



Universidad
Industrial de
Santander



Profesor: Gabriel Ordóñez Plata



Transformadores de medida

- Sería difícil y poco práctico desarrollar medidores de señales eléctricas para manejo de altas tensiones y altas corrientes.
- Los transformadores de medida son empleados principalmente por las siguientes razones:
 - Para aislar los medidores de los circuitos de alta tensión.
 - Reducir a valores no peligrosos y normalizados, las características de tensión y corriente de un sistema eléctrico para permitir el empleo de aparatos de medida normalizados.

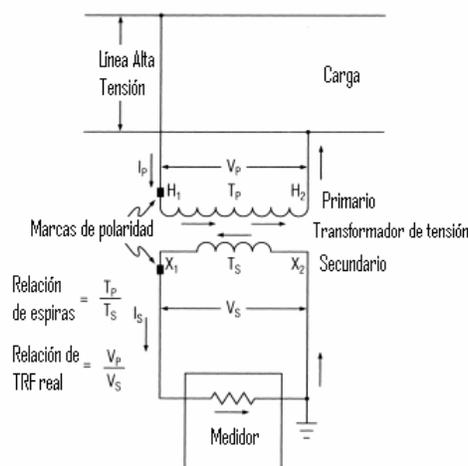


Transformadores de medida

- Burden de un transformador de medida.
- Transformador interno.
- El flujo de fuga.
- Corriente nominal.
- Corriente nominal secundaria.
- Tensión nominal.
- Tensión nominal secundaria.
- Corriente térmica nominal de corta duración (I_m).
- Corriente dinámica nominal (I_{dym}).
- Corriente térmica nominal permanente.



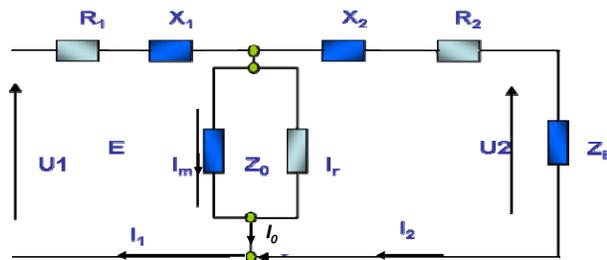
Transformador de tensión



- Para instrumentos cuya tensión secundaria, bajo condiciones de uso normal, es sustancialmente proporcional a la tensión primaria y difiere de ella en fase con un ángulo cercano a cero **cuando se han realizado adecuadamente las conexiones.**



Circuito equivalente de un transformador de tensión con sus ecuaciones



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$I_1 = I_2 + I_0$$

$$U_1 = U_2 + I_2 (R_2 + jX_2) + I_1 (R_1 + jX_1)$$

$$e_T = \frac{k_N U_2 - U_1}{U_1} 100 \%$$

$$U_1 = U_2 + I_2 (R_1 + R_2 + j(X_1 + X_2)) + I_1 (R_1 + jX_1)$$



- En el transformador real no ocurre lo mismo que en un transformador ideal por las siguientes causas:
 - La corriente de excitación que es necesaria para magnetizar el núcleo magnético causa una caída en la impedancia del devanado primario.
 - La corriente de carga causa una caída de tensión en los devanados primario y secundario.





Transformador de tensión

Para garantizar el adecuado comportamiento del equipo en el sistema de medición:

- En un sistema eléctrico la corriente es sometida a grandes variaciones que dependen de la carga conectada, contrario a la tensión que, generalmente, permanece constante.
- En un transformador de medida de tensión **NUNCA** se debe cortocircuitar el secundario.
- La tensión máxima para el equipo es la tensión eficaz fase a fase máxima, para la cual se diseña el transformador con respecto a su aislamiento.
- El nivel de aislamiento nominal es la combinación de los valores de tensión que caracterizan el aislamiento de un transformador en relación con su capacidad para soportar esfuerzos dieléctricos.



Transformador de tensión

- El Burden de un transformador de medida esta definido en la estándar IEEE C57.13 como sigue:
 - ‘Es la propiedad de un circuito conectado al devanado secundario que determina la potencia activa y reactiva en terminales de este.’
- Es generalmente definido como el total de voltamperes y factor de potencia de los dispositivos conectados en el secundario con una tensión y frecuencia especificada.
- El Burden de los sensores de los medidores de estado sólido es generalmente menor a 0,1 VA y puede considerarse insignificante.



Transformador de tensión

- La tensión del devanado secundario no esta en fase con la tensión primaria. Al ángulo existente entre estas dos tensiones (γ) se le conoce como ángulo de fase.
- Este desplazamiento de fase cuando no se corrige puede generar errores en la medición cuando las relaciones de fase deben ser mantenidas.
- El valor de (γ) no es un valor fijo ya que depende de la carga conectada, la tensión primaria, la frecuencia y la forma de onda.



Clases de los transformadores

CLASE	PORCENTAJE DE ERROR + Ó -	DESPLAZAMIENTO DE FASE + Ó -	
		minutos	radianes
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1	1	40	1,2
3	3	No especificado	No especificado

CLASE	PORCENTAJE DE ERROR + Ó -	DESPLAZAMIENTO DE FASE + Ó -	
		minutos	Centirradianes
3P	3.0	120	3,75
6P	6.0	240	7,0





Aislamiento del transformador de tensión.

