I'_2 \neq I_1$$

$$\vartheta = \varphi_0 - \varphi_2$$

$$\text{sen } \varepsilon = \frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{I_0 \text{sen } \vartheta}{I_1}$$

$$\varepsilon = \arcsen \left[\frac{I_0}{I_1} \text{sen}(\varphi_0 - \varphi_2) \right]$$

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Cargas y potencias de precisión o nominales. Los errores de intensidad y de fase dependen de la naturaleza de la carga. Y, sin embargo, es necesario caracterizar un transformador por su grado de precisión. Se define la carga de precisión, o carga nominal, expresada en ohmios y factor de potencia, con base a la cual se cumplen los errores máximos de garantía, o sea los errores máximos de la clase de precisión que luego se definirá.

Cargas normalizadas: 0,1 – 0,2 – 0,4 – 0,6 – 1,2 Ω

Clases de precisión. Es un número (índice de clase) que especifica el máximo error de intensidad admisible, expresado en % alimentando el transformador a la “carga de precisión”.

Clases normalizadas: 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 -- 3

Utilizaciones típicas:

Clase 0,1:	Laboratorio
Clase 0,2:	Laboratorio, Patrones portátiles, contadores de gran precisión
Clase 0,5:	Contadores normales y aparatos de medida
Clase 1:	Aparatos de cuadro
Clase 3:	Para usos en los que no se requiere una mayor precisión

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Clases de precisión. Cada índice determina también el error máximo de fase.

Para los transformadores de clases 0,1 – 0,2 – 0,5 y 1, el error de intensidad y el desfase a la frecuencia asignada, no deberá sobrepasar los valores de la tabla, cuando la carga secundaria esté comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión

Clase de precisión	Error de intensidad en %, $\pm$, para los valores de intensidad expresados en % de la intensidad asignada				Desfase, $\pm$, para los valores de la intensidad expresados en % de la intensidad asignada							
					Minutos				Centirradianes			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1,0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Límites del error de intensidad y del desfase de los transformadores de intensidad para medida (clases 0, 1 a 1)

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Potencia nominal o de precisión. (en VA con un factor de potencia especificado), es la potencia aparente que el transformador proporciona al secundario cuando se tiene conectada la carga nominal.

Potencias normalizadas: 1 -- 2,5 – 5 – 10 – 15 – 30 VA

$$S_n = U_{2n} I_{2n} = Z_2 I_{2n}^2 \quad I_{2n} = 5 \text{ A}$$

Corriente primaria asignada (nominal) I_{1n} : Es un valor definido por las normas y se escoge entre valores discretos: 10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 A y sus múltiplos decimales.

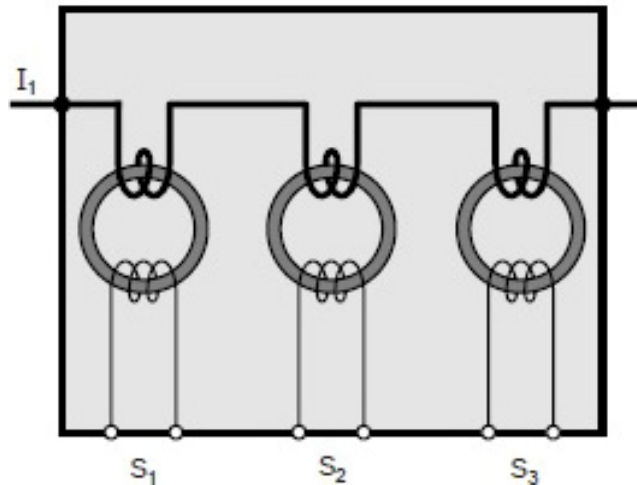
Corriente secundaria asignada (nominal) I_{2n} : Es igual a 1 ó 5 A.

Razón de transformación (I_{1n} / I_{2n}): Si las corrientes primarias y secundarias están normalizadas, estos valores son discretos.

Potencia real P_r : Es la potencia que corresponde al consumo de la carga real del TC con I_n .

Factor de precisión real (Fp o Kr): Es la razón entre la sobreintensidad que corresponde al error nominal y la intensidad asignada del TC cuando soporta una carga real diferente de la carga nominal.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

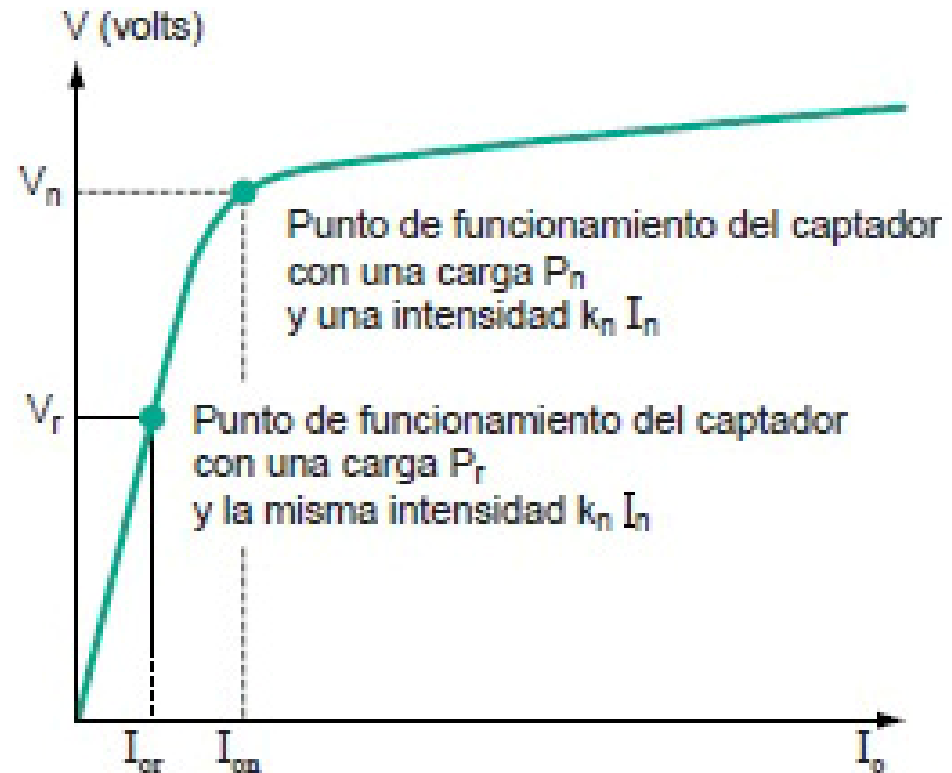


Principio de construcción de un «TC con 3 secundarios» (3 arrollamientos en una única envolvente).

