

# MEDICION DE CORRIENTE CON DETECTORES DE HALL

Todo circuito eléctrico o convertidor electrónico de potencia, debe ser capaz de reaccionar ante aumentos deliberados de la corriente a través de alguna de sus mallas o componentes. En la mayoría de los casos, es cuestión de supervivencia; en muchos otros, la medición de la corriente es vital para garantizar la calidad del proceso tecnológico: la medición de potencia en metrología, La Electrólisis, soldaduras de diferentes tipos, Balanzas de precisión, etc. En todos estos casos, es imprescindible la presencia de sensores que permitan cuantificar el valor de la corriente, ya sea de forma lineal o discreta.

La corriente la podemos medir usando diferentes métodos:

- Mediante un Shunt de baja resistencia conectado en serie con la carga.
- Mediante un transformador de corriente.
- Usando un sensor basado en la bobina de Rogowski.
- Mediante transductores ópticos de intensidad.
- Mediante detectores de efecto de Hall.

Cada uno de estos métodos, tiene sus ventajas y desventajas, que hay que valorar a la hora de implementarlo en aplicaciones concretas.

El Shunt, es sencillo y preciso, pero no garantiza aislamiento. No se recomienda para ser usado en mediciones de grandes corrientes, debido a las pérdidas de potencia. Si usamos un resistor convencional, es importante que el mismo tenga bajo valor de inductancia parásita (no valen las bobinadas), y considerar su coeficiente térmico de variación de la resistencia.

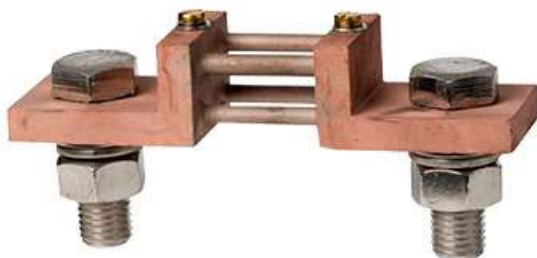


Fig.1. Shunt para medición de corriente.

El transformador de corriente, solo permite medir corriente alterna, y hay que tener cuidado con la saturación del núcleo. El material del núcleo se elige acorde con la frecuencia de trabajo, para minimizar pérdidas. El devanado secundario nunca debe dejarse sin conectar; esto provocaría la aparición de alta tensión, capaz de perforar el aislamiento y causar daños materiales y al personal a cargo.

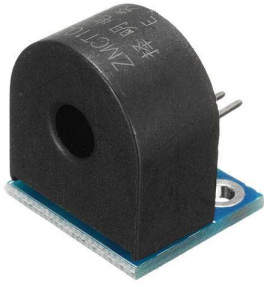


Fig.2. Transformador de corriente 5A.

La bobina de Rogowski es lineal, precisa y con muy buena estabilidad, pero puede resultar voluminosa y requiere de un circuito integrador.



Fig.3. Bobina de Rogowski.

Los detectores de Hall, garantizan aislamiento del circuito, permiten medir corriente continua y alterna, con un ancho de banda hasta 1 MHz, pero hay que tomar medidas para disminuir la influencia de los cambios de temperatura y humedad, así como el offset de la señal de salida.

En el mercado podemos encontrar circuitos integrados especializados para la medición de corriente, que usan el efecto Hall. Entre ellos los más usados son los ACS723, para corrientes desde 5A hasta 30A y el ACS756, ACS770 para 50A / 100A.

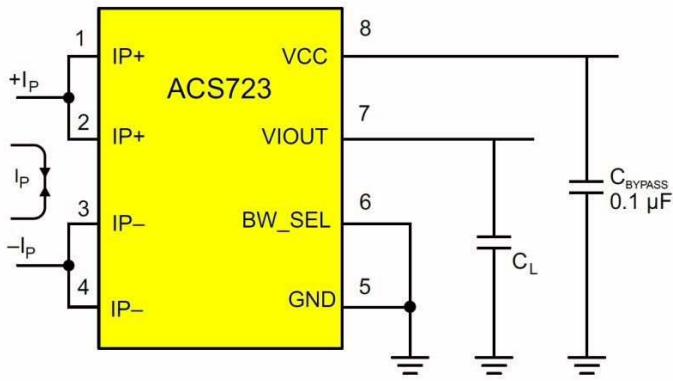


Fig.3. Circuito integrado ACS723 de Allegro Microsystems.