- La norma IEC 60044-2 establece los niveles de aislamiento que deben tener los transformadores de tensión.

Magnitudes normalizadas de la tensión secundaria del transformador de tensión.

- Al igual que el aislamiento, la norma IEC 60044-2 establece las magnitudes normalizadas para los secundarios de los transformadores de tensión, siendo estas: 100 V, 110 V, 115 V, 120 V 200 V y 230 V. El valor normalizado a utilizar depende si se utilizan en sistemas de distribución o transmisión.



Criterios para seleccionar transformadores de tensión (NTC 5019)

- **Norma de fabricación.** Los transformadores de tensión deberán estar fabricados bajo una de las siguientes normas:
 - NTC 2207 (IEC 60186) Electrotecnia Transformadores de tensión.
 - ANSI/IEEE C57,13, IEEE standard for instruments transformers
- **Tensión primaria nominal**
 - La tensión primaria nominal de transformador de tensión debe corresponder a la tensión nominal del sistema eléctrico al cual esta conectado.
 - En caso de que la tensión nominal del sistema eléctrico sea inferior a la tensión primaria nominal del transformador de tensión seleccionado, se permitirá su instalación siempre y cuando se cuente con un informe de laboratorio que garantice la exactitud en la medida en estas condiciones.
- **Tensión secundaria nominal.** La tensión secundaria nominal del transformador de tensión debe corresponder a los rangos de operación del medidor conectado a este.
 - Las tensiones secundarias nominales normalizadas son 100 V, 110 V, 115 V y 120 V
 - En los transformadores destinados a ser montados entre fase y tierra en las redes trifásicas para las que la tensión primaria nominal es un número dividido por raíz de tres, la tensión secundaria nominal debe ser uno de los valores antes indicados divididos por raíz de tres.





Sensores de tensión y corriente

Criterios para seleccionar transformadores de tensión (NTC 5019)

- **Relación de transformación.** La relación de transformación debe ser un número entero o en su defecto tener máximo un número decimal
- **Carga nominal.** La carga nominal (Burden) del transformador de tensión debe seleccionarse de tal forma que la carga real del circuito secundario (incluyendo los cables de conexión del transformador al medidor) este comprendida entre el 25% y el 100% de su valor.
Se permitirá que la carga conectada al transformador de tensión sea inferior al 25 % de la carga nominal siempre y cuando se cuente con un informe de laboratorio que garantice la exactitud de dichos valores.
- **Clase de exactitud.** La clase de exactitud de los transformadores de tensión debe seleccionarse de acuerdo al nivel de tensión del punto de conexión en el sistema eléctrico y a la magnitud de la carga a la cual se desea efectuar medición de potencia y/o energía consumida. Las clases de exactitud normalizadas son:
 - 0,2 y 0,5 para transformadores fabricados bajo la NTC 2207
 - 0,3 y 0,6 para transformadores fabricados bajo la norma ANSI/IEEE C57 13



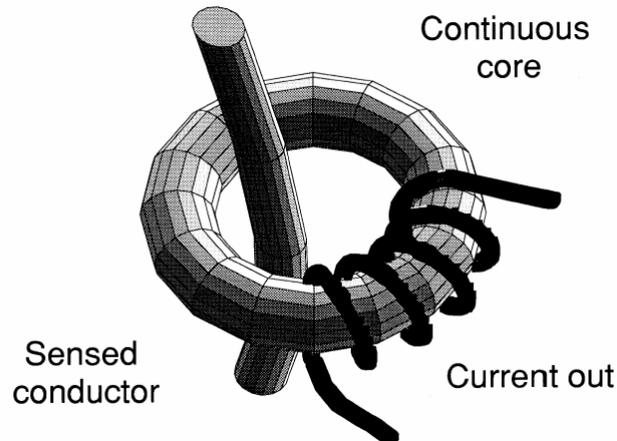
Sensores de tensión y corriente

Métodos de compensación para reducir errores de relación de transformación y ángulo de fase para transformadores de tensión.

- Los transformadores de tensión son diseñados para tener una baja corriente de excitación y una impedancia interna muy baja. Esto reduce los errores en la relación de transformación real y en el ángulo de fase.
- Otra forma es realizar la relación de espiras un poco diferente a la relación nominal de transformación para compensar el mínimo error de una carga específica en lugar de una carga cero.



Transformador de corriente



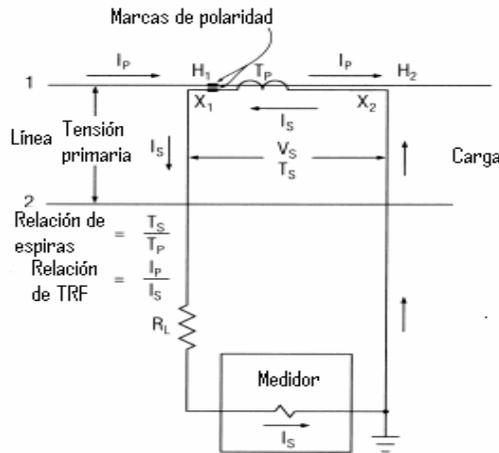
Transformador de corriente

- Este transformador es utilizado para que la corriente secundaria en condiciones normales de uso, sea substancialmente proporcional a la corriente primaria y la diferencia de fase aproximadamente cero en una adecuada conexión.
- Por el primario del transformador circula la corriente a medir, mientras que por el secundario se establece un circuito cerrado a través de los instrumentos que se conectan: amperímetros, wattímetros, medidores de energía eléctrica, relés de protección, etc.