TC con varios secundarios

Algunos TC pueden tener varios secundarios dedicados a la protección o a la medida. Los casos más típicos son los TC con 2 secundarios y, más raramente, con 3. Físicamente, estos TC reúnen en un mismo aparato el equivalente de 2 ó 3 TC independientes que pueden ser de clases y de razones de transformación diferentes

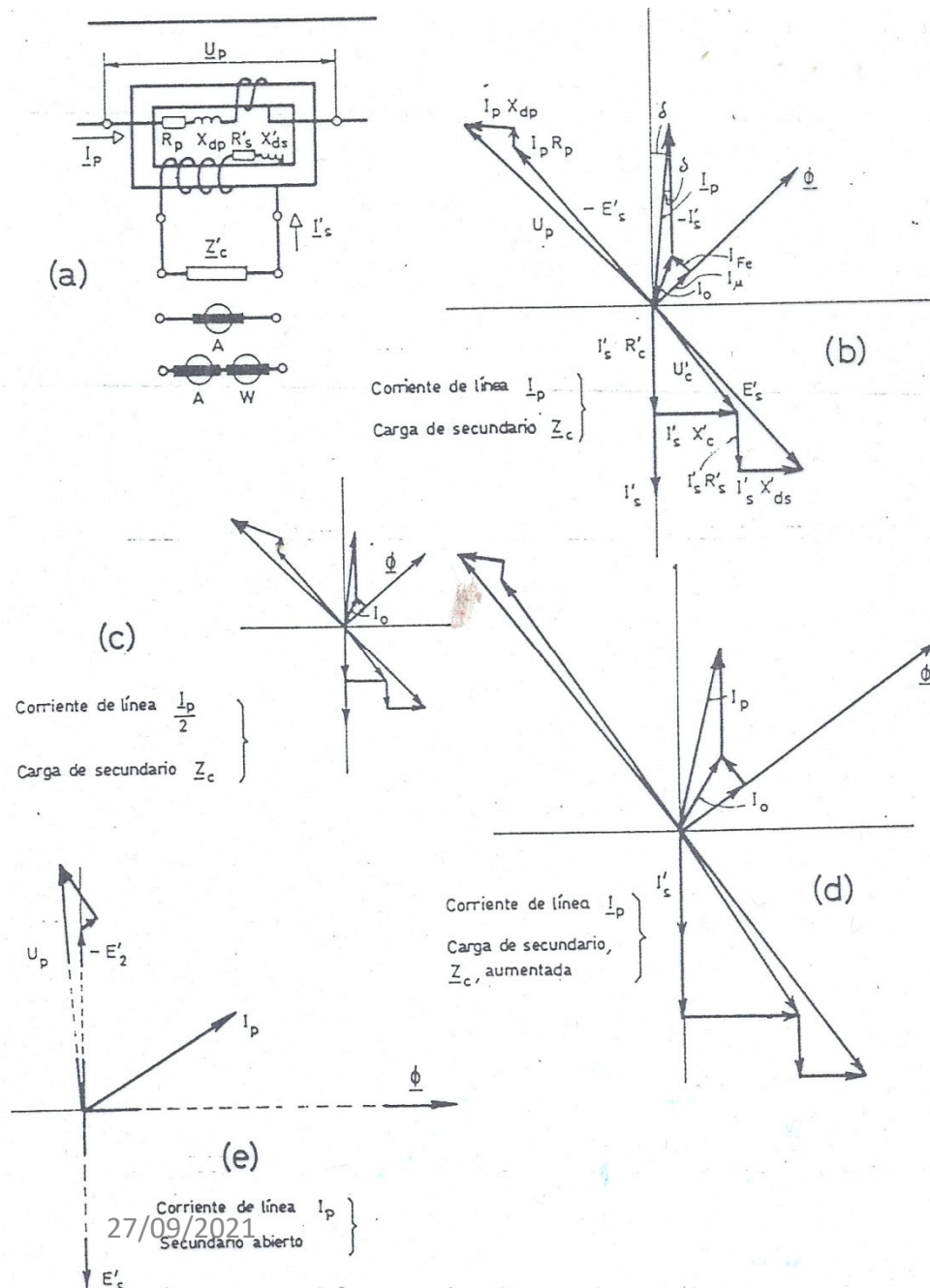
27/09/2021



Puntos de funcionamiento del TC según su carga.

Corriente dinámica asignada I_{dyn} . Valor de cresta de la corriente primaria que el transformador debe soportar con el arrollamiento secundario en cortocircuito, sin que sea dañado eléctrica o mecánicamente por las fuerzas electromagnéticas resultantes.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD



Funcionamiento

En la figura (a) se han representado las resistencias y reactancias del primario y secundario, Z_c es la impedancia de carga del secundario.

En los transformadores de corriente puede variar, incluso independientemente, Z_c e I_p . En tal caso U_p no se mantiene constante.

Si se supone que en el circuito de medición se reduce la corriente I_p , mientras el secundario alimenta la misma carga (se mantiene Z_c). Compárese el diagrama (b) con el (c). Se ve que I_o (corriente de excitación) y Φ (flujo) han quedado reducidos.

Si por el contrario, I_p aumenta, crecerán I_o y Φ , figura (d), con el riesgo de alcanzar la saturación del núcleo. Es preciso evitarlo, pues afectaría sensiblemente a la relación I_p/I_s (error de relación). En particular, sucederá en el caso en que, por el primario, circule la corriente de cortocircuito $I_p = I_{cc}$.

EL SECUNDARIO NO PUEDE QUEDAR ABIERTO.