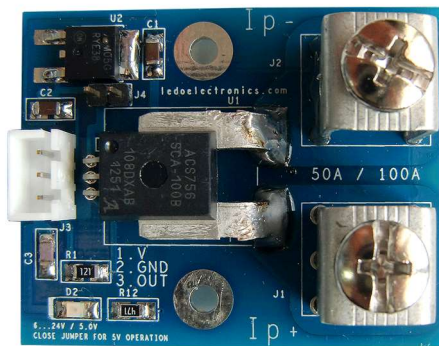


Fig.4. Sensor de corriente Hall basado en el CI ACS756.

Los transductores ópticos basan su funcionamiento en el efecto de Faraday (Rotación de Faraday). Es un fenómeno físico magneto-óptico. El plano de polarización de la luz varía en presencia de un campo magnético. Se implementan mediante fibras ópticas. Garantizan una alta precisión y alto nivel de aislamiento. Pueden ser usados en sistemas de muy alto voltaje, como en las subestaciones de distribución eléctrica.

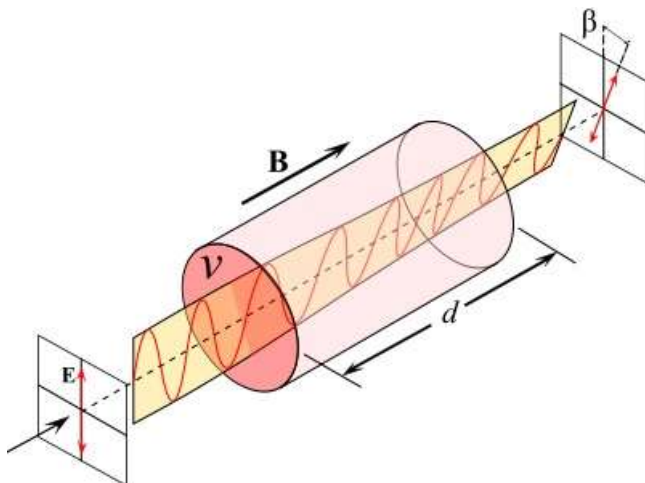


Fig.5. Efecto Rotación Faraday.

En este artículo, analizaremos el diseño y cálculo de un sensor de corriente, basado en los CI standard de efecto de Hall con salida lineal o discreta tales como el **UGN3503**, **SS49E**, **SS494** etc. que son muy baratos y de fácil adquisición.

El campo magnético de un conductor con corriente, según la ley de Ampere, es perpendicular al sentido de la corriente, y su densidad se puede calcular por la fórmula:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi R}; \quad (1)$$

Donde  $B$  es módulo del vector de inducción magnética en Tesla,

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  es la constante magnética del vacío,

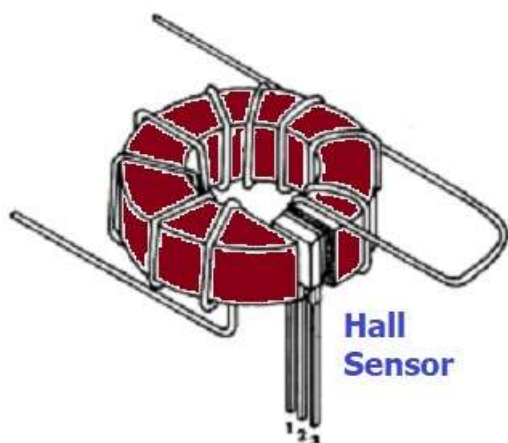
$I$  es la corriente en Amperios,

$R$  el radio en metros. La distancia entre el punto de medición y el centro del conductor con corriente.