Sensores de tensión y corriente

Esquema de conexión de un transformador de corriente

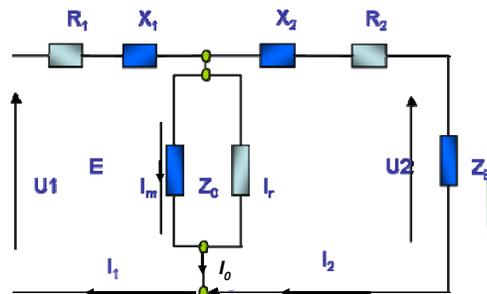


- El devanado primario es conectado alrededor de una de las líneas que transporta corriente, y el devanado secundario es conectado en serie con el devanado de corriente del medidor.
- Un lado del circuito secundario es conectado a tierra para que se proporcione una protección contra fallas por aislamiento o descargas estáticas.



Sensores de tensión y corriente

Circuito equivalente de un transformador de corriente con sus ecuaciones



$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$I_1 = I_2 + I_0$$

$$E = I_2 (R_2 + jX_2) + U_2 = I_2 Z_L$$

$$U_1 = E + I_1 (R_1 + jX_1)$$

$$E = j\omega N_2 A_e \beta = I_2 Z_L$$



$$\beta = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 \mu_r \frac{I_0 N_2}{l_e}$$

$$e_T = \frac{I_0}{I_1} \cong \frac{I_0}{I_2} = \frac{l_e Z_L}{\omega N_2^2 A_e \mu_0 \mu_r}$$

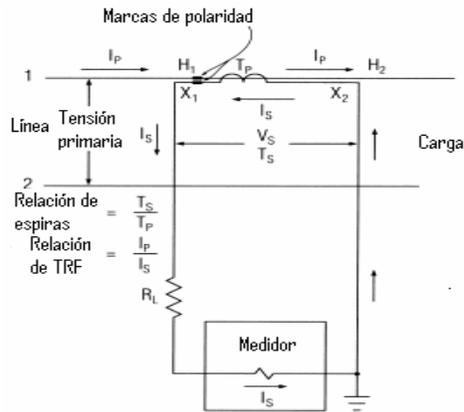
$$e_T = \frac{I_0}{I_1} = \frac{I_2 k_N - I_1}{I_1} 100\%$$





Polaridad

- Cuando la corriente principal circula hacia H_1 , la corriente secundaria estará en ese mismo instante circulando hacia fuera de X_1 .
- Una incorrecta conexión de los secundarios de los transformadores haría que el medidor funcionara de atrás para adelante.



Burden en el secundario

- La impedancia del medidor y la resistencia secundaria son entonces el Burden que ve el devanado secundario.
- Este Burden puede ser expresado como los voltamperes totales con factor de potencia que tienen los dispositivos secundarios a una corriente y frecuencia especificados (normalmente 5 A y 60 Hz).
- En un transformador de tensión, un Burden igual a cero representa una impedancia infinita o de circuito abierto, mientras que un Burden igual a cero en un transformador de corriente representa una impedancia cero o de cortocircuito.



Sensores de tensión y corriente

Relación de transformación Nominal (RTNC), relación de espiras (REC) y relación de transformación verdadera (RTVC)

- **RTNC:** Es la proporción entre la corriente nominal primaria y la corriente nominal secundaria del transformador, y se halla en la placa de especificaciones de este.
- **RE:** Esta dada por la relación existente entre el número de espiras del devanado secundario sobre el número de espiras del devanado primario. Es importante tener en cuenta que esta relación es inversa a la del transformador de tensión. En un transformador de tensión hay más vueltas en el devanado primario, mientras en el transformador de corriente hay más vueltas en el devanado secundario.
- **RTVC:** Esta dada como la corriente primaria (rms) sobre la corriente secundaria (rms) bajo unas condiciones específicas.



Sensores de tensión y corriente

Ángulo de fase (β)

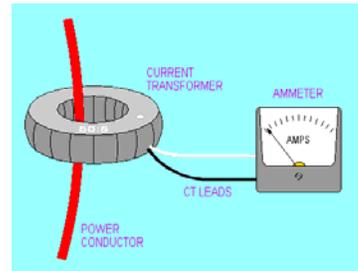
- En el diagrama fasorial del transformador de corriente se observa que la corriente secundaria inversa ($-I_s$) no está en fase con la corriente primaria. El ángulo β entre estos dos fasores es conocido como ángulo de fase del transformador de corriente y se expresa en grados.
- Cuando no se corrige puede generar errores en la medición cuando las relaciones de fase deben ser exactamente mantenidas.
- El valor de (β) no es un valor fijo, depende de la carga conectada, la corriente primaria, la frecuencia y la forma de onda.
- Cuando la frecuencia y forma de onda son constantes el ángulo de fase depende directamente de la carga del secundario, la corriente primaria y de las características propias del transformador.





Forma

- La gran mayoría de los TC se realiza con núcleos toroidales, debido al tratamiento especial de laminado térmico al que son sometidas las diferentes aleaciones.
- Otros tipos de núcleos utilizados con menor frecuencia son el tipo acorazado y el tipo columna.