Considerando en el diagrama (d) que Z_c crece indefinidamente hasta ∞ . U'_c aumentaría, tendiendo a mantenerse, en principio I'_s , aunque adquiriendo luego valores menores, cuando Z_c los adopta elevados (para $Z_c = \infty$, $I'_s = 0$). En estas condiciones $I_p = I_o$, lo que significa que toda la corriente primaria ha pasado a ser corriente de excitación, sin que exista fmm secundaria opoente. Afortunadamente el núcleo se satura, con todo ello tanto el Φ , como $E'_s = U'_c$ y U_p , alcanzan valores elevados¹⁰.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Característica de la tensión de red:
 Tensión asignada: 17,5 kV
 Aislamiento a la frecuencia industrial: 38 kV, 1 min, 50Hz
 Aislamiento a la onda de choque: 95 kV pico

Nº de serie del TC con el año de fabricación

Características de la corriente de red
 I_{th} : kA/1 s
 I_{din} : 62,5 kA pico

Razón de transformación

1 circuito primario
 1 circuito secundario 1S1 - 1S2
 1 circuito secundario 2S1 - 2S2

Características de la placa:

MERLIN GERIN									
transformateur de courant - current transformer									
n	8181871		type	RCF 2 / B					
U _{nom}	17,5/38/95	kV	50 Hz	2000A	CEI - 185				
I _{th}	25	kA	1 s	I _{din}	62,5	kA	ext.	%	
rapport ratio	primary		secondary	VA	FS ou FLP				
150/5	1S1 - 1S2	1S	0,5	7					
150/5	2S1 - 2S2	1S	6P	10					

Tipo de TC

Norma que cumple el TC

Factor de seguridad (FS)

Factor límite de precisión (FLP)

Clase de precisión

Potencia de precisión

Ejemplo de placa de características de un transformador de intensidad con dos secundarios.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Aislamiento papel-aceite:
modelo CA hasta 800 kV,
modelo CH hasta 145 kV.

Aislamiento gas:
modelo CG hasta 550 kV.

Aislamiento seco:
modelo CX hasta 72,5 kV.