Para una corriente de 50A, tendremos una densidad de 10 gauss a una distancia de 10 mm. Los chips detectores de Hall que podemos adquirir en el mercado, requieren de 400...1000 gauss para su funcionamiento a máxima resolución.

Estos chips podrían ser usados para medir corrientes mayores de 500A, situándolos lo más cerca posible del conductor o barra con corriente, con la orientación adecuada teniendo en cuenta que el vector de campo es perpendicular al sentido de la corriente.

Si queremos medir corrientes pequeñas, tenemos que amplificar el campo magnético mediante el uso de núcleos con entrehierro.



La sensibilidad ahora depende de varios factores, y podemos adaptarnos a cualquier valor de corriente, actuando sobre el número de espiras, la longitud del entrehierro, o las dimensiones y material del núcleo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$B = \frac{I.N}{\left(\frac{L_m}{\mu_r \cdot \mu_0} + \frac{L_g}{\mu_0}\right)}; \quad (2)$$

Donde

$B$  es módulo del vector de inducción magnética en Tesla,

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  es la constante magnética del vacío,

$I$  es la corriente en Amperios,

$N$  – es el número de espiras,

$\mu_r$  – Permeabilidad relativa del material del núcleo,

$L_m$  – Longitud de las líneas magnéticas, M,

$L_g$  – Longitud del entrehierro, M

*Ejemplo:*

*Calculemos el sistema con los siguientes datos:*

*Toroide 22x14x8*

$\mu_r$  – 125

$N = 1$ ;

$I = 300A$

$L_g$  – 4 mm ( $4 \cdot 10^{-3}M$ )

*Calculamos la longitud de las líneas magnéticas para el toroide seleccionado:*

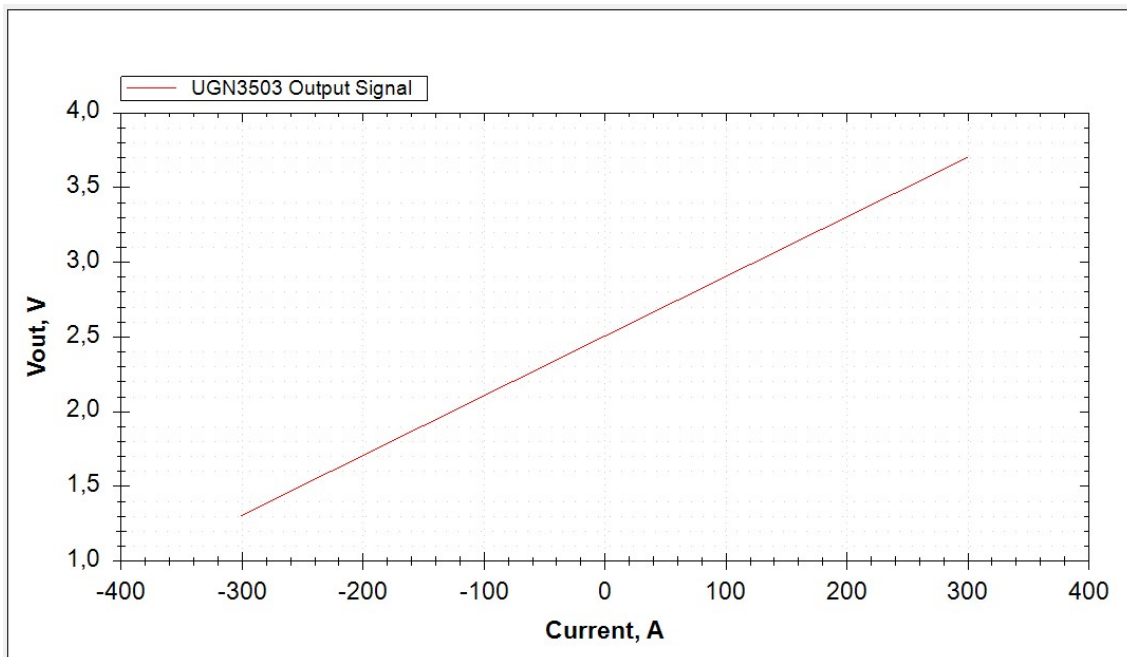
$$L_m = \frac{\pi \cdot (D+d)}{2} = \frac{\pi \cdot (22+14) \cdot 10^{-3}}{2} = 56.52 \cdot 10^{-3} M;$$