Funciones

- Transformar la corriente elevada que circula por la red a una corriente adecuada para instrumentos de medida, generalmente 1A o 5A.
- Mantener aislada la A.T. de la red de los instrumentos conectados.



Relaciones de transformación

- Para la corriente nominal secundaria 1A o 5A
- Para corrientes primarias 10, 12,5, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 75 y sus múltiplos por décadas de estos valores.



Clases de los transformadores (Porcentajes de error de magnitud y fase para transformadores de medida de corriente)

CLASE	Error de corriente Porcentual con respecto A la nominal mostrada abajo				DESPLAZAMIENTO DE FASE + δ -										
					minutos				Centirradiares						
	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	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8			
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9
	50		120		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	3		3		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	5		5		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--





Clases de los transformadores (Porcentajes de error de magnitud y fase para transformadores de protección de corriente)

CLASE	Error De Corriente A	Error Compuesto a Corriente	Desplazamiento de fase corriente	
	Corriente Primaria Nominal + ó -	Primaria con Limite De Exactitud Nominal %	primaria nominal+ ó -	
			minutos	Centiradianes
5P	1	5	60	1,8
10P	3	10	--	--



Criterios para seleccionar transformadores de corriente (NTC 5019)

Norma de fabricación

- Los transformadores de corriente deberán ser fabricados bajo las siguientes normas técnicas:
 - NTC 2205 (IEC 60044-1) Transformadores de corriente.
 - ANSI/IEEE C57-13-IEEE Standard For Instrument Transformers.



Criterios para seleccionar transformadores de corriente (NTC 5019)

Corriente primaria nominal

- La corriente secundaria nominal del TC debe estar comprendida entre el valor de la corriente nominal máxima del medidor conectado a este.
- Los valores normalizados de corriente secundaria nominal son 1 A y 5 A



Criterios para seleccionar transformadores de corriente (NTC 5019)

Corriente secundaria nominal

- La corriente primaria nominal del transformador de corriente debe seleccionarse de tal forma que el valor de la corriente a plena carga en el sistema eléctrico al cual está conectado el transformador de corriente, esté comprendida entre el 80 % y el 120 % de su valor, es decir

$$0,8I_{pn} < I_{pc} < 1,2I_{pn}$$



Criterios para seleccionar transformadores de corriente (NTC 5019)

Carga nominal

- El Burden del transformador de corriente debe seleccionarse de tal forma que la carga real del circuito secundario (incluyendo los cables de conexión del transformador al medidor) este comprendido entre el 25 % y el 100 % de su valor.
- Se permitirá que la carga conectada al transformador de tensión sea inferior al 25 % de la carga nominal siempre y cuando se cuente con un informe de laboratorio que garantice la exactitud en dichos valores.



Criterios para seleccionar transformadores de corriente (NTC 5019)

Carga nominal

- Las clases de exactitud normalizadas son:
 - **0,2, 0,2 S, 0,5, 0,5 S** para transformadores fabricados bajo la NTC 2205 (IEC 60044-1)
 - **0,3 y 0,6** para transformadores fabricados bajo la norma ANSI/IEEE C57.13



Efecto del Burden secundario sobre la relación de transformación y el ángulo de fase

- Un incremento en el Burden del transformador implica un aumento en la corriente de excitación. Esta corriente de excitación extra es la principal causa de errores en la medida de ángulo de fase y relación de transformación.



Efectos de la corriente primaria sobre la relación de transformación y el ángulo de fase.

- El transformador de corriente debe operar bajo un amplio rango, desde cero hasta altas corrientes, o sobre extra-altas corrientes en el caso de relés de protección. El flujo en el núcleo debe variar en un amplio rango cuando la corriente principal es modificada. Para producir este cambio de flujo la corriente de excitación debe cambiar también.
- Si el flujo varía en exactamente la misma proporción que la corriente de excitación, los cambios en la corriente primaria no deberían afectar la relación de transformación ni el ángulo de fase.
- Los transformadores de corriente son diseñados para trabajar con bajas densidades de flujo en el núcleo, y bajo estas condiciones el flujo no es directamente proporcional a la corriente de excitación.
- Debido a que la corriente de excitación no cambia en proporción exacta a la corriente principal primaria, la relación de transformación verdadera y el ángulo de fase varían hasta cierto punto con la corriente primaria.



Sensores de tensión y corriente



Peligros debidos a la apertura del secundario del transformador



- El circuito secundario de un transformador de corriente debe ser abierto cuando no circula corriente por el circuito primario.
- Si secundario de un transformador de corriente se abre estando en funcionamiento el sistema, la impedancia secundaria se vuelve infinita, el flujo aumenta hasta la saturación y la caída de tensión en el primario se aumenta debido a la impedancia secundaria reflejada.
- Los valores de tensión en el secundario son peligrosamente altos (pueden llegar a los miles de volts).