Modelo CA



Modelo CH



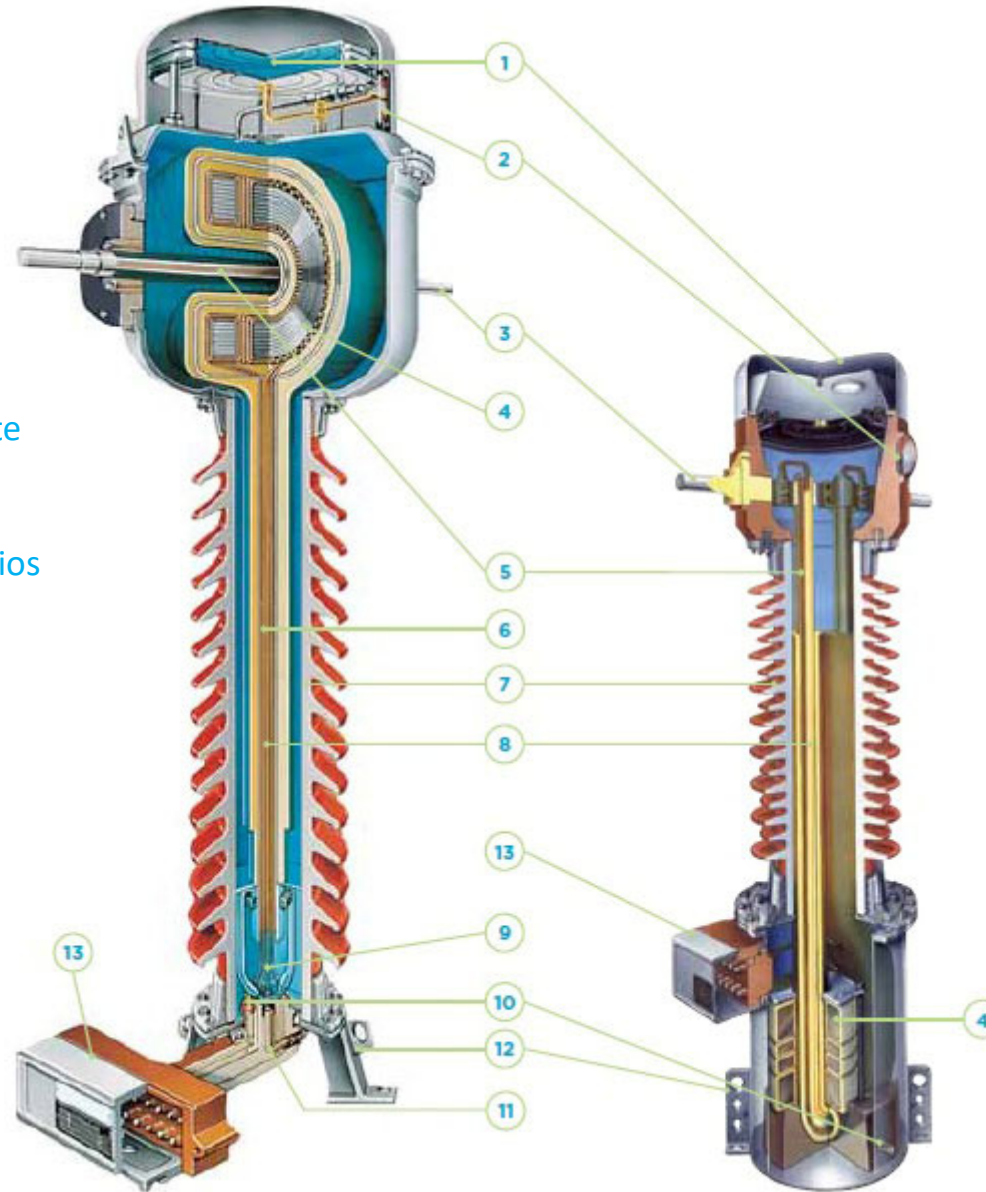
Modelo CG



Modelo CX

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

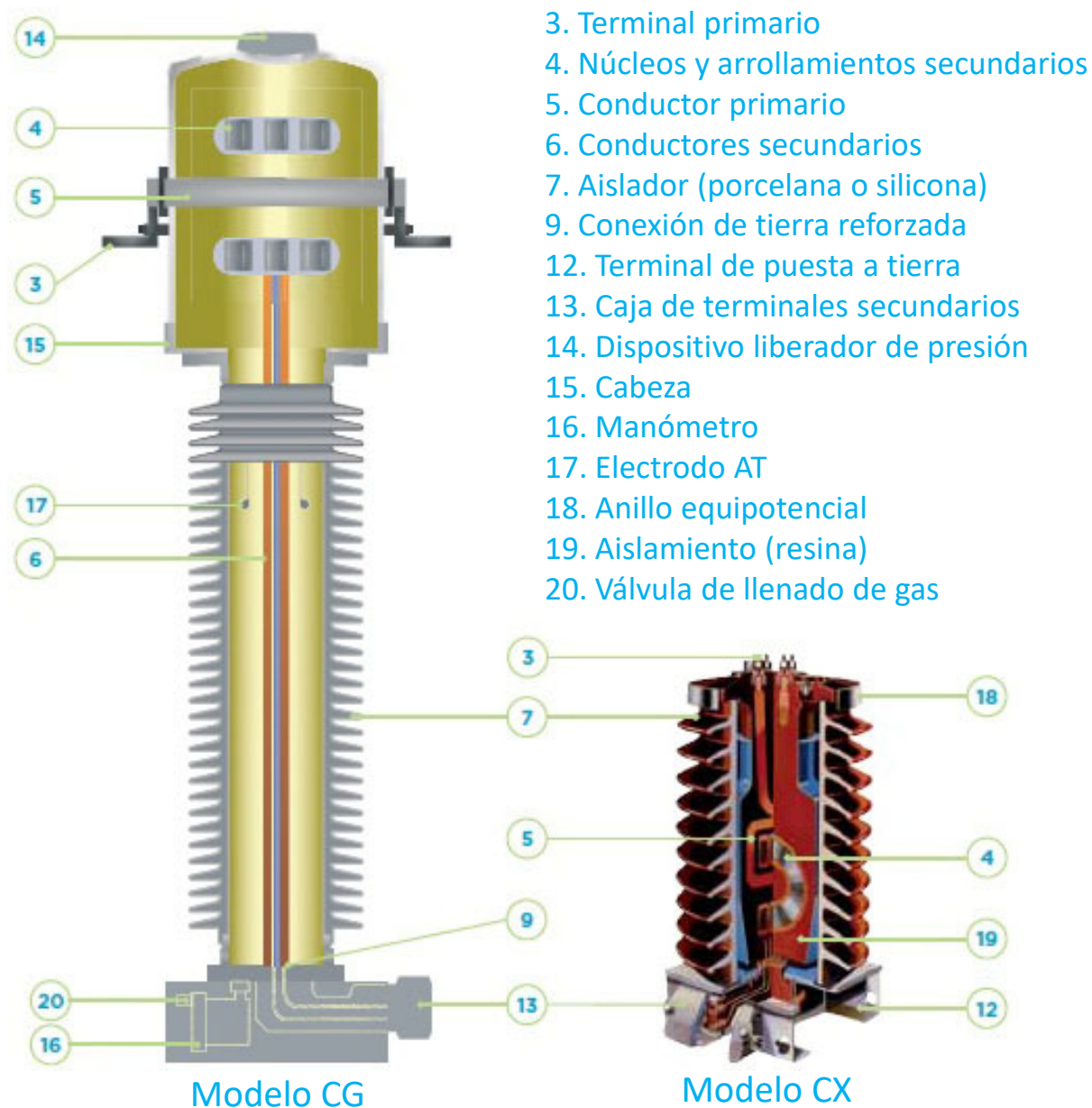
1. Compensador de volumen de aceite
2. Indicador de nivel de aceite
3. Terminal primario
4. Núcleos y arrollamientos secundarios
5. Conductor primario
6. Conductores secundarios
7. Aislador (porcelana o silicona)
8. Borna condensadora
9. Conexión de tierra reforzada
10. Toma de muestras de aceite
11. Toma medida tangente delta
12. Terminal de puesta a tierra
13. Caja de terminales secundarios



Modelo CA

Modelo CH

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD



TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

DISEÑO Y FABRICACIÓN. El transformador de intensidad consta de uno o varios núcleos con sus correspondientes arrollamientos secundarios.

GAMA CA:

Las partes activas se sitúan en la parte superior y se colocan dentro de una caja metálica que hace de pantalla de baja tensión; sobre ella se coloca el aislamiento principal de papel aceite que termina con una pantalla de alta tensión. El conductor primario puede ser pasante, con reconexión exterior o bobinado, según el caso. Los conductores secundarios discurren a través de una borna condensadora aislada con papel aceite y formada por pantallas distribuidoras del campo eléctrico.

GAMA CH:

Las partes activas se sitúan en la parte inferior. El conductor primario tiene forma de horquilla, y sobre él se coloca el aislamiento principal de papel aceite, incluyendo varias pantallas condensadoras intermedias para una correcta distribución del campo eléctrico.

GAMA CG:

Las partes activas se sitúan en la parte superior y se colocan dentro de una caja metálica que hace de pantalla de baja tensión; rodeada del aislamiento de gas SF₆. El conductor primario puede ser pasante o con reconexión exterior. Los conductores secundarios discurren a través de un tubo de baja tensión hasta el bloque de bornes secundario, alrededor del cual se coloca un electrodo de Alta Tensión para una correcta distribución del campo eléctrico.

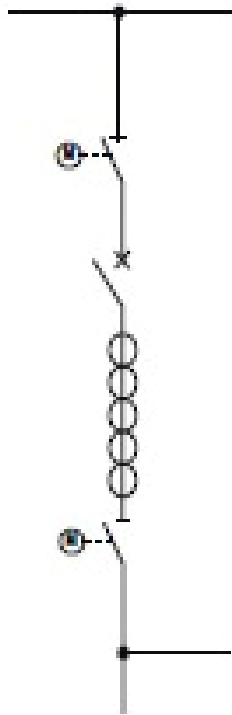
GAMA CX:

Las partes activas se sitúan aproximadamente en la parte central dentro de un cuerpo de resina fundido bajo vacío con resina epoxy que las fija, separa y aísla, formando un cuerpo rígido con excelentes propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas.