*Sustituyendo todos los datos en (2) obtenemos:*

$$B = 0.0847 T = 847 \text{ gauss};$$

Con los datos anteriores, y usando un chip UGN3503, podemos implementar un sensor de corriente de 300A, capaz de medir tanto corriente continua como corriente alterna, hasta una frecuencia de 23 kHz.

Si usamos un voltaje de 5V para alimentar el UGN3503, la señal de salida será de 2.5V en ausencia de corriente. La misma variará de forma lineal en función del valor de la corriente del cable que pase a través del toroide, aumentando si la corriente es positiva y disminuyendo si es negativa, como se muestra en el gráfico de abajo.



La sensibilidad del detector de corriente, diseñado usando esta metodología, puede ser modificada fácilmente, actuando sobre cualquiera de los valores que intervienen en la fórmula (2), siendo la longitud del entrehierro y el número de espiras los de mayor influencia. También se puede seleccionar un IC detector de Hall con mayor sensibilidad.

Este método también es válido para el diseño de relés de corriente, que pueden ser usados como elementos de protección. En este caso, solo es necesario sustituir el IC por otro con salida discreta.

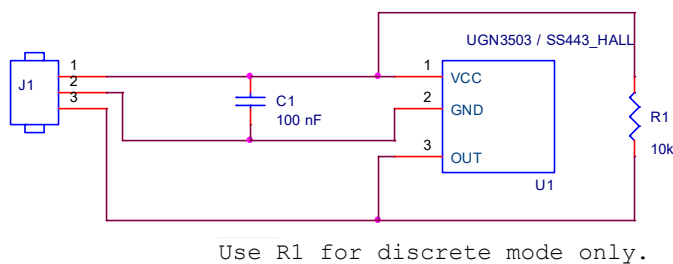


Fig.6. Current Hall Sensor Schematics.



Fig.7. Linear Current Hall Sensor.

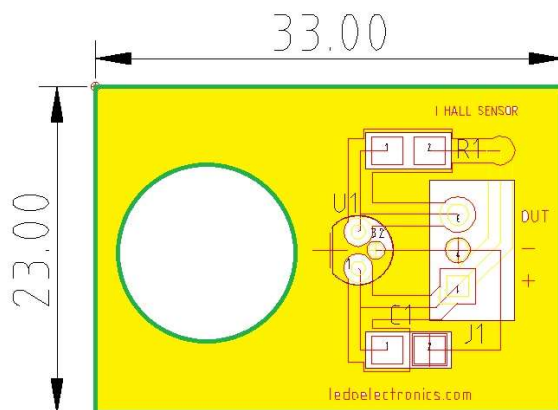


Fig.8. Current Sensor PCB Layout.

#### Conclusiones:

*El uso de CI detectores de Hall de tres pines para medir corriente, es una opción muy cómoda y atractiva para ser implementada en los convertidores de potencia y otros circuitos, ya sea como elemento lineal de medición o como elemento discreto de protección. Su coste es ligeramente superior al de un transformador de corriente, pero presenta las siguientes ventajas:*

1. *Puede medir corriente alterna y continua.*
2. *La presencia del entrehierro evita la saturación del núcleo.*
3. *Su salida puede ser lineal o discreta.*
4. *No hay peligro de sobre voltaje.*
5. *El aislamiento es tan bueno o mejor que el de un transformador.*
6. *Menor volumen y peso para frecuencias bajas.*

#### Bibliografía.

1. *ACS723 Allegro Microsystems Datasheet.*
2. *ACS770 Alegro Microsystems Datasheets.*
3. *Rozemlat M.A. "Магнитные элементы автоматики и методики расчета".*