Sensores de tensión y corriente

Analogías entre los transformadores de medición

	Tensión	Corriente
Tensión	Constante	Variable
Corriente	Variable	Constante
Carga condicionada por	La corriente	La tensión
Factor de error	Caída de tensión	Corriente de magnetización
Carga secundaria aumenta	Cuando ZB disminuye	Cuando ZB aumenta
Conexión del transformador a la línea	En paralelo	En serie
Conexión de los aparatos al secundario	En paralelo	En serie



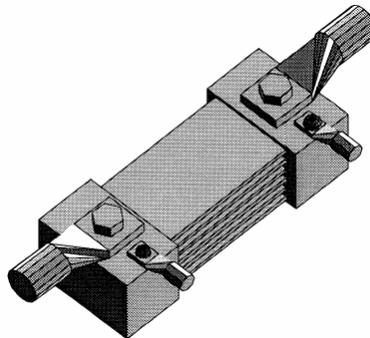
Otros sensores de corriente

- Resistencia (“Shunt”)
- Sondas de efecto “Hall”
- Bobina de Rogowski
- Transformador de flujo nulo
- Captador óptico



Sensores de corriente

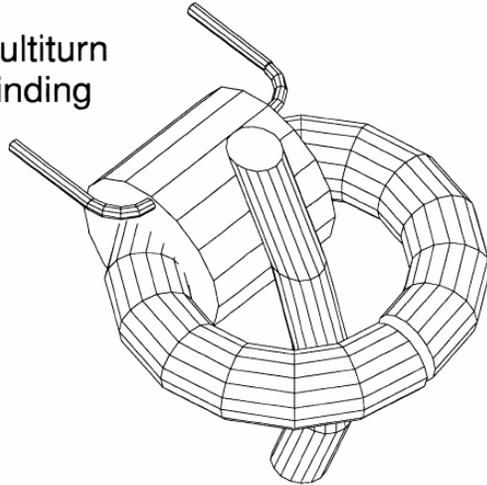
Sensores resistivos (“shunts”)





Sensores de corriente
Sensor inductivo con entrehierro

Multiturn winding



$$\mu_{eff} = \frac{S}{g + \frac{S}{\mu}}$$



Características del sensor inductivo con entrehierro

- Cuando la permeabilidad magnética del material (μ) es alta, la relación entre la densidad de flujo magnético (B) y la intensidad de campo magnético no depende de μ .
- Si se introduce un entrehierro en un CT y se tiene una gran cantidad de espiras en el secundario, este se convierte en un sensor muy seguro ya que el núcleo no se saturará
- En estos sensores la densidad de flujo magnético es pequeña y por lo tanto las pérdidas de potencia por corrientes de Eddy son mínimas
- Este dispositivo es un convertidor corriente-tensión con excelente respuesta en un amplio ancho de banda y que no requiere amplificación de tensión, ya que esta dependerá de la impedancia que se conecte en el secundario.





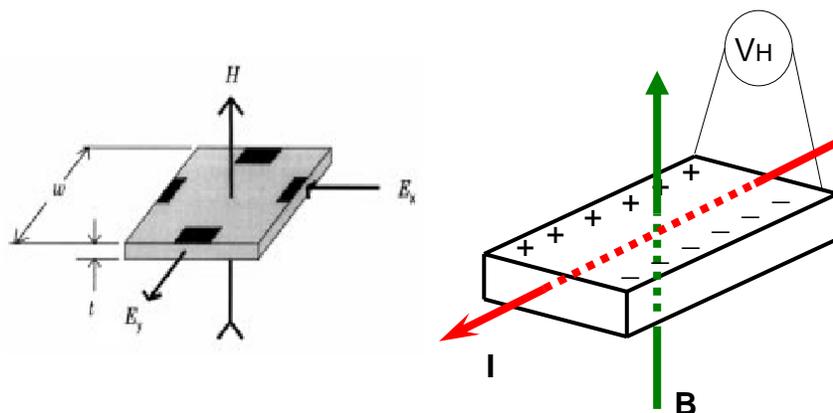
Sonda de efecto Hall

- Descubierta por Edwin H. Hall en 1897 y se basa en la ley de Lorentz: “Una carga eléctrica (q), en movimiento con una velocidad (v), sobre la cual actúa un campo magnético de densidad de flujo magnético β , experimentara una fuerza perpendicular a los vectores de velocidad y campo magnético que viene dada por”:

$$\vec{F} = -q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{\beta})$$



Sonda de efecto Hall





Sonda de efecto Hall

$$E_y = v_x \beta_z \quad J_x = qn v_x$$

$$E_y = \frac{J_x \beta_z}{qn} = R_H J_x B_z$$

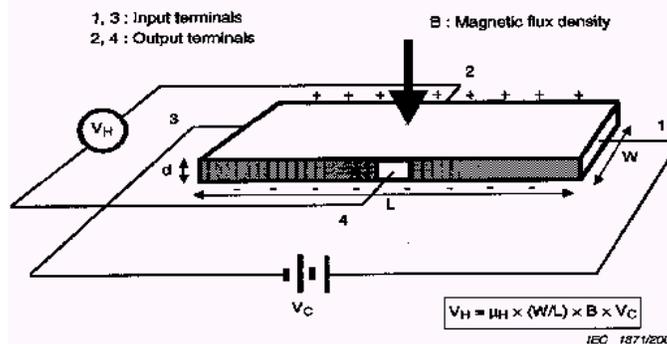
$$e_y = \int_0^w E_y dy = R_H J_x B_z w \quad y \quad J_x = \frac{I}{wd}$$