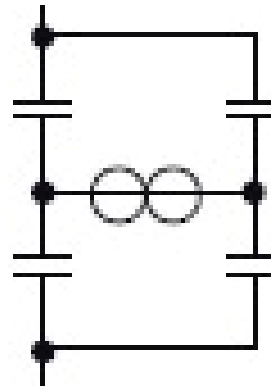
Este cuerpo de resina está situado dentro de un aislador hueco de porcelana o silicona. La cámara entre el cuerpo de resina y el aislador se sella herméticamente por juntas de caucho nitrílico; en los modelos para niveles de aislamiento arriba de 36 kV se rellena con aceite.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

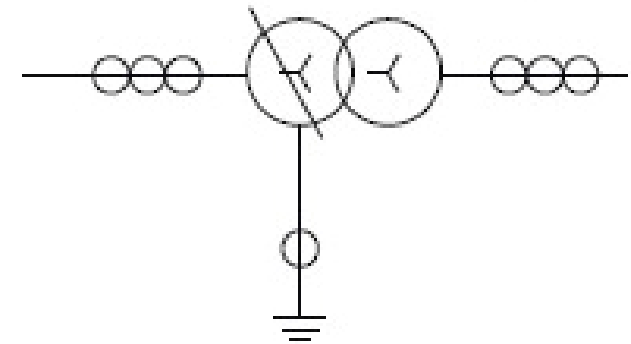
APLICACIONES. Ideal para instalación en puntos de medida por su muy alta precisión. Excelente respuesta frecuencial, ideal para monitorización de la calidad de onda y medida de armónicos. Aptos para su instalación en los filtros AC y DC en subestaciones convertidoras para proyectos HVDC.



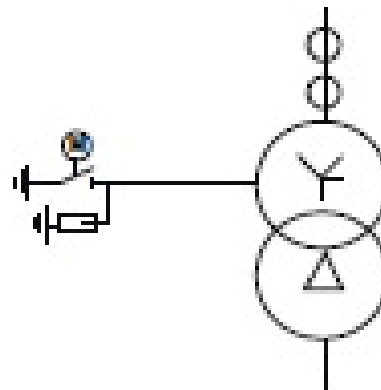
1. Protección de líneas y subestaciones de alta tensión.



2. Protección de bancos de condensadores



3. Protección de transformadores de potencia.



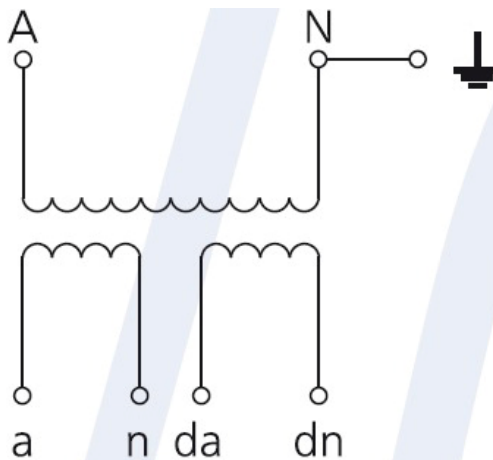
4. Medida para facturación.

TRANSFORMADORES DE Tensión

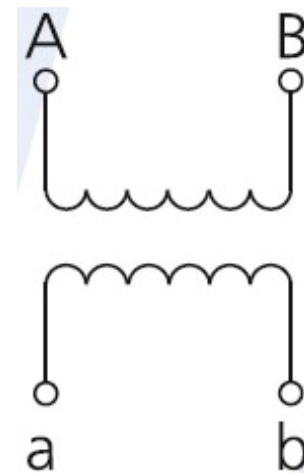
INTRODUCCIÓN.- Los transformadores de tensión son transformadores que transforman altas tensiones en tensiones medibles.

Estos transformadores de tensión tienen un solo núcleo magnético y pueden ser realizados con uno o varios arrollamientos secundarios. En los transformadores de tensión aislados unipolares, aparte del arrollamiento de medida o de protección, pueden equiparse con un arrollamiento adicional para el registro de cortocircuito a tierra.

Así los transformadores de tensión, se pueden realizar como transformadores unipolares o como transformadores aislados bipolares.



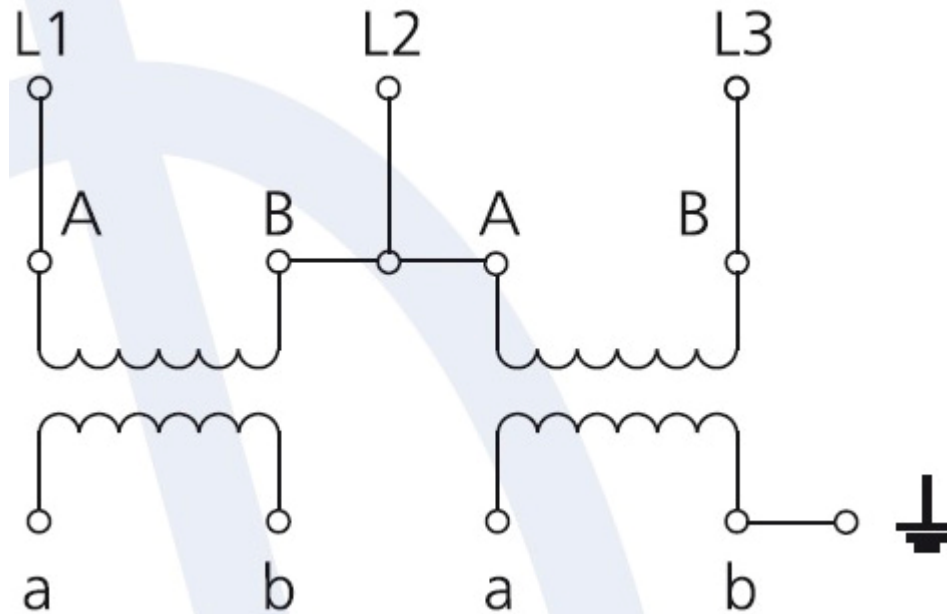
Esquema de un transformador de tensión de un solo polo aislado con devanado conectado en triángulo abierto