$$e_y = \frac{R_H I B_z}{d}$$



Sonda de efecto Hall

IEC 60747-14-2



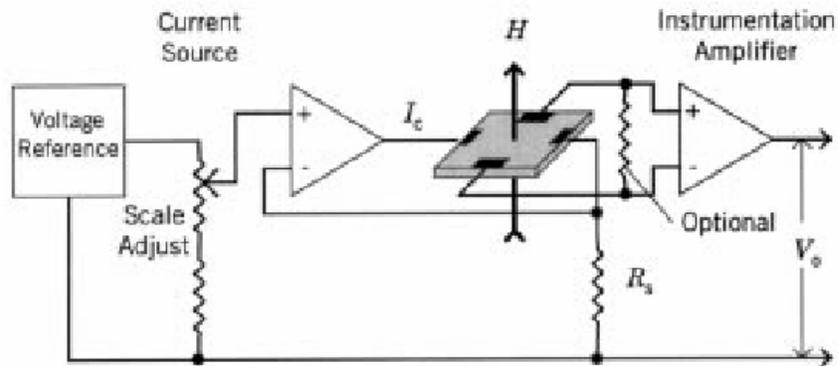
$$V_H = \frac{R_H I_c B}{d}$$





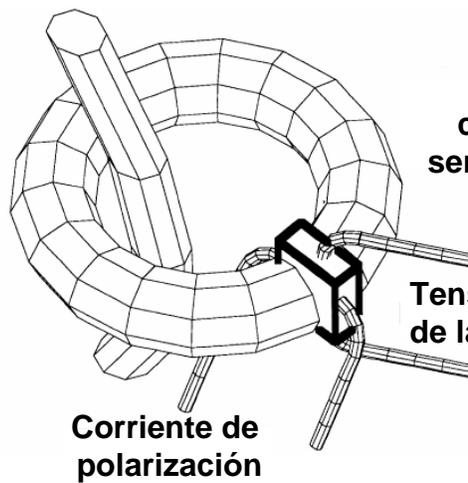
Medición de corriente eléctrica

Sonda de efecto Hall



Medición de corriente eléctrica

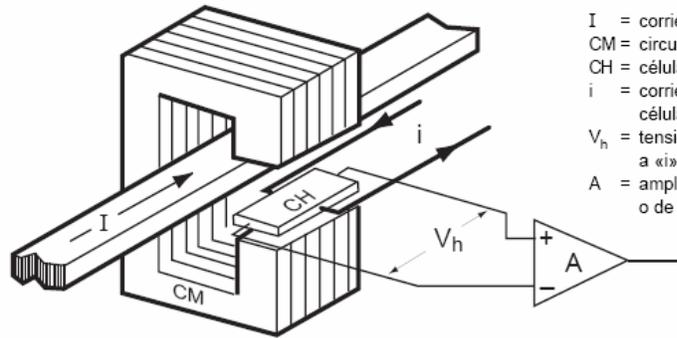
Sonda de efecto Hall





Medición de corriente eléctrica

Sonda de efecto Hall

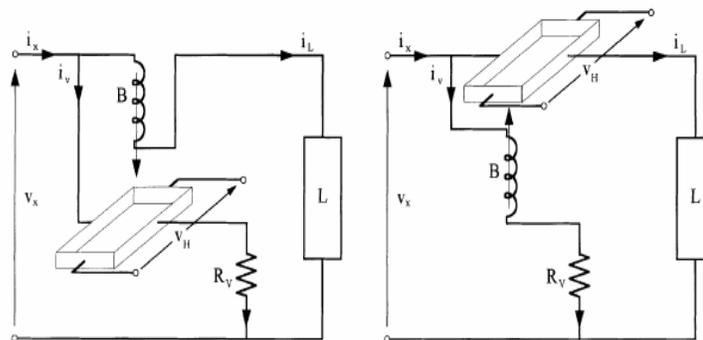


- I = corriente a medir
- CM = circuito magnético
- CH = célula de Hall
- i = corriente de alimentación de la célula de Hall
- V_h = tensión de Hall, proporcional a «i» y a «I»
- A = amplificador de tensión o de corriente



Medición de potencia eléctrica

Sonda de efecto Hall



$$v_H(t) = R_H i(t) B(t)$$





Medición de potencia eléctrica

Sonda de efecto Hall

$$v_x(t) = ai(t) \quad e \quad i_x(t) = bB(t)$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v_x(t) i_x(t) dt = ab \frac{1}{T} \int_0^T i(t) B(t) dt = abR_H V_H$$



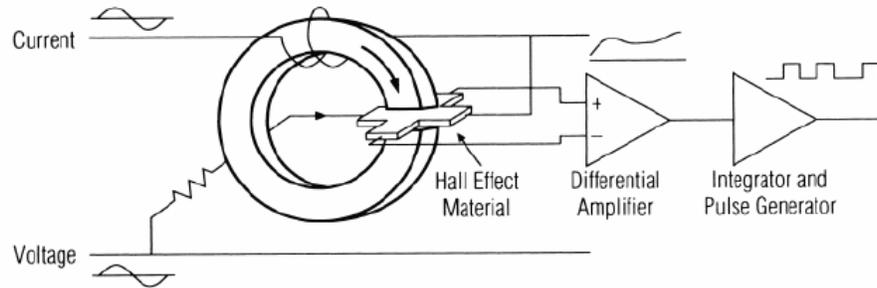
Características de la sonda de efecto Hall

- La tensión de salida del sensor depende de la corriente de polarización, de la velocidad de las cargas en los cristales semiconductores y del campo magnético que circula por el circuito magnético
- A diferencia de los sensores de entrehierro, el entrehierro del sensor de efecto hall no es pequeño
- La respuesta en frecuencia es de un amplio ancho de banda
- La tensión de salida es de milivolts, por lo que requiere de amplificación





Medidor estático basado en sensor de efecto Hall



Medidor estático basado en sensor de efecto Hall

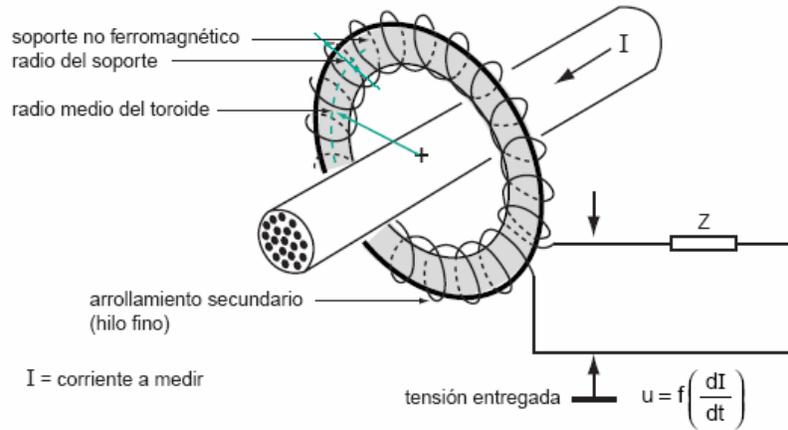
En este medidor, la onda de tensión hace que circule una corriente por la sonda de efecto Hall y la onda de corriente establece un flujo magnético, que es perpendicular a la corriente generada por la tensión.

Esta interrelación genera una tensión de salida en la sonda que es debida al producto de la tensión por la corriente es decir la potencia. La tensión de salida de la sonda es introducida a un amplificador diferencial y a un integrador para posteriormente generar una serie de pulsos de acuerdo con la energía de la señal.





Bobina de Rogowski



Principio de funcionamiento de la bobina de Rogowski

Una bobina de Rogowski es un transformador de corriente.

Su principio de operación se basa en que la corriente que se desea medir crea un campo magnético alrededor del conductor por el que circula.

Al situar la bobina rodeando este conductor, el campo magnético induce una diferencia de potencial entre los extremos de la bobina:

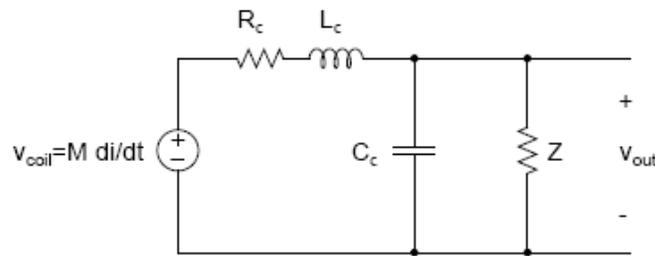
$$v_{bobina} = -M \frac{di}{dt}$$





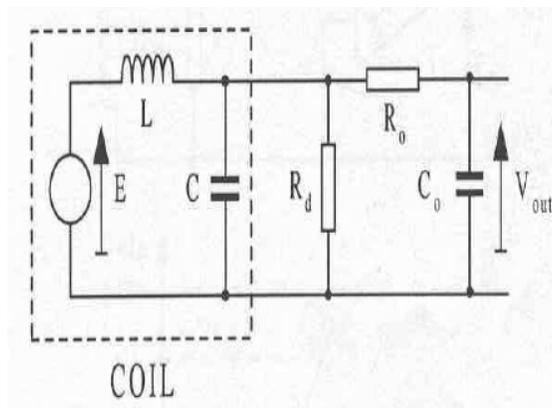
Sensores de corriente

Modelo de la bobina de Rogowski



Sensores de corriente

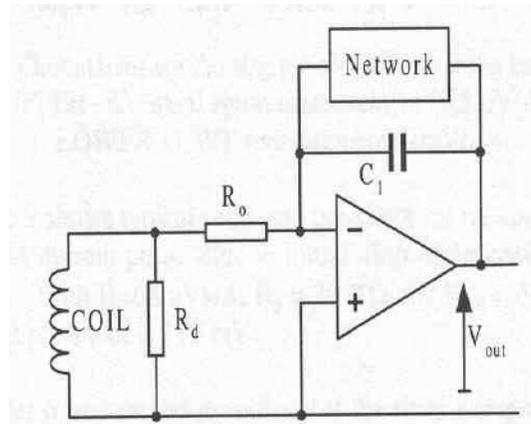
Circuito integrador pasivo de la bobina de Rogowski





Sensores de corriente

Circuito integrador activo de la bobina de Rogowski



Características de la bobina de Rogowski

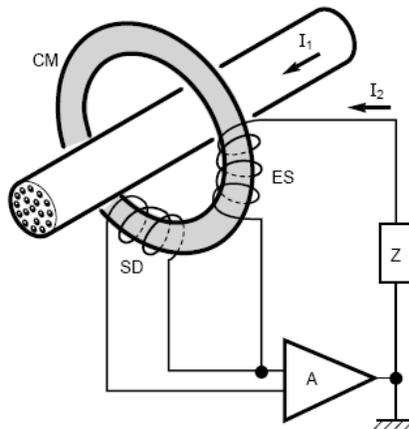
- **Linealidad.** La medida es lineal debido a que el núcleo es de un material no ferromagnético. Por tanto, no se producen fenómenos de saturación o histéresis.
- **Aislamiento galvánico.** Por tanto, el circuito de medida está aislado del circuito de potencia.
- **Buen ancho de banda.**
- **Facilidad de uso,** ya que no requieren un montaje especial.