Esquema de un transformador de tensión de dos polos aislados

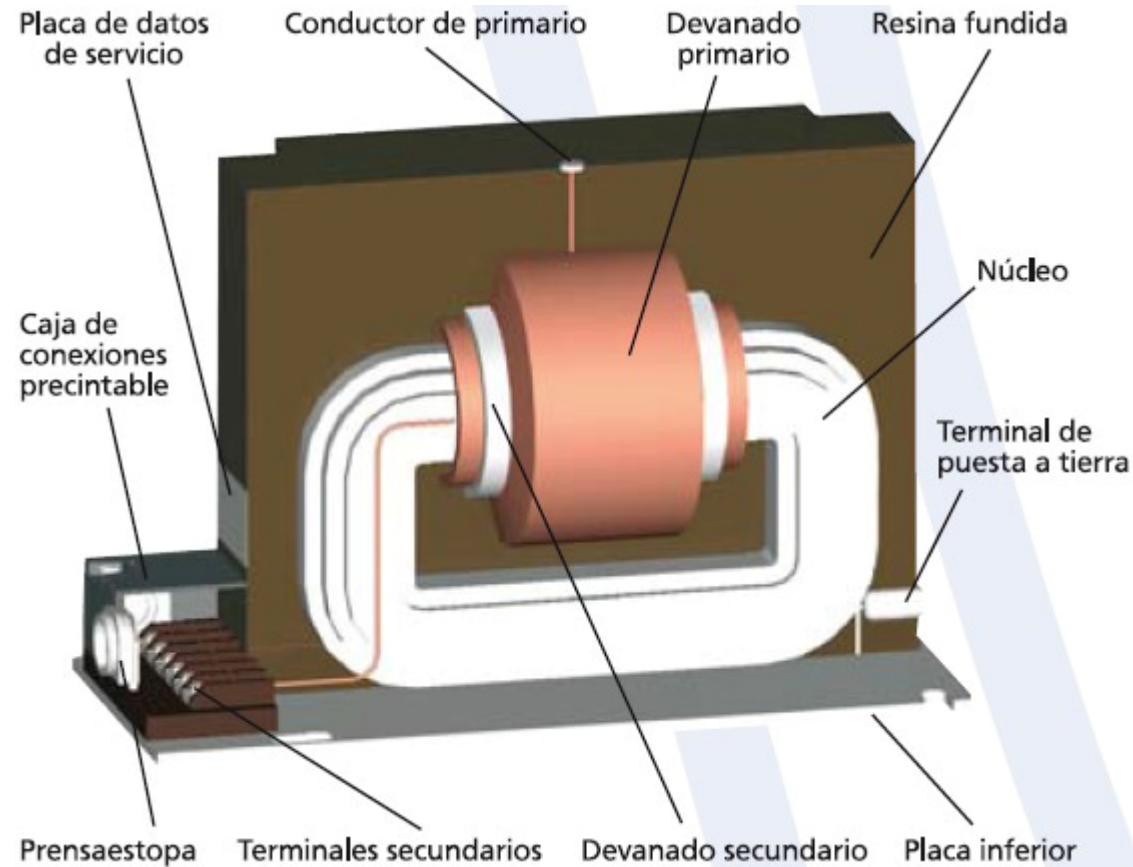
TRANSFORMADORES DE Tensión

Conexión en triángulo abierto de dos transformadores aislados bipolares



Durante el uso de dos transformadores aislados bipolares en conexiones de triángulo abierto, hay que prestar atención a que la puesta a tierra del arrollamiento secundario, se efectúa solamente en uno de los dos transformadores para evitar un cortocircuito entre ellos.

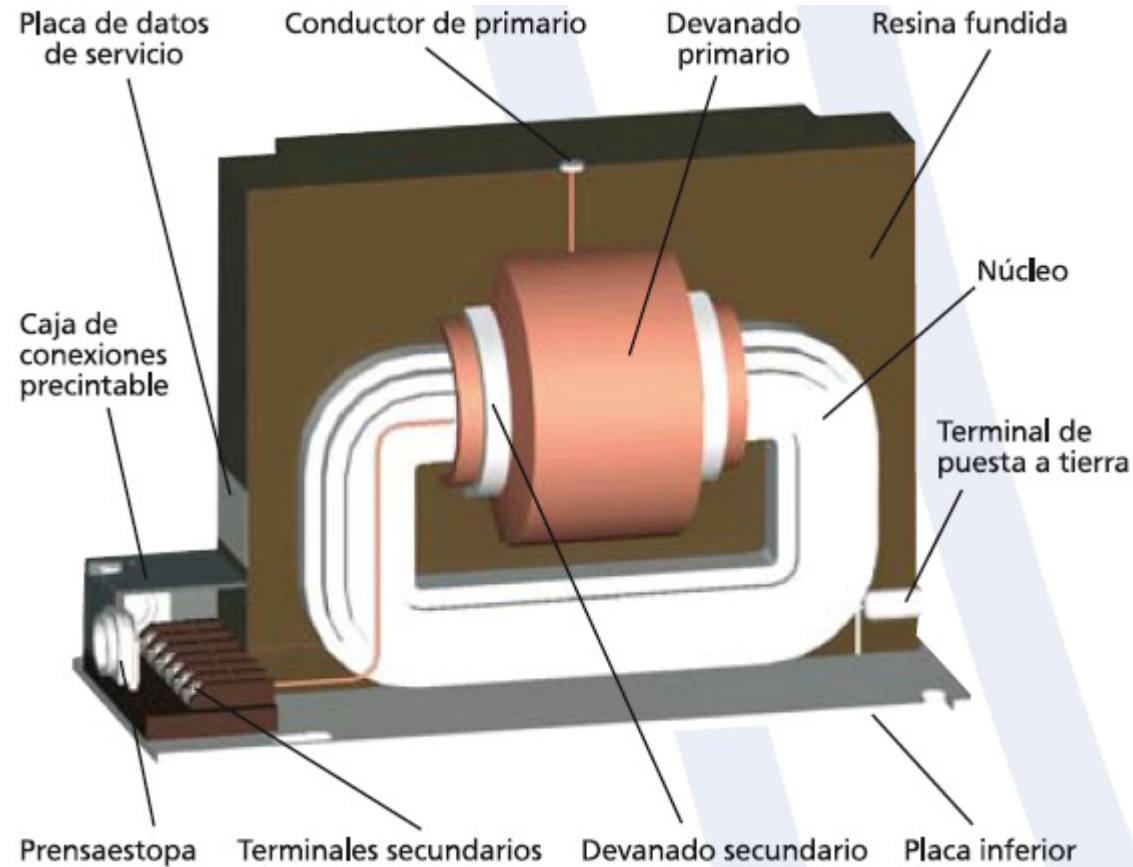
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN



Ejemplo de diseño general de un transformador de tensión de un solo polo

Diseño general. Los transformadores de tensión tienen un núcleo ferromagnético. Los arrollamientos secundarios de transformadores unipolares aislados están arrollados directamente sobre el núcleo de hierro puesto a tierra. Los transformadores bipolares aislados tienen que tener un aislamiento entre el arrollamiento primario y secundario que corresponde a la mitad de la tensión fase a tierra. Los arrollamientos secundarios están aislados entre sí contra una tensión de ensayo de 3kV.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN



Ejemplo de diseño general de un transformador de tensión de un solo polo

El arrollamiento de alta tensión y el arrollamiento secundario están encapsulados completamente en el cuerpo de resina en una sola operación de colada por un proceso de gelificación a presión. El cuerpo de resina está montado en una plancha metálica. Los bornes son incorporados en el cuerpo de resina y cubiertos con plástico precintable.

Cada borne puede estar conectado a tierra separadamente dentro de la caja de conexiones.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN



Transformadores de tensión según Normas DIN

A diferencia de los transformadores de corriente, en los transformadores de tensión nunca debe ponerse el secundario en cortocircuito. El borne del arrollamiento primario en el lado de tierra está puesto a tierra efectivamente en la caja de bornes, y no debe ser retirado durante el servicio.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN



Transformador de tensión de un solo polo para servicio interior

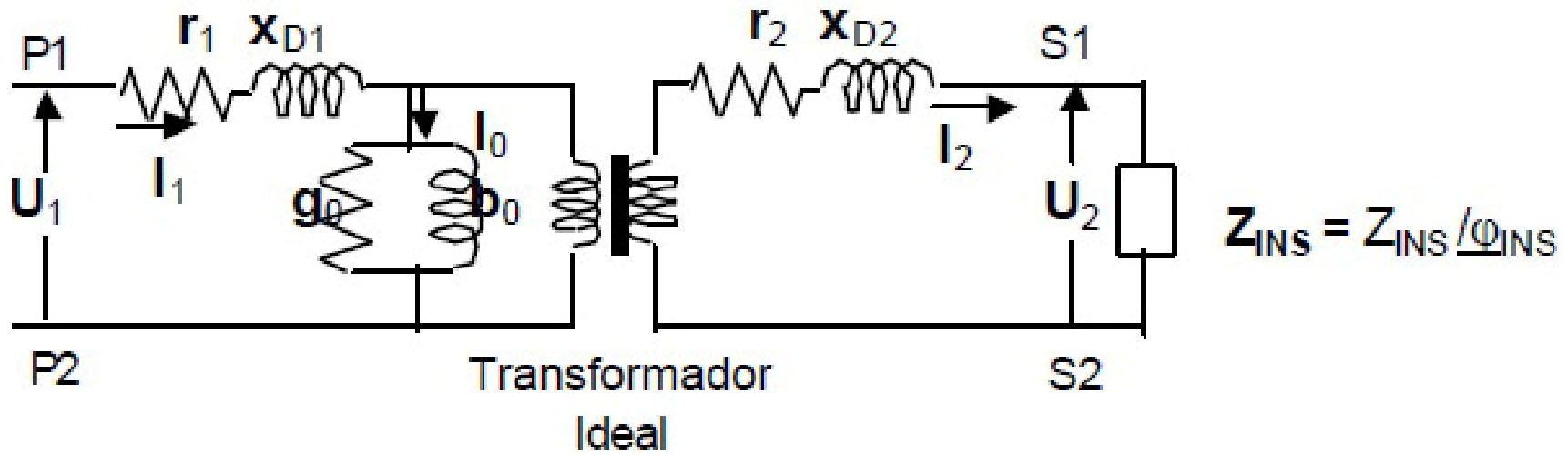


Transformador de tensión para servicio exterior con las pantallas características para extender la línea de fugas

En el aspecto constructivo, los transformadores de tensión no ofrecen grandes dificultades. Se usa chapa siliciosa. El objetivo se basa en disminuir, en lo posible, la corriente de vacío y las caídas por resistencias y por reactancias primaria y secundaria, a fin de reducir errores. En estas condiciones, en servicio normal, no existen problemas de índole térmica.