Sensores de corriente

Transformador de flujo nulo



- I_1 = corriente a medir
- I_2 = corriente del circuito secundario
- CM = circuito magnético
- Z = impedancia de carga, generalmente de bajo valor
- A = amplificador de corriente
- ES = arrollamiento secundario
- SD = arrollamiento de detección de flujo nulo que pilota al amplificador A



Sensores de corriente

Características del Transformador de flujo nulo

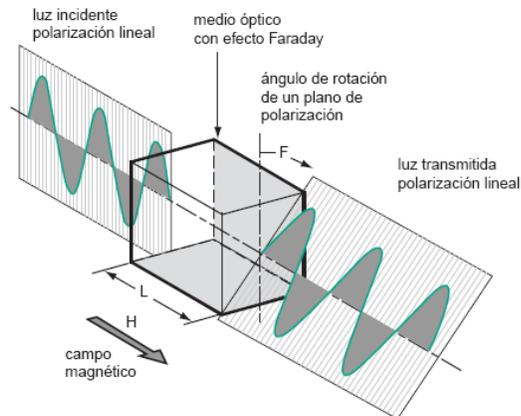
- La precisión de este sistema es buena. Es posible limitar el error de magnitud a valores de 0,02%. Igualmente, el error de fase, que ser inferior a 0,1 minutos de ángulo.
- Los transformadores de corriente de flujo nulo pueden medir corriente continua.
- Este tipo de TC debe de disponer de un entorno electromagnético protegido (pantallas, filtro de las alimentaciones, ...).





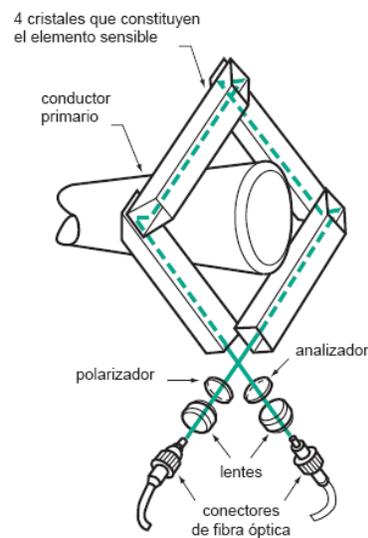
Sensores de corriente

Principio de funcionamiento de un captador óptico de corriente por efecto de Faraday



Sensores de corriente

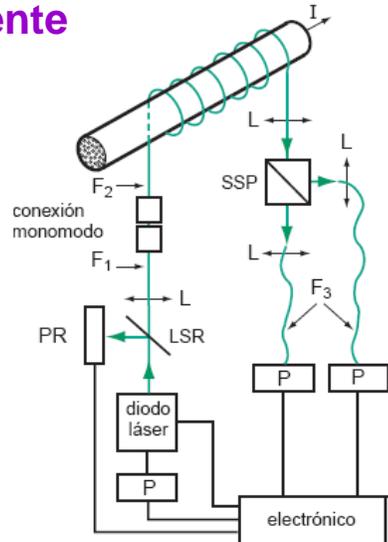
Captadores de corriente de efecto Faraday





Sensores de corriente

Captadores de corriente de efecto Faraday



Características de los captadores de corriente de efecto Faraday

- Los captadores ópticos (de fibra o de cristal) son sensibles a las condiciones exteriores (temperatura, fuente de energía auxiliar).
- El cristal y la fibra óptica son perfectamente lineales. La limitante de la linealidad viene dada por los dispositivos electrónicos de procesamiento de la señal.
- El aislamiento galvánico entre los dos circuitos es perfecto por consiguiente, el comportamiento frente a las perturbaciones electromagnéticas es buena.



Sensores de tensión y corriente

Comparación de sensores de corriente (Cuaderno Técnico nº 170 de Schneider Electric España)

<ul style="list-style-type: none"> ■ malo ■ medio ■ ■ ■ bueno ■ ■ ■ ■ muy bueno 	TC transformador de corriente convencional	CS captador con bobina Rogowski	captadores ópticos	transformador de corriente de flujo nulo
prestaciones:				
■ linealidad	■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ fidelidad	■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ dinámica	■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ precisión	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ CEM	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
aptitudes:				
■ patrón de medida	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ proporcionar energía a los equipos de protección y de control-mando	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ proporcionar la señal para medida a:				
□ contadores de energía analógicos	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
□ contadores de energía digitales	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
□ equipos digitales de protección y de control-mando	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
coste relativo respecto al de la aparatenta:				
■ en AT-A	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ en AT-B	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
importancia de los captadores instalados al año:				
■ situación actual	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■
■ evolución previsible	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■