TRANSFORMADORES DE Tensión

Circuito Equivalente

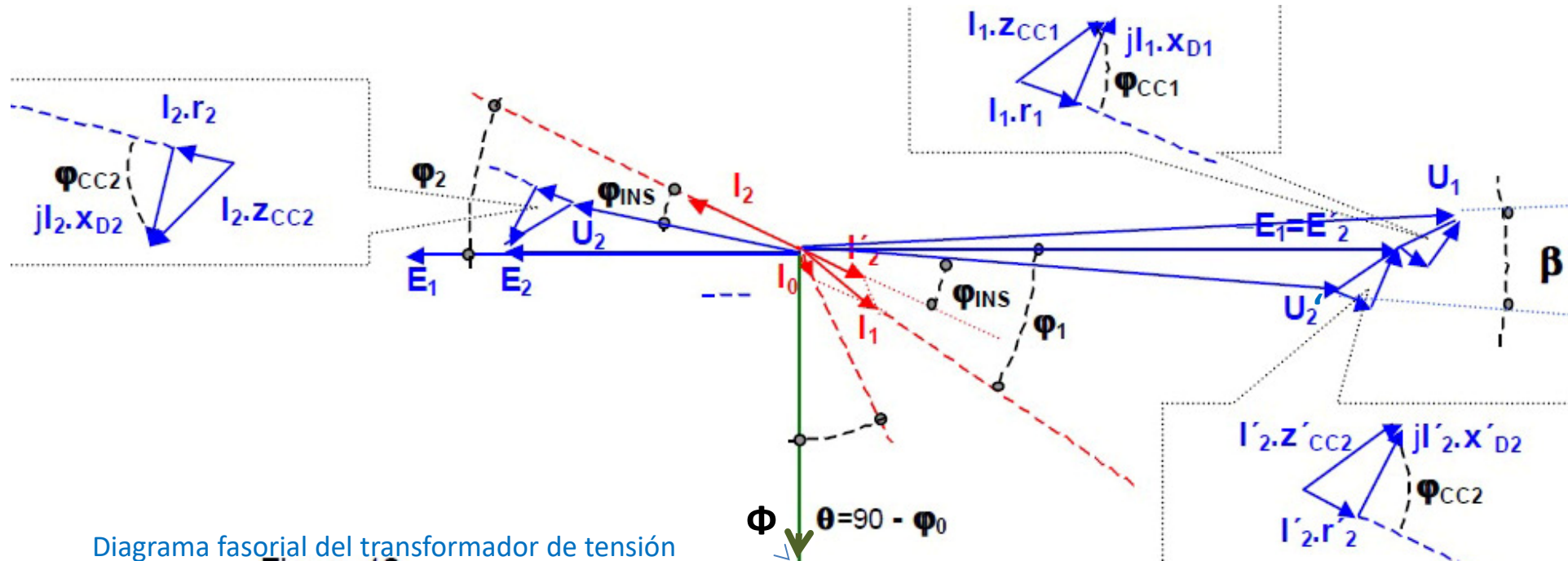


Circuito equivalente

La figura esquematiza la conexión del sistema de medida en el secundario, con una impedancia $Z_{INS} = |Z_{INS}| \angle \phi_{INS}$, conformada por la combinación de las impedancias de todos los instrumentos conectados en paralelo, más los conductores de conexión, si bien esta es despreciable frente a la de los instrumentos.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Diagrama fasorial



Construyendo ahora el diagrama fasorial , en la figura, se observa que la diferencia entre los fasores U_1 y U_2 está dada por las caídas de tensión, debidas a I_1 e I_2 , en las resistencias y reactancias de los arrollamientos primarios y secundarios.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Tensión más elevada para el material U_m . Valor más elevado de la tensión eficaz entre fases (en kV) para el cual se especifica el transformador en relación con su aislamiento.

Tensión asignada U_n . Valores de tensión (primaria U_{1n} o secundaria U_{2n}) que figuran en la placa de características del transformador. Si los transformadores de tensión están conectados entre fase y tierra en redes trifásicas, esta tensión de fase-neutro es la tensión asignada. A excepción del arrollamiento de tensión residual, se expresa en la forma $U/\sqrt{3}$, siendo U la tensión entre fases

U_m kV	Tensión primaria asignada kV	Tensión secundaria asignada V
hasta 52	3,3 3,6 4,8 5 6 6,6 7,2 10 11 13,8 15 17,5 20 22 30 33 35 40 45 ó los valores divididos por $\sqrt{3}$	100 110 120 ó los valores divididos por $\sqrt{3}$

Error de tensión, ε_u , también llamado **de relación**, correspondiente a una tensión primaria U_1 , y a una determinada carga secundaria, viene dado por:

$$\varepsilon_u(\%) = \frac{U_2 K_n - U_1}{U_1} \cdot 100$$

$$K_n = \frac{U_{1n}}{U_{2n}}$$

Se considera positivo cuando el valor real de la tensión secundaria (U_2) supera al esperado U_1/K_n .

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Error de fase, δ , *desfase o error de ángulo*, es el ángulo formado por los vectores U_1 y $-U_2$. También depende de U_1 y de Z_2 . Se mide en minutos y se considera positivo si $-U_2$ avanza a U_1 .

Clases de precisión. Es un número (índice de clase) que especifica el máximo error de tensión admisible, expresado en % alimentando el transformador la “carga de precisión”.

Clases normalizadas: 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 -- 3

Utilizaciones típicas:

Clase 0,1:	Laboratorio
Clase 0,2:	Laboratorio, Patrones portátiles, contadores de gran precisión
Clase 0,5:	Contadores normales y aparatos de medida
Clase 1:	Aparatos de cuadro
Clase 3:	Para usos en los que no se requiere una mayor precisión

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Clase de precisión	Error de tensión (relación) en porcentaje $\pm$	Desfase $\pm$	
		Minutos	Centirradiares
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Sin especificar	Sin especificar

El error de tensión y el desfase a la frecuencia asignada no deben sobrepasar los valores de la tabla anterior a cualquier tensión comprendida entre el 80% y el 120% de la tensión asignada y para cualquier carga comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión, con un factor de potencia 0,8 inductivo.

Los errores se determinan en los bornes del transformador, comprendiendo los efectos de los fusibles o resistencias que formen parte del mismo.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Potencia nominal o de precisión . (En VA con un factor de potencia especificado), es la potencia aparente que el transformador proporciona al secundario cuando se tiene conectada la carga nominal

Potencias normalizadas: 10 – 25 – 50 – 100 –200 – 500 VA

$$S_n = \frac{U_{2n}^2}{Z_2}$$

$$U_{2n} = 110 \text{ V}$$

Clase de precisión	Potencia de precisión						
	VA						
0,2	10	15	30	50	–	–	–
0,5	10	15	30	50	75	100	–
1	–	–	30	50	75	100	200

Los valores preferentes, se pueden ver en la tabla

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Potencia térmica límite S_{th} . Valor de la potencia aparente, referido a la tensión primaria asignada, que el transformador puede suministrar al circuito secundario, cuando la tensión asignada se aplica al primario, sin exceder los límites para el calentamiento especificados.

Potencia térmica límite asignada del arrollamiento de tensión residual. Dado que los arrollamientos de tensión residual están conectados en triángulo abierto, sólo están cargados en casos de falta. Por ello, la potencia térmica asignada del arrollamiento de tensión residual debe referirse a una duración de p.ej. 8 h, y se expresa en VA.

Factor de tensión asignado. Factor por el que es preciso multiplicar la tensión primaria asignada a fin de poder determinar la tensión máxima para la que el transformador de tensión debe responder a los requisitos de calentamiento, durante un tiempo especificado, así como a los requisitos de precisión correspondiente.

Relación de transformación múltiple. Los transformadores de tensión para varias tensiones primarias asignadas sólo pueden ser reconectados en el lado secundario por razones de aislamiento.

TRANSFORMADORES DE Tensión



Transformador de tensión para exteriores 4MS